

**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

## **“ΔΟΚΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”**



**Επιβλέπων Καθηγητής:**  
**Σπουδαστής:**

Καμινάρης Σταύρος, Επίκουρος Καθηγητής  
Κηλιτζίδης Βασίλειος                      ΑΜ: 37121

**Αιγάλεω**

**2013**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου κ. Καμινάρη Σταύρο, για την καθοδήγηση του και την εποπτεία της πτυχιακής σε κάθε φάση της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος για την βοήθεια και την στήριξη τους όχι μόνον σε θέματα τεχνικά αλλά και κοινωνικά. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου, για την στήριξη που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου τόσο ηθικά όσο και οικονομικά.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες .....	ii
Περιεχόμενα .....	iii
Πρόλογος .....	1
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ” .....</b>	<b>2</b>
1.1 Γενικά .....	2
1.2 Είδη Πινάκων Διανομής .....	3
1.3 Συσκευές και Διατάξεις Ηλεκτρικών Πινάκων .....	6
1.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρικού πίνακα .....	12
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΗΜΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ” .....</b>	<b>15</b>
2.1 Εισαγωγή .....	15
2.2 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών περιβλήματος Ηλεκτρικού Πίνακα .....	16
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΝΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ” .....</b>	<b>31</b>
3.1 Γενικά .....	31
3.2 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών ηλεκτρικού πίνακα .....	31
3.3 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type tests) μιας σύνθεσης ηλεκτρ. πίνακα .....	33
3.4 Συνήθειες δοκιμές (routine tests) .....	51
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>54</b>

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση των δοκιμών ενός ηλεκτρικού πίνακα χαμηλής τάσης. Χαμηλής τάσης χαρακτηρίζεται ο πίνακας με ονομαστική τάση λειτουργίας το πολύ μέχρι και 1000V a.c. ή 1500V d.c. Στην περίπτωση της εναλλασσόμενης τάσης το ανώτατο όριο της ονομαστικής συχνότητα λειτουργίας ορίζεται στα 1000Hz.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη των ηλεκτρικών πινάκων που υπάρχουν στην αγορά καθώς και οι κυριότερες διατάξεις-συσκευές που ενσωματώνονται σε αυτόν. Εν συνεχεία παρουσιάζονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που τον χαρακτηρίζουν και γίνεται μια σύντομη αναφορά στα πρότυπα και την τυποποίηση.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δοκιμές που διεξάγονται στο περίβλημα (πλαίσιο) ενός ηλεκτρικού πίνακα βάσει του προτύπου IEC 62208.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δοκιμές ενός ολοκληρωμένου συστήματος ηλεκτρικού πίνακα χαμηλής τάσης με το περίβλημα και τον προβλεπόμενο εξοπλισμό του στο εσωτερικό του.

**Λέξεις κλειδιά:** ηλεκτρικοί πίνακες, δοκιμές βάσει προτύπου, ηλεκτρικός πίνακας χαμηλής τάσης.

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”

### 1.1 Γενικά

**Ηλεκτρικός πίνακας** καλείται ένα από τα βασικά δομικά στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Ο ηλεκτρικός πίνακας αποτελεί την <<καρδιά>> της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, είναι ένα σύνολο που αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρολογικά στοιχεία, μέσα ελέγχου-προστασίας, όργανα μέτρησης, σημάνσεις και άλλες διατάξεις που συνθέτονται σε ένα κοινό περίβλημα με όλες τις απαραίτητες εσωτερικές μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές συνδέσεις, με σκοπό τη διανομή της ενέργειας σε διάφορα κυκλώματα, καθώς την προστασία και τον έλεγχο των κυκλωμάτων αυτών.

**Οι λόγοι της εγκατάστασης του ηλεκτρικού πίνακα που καθιστά την ύπαρξη του αναγκαία είναι:**

- Η προστασία του χρήστη.
- Η ασφάλεια των ηλεκτρικών κυκλωμάτων της ηλεκτρικής εγκατάστασης από έκτακτα γεγονότα. (π.χ. βραχυκύκλωμα, πτώση κεραυνού)
- Η ηθελημένη απομόνωση κάποιου τμήματος ή ολόκληρης της ηλεκτρικής εγκατάστασης για λόγους συντήρησης.
- Ο έλεγχος και η επιτήρηση στην εγκατάσταση.
- Η δημιουργία αυτοματισμών.
- Πιθανή επεκτασιμότητα εγκατάστασης.

Σε μικρούς καταναλωτές, αρκεί ένας μόνο πίνακας. Όταν έχουμε όμως πολλά σημεία κατανάλωσης εκτεταμένα σε διάφορους χώρους μπορεί να έχουμε πολλούς πίνακες για λόγους λειτουργικότητας χώρου και εύκολου χειρισμού. **Υπάρχει ένας κεντρικός ή κύριος πίνακας που τροφοδοτεί πολλούς υποπίνακες.** Συνήθως ομαδοποιούμε τις καταναλώσεις ανά χώρο ή και ανά είδος κατανάλωσης (π.χ. φωτισμός-κίνηση) και εξυπηρετούμε κάθε τέτοια ομάδα από ένα υποπίνακα.

## 1.2 Είδη Πινάκων Διανομής

### Η επιλογή ενός πίνακα γίνεται με τα εξής κριτήρια:

- Ισχύς παροχής: Αυτή δίνεται σε Ampere ή KVA και προσδιορίζει το μέγεθος της υποδοχής των καλωδίων, των διακοπών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού. Συνεπώς, προσδιορίζει και τις διαστάσεις του πίνακα και των ακροδεκτών.
- Το δίκτυο διανομής (XT ή MT) στο οποίο θα τοποθετηθεί ο πίνακας.
- Τη λειτουργία που θα εξυπηρετεί (π.χ. έλεγχο, διανομή, επιτήρηση κλπ)
- Πλήθος εισερχομένων και εξερχομένων κυκλωμάτων και ισχύς των.
- Βαθμός προστασίας: Αυτός προσδιορίζει την καταλληλότητα του πίνακα σε σκόνη, νερό και υγρασία.
- Μηχανικές και περιβαλλοντολογικές συνθήκες: Αυτές προσδιορίζουν το υλικό του πίνακα.

Σχεδιαστικά, μπορούμε να χωρίσουμε τους ηλεκτρικούς πίνακες διανομής σε δύο βασικές κατηγορίες, τους συνήθεις πίνακες διανομής και τους πίνακες τύπου πεδίου. Οι πρώτοι, οι οποίοι είναι οι πιο συνηθισμένοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατοικίες, επαγγελματικούς χώρους και γενικότερα σε μικρούς καταναλωτές.

### Αυτοί διακρίνονται ανάλογα:

- Με το υλικό κατασκευής τους σε πλαστικούς, μεταλλικούς και μέταλλο-πλαστικούς.
- Με τον τρόπο τοποθέτησης τους σε εντοιχιζόμενους και επίτοιχους.
- Με τον τρόπο ηλεκτροδότησης τους σε μονοφασικούς και τριφασικούς.

### Κάθε πίνακας διανομής αποτελείται από:

- Το κιβώτιο ή κέλυφος του πίνακα.
- Την πλάτη (είναι συνήθως αποσπώμενη) πάνω στην οποία υπάρχουν ράγες για την στήριξη των απαιτούμενων ηλεκτρολογικών υλικών. (ραγο-υλικό)
- Την αποσπώμενη μετώπη η οποία καλύπτει το ραγο-υλικό αφήνοντας ελεύθερα μόνο τα σημεία χειρισμού του.
- Την πόρτα, αν αυτή υπάρχει.

Οι πίνακες αυτοί είναι ασφαλείς και καλαίσθητοι, το υλικό τους στηρίζεται εύκολα και ταχύτατα πάνω σε ράγες παρέχοντας τη δυνατότητα προσθαφαίρεσης υλικού και καλωδιώνονται εύκολα. Οι ράγες στήριξης του υλικού του πίνακα έχουν μήκος πολλαπλάσιο των 18mm (είναι το μέσο πλάτος ενός στοιχείου πχ ενός μικρού αυτόματου) και οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλων ραγών είναι συνήθως 125 mm.

Υπάρχουν όμως στο εμπόριο και πίνακες με 100 mm απόσταση. Οι δεύτεροι χρησιμοποιούνται σε μεγάλες κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και γενικά όπου απαιτείται μεγάλη ηλεκτρική ισχύ. Στην πράξη διανομές εντάσεων άνω των 630 A εξυπηρετούνται σχεδόν αποκλειστικά με **πίνακες τύπου πεδίου**. Αυτοί συντίθενται από ντουλάπες τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη. Αυτή η δομή τους προσφέρει εύκολη επέκταση και συντήρηση καθώς καινούρια πεδία μπορούν να προστεθούν και τα ήδη υπάρχοντα να αφαιρεθούν χωρίς να επηρεάζουν την λειτουργία των υπολοίπων. Η κατασκευή τους είναι αποκλειστικά μεταλλική. Οι συνήθεις διαστάσεις τους είναι:

- ύψος: 2-2,20 m
- πλάτος: 0,40-0,75 m
- ασφάλειες τήξης βάθος: 0,30-0,80 m

Όλα τα στοιχεία που πρέπει να χειρίζονται διακόπτες, ασφάλειες, όργανα ενδείξεις είναι στο εμπρόσθιο μέρος. **Οι πίνακες πεδίου** μπορεί να είναι με ανοικτή την πίσω πλευρά, δηλαδή να είναι επισκέψιμοι από πίσω ή από εμπρός :

**Πίνακες επισκέψιμοι από πίσω είναι ανοικτοί πίσω :** Πρέπει όμως να υπάρχουν εμπόδια (μπάρες), έτσι ώστε να μην επιτρέπουν την επαφή ανθρώπων με τα υπό τάση αντικείμενα. Ο χώρος που εγκαθίσταται είναι κυρίως χώρος υπηρεσίας, προσπελάσιμος μόνο από ειδικό προσωπικό. Για να υπάρχει άνεση, χρειάζεται κατά τις εργασίες εγκατάστασης και συντήρησης να υπάρχει τουλάχιστον 80 cm ελεύθερος χώρος (διάδρομος) πίσω από τον πίνακα.

**Πίνακες επισκέψιμοι από εμπρός είναι από παντού κλειστοί :** Κάθε πεδίο έχει πόρτα που ανοίγει ή και αφαιρείται για να κάνουμε την εγκατάσταση ή τη συντήρηση.

Στους πίνακες τύπου πεδίου οι ζυγοί κατασκευάζονται από χάλκινες μπάρες, με διατομές που υπολογίζονται τόσο σε υπερθέρμανση όσο και στις δυνάμεις που ασκούνται.

Οι πίνακες πεδίου απαιτούν μεγάλο χώρο σε σχέση με άλλους πίνακες, έχουν όμως το πλεονέκτημα της ασφάλειας λόγω των μεγάλων αποστάσεων, της εύκολης συντήρησης, της ανεξαρτησίας στη μελέτη και έχουν σχετικά χαμηλό κόστος.



### **1.3 Συσκευές και Διατάξεις Ηλεκτρικών Πινάκων**

Στην ακόλουθη παράγραφο θα περιγραφούν συνοπτικά οι σημαντικότερες ηλεκτρολογικές διατάξεις που μπορεί να συναντηθούν στο εσωτερικό ενός ηλεκτρικού πίνακα. Συγκεκριμένα θα δοθούν πληροφορίες για τις ασφάλειες τήξης, τους μικροαυτόματους διακόπτες ισχύος, τους διακόπτες διαρροής έντασης και τους ηλεκτρονόμους αυτοματισμών. Επίσης θα γίνει αναφορά και στην επιλεκτικότητα μεταξύ των διατάξεων προστασίας για την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης.

#### **1.3.1. Ασφάλειες Τήξης**

Οι ασφάλειες τήξης είναι η παλαιότερη και ίσως η πιο αξιόπιστη μέθοδος προστασίας των κυκλωμάτων και των συσκευών από εντάσεις ρεύματος που είναι μεγαλύτερες της επιτρεπόμενης τιμής. Υπερεντάσεις μπορεί να προκληθούν με τη άμεση επαφή δύο αγωγών (βραχυκύκλωμα) ενός κυκλώματος, όπου παρατηρούνται εξαιρετικά μεγάλες τιμές έντασης, είτε να προκληθούν σε περιπτώσεις υπερφορτίσεων. Υπερφορτίσεις μπορεί να παρουσιαστούν με την χρήση μιας συσκευής σε ισχύ μεγαλύτερη από την ονομαστική είτε από την κακή κατάσταση της.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο Joule, δηλαδή στη θέρμανση που μπορεί να φτάσει μέχρι και στην τήξη ενός αγωγίμου υλικού, συνήθως ενός λεπτού σύρματος ή ταινίας (τηκτό), που βρίσκεται μέσα στο φυσίγγι της ασφάλειας. Σε περίπτωση καταστροφής του αγωγίμου υλικού το κύκλωμα βγαίνει εκτός λειτουργίας και για την αποκατάσταση του κυκλώματος πρέπει το τηκτό να αντικατασταθεί με καινούργιο.

Η συμπεριφορά των ασφαλειών τήξης στο βραχυκύκλωμα και στις υπερφορτίσεις χαρακτηρίζεται με δύο γράμματα που αναγράφονται στο φυσίγγι. Το πρώτο γράμμα προσδιορίζει το είδος της παρεχόμενης προστασίας ενώ το δεύτερο προσδιορίζει το προστατευόμενο κύκλωμα.

**Διακρίνονται σε βιδωτές , μαχαιρωτές και κυλινδρικές.**

### **Βιδωτές:**

Υπάρχουν σε δύο τύπους τις D ή DIAZED και τις Do ή NEOZED που έχουν μικρότερες διαστάσεις. Οι ασφάλειες τύπου Diazed προορίζονται για την προστασία κυκλωμάτων με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως και 500 V, ενώ μπορεί να έχουν και ικανότητα διακοπή ρεύματος έως και 7,5 KA. Οι ασφάλειες τήξης τύπου Neozed προορίζονται για χρήση σε κυκλώματα με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως και 440 V και έχουν ικανότητα διακοπή ρεύματος βραχυκύκλωσης έως και 100 KA.

Η όλη διάταξη μιας ασφάλειας , αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Το φουσίγγι (ασφάλεια) ,που είναι κατασκευασμένο από πορσελάνη και περιέχει το νήμα (τηκτό) και ένα ενδεικτικό χρωματιστό δίσκο, ο οποίος πέφτει, όταν η ασφάλεια καεί.
2. Την βάση της ασφάλειας ή ασφαλειοθήκη . Είναι το εξάρτημα που στερεώνεται πάνω στον πίνακα και μέσα σ' αυτό τοποθετείται το φουσίγγι.
3. Την μήτρα . Είναι μικρό πορσελάνινο εξάρτημα που τοποθετείται στο βάθος της ασφαλειοθήκης και εξασφαλίζει ότι δεν θα τοποθετηθεί, από λάθος, μεγαλύτερη ασφάλεια από την κατάλληλη για την γραμμή.
4. Το πώμα. Είναι πορσελάνινο, βιδώνει πάνω στην ασφαλειοθήκη και συγκρατεί το φουσίγγι. Στο πάνω μέρος του έχει γυαλί, για να φαίνεται αν έχει καεί το φουσίγγι.

Κάθε φουσίγγι χαρακτηρίζεται από το ονομαστικό ρεύμα του, που καθορίζει έως πόσα Ampere μπορούν να περάσουν από το τηκτό του. Τα ονομαστικά ρεύματα έχουν τυποποιημένες τιμές : 6A , 10A , 16A , 20A , 25A , 35A , 40A , 50A , 63A ,80A , 100A . Για κάθε μέγεθος υπάρχει και ένα χαρακτηριστικό χρώμα πάνω στον ενδεικτικό δίσκο.

### **Μαχαιρωτές (NH) :**

Έχουν σώμα μορφής ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου .Στην πάνω και κάτω βάση του έχουν από ένα έλασμα (λεπίδα). Τα δύο αυτά ελάσματα, κουμπώνουν σε αντίστοιχες διπλές ελατηριωτές μεταλλικές λάμες, που βρίσκονται στην βάση της ασφάλειας. Έτσι γίνεται η στήριξη της ασφάλειας και ταυτόχρονα η ηλεκτρική επαφή. Για την τοποθέτηση ή αφαίρεση

των μαχαιρωτών ασφαλειών από την βάση τους , χρησιμοποιείται ειδική μονωτική λαβή .Διατίθενται συνήθως για ονομαστικές τάσεις λειτουργίας 500 V και 690 V και για ονομαστικό ρεύμα από 40A έως 1250 A.

### **Κυλινδρικές :**

Έχουν σώμα κυλινδρικό και οι δύο βάσεις του είναι από αγωγίμο υλικό για να γίνεται η ηλεκτρική επαφή και η στήριξη. Χρησιμοποιούνται για μεγάλες εντάσεις ρεύματος, όπως σε πίνακες υποσταθμών και σε πίνακες διανομής της ΔΕΗ.

### **1.3.2 Μικροαυτόματοι Διακόπτες Ισχύος**

Οι αυτόματες ασφάλειες έχουν διαφορετική κατασκευή από τις ασφάλειες τήξεως, αλλά και αυτές, διακόπτουν την τροφοδοσία σε περίπτωση υπερεντάσεως ή βραχυκυκλώματος, με παρόμοιο τρόπο. Μετά την διακοπή όμως , δεν χρειάζεται να τις αντικαταστήσουμε, αλλά απλώς να σηκώσουμε το χειριστήριο και να αποκατασταθεί η τροφοδοσία (αφού βέβαια επισκευάσουμε ή απομονώσουμε την συσκευή που προκάλεσε το βραχυκύκλωμα) .

Αποτελούνται από ένα ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο (ρελέ) και από ένα διμεταλλικό στοιχείο (θερμικό). Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο κάνει διακοπή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος πολύ γρήγορα (εκατοστά ή και χιλιοστά του δευτερολέπτου), ενώ το διμεταλλικό διακόπτει σε περίπτωση υπερεντάσεως με καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων ή και λεπτών, ανάλογα με την υπερένταση και τον τύπο (κλάση) του μικροαυτόματου.

Οι αυτόματες ασφάλειες στερεώνονται στην ράγα του πίνακα διανομής. Αντέχουν συνήθως για 20.000 ζεύξεις – αποζεύξεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως διακόπτες των κυκλωμάτων, αλλά για περιορισμένο αριθμό χρήσεων.

Επειδή υπάρχει η μικρή πιθανότητα να κολλήσουν και να μην παρέχουν προστασία για πολύ μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλώματος (3000A και πάνω), πρέπει να συνδυάζονται με ασφάλειες τήξεως.

Διακρίνονται σε μονοπολικούς ή τριπολικούς, ανάλογα με το αν προορίζονται για την προστασία μονοφασικού ή τριφασικού κυκλώματος τροφοδοσίας.

### 1.3.3 Διακόπτες Διαρροής Έντασης

Ο διακόπτης διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε.) ή αλλιώς ηλεκτρονόμος ασφαλείας ή ρελέ διαρροής ή ρελέ διαφυγής, είναι μια διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος και σκοπός της εγκατάστασής τους είναι η διακοπή του ρεύματος, όταν για οποιοδήποτε λόγο δημιουργηθεί διαρροή (π.χ. εξαιτίας ηλεκτροπληξίας). Όλες οι απαραίτητες λειτουργίες της διάταξης είναι ενσωματωμένες και επιτελούνται σε μια συσκευή, η οποία είναι κατάλληλη για στήριξη σε ράγα τυποποιημένης διατομής ή για στερέωση στην πλάτη του πίνακα διανομής της εγκατάστασης. Οι διακόπτες διαρροής έντασης είναι διπολικοί (L1, N) για εγκατάσταση σε μονοφασικό δίκτυο και τετραπολικοί (L1, L2, L3, N) για εγκατάσταση σε τριφασικό δίκτυο.

Στην περίπτωση του μονοφασικού δικτύου, ο διακόπτης αντιλαμβάνεται σαν ρεύμα εισόδου στο κύκλωμα το ρεύμα της φάσης και σαν ρεύμα εξόδου, το ρεύμα του ουδέτερου. Στην περίπτωση του τριφασικού δικτύου, ο διακόπτης αντιλαμβάνεται σαν ρεύμα εισόδου στο κύκλωμα, το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των τριών φάσεων και σαν ρεύμα εξόδου, το ρεύμα του ουδέτερου. Η λειτουργία του βασίζεται στη συνεχή σύγκριση της έντασης στον αγωγό της φάσεως με την ένταση στον ουδέτερο αγωγό. Όταν η διαφορά υπερβεί την τιμή αναφοράς τότε οι επαφές της διάταξης ανοίγουν απομονώνοντας με αυτόν τον τρόπο την εγκατάσταση από την τροφοδοσία. Η τιμή αναφοράς που επιλέγεται συνήθως για να έχουμε προστασία έναντι επαφής είναι έως και 30 mA.

Κάθε διακόπτης διαρροής είναι εφοδιασμένος με ένα μπουτόν ελέγχου (T), για να ελέγχεται περιοδικά η ικανότητα του διακόπτη να σταματά την τροφοδοσία του κυκλώματος, στην περίπτωση εμφάνισης ρεύματος διαρροής προς την γη. Εάν ο κατασκευαστής δεν ορίζει χρονικά διαστήματα κατά τα οποία θα πρέπει να γίνεται έλεγχος της λειτουργίας της διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος, τότε ο έλεγχος θα πρέπει να εκτελείται ανά εξάμηνο.

Ο έλεγχος γίνεται πιέζοντας το μπουτόν test και εφόσον ο διακόπτης βρίσκεται υπό τάση. Ουσιαστικά πιέζοντας το μπουτόν ελέγχου, δημιουργούμε μια κατάσταση τεχνητής διαρροής. Σε κάθε τέτοια περίπτωση δοκιμής, πρέπει να έχουμε απόζευξη του διακόπτη. Εάν αυτό δεν συμβεί, σημαίνει ότι ο διακόπτης δεν λειτουργεί σωστά και συνεπώς δεν μας προστατεύει από τον κίνδυνο της ηλεκτροπληξίας.

### 1.3.4 Ηλεκτρονόμοι

Οι συγκεκριμένες διατάξεις χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου είναι επιθυμητή η δημιουργία αυτοματισμών ή ο χειρισμός κυκλωμάτων, συσκευών και μηχανημάτων από απόσταση.

**Ένας ηλεκτρονόμος αποτελείται** από ένα πηνίο που όταν τροφοδοτείται έλκει έναν μεταλλικό οπλισμό. Πάνω από τον μεταλλικό οπλισμό είναι αρθρωμένες ένας αριθμός από ανεξάρτητες μεταξύ τους επαφές. **Η αρχή λειτουργίας τους** βασίζεται στην αρχή που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Η τροφοδότηση του πηνίου με ονομαστική τάση έχει ως αποτέλεσμα την έλξη του πηνίου το οποίο ωθεί κάποιες επαφές στο να ανοίξουν και τις υπόλοιπες στο να κλείσουν. Οι επαφές μένουν στις νέες τους θέσεις όσο διαρκεί η τροφοδοσία του πηνίου και όταν αυτή σταματήσει επανέρχονται στην αρχική τους θέση.

**Οι ηλεκτρονόμοι μπορούν να διακριθούν σε ισχύος και σε βοηθητικούς.**

- Οι ηλεκτρονόμοι ισχύος χρησιμοποιούνται για να διακόπτουν το κύκλωμα, δηλαδή συνδέουν και αποσυνδέουν τα στοιχεία που έχουν μεγάλη ηλεκτρική ισχύ.
- Οι βοηθητικοί χρησιμοποιούνται για να ελέγχουμε το κύκλωμα με τον τρόπο που εμείς θα επιλέξουμε.

**Οι επαφές των ηλεκτρονόμων χωρίζονται σε:**

- Κύριες επαφές ή επαφές ισχύος
- Βοηθητικές επαφές

**Κύριες επαφές ή επαφές ισχύος** είναι οι επαφές που συνδέουν φορτία-καταναλώσεις μεγάλης ηλεκτρικής ισχύος. Χαρακτηρίζονται με τους μονοψήφιους αριθμούς 1-2,3-4,5-6 και είναι πάντοτε ανοιχτές όταν ο ηλεκτρονόμος βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

**Βοηθητικές επαφές** χρησιμοποιούνται για ρεύματα μικρής ισχύος όπως να τροφοδοτούν τα πηνία άλλων ηλεκτρονόμων, να αυτοσυγκρατούν, να μανδαλώνουν και να θέτουν σε λειτουργία σειρήνες, ενδεικτικές λυχνίες, βάνες κτλ.

**Οι βοηθητικές επαφές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:**

- Κανονικά ανοιχτή είναι η επαφή η οποία σε κατάσταση ηρεμίας είναι ανοιχτή και όταν διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος κλείνει. Συμβολίζεται με διψήφιους αριθμούς που τελειώνουν σε 3 και 4.

- Κανονικά κλειστή είναι η επαφή που σε κατάσταση ηρεμίας είναι κλειστή και όταν διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος ανοίγει. Συμβολίζεται με 2 διψήφιους αριθμούς που τελειώνουν σε 1 και 2.

**Για την επιλογή ενός ηλεκτρονόμου πρέπει να γνωρίζουμε:**

- Την ισχύ της εγκατάστασης που πρόκειται να τροφοδοτηθεί.
- Το είδος( AC/DC) και την τάση τροφοδοσίας.
- Τον αριθμό και το είδος των βοηθητικών επαφών του.
- Το είδος της κατανάλωσης
- Το ρεύμα εκκίνησης, εφόσον το φορτίο είναι δυσμενές.
- Την ηλεκτρική διάρκεια ζωής του

### 1.3.5 Επιλεκτικότητα

**Η επιλεκτικότητα στα μέσα προστασίας** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο για την ορθή λειτουργία της. **Επιλεκτικότητα σημαίνει** ότι, στην περίπτωση που σε ένα σημείο της εγκατάστασης προκύψει ένα σφάλμα (διαρροή, ή υπερφόρτιση, ή βραχυκύκλωμα) τότε να λειτουργήσει μόνο η διάταξη προστασίας που βρίσκεται κοντά στο σφάλμα και να διακόψει την τροφοδότηση, χωρίς να επηρεαστεί η υπόλοιπη εγκατάσταση.

**Για να επιτευχτεί επιλεκτικότητα** μεταξύ των μέσων προστασίας πρέπει οι χαρακτηριστικές τους καμπύλες να μην τέμνονται στις περιοχές ρευμάτων σφάλματος που μας ενδιαφέρουν καθώς και να υπάρχει σημαντική χρονική διαφορά μεταξύ των καμπυλών.

**Αν δεν υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης χαρακτηριστικών δύο μέσων προστασίας**, τότε οι διαφορές των ονομαστικών ρευμάτων πρέπει να είναι όπως παρακάτω για να υπάρχει εξασφαλισμένη συνεργασία:

- ασφάλεια- ασφάλεια, σχέση ρευμάτων 1/1,7
- ασφάλεια-μικροαυτόματος, σχέση ρευμάτων 1/1,9
- μικροαυτόματος -μικροαυτόματος, σχέση ρευμάτων 1/3

## **1.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρικού πίνακα**

Σε αυτήν παράγραφο θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μεγέθη που προσδιορίζουν έναν ηλεκτρικό πίνακα.

### **1.4.1 Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας ( $I_n$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας ενός ηλεκτρολογικού πίνακα εκφράζει το ρεύμα που πρέπει να διαρρέει τον πίνακα για να λειτουργεί φυσιολογικά και υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή ανάλογα με τα ονομαστικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών στοιχείων που ενσωματώνονται σε αυτόν. Αυτό το ρεύμα πρέπει να διαρρέει τα κυκλώματα του πίνακα χωρίς να προκαλεί μη φυσιολογική αύξηση θερμοκρασίας σε διάφορα τμήματα του.

### **1.4.2 Ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{CW}$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης εκφράζει την ενεργό τιμή (r.m.s) του ρεύματος βραχυκύκλωσης που μπορεί να διαρρέει το κύκλωμα για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να δημιουργήσει σφάλματα στη λειτουργία του υπό καθορισμένες συνθήκες και υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή. Αν δεν αναφέρει διαφορετικό ο κατασκευαστής αυτό το χρονικό διάστημα θεωρείται ίσο με 1 sec. Αν το χρονικό διάστημα είναι μικρότερο του 1 sec ο κατασκευαστής είναι υποχρεωμένος να το αναγράφει μαζί με το ρεύμα βραχυκύκλωσης.

### **1.4.3 Ονομαστικό μέγιστο ρεύμα αντοχής ( $I_{PK}$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Το ονομαστικό μέγιστο ρεύμα αντοχής ορίζεται από τον κατασκευαστή και ισούται με τη μέγιστη τιμή ρεύματος που το κύκλωμα μπορεί να αντέξει σε ικανοποιητικό βαθμό υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

### **1.4.4 Εξαρτημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{CC}$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Το εξαρτημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης ορίζεται από τον κατασκευαστή και είναι η τιμή ενός ενδεχόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης που μπορεί να αντέξει ικανοποιητικά ένα κύκλωμα το οποίο προστατεύεται όπως υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή από διατάξεις ή

συσκευές προστασίας έναντι βραχυκυκλώματος όπως είναι οι ασφάλειες τήξης ή οι μικροαυτόματοι διακόπτες.

#### **1.4.5 Ονομαστική τάση λειτουργίας ( $U_e$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Ονομαστική τάση λειτουργίας ενός κυκλώματος του ηλεκτρολογικού πίνακα καλείται η τάση που προορίζεται να τον τροφοδοτεί ανάλογα με τη εφαρμογή για να λειτουργήσει φυσιολογικά. Σε τριφασικά συστήματα η ονομαστική τάση δίνεται σε πολική μορφή (δηλαδή τάση μεταξύ δύο οποιοδήποτε φάσεων του κυκλώματος). Ο κατασκευαστής του ηλεκτρολογικού πίνακα υποδεικνύει τα όρια που επιτρέπεται να έχει η τάση τροφοδοσίας για τη σωστή λειτουργία των κυκλωμάτων ισχύος και των υπόλοιπων. Σε κάθε περίπτωση αυτά τα όρια πρέπει να είναι τέτοια ώστε η τάση στους ακροδέκτες των κυκλωμάτων ελέγχου των δομικών στοιχείων του πίνακα να διατηρείται στις τιμές που διευκρινίζονται στις σχετικές προδιαγραφές υπό φυσιολογικές συνθήκες φορτίου.

#### **1.4.6 Ονομαστική τάση μόνωσης ( $U_i$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Η ονομαστική τάση μόνωσης είναι η τιμή της τάσης που χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή των δοκιμών διηλεκτρικής αντοχής και μήκους ερπυσμού. Σε κάθε περίπτωση δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την ονομαστική τάση λειτουργίας σε μόνιμη κατάσταση και παροδικά το 110% της τιμής της. Σε τριφασικά κυκλώματα δίνεται σε πολική μορφή όπως συμβαίνει και στη ονομαστική τάση λειτουργίας.

#### **1.4.7 Ονομαστική κρουστική τάση αντοχής ( $U_{imp}$ ) (ενός κυκλώματος του πίνακα)**

Είναι η μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσης, τυποποιημένης μορφής και πολικότητας, που μπορεί να υποβληθεί σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα χωρίς να δημιουργηθούν σφάλματα υπό διευκρινισμένες συνθήκες και τηρώντας απαραίτητα τις αποστάσεις (διάκενα) ασφαλείας μεταξύ αγωγίμων στοιχείων. Επιβάλλεται σε κάθε περίπτωση να είναι ίση ή μεγαλύτερη από τις τιμές των πιθανών παροδικών υπερτάσεων που μπορεί να λάβουν χώρα στο σύστημα που ο ηλεκτρικός πίνακας εγκαθίσταται.

#### **1.4.8 Ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας**

Η σταθερά ποικιλομορφίας χαρακτηρίζει έναν ηλεκτρολογικό πίνακα ή ένα τμήμα του που αποτελείται από παραπάνω από ένα κυκλώματα ισχύος. Συγκεκριμένα είναι μια σταθερά που η τιμή της εξαρτάται από το ποσοστό του αθροιστικού ρεύματος όλων των κυκλωμάτων



ισχύος του ηλεκτρολογικού πίνακα ή τμήματος αυτού για κάθε χρονική στιγμή. Όταν ο κατασκευαστής ορίζει μια τιμή σε αυτή την σταθερά, αυτή πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή της δοκιμής επαλήθευσης ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας που θα περιγραφεί στο κεφάλαιο 3. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3.

#### **1.4.9 Ονομαστική συχνότητα**

Η ονομαστική συχνότητα σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα είναι η συχνότητα στην οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί ο ηλεκτρολογικός πίνακας υπό φυσιολογικές συνθήκες και υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή. Αν ο εξοπλισμός που ενσωματώνεται σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε διαφορετικές συχνότητες από το υπόλοιπο σύστημα, πρέπει να αναγράφεται η ονομαστική συχνότητα κάθε κυκλώματος. Η συχνότητα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πίνακα πρέπει να διατηρείται εντός ορίων. Αν δεν αναφέρει τίποτα διαφορετικό ο κατασκευαστής αυτά τα όρια ισούνται με  $\pm 2\%$  απόκλιση από την ονομαστική της τιμή.

#### **1.4.10 Διηλεκτρική αντοχή**

Η διηλεκτρική αντοχή είναι η μέγιστη πεδιακή ένταση, που μπορεί να υποστεί ένα υλικό χωρίς να χάσει τη μονωτική ικανότητά του. Το μέγεθος της διηλεκτρικής αντοχής χαρακτηρίζει κάθε υλικό και συνήθως εκφράζεται σε kV/cm.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”

#### 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι δοκιμές που διεξάγονται στο περίβλημα ενός ηλεκτρικού πίνακα χαμηλής τάσης όπως περιγράφονται στο πρότυπο IEC 62208.

**Πρότυπα τυποποίησης** ονομάζονται μια συλλογή κανόνων, μεθόδων και αλγορίθμων, που βασίζονται σε επιστημονικά, εμπειρικά ή πειραματικά αποτελέσματα, σχετικά με κάποιο αντικείμενο. **Πιστοποιούνται από έναν ανεξάρτητο φορέα** που μπορεί να είναι επικεντρωμένος σε ένα ή περισσότερους τομείς (τεχνολογία, ασφάλεια κ.α.) και μπορεί να έχει διεθνή χαρακτήρα ή να αφορά την επικράτεια μιας ηπείρου ή μιας χώρας.

Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα σε ανεξάρτητους κατασκευαστές να δημιουργούν προϊόντα που να είναι συμβατά μεταξύ τους και να είναι ασφαλή για τους χρήστες και τον υπόλοιπο εξοπλισμό.

**Μερικοί δημοφιλείς φορείς τυποποίησης** είναι ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης “ISO”, η διεθνής ηλεκτροτεχνική επιτροπή για τον τομέα των ηλεκτρικών τεχνολογιών “IEC” ,η διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών “ITU” για τις τηλεπικοινωνίες, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (CENELEC) και για την Ελλάδα ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης “ΕΛΟΤ”.

## 2.2 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών περιβλήματος Ηλεκτρικού

### Πίνακα

Οι συγκεκριμένες δοκιμές πραγματοποιούνται για να διαπιστωθεί εάν ένα περίβλημα είναι κατασκευασμένο σύμφωνα με τις προδιαγραφές που αναγράφονται σε αυτό το πρότυπο και διεξάγονται στους  $20 \pm 5$  °C εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή ή από τις απαιτήσεις της κάθε δοκιμής.

Για την ολοκλήρωση των δοκιμών χρειάζονται συνολικά 3 ξεχωριστά δείγματα σε καθένα από τα οποία διεξάγονται οι δοκιμές με τη σειρά που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

**Πίνακας 2.1: Δοκιμές περιβλήματος ηλεκτρικού πίνακα**

Δοκιμή	1ο δείγμα	2ο δείγμα	3ο δείγμα
Αντοχής στατικού φορτίου	1		
Ανύψωσης	2		
Επαλήθευσης αντοχής των αξονικών φορτίων των ενθέτων μετάλλων	3		
Επαλήθευσης βαθμού IK	4		
Επαλήθευσης βαθμού IP	5		
Επιβεβαίωσης θερμικής ευστάθειας		1	
Επιβεβαίωσης διηλεκτρικής αντοχής		2	
Επιβεβαίωσης της συνοχής του κυκλώματος προστασίας	6	3	2
Επιβεβαίωση αντοχής από τη διάβρωση	7		1
Αντοχής της ετικέτας	8		

Οι παραπάνω δοκιμές ενδείκνυται να πραγματοποιηθούν σε ολόκληρο το περίβλημα αλλά αν αυτό δεν είναι εφικτό για οποιοδήποτε λόγο δίνεται η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν σε αντιπροσωπευτικά δείγματα που παίρνονται από αυτό. Στις επόμενες παραγράφους θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία εκτέλεσης κάθε δοκιμής.

### 2.2.1 Δοκιμή αντοχής στατικού φορτίου

Αυτή η δοκιμή πραγματοποιείται για να διαπιστωθεί αν το περίβλημα του πίνακα μπορεί να αντεπεξέλθει στο μέγιστο βάρος του ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού που μπορεί να δεχθεί εσωτερικά. Αυτή η τιμή αναγράφεται υποχρεωτικά στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή.

Για περιβλήματα τα οποία είναι κατασκευασμένα με μονωτικό υλικό ή είναι μεταλλικά που έχουν μεμονωμένα σημεία κατασκευασμένα με μονωτικό υλικό το πρώτο μέρος της δοκιμής πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 70oC ενώ το δεύτερο μέρος σε φυσιολογική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στο πρώτο μέρος στο εσωτερικό του πίνακα τοποθετείται συνολικό φορτίο βάρους 25% αυξημένο του ονομαστικού.

Το φορτίο πρέπει να διανεμηθεί ομοιόμορφα στα επιτρεπτά σημεία όπως προβλέπεται από τον κατασκευαστή. Στη συνέχεια ο πίνακας διατηρείται στην κλειστή θέση για μία ώρα. Έπειτα στο δεύτερο μέρος της δοκιμής η πόρτα του πίνακα ανοίγει κατά 90° και μένει σε αυτή την θέση για ένα λεπτό οπότε επαναφέρεται στην κλειστή θέση. Το τελευταίο επαναλαμβάνεται πέντε φορές.

Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής δεν πρέπει να έχει δημιουργηθεί μετά το πέρας της κανένα ράγισμα ή κάποιο άλλο μόνιμο σφάλμα στο υλικό που το απαρτίζει, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά του περιβλήματος κατά την φυσιολογική λειτουργία του ηλεκτρολογικού πίνακα.

### **2.2.2 Δοκιμή ανύψωσης**

Η δοκιμή αυτή διεξάγεται αποκλειστικά στα περιβλήματα των πινάκων που προορίζονται να μην βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος (π.χ. οι πίνακες που τοποθετούνται εντοιχισμένα).

Αφού το πλαίσιο φορτωθεί με όλο τον εξοπλισμό που προβλέπεται από τον κατασκευαστή τοποθετείται σε όρθια θέση με κλειστή την πόρτα του. Αρχικά με τη βοήθεια ενός μηχανισμού ανυψώνεται και προσγειώνεται σε κάθετο επίπεδο τρεις φορές σε ύψος  $1 \pm 0,1$  m. Στη συνέχεια της δοκιμής ενώ ο πίνακας είναι ανυψωμένος στο ίδιο ύψος με προηγουμένως μετακινείται οριζοντίως  $10 \pm 0,5$  m κατά μήκος και τέλος κατεβαίνει στο έδαφος. Το τελευταίο επαναλαμβάνεται τρεις φορές και ο κάθε κύκλος έχει συνολική διάρκεια  $1 \text{ min} \pm 0,5 \text{ sec}$  με ομοιόμορφη ταχύτητα κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος.

Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής πρέπει να ισχύουν οι προϋποθέσεις που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

### 2.2.3 Επαλήθευση αντοχής των αξονικών φορτίων των ένθετων μετάλλων

Αυτή η δοκιμή ισχύει για τα πλαίσια των πινάκων τα οποίοι παρέχουν ένθετα μεταλλικά σημεία για την τοποθέτηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Η δοκιμή πραγματοποιείται σε αντιπροσωπευτικά δείγματα του περιβλήματος εφαρμόζοντας για δέκα δευτερόλεπτα δύναμη ανάλογη με το μέγεθος του ένθετου μετάλλου όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 2.2: Αξονικά φορτία ένθετων μετάλλων**

Μέγεθος μεταλλικού σημείου (M)	Δύναμη (N)
4	350
5	350
6	500
8	500
10	800
12	800

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ο πίνακας τοποθετείται σε ειδική πλατφόρμα η οποία είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι ικανή να δεχτεί την προβλεπόμενη δύναμη δοκιμής που θα εφαρμοστεί.

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν τα ένθετα μεταλλικά τμήματα του περιβλήματος μετά το πέρας της βρίσκονται στην φυσιολογική τους θέση χωρίς να έχει υποστεί το υλικό που τα απαρτίζει καμία ρωγμή ή διάσπαση που δεν ήταν ορατή πριν την πραγματοποίησή της.

### 2.2.4 Επιβεβαίωση βαθμού προστασίας ΙΚ

Αυτή η δοκιμή διεξάγεται για την επιβεβαίωση του βαθμού προστασίας του εξωτερικού περιβλήματος έναντι των μηχανικών καταπιέσεων που μπορεί να δεχθεί κατά τη διάρκεια της λειτουργία του πίνακα. **Ο βαθμός προστασίας ΙΚ** δηλώνεται με δύο χαρακτηριστικά ψηφία που ακολουθούν το ΙΚ. Για τη διεξαγωγή της δοκιμής χρησιμοποιείται ένα ειδικό εργαλείο που ονομάζεται σφυρί δοκιμής και έχει μέγεθος ανάλογο με τις διαστάσεις του περιβλήματος που πρόκειται να εξεταστεί.

Αρχικά ο πίνακας προετοιμάζεται κατάλληλα έτσι ώστε να είναι έτοιμο να τεθεί σε λειτουργία. Έπειτα με το σφυρί δοκιμής εφαρμόζεται δύναμη σε κάθε εκτεθειμένη επιφάνεια του περιβλήματος με ενέργεια που η τιμή της βρίσκεται σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 ανάλογα με το βαθμό προστασίας ΙΚ που έχει επιλεγεί από τον κατασκευαστή. Εάν η μεγαλύτερη διάσταση κάποιας επιφάνειας είναι πάνω από 1 m τότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές ενώ σε διαφορετική περίπτωση πέντε φορές. Στα τμήματα του πίνακα που περιέχουν στοιχεία όπως κλειδαριές, αρθρώσεις κ.λπ. δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί η δοκιμή.

**Πίνακας 2.3: Εξάρτηση μεταξύ βαθμού ΙΚ και ενέργεια αντοχής κρούσεως**

<b>Βαθμός ΙΚ</b>	<b>IK00</b>	<b>IK01</b>	<b>IK02</b>	<b>IK03</b>	<b>IK04</b>	<b>IK05</b>	<b>IK06</b>	<b>IK07</b>	<b>IK08</b>	<b>IK09</b>	<b>IK10</b>
<b>Ενέργεια αντοχής κρούσεως (J)</b>	Καμία προστασία	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

Μετά την διεξαγωγή της δοκιμής πρέπει ο βαθμός προστασίας IP και η διηλεκτρική αντοχή του περιβλήματος του πίνακα να μην έχουν επηρεαστεί και όλα τα αποσπώμενα μέρη του πίνακα να μπορούν να αφαιρεθούν και να επανατοποθετηθούν χωρίς μη φυσιολογική δυσκολία.

### **2.2.5 Επαλήθευση βαθμού προστασίας IP του περιβλήματος**

**Ο βαθμός προστασίας IP** αποτελείται από δύο χαρακτηριστικά ψηφία και ένα προαιρετικό γράμμα που ακολουθεί και περιγράφεται στο πρότυπο IEC 60529. Με το πρώτο ψηφίο δηλώνεται η προστασία ατόμων έναντι προσέγγισης και επαφής με επικίνδυνα σημεία και η προστασία του εξοπλισμού έναντι της εισόδου ξένων σωμάτων. Το δεύτερο ψηφίο δηλώνει το βαθμό προστασίας έναντι των καταστροφικών επιδράσεων της εισόδου νερού στο εσωτερικό του περιβλήματος.

**Οι δυνατοί βαθμοί προστασίας που δηλώνονται με βάση το πρώτο ψηφίο είναι οι εξής:**

<b>Βαθμός Προστασίας</b>	<b>Περιγραφή προστασίας</b>
IP1X	Τα υπάρχοντα ανοίγματα στο περίβλημα δεν επιτρέπουν την είσοδο σφαιριδίου με διάμετρο 50 mm. Με άλλα λόγια αυτό ισοδυναμεί με προστασία στην είσοδο ενός ανθρώπινου χεριού, χωρίς όμως να παρέχεται προστασία στην είσοδο των δαχτύλων
IP2X	Τα υπάρχοντα ανοίγματα στο περίβλημα δεν επιτρέπουν την είσοδο σφαιριδίου με διάμετρο 12,5 mm. Αυτό ισοδυναμεί με προστασία στην είσοδο ανθρώπινου δαχτύλου
IP3X	Τα υπάρχοντα ανοίγματα στο περίβλημα δεν επιτρέπουν την είσοδο ράβδου ή σφαιριδίου με διάμετρο 2,5 mm
IP4X	Τα υπάρχοντα ανοίγματα στο περίβλημα δεν επιτρέπουν την είσοδο ράβδου ή σφαιριδίου με διάμετρο 1 mm
IP5X	Αυτός και ο επόμενος βαθμός προστασίας αφορά στην προστασία έναντι εισόδου σκόνης. Επιτρέπει την είσοδο μικροποσότητας σκόνης μόνο σε σημεία που η ύπαρξη της δεν αποδεικνύεται επικίνδυνη
IP6X	Δεν επιτρέπεται η είσοδος καμίας μικροποσότητα σκόνης

**Οι διάφοροι βαθμοί προστασίας με βάση το δεύτερο χαρακτηριστικό ψηφίο του κώδικα IP είναι οι παρακάτω:**

<b>Βαθμός Προστασίας</b>	<b>Περιγραφή προστασίας</b>
IPX1	Δηλώνει την προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού
IPX2	Δηλώνει την προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού και πτώσης νερού με γωνία έως και 15ο ως προς την κατακόρυφο με ροή μεγαλύτερη από την προηγούμενη περίπτωση
IPX3	Δηλώνει την προστασία έναντι βροχής. Η μέγιστη γωνία προστασίας ως προς τη κατακόρυφο για αυτόν τον βαθμό ορίζεται στις 60°
IPX4	Δηλώνει την προστασία έναντι έντονης ισχυρής βροχής ή έντονου ψεκασμού. Πρέπει να παρέχεται προστασία στην είσοδο νερού προς όλες τις κατευθύνσεις

IPX5	Δηλώνει την προστασία έναντι έντονου ψεκασμού υπό πίεση
IPX6	Δηλώνει την προστασία έναντι έντονου ψεκασμού υπό πίεση σε συνθήκες δριμύτερες από την προηγούμενη περίπτωση
IPX7 και IPX8	Δηλώνει την προστασία έναντι προσωρινή ή μόνιμης βύθισης σε νερό

Με το γράμμα μετά τα δυο ψηφία, οι βαθμοί προστασίας διαμορφώνονται ως εξής:

- IPXXB: Επιτρέπεται η είσοδος στο εσωτερικό του περιβλήματος σώματα με διάμετρο μεγαλύτερη από 12,5 mm αλλά κατά τον έλεγχο με το ομοίωμα αρθρωτού δακτύλου δεν εισέρχεται τμήμα μεγαλύτερο από 80mm.
- IPXXC: Επιτρέπεται η είσοδος σωμάτων με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5mm αλλά μια ράβδος ίδιας διαμέτρου και μήκους 100 mm δεν επιτρέπεται προσεγγίζει επικίνδυνα σημεία.
- IPXXD: Ισχύουν τα ίδια με την προηγούμενη περίπτωση με τη διαφορά ότι η διάμετρος των σωμάτων είναι 1 mm.

Στις επόμενες υποπαραγράφους περιγράφεται η μεθοδολογία για να ελεγχθεί αν σε ένα περίβλημα ισχύει ο δηλωμένος βαθμός προστασίας.

#### **2.2.6.1 Επαλήθευση προστασίας ατόμων έναντι προσέγγισης και επαφής με επικίνδυνα σημεία**

Για την επαλήθευση προστασίας ατόμων έναντι προσέγγισης και επαφής με επικίνδυνα σημεία χρησιμοποιούνται ειδικά εργαλεία που ονομάζονται δοκίμια ελέγχου (access probes) τα οποία προσομοιώνουν ξένα αντικείμενα (μικροαντικείμενα, ανθρώπινο δάκτυλο κ.λπ.) τα οποία επιλέγονται σύμφωνα με το πίνακα 2.4. Η μη πρόσβαση αυτών των εργαλείων στις προστατευμένες περιοχές του πίνακα αφού ασκηθεί η αντίστοιχη δύναμη σύμφωνα με τον πίνακα 2.4 καθιστά την δοκιμή επιτυχή.



**Πίνακας 2.4: Αντιστοίχιση βαθμού πρόσβαση IP με το δοκίμιο ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της προστασίας ατόμων έναντι προσέγγισης και επαφής με επικίνδυνα σημεία**

Πρώτο ψηφίο IP	Δοκίμιο ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί	Δύναμη με την οποία θα γίνει η δοκιμή
1	Σφαίρα διαμέτρου 50 mm	50 N±10%
2	Ομοίωμα αρθρωτού δακτύλου	10 N±10%
3	Ράβδος με 2,5 mm διάμετρο και 100 mm μήκος	3 N±10%
4,5,6	Καλώδιο με 1,00 mm διάμετρο και 100 mm μήκος	3 N±10%

#### 2.2.6.2 Επαλήθευση προστασίας του εξοπλισμού έναντι της εισόδου ξένων σωμάτων

Για την επαλήθευση της προστασίας έναντι της εισόδου ξένων σωμάτων χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα δοκίμια ελέγχου που φαίνονται στον πίνακα 2.5 με τον τρόπο που περιγράφηκε στην προηγούμενη υποπαράγραφο.

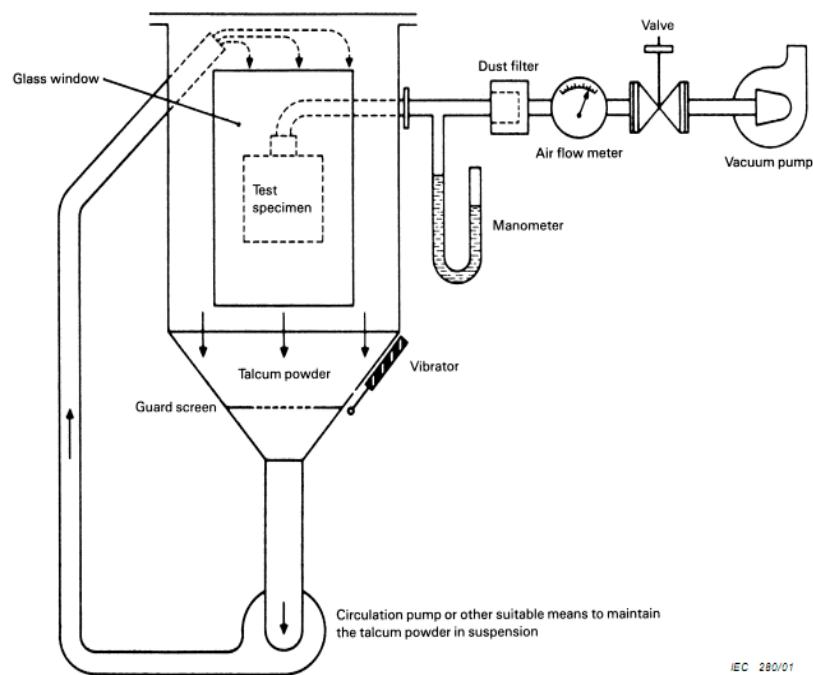
Η προστασία θεωρείται ικανοποιητική εάν τα δοκίμια ελέγχου δεν εισέρχονται στις προστατευμένες περιοχές του πίνακα μέσω οποιοδήποτε ανοίγματος στην επιφάνεια του περιβλήματος. Για βαθμό προστασίας IP5X η δοκιμή πρέπει να πραγματοποιηθεί σε ειδική πειραματική αίθουσα σκόνης (dust chamber).

**Πίνακας 2.5: Αντιστοίχιση βαθμού προστασίας IP με το δοκίμιο ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή προστασίας έναντι της εισόδου ξένου σωμάτων.**

Πρώτο ψηφίο IP	Δοκίμιο ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί	Δύναμη με την οποία θα γίνει η δοκιμή
0	Δεν απαιτείται δοκιμή	-
1	Άκαμπτη σφαίρα χωρίς λαβή με 50 +0,05mm διάμετρος	50 N±10%
2	Άκαμπτη σφαίρα χωρίς λαβή με 12,5+0,2mm διάμετρος	30 N±10%
3	Άκαμπτη ράβδος χάλυβαπαλλαγμένη από	3 N±10%

	σαλιάσματα με 2,5+0,05mm διάμετρο	
4	Άκαμπτη ράβδος χάλυβα απαλλαγμένη από σαλιάσματα με 1,00+0,05mm διάμετρο	1 N±10%
5	Αίθουσα σκόνης υπό ή χωρίς πίεση	-
6	Αίθουσα σκόνης υπό πίεση	-

Για να είναι επιτυχής η δοκιμή σε αυτόν το βαθμό προστασίας η παρουσία σκόνης σε εσωτερικές επιφάνειες θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1 g/m<sup>2</sup>. Για βαθμό προστασίας IP6X επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία αλλά σε αυτή την περίπτωση για να θεωρηθεί επιτυχής στο εσωτερικό του πίνακα δεν πρέπει να γίνει αντιληπτό κανένα ίχνος σκόνης.



**Σχήμα 2.1:** Σχεδιάγραμμα ειδικής πειραματικής αίθουσα σκόνης

### 2.2.6.3 Επαλήθευση του βαθμού προστασία ενάντια στην είσοδο νερού όπως υποδεικνύεται από το δεύτερο χαρακτηριστικό αριθμό

Τα μέσα δοκιμής και η περιγραφή τους που θα χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση του βαθμού προστασίας ενός περιβλήματος ενάντια στη είσοδο νερού παρουσιάζονται στον πίνακα 2.6. Η δοκιμή διεξάγεται με φρέσκο νερό, η θερμοκρασία του οποίου δεν πρέπει να διαφέρει παραπάνω από 5 Κ από τη θερμοκρασία του περιβλήματος που θα εξεταστεί. Το σφάλμα της μέτρησης της επιφάνειας του προς εξέταση περιβλήματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 10%.

Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής δεν πρέπει να εισέλθει καμία ποσότητα νερού στις προστατευμένες περιοχές κάτω το οποίο μπορεί να ελεγχθεί με τη χρήση ενός ξηρού απορροφητικού υλικού.

**Πίνακας 2.6: Αντιστοίχιση βαθμού πρόσβαση IP με το δοκίμιο ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή προστασίας έναντι ξένων στερεών σωματιδίων**

Δεύτερο ψηφίο IP	Μέσο δοκιμής	Ροή νερού	Διάρκεια δοκιμής
0	Δεν απαιτείται δοκιμή	-	-
1	Drip box	10+0,5mm/min	10 min
2	Drip box	30+0,5mm/min	2,5 min σε κάθε θέση που υπάρχει κλίση
3	Σωλήνας με δυνατότητα ταλάντωσης και δυνατότητα ψεκασμού $\pm 60^\circ$ από την κατακόρυφο και μέγιστη απόσταση ψεκασμού 200 mm	0,07 l/min $\pm 5\%$ ανά τρύπα πολλαπλασιασμένο με τον συνολικό αριθμό των τρυπών	10 min
4	Όπως στο 3 αλλά με δυνατότητα ψεκασμού $\pm 180^\circ$ ως προς την κατακόρυφο	Όπως το 3	Όπως το 3
5	Ακροφύσια μανικών προβολών ύδατος με διάμετρο 6,3 mm	12,5 l/min $\pm 5\%$	1 min/m <sup>2</sup> (τουλάχιστον 3 min)

	απόσταση ψεκασμού από 2,5 m σε 3 m		
6	Όμοια με 3 αλλά με διάμετρο 12,5 mm και απόσταση ψεκασμού από 2,5 m σε 3 m	100 l/min $\pm$ 5 %	1 min/m <sup>2</sup> (τουλάχιστον 3 λεπτά)
7	Βύθιση σε δεξαμενή με επίπεδο νερού 0,15 m πάνω από την κορυφή και 1 m πάνω από το κατώτερο σημείο	-	30 min
8	Βύθιση σε δεξαμενή με επίπεδο νερού που καθορίζεται με συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή	-	Καθορίζεται από τη συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή.

### 2.2.7 Επαλήθευση της θερμικής ευστάθειας

Η ακόλουθη δοκιμή δεν διεξάγεται στα σημεία του περιβλήματος του πίνακα που δεν έχουν καμιά τεχνική σημασία αλλά μόνο διακοσμητική. Στα υπόλοιπα σημεία εκτελείται η παρακάτω διαδικασία

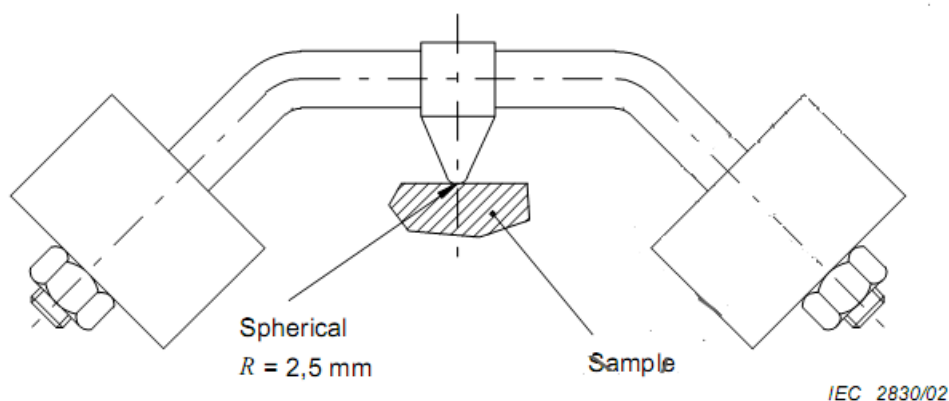
Ο πίνακας ή ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του αρχικά τοποθετείται στο εσωτερικό ενός θαλάμου θέρμανσης με φυσική ροή αέρα που έχει την ίδια σύνθεση και πίεση με το περιβάλλον που προορίζεται να τοποθετηθεί. Ο θάλαμος συστήνεται να είναι ηλεκτρικός και να ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε να παρέχει στο εσωτερικό του σταθερή θερμοκρασία ίση με  $70 \pm 2$  °C. Το περίβλημα πρέπει να παραμείνει στο θάλαμο για 7 μέρες (168 ώρες). Στη συνέχεια αφαιρείται από εκεί και τοποθετείται για 4 μέρες (96 ώρες) σε χώρο όπου επικρατεί θερμοκρασία περιβάλλοντος και η σχετική υγρασία του κυμαίνεται στις τιμές 45% και 55%. Τέλος με ένα κομμάτι τραχιού υφάσματος πιέζεται με δύναμη 5 N όλη η επιφάνεια του προϊόντος στο οποίο πραγματοποιήθηκε η δοκιμή. Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής πρέπει να μην παραμείνει κανένα ίχνος υφάσματος στο υλικό κατασκευής του πίνακα και αντίστροφα.

### 2.2.8 Επαλήθευση της αντοχής σε συνθήκες θέρμανσης

Σε αυτή τη δοκιμή χρησιμοποιείται ένα δείγμα από το υλικό του πλαισίου του πίνακα πάχους τουλάχιστον 2 mm. Αν δεν είναι αυτό εφικτό παίρνονται 4 λεπτότερα δείγματα από τον πίνακα, που τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο έτσι ώστε να έχουν συνολικό πάχος τουλάχιστον 2,5 mm.

Το δείγμα προς δοκιμή τοποθετείται σε οριζόντια θέση και πιέζεται με τη βοήθεια μιας σφαίρας από χάλυβα διαμέτρου 5 mm με δύναμη 20 N. Η δοκιμή πραγματοποιείται σε θερμοκρασία  $70 \pm 2$  oC για 1 ώρα. Έπειτα το δείγμα ψύχεται σε θερμοκρασία δωματίου για 10 sec περίπου.

Για να θεωρηθεί επιτυχής η δοκιμή πρέπει το βάθος της φθοράς που προκαλείται από την σφαίρα να μην υπερβαίνει τα 2 mm.



**Σχήμα 2.2:** Σχεδιάγραμμα μηχανισμού για την διεξαγωγή της δοκιμής θέρμανσης

### 2.2.9 Επαλήθευση αντοχής σε μη φυσιολογική θέρμανση και φωτιά – δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος «Glow wire test»

Για την δοκιμή αυτή χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές που περιγράφονται αναλυτικά στο πρότυπο IEC 60695-2-11. Η δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλο το πλαίσιο του πίνακα ή σε δείγματα αυτού αν δεν είναι δυνατόν το πρώτο λόγω μεγέθους. Τα δείγματα πρέπει να συλλέγονται από τα σημεία όπου παρατηρείται ελάχιστο πάχος.

Πριν την έναρξη της δοκιμής το δείγμα το οποίο θα υποβληθεί στη δοκιμή αποθηκεύεται για 24 ώρες σε θερμοκρασία ανάμεσα στις 15οC και 35οC και σχετική υγρασία που κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 35% και 45%. Η συσκευή με την οποία πραγματοποιείται η δοκιμή τοποθετείται σε σκοτεινό θάλαμο έτσι ώστε να είναι ορατές οι αναφλέξεις που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διεξαγωγή της. Επιπλέον σε κάθε επανάληψη της δοκιμής το καλώδιο πυράκτωσης της συσκευής πρέπει να καθαρίζεται από τυχόν υπολείμματα από προηγούμενες δοκιμές.

**Η θερμοκρασία που πρέπει να αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής στα διάφορα δείγματα είναι η εξής:**

- Στα σημεία που προορίζεται να βρίσκονται σε επαφή με ρευματοφόρα καλώδια ( $960 \pm 15$ )οC.
- Στα σημεία που προορίζονται να εγκατασταθούν σε κοίλους τοίχους ( $850 \pm 15$ )οC.
- Για τα υπόλοιπα τμήματα ( $650 \pm 15$ )°C.

Η διάρκεια της δοκιμής ορίζεται στα  $30 \pm 1$  sec. Κατά τη διάρκεια της σημειώνεται ο χρόνος που το δείγμα ξεκινά και σταματά να αναφλέγεται.

**Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής** αν κατά τη διάρκεια της δεν παρατηρηθεί καμία ορατή και συνεχή πυράκτωση ή αν παρατηρηθεί να έχει εξαφανιστεί το πολύ μετά από μισό λεπτό από την αφαίρεση του καλωδίου πυράκτωσης χωρίς να προκαλέσει καμιά μόνιμη ζημιά στο προϊόν.

#### **2.2.10 Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής**

**Αυτή η δοκιμή πραγματοποιείται** για την επαλήθευση της διηλεκτρικής αντοχής που πρέπει να έχει το περίβλημα του πίνακα που είναι σχεδιασμένος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62208. Η δοκιμή πραγματοποιείται μόνο στα πλαίσια που είναι κατασκευασμένα με μονωτικό υλικό μεγάλης αντοχής.

Αρχικά το πλαίσιο τοποθετείται σε ειδικά θερμικά μονωμένο χώρο με σταθερή ροή αέρα, θερμοκρασία ( $40 \pm 2$ )°C και σχετική υγρασία που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 91% και 95% για χρονική διάρκεια 48 ωρών.

Για περιβλήματα πινάκων χωρίς μεταλλικά στοιχεία μέσα στις προστατευμένες περιοχές εφαρμόζεται μεταξύ δύο αλουμινένιων φύλλων για 1 λεπτό μια ημιτονική τάση με τιμή 1,5 φορά παραπάνω από την τιμή που αναγράφεται στο παρακάτω πίνακα που βρίσκεται στο πρότυπο IEC-60439-1. Το ένα φύλλο τοποθετείται στην επιφάνεια του περιβλήματος και το άλλο εσωτερικά στο όριο στην προστατευμένης περιοχής. Αρχικά πρέπει να εφαρμοστεί το πολύ η μισή από τη καθορισμένη τιμή της τάσης και στη συνέχεια η τιμή αυτή αυξάνεται στη μέγιστη τιμή της με γρήγορο ρυθμό. Για περιβλήματα όπου εγκαθίστανται μεταλλικά στοιχεία μέσα στις προστατευμένες περιοχές, αφού συνδεθούν αγωγήμα όλα τα μεταλλικά στοιχεία μεταξύ τους με μια μεταλλική μπάρα, εφαρμόζεται η αντίστοιχη τάση με τιμή, όπως στην πρώτη περίπτωση, μεταξύ αυτής της μπάρας και ενός φύλλου αλουμινίου που τοποθετείται στην εξωτερική επιφάνεια του περιβλήματος.

**Για να είναι επιτυχής η δοκιμή** δεν πρέπει να προκληθεί καμία βλάβη ή ανάφλεξη στο δείγμα που εξετάζεται.

**Πίνακας 2.7: Τάσεις δοκιμής επαλήθευσης διηλεκτρικής αντοχής για τα κυκλώματα ισχύος**

Ονομαστική τάση μόνωσης (V)	Τάση δοκιμής (V)
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 690$	2500
$690 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$	3500
$1000 < U_i \leq 1500$ (Για συνεχή τάση)	3500

### 2.2.11 Δοκιμή επαλήθευσης σωστής λειτουργίας του κυκλώματος προστασίας

**Σκοπός της συγκεκριμένης δοκιμής** είναι η επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας του κυκλώματος προστασίας. Στο κύκλωμα προστασίας πρέπει να συνδέονται όλα τα εκτεθειμένα

αγώγιμα μέρη του πίνακα με την γείωση η αντίσταση της οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,1 Ω.

Η δοκιμή πραγματοποιείται με τη χρήση ενός οργάνου με δυνατότητα μέτρησης αντίστασης. Έπειτα δημιουργείται ένα κύκλωμα μεταξύ κάθε εκτεθειμένου αγώγιμου σημείου του πίνακα και της γείωσης έτσι ώστε σε αυτό να διαρρέεται ρεύμα με τιμή 10 A. Για να θεωρηθεί επιτυχής η δοκιμή η αντίσταση αυτού του κυκλώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,1 Ω.

#### **2.2.12 Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής έναντι ακραίων περιβαλλοντικών συνθηκών**

**Η συγκεκριμένη δοκιμή διεξάγεται** μόνο στα περιβλήματα των πινάκων που προορίζονται να εγκατασταθούν σε εξωτερικό χώρο. Για την δοκιμή επιλέγονται αντιπροσωπευτικά δείγματα του προϊόντος που προορίζεται να εξεταστεί.

Τα δείγματα των εξωτερικών τμημάτων που κατασκευάζονται εξ' ολοκλήρου από συνθετικό υλικό ή από μεταλλικό υλικό που περιβάλλεται από συνθετικό υπόκεινται στην εξής διαδικασία. Για περιόδους διάρκειας 5 λεπτών τα δείγματα βρέχονται με νερό. Στις περιόδους αυτές μεσολαβούν διαστήματα 25 λεπτών όπου τα δείγματα δεν βρέχονται και είναι υπό το φως ειδικών λυχνιών Xenon. Ο αριθμός των περιόδων είναι τέτοιος ώστε το συνολική διάρκεια της δοκιμής να ισούται με 5 ώρες. Οι τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά της διάρκεια της δοκιμής ισούται με  $65 \pm 3$  °C και  $65 \pm 5$  % αντίστοιχα.

**Αν τα δείγματα δεν παρουσιάσουν ρωγμές και άλλες αλλοιώσεις στο τέλος της δοκιμής τότε θεωρείται επιτυχής.**

#### **2.2.13 Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής έναντι της διάβρωσης**

**Η δοκιμή προορίζεται για τους πίνακες που το περιβλήμα τους είναι μεταλλικό καθώς επίσης και για τα μεταλλικά τμήματα των υπολοίπων.** Εάν δεν είναι δυνατό η δοκιμή να πραγματοποιηθεί σε ολόκληρο την επιφάνεια του περιβλήματος τότε δίνεται η δυνατότητα να επιλεγθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα που έχουν ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (υλικό κατασκευής, πάχος κ.λπ.) για το σκοπό αυτό.



Για τα προϊόντα που προορίζονται να εγκατασταθούν σε εσωτερικό χώρο πρέπει για 6 περιόδους των 24 ωρών να διεξαχθεί η δοκιμή «test Db» η οποία περιγράφεται στο πρότυπο IEC 60068-2-30 σε θερμοκρασία 40 °C και σχετική υγρασία 95 % και για 2 περιόδους των 24 ωρών η δοκιμή «test Ka» όπως περιγράφεται στο πρότυπο IEC 60068-2-11 σε θερμοκρασία  $35 \pm 2$  οC. Για προϊόντα που προορίζονται να εγκατασταθούν σε εξωτερικό χώρο διεξάγεται για 12 περιόδους των 24 ωρών η δοκιμή «test Db» και για 14 περίοδοι των 24 ωρών η δοκιμή «test Ka» στις ίδιες συνθήκες με προηγούμενως. Μετά από την παραπάνω διαδικασία ο πίνακας ή τα δείγματα σκουπίζονται ενώ βρίσκονται κάτω από τρεχούμενο νερό για 5 λεπτά, στη συνέχεια ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό και αποθηκεύονται για 2 ώρες σε συνθήκες φυσιολογική λειτουργίας.

**Για να θεωρηθεί η διαδικασία επιτυχής** πρέπει να μην έχει εμφανιστεί στο περίβλημα κανένα ίχνος ραγίσματος ή σκουριά με εξαίρεση μόνο στην επιφάνεια του προστατευτικού επιστρώματος και στοιχεία όπως κλειδαριές, πόρτες, αρθρώσεις κ.λπ. πρέπει να λειτουργούν φυσιολογικά χωρίς να χρειάζεται να ασκηθεί πάνω τους υπερβολική δύναμη. Τέλος πρέπει να επαληθευτεί εάν όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα σημεία του περιβλήματος παραμένουν συνδεδεμένα αποτελεσματικά με το κύκλωμα προστασίας.

#### **2.2.14 Δοκιμή αντοχή της ετικέτας**

**Η συγκεκριμένη δοκιμή** δεν πραγματοποιείται σε ετικέτες οι οποίες έχουν σχηματιστεί ανάγλυφα πάνω στο κύριο υλικό του πίνακα ή έχουν τυπωθεί με ένα εκτυπωτικό μηχάνημα.

Αρχικά η προς δοκιμή ετικέτα τρίβεται με ένα ενυδατωμένο κομμάτι υφάσματος για 15 δευτερόλεπτα. Στο δεύτερο μέρος της δοκιμής επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι αυτή τη φορά το κομμάτι υφάσματος είναι εμπλουτισμένο με πετρελαϊκό αιθέρα αντί για νερό.

**Για να είναι επιτυχής η δοκιμή** απαιτείται οι πληροφορίες, που αναγράφονται στην ετικέτα στο πέρας της διαδικασίας, να παραμείνουν το ίδιο ευανάγνωστες.

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΝΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΡΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”

#### 3.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι δοκιμές που πραγματοποιούνται σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα ηλεκτρικού πίνακα με ονομαστική τάση μέχρι και 1 KV ac ή 1,5 KV dc και ονομαστική συχνότητα που να μην ξεπερνά τα 1000 hz, με όλον το προβλεπόμενο εξοπλισμό στο εσωτερικό του (π.χ. ασφάλειες τήξης, μικροαυτόματοι διακόπτες ισχύος κ.λπ.). Τα πρότυπα που αφορούν τις συγκεκριμένες δοκιμές είναι η σειρά IEC 60439.

#### 3.2 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών ηλεκτρικού πίνακα

Οι δοκιμές που διεξάγονται σε ένα σύστημα ηλεκτρικού πίνακα και περιγράφονται στη σειρά προτύπων IEC 60439 μπορεί να χωριστούν σε δυο κατηγορίες : **τις δοκιμές επαλήθευση προδιαγραφών (type tests)** και **τις συνήθεις δοκιμές (routine tests)**.

Οι πρώτες διεξάγονται για να ελεγχθεί ότι η κατασκευή και σύνθεση του πίνακα έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προτύπου IEC 60439. Πραγματοποιούνται σε αντιπροσωπευτικά δείγματα του πίνακα ή σε επιλεγμένα τμήματα του επιλέγονται έτσι ώστε να παρουσιάζουν κατασκευαστικές και σχεδιαστικές ομοιότητες με τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. **Συγκεκριμένα σε αυτή η κατηγορία αποτελείται από τις εξής δοκιμές:**

- Επαλήθευση των ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας
- Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής
- Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος
- Επαλήθευση αποτελεσματικότητας του κυκλώματος προστασίας
- Έλεγχος τήρησης ελάχιστης απόστασης που πρέπει να έχουν μεταξύ τους δυο αγωγά σημεία του πίνακα
- Επαλήθευση ορθής μηχανικής λειτουργία στοιχείων ηλεκτρολογικού πίνακα

- Επαλήθευση βαθμού προστασίας
- Έλεγχος ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC)

Οι συνήθεις δοκιμές (routine tests) διεξάγονται για να ανιχνευθούν σφάλματα ή κακοτεχνίες που πιθανόν να υπάρχουν σε ορισμένα σημεία του πίνακα.

Πραγματοποιούνται σε κάθε νέο πίνακα αφού έχει συνθεθεί ή σε κάθε μονάδα του ξεχωριστά. Η διεξαγωγή αυτών δοκιμών είναι υποχρέωση της εταιρίας που συναρμολογεί το πίνακα κι όχι των κατασκευαστών που παράγουν τον εξοπλισμό και τις διατάξεις που τον αποτελούν. Αναφορικά οι συνήθεις δοκιμές είναι οι εξής:

- Εποπτεία όλης της σύνθεσης του πίνακα συμπεριλαμβανομένου και της καλωδίωσης και αν είναι αναγκαίο διεξαγωγή δοκιμής για τον έλεγχο της ομαλής ηλεκτρικής λειτουργίας του.
- Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής
- Έλεγχος για την ύπαρξη, την σωστή τοποθέτηση και την αποτελεσματικότητα των μέτρων προστασίας.

Η διεξαγωγή αυτών των δοκιμών στο χώρο κατασκευή τους δεν εξασφαλίζει την φυσιολογική λειτουργία του στο χώρο όπου θα τοποθετηθεί. Γι αυτό το λόγο ο πίνακας πρέπει να ελέγχεται εκ νέου μετά την μεταφορά και την εγκατάσταση τους.

Το είδος των δοκιμών και των επαληθεύσεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε κάθε στοιχείο που απαρτίζει τον ηλεκτρικό πίνακα, γίνεται ανάλογα με το αν ο πίνακας χαρακτηρίζεται ΤΤΑ ή ΡΤΤΑ. ΤΤΑ (type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly) χαρακτηρίζονται οι ηλεκτρικοί πίνακες που προσαρμόζονται σε ένα τυποποιημένο σύστημα χωρίς σημαντικές αποκλίσεις έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από αυτές σε σημαντικό βαθμό η φυσιολογική λειτουργία τους σύμφωνα με τα πρότυπα. ΡΤΤΑ (partially type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly) χαρακτηρίζονται οι ηλεκτρικοί πίνακες που δεν είναι απαραίτητο να έχουν υποβληθεί σε δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type-tested), υπό την προϋπόθεση, αν δεν έχουν υποβληθεί σε τέτοιες δοκιμές να επιβεβαιωθεί ότι ικανοποιούν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών τους με εναλλακτικούς τρόπους (π.χ. μέσω υπολογισμών).

### **3.3 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type tests) μιας σύνθεσης ηλεκτρικού πίνακα**

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφούν αναλυτικά οι δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type tests) που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Αυτές οι δοκιμές δίνεται η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν σε οποιαδήποτε σειρά στο ίδιο ή σε διαφορετικά αντιπροσωπευτικά δείγματα του ίδιου είδους. Εάν ο εξοπλισμός που απαρτίζει τον ηλεκτρολογικό πίνακα υποστεί κάποιες τροποποιήσεις που πιθανόν να έχουν επιπτώσεις στα αποτελέσματα των δοκιμών αυτές πρέπει να επαναληφθούν.

#### **3.3.1 Επαλήθευση των ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας**

Η εκτέλεση αυτή της δοκιμής έχει ως στόχο να ελεγχθεί ότι η ανύψωση θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία του πίνακα δεν θα ξεπεράσει σε κανένα συστατικό του τα όρια που αναγράφονται στο πρότυπο.

Η δοκιμή πραγματοποιείται στο ονομαστικό ρεύμα αφού ο πίνακας εγκατασταθεί στην μόνιμη θέση λειτουργίας του με τη βοήθεια μιας θερμαινόμενης αντίστασης. Επιτρέπεται να διεξαχθεί και σε ιδιαίτερα σημεία του πίνακα όπως σε περιβλήματα, κουτιά κ.λπ. υπό την προϋπόθεση να ληφθούν όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις. Στα κυκλώματα ισχύος του ηλεκτρολογικού πίνακα στην περίπτωση που το ονομαστικό ρεύμα ξεπερνά τα 800 A τα αποτελέσματα που λαμβάνονται για συχνότητα λειτουργίας 50 hz συμπίπτουν με τα αντίστοιχα για συχνότητα 60 hz εάν το ρεύμα δοκιμής μειωθεί κατά 5% της ονομαστικής τιμής. Αντίθετα όταν το ονομαστικό ρεύμα είναι κάτω από 800 A τα αποτελέσματα δεν μεταβάλλονται σε αξιοσημείωτο βαθμό μεταξύ των δυο συχνοτήτων και μπορεί να θεωρηθεί ότι συμπίπτουν. Σε μεμονωμένα κυκλώματα η δοκιμή θα πραγματοποιηθεί με τον τύπο ρεύματος (συνεχής, εναλλασσόμενο) για τον οποίο προορίζονται. Η τάση που θα εφαρμοστεί κατά την δοκιμή θα είναι τέτοια ώστε να παράγεται ρεύμα που να συμφωνεί με τις οδηγίες που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Σε διατάξεις όπως τα πηνία των ηλεκτρονόμων, επαφές κ.α. εφαρμόζεται η ονομαστική τάση λειτουργία τους. Οι πίνακες ανοικτού τύπου δεν είναι απαραίτητο να υποβληθούν σε αυτή τη δοκιμή εάν είναι προφανές από την εκτέλεση των υπόλοιπων δοκιμών, τις διαστάσεις των αγωγών κ.λπ. ότι δεν θα υπάρξει καμία πιθανή υπερβολική άνοδος θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία τους που να υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό και την μόνωση που πίνακα.

Πριν την έναρξη της δοκιμής ο πίνακας πρέπει να προετοιμαστεί κατάλληλα ώστε να είναι έτοιμος να τεθεί σε λειτουργία με όλα τα περιβλήματα, τις πόρτες και τα άλλα αποσπώμενα συστατικά του να βρίσκονται στη θέση λειτουργία τους. Όταν ελέγχονται μεμονωμένες διατάξεις ή άλλες μονάδες τότε οι γειτονικές τους διατάξεις πρέπει να παράγουν τις ίδιες θερμοκρασιακές συνθήκες που θα επικρατούσαν κατά την φυσιολογική λειτουργία του πίνακα. Η δοκιμή πραγματοποιείται σε ένα ή περισσότερους συνδυασμούς κυκλωμάτων του έτσι ώστε να ληφθεί με αρκετή ακρίβεια ή υψηλότερη πιθανή άνοδος θερμοκρασίας. Κατά την διάρκεια της δοκιμής κάθε κύκλωμα εισόδου διαρρέεται με το ονομαστικό του ρεύμα και κάθε κύκλωμα εξόδου με το ονομαστικό του ρεύμα πολλαπλασιασμένο με τον αντίστοιχο ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας (rated diversity factor) του που βρίσκεται με τη βοήθεια του πίνακα 3.1. Στην περίπτωση που ο πίνακας περιλαμβάνει ασφάλειες τήξης κατά τη διάρκεια της δοκιμής αυτές θα συνδεθούν για την δοκιμή όπως διευκρινίζεται από το κατασκευαστή τους και οι απώλειες ισχύος που θα παρουσιαστούν σε αυτές πρέπει να αναγραφούν στην έκθεση αναφοράς της δοκιμής.

Η επιλογή και το μέγεθος των εξωτερικών αγωγών που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της δοκιμής θα πρέπει να αναγραφούν στην έκθεση αναφοράς της δοκιμής.

Η δοκιμή πρέπει να έχει τέτοια διάρκεια έτσι ώστε η θερμοκρασία να μπορεί να ξεπεράσει κάποια σταθερή τιμή (σε φυσιολογικές συνθήκες είναι μικρότερη των 8 ωρών). Πρακτικά αυτή η συνθήκη ικανοποιείται όταν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας δεν ξεπερνάνε το 1 K/ώρα. Όταν κατά τη διάρκεια της δοκιμής ενεργοποιείται κάποιος ηλεκτρομαγνήτης η θερμοκρασία μετριέται αφού επανέλθει η θερμική ισορροπία στο σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί μονοφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα μόνο στην περίπτωση που τα μαγνητικά πεδία που παράγονται είναι τόσο μικρά που μπορούν να αμεληθούν χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στα αποτελέσματα της δοκιμής.

Η διατομή και το είδος των εξωτερικών αγωγών που θα χρησιμοποιηθούν για την δοκιμή επιλέγεται ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα του κυκλώματος ως εξής:

#### **Για τιμές ονομαστικού ρεύματος μέχρι και 400 A**

- Οι αγωγοί πρέπει να είναι μονοπύρηνιοι, χάλκινοι ή μονωμένοι με διαστάσεις που δίνονται στον πίνακα 3.2α
- Όσο είναι πρακτικά δυνατόν, οι αγωγοί πρέπει να περιβάλλονται από αέρα.
- Το ελάχιστο μήκος κάθε προσωρινής σύνδεσης από ακροδέκτη σε ακροδέκτη είναι:
  - 1 m για διατομές μέχρι και 35 mm<sup>2</sup>
  - 2 m για διατομές μεγαλύτερες των 35 mm<sup>2</sup>

Αριθμός κύριων κυκλωμάτων	Ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας (Rated diversity factor)
2 ή 3	0,9
4 ή 5	0,8
6 έως και 9	0,7
10 και πάνω	0,6

**Πίνακας 3.1:** Εύρεση ονομαστικής σταθερά ποικιλομορφίας (Rated diversity factor)

Εύρος ονομαστικού ρεύματος (A)	διατομή αγωγού (mm <sup>2</sup> )
0-8	1,0
8-12	1,5
12-15	2,5
15-20	2,5
20-25	4,0
25-32	6
32-50	10
50-65	16
65-85	25
85-100	35
100-115	35
115-130	50
130-150	50
150-175	70
175-200	95
200-225	95
225-250	120
250-275	150
275-300	185
300-350	185
350-400	240

**Πίνακας 3.2α:** Διατομή αγωγών που χρησιμοποιούνται για την δοκιμή ανύψωση θερμοκρασίας για ονομαστικό ρεύμα μέχρι και 400 A.

Για τιμές ονομαστικού ρεύματος από 400 A έως 800 A ισχύουν οι παρακάτω απαιτήσεις για τα καλώδια δοκιμής.

- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι μονοπολικοί, μονωμένοι με PVC, χάλκινης κατασκευής με διατομή που συμφωνεί με το πίνακα 3.2β
- Ανάμεσα σε δυο αγωγούς ή σε δυο μπάρες χαλκού (copper bars) πρέπει να υπάρχει περίπου τόσο μεσοδιάστημα όσο και η απόσταση μεταξύ δυο ακροδεκτών. Σε

περιπτώσεις όπου σε έναν ακροδέκτη αντιστοιχούν δυο ή περισσότεροι αγωγοί, αυτοί πρέπει να έχουν διάκενο τουλάχιστον 10 mm μεταξύ τους. Όταν σε έναν ακροδέκτη αντιστοιχούν δυο ή περισσότεροι μπάρες χαλκού αυτοί πρέπει να απέχουν μεταξύ τους τόση απόσταση όση είναι το πάχος τους. Ανάμεσα στους αγωγούς ή τις μπάρες χαλκού δεν πρέπει να παρεμβάλλονται άλλα στοιχεία.

- Για δοκιμές που χρησιμοποιείται μονοφασικό ή πολυφασικό ρεύμα, το ελάχιστο μήκος των προσωρινών συνδέσεων προς την πηγή τροφοδότησης που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή πρέπει να είναι 2 m. Όταν στην πηγή τροφοδότησης πραγματοποιούνται παραπάνω από 3 συνδέσεις το ελάχιστο μήκος μειώνεται σε 1,2 m.

#### **Για τιμές ονομαστικού ρεύματος 800 A μέχρι και 3150 A.**

- Οι συνδέσεις πρέπει να γίνονται αποκλειστικά με μπάρες χαλκού που να έχουν διαστάσεις οι οποίες να συμφωνούν με τον πίνακα 3.2β, εκτός αν ο πίνακας δεν έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να δέχεται τέτοιες συνδέσεις. Στην περίπτωση αυτή οι διαστάσεις και απαιτήσεις των καλωδίων πρέπει να διευκρινίζονται από τον κατασκευαστή.
- Ανάμεσα σε δυο μπάρες χαλκού (copper bars) πρέπει να υπάρχει περίπου τόσο μεσοδιάστημα όσο και η απόσταση μεταξύ δυο ακροδεκτών. Εάν σε κάθε ακροδέκτη αντιστοιχούν παραπάνω από μια μπάρα χαλκού αυτές πρέπει να έχουν απόσταση μεταξύ τους τουλάχιστον όσο το πάχος τους. Εάν η διάσταση που πρέπει να χρησιμοποιηθεί δεν ταιριάζει με τους ακροδέκτες ή δεν είναι διαθέσιμη δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν άλλες μπάρες χαλκού που έχουν περίπου την ίδια διατομή υπό την προϋπόθεση να υπάρχει επιπρόσθετα η κατάλληλη επιφάνεια ψύξης (περίπου ίση με την διατομή). Ανάμεσα στις μπάρες χαλκού δεν πρέπει να παρεμβάλλονται άλλα στοιχεία.
- Για μονοφασικές ή πολυφασικές δοκιμές, το ελάχιστο μήκος των προσωρινών συνδέσεων προς την πηγή τροφοδότησης που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή πρέπει να είναι 3 m. Η μέγιστη αυτή απόσταση μειώνεται στα 2 m υπό την προϋπόθεση ότι η αύξηση θερμοκρασίας στην περιοχή της τροφοδοσίας δεν ξεπερνά τα 5 K της αντίστοιχης αύξησης θερμοκρασίας που μετριέται στο μέσο του συνολικού μήκους της σύνδεσης. Όταν στην πηγή τροφοδότησης πραγματοποιούνται παραπάνω από 3 συνδέσεις το ελάχιστο μήκος μειώνεται σε 2 m.

**Για τιμές ονομαστικού ρεύματος άνω των 3150 A** πρέπει να υπάρχει ειδική συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή για όλα τα σχετικά στοιχεία της δοκιμής όπως ο τύπος

τροφοδοσίας (εναλλασσόμενος, συνεχής), ο αριθμός των φάσεων, η συχνότητα λειτουργίας, η διάμετρος και το είδος των αγωγών δοκιμής κ.λπ. Αυτές οι πληροφορίες είναι αναγκαίο να αναγράφονται στην έκθεση δοκιμής.

**Για ορισμένους τύπους ηλεκτρικών πινάκων**, για τους οποίους τα κυκλώματα ισχύος και τα δευτερεύοντα κυκλώματα διαρρέονται από σχετικά χαμηλές τιμές ρεύματος, η απώλεια ισχύος (που έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανση του πίνακα) μπορεί να εξομοιωθεί με μέσα όπως οι αντιστάσεις θέρμανσης, οι οποίες παράγουν την ίδια ποσότητα θέρμανσης αφού εγκατασταθούν στις κατάλληλες θέσεις στο εσωτερικό του πίνακα.

Τιμή ονομαστικού ρεύματος (A)	Εύρος ονομαστικού ρεύματος (A)	Αγωγοί δοκιμής			
		Καλώδια		Μπάρες χαλκού	
		Ποσότητα	Διατομή(mm <sup>2</sup> )	Ποσότητα	Διατομή(mm <sup>2</sup> )
500	400-500	2	150(16)	2	30 × 5(15)
630	500-630	2	185(18)	2	40 × 5(15)
800	630-800	2	240(21)	2	50 × 5(17)
1000	800-1000			2	60 × 5(19)
1250	1000-1250			2	80 × 5(20)
1600	1250-1600			2	100×5(23)
2000	1600-2000			2	100×5(20)
2500	2000-2500			2	100×5(21)
3150	2500-3150			2	100×10(23)

**Σημείωση:** Οι τιμές που είναι εντός παρενθέσεων είναι η εκτιμώμενη άνοδος θερμοκρασίας (σε K) των αγωγών δοκιμής.

**Πίνακας 3.2β:** Διατομή αγωγών που χρησιμοποιούνται για την δοκιμή ανύψωση θερμοκρασίας για ονομαστικό ρεύμα από 400 A μέχρι και 3150 A.

### 3.3.2 Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής

Η συγκεκριμένη δοκιμή έχει ως στόχο να ελέγξει την διηλεκτρική αντοχή της μόνωσης των στοιχείων που απαρτίζουν έναν ηλεκτρολογικό πίνακα. Δεν είναι ανάγκη να πραγματοποιηθεί στα συστατικά του πίνακα που έχουν ήδη ελεγχθεί σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές τους υπό τις προϋπόθεση ότι η διηλεκτρική αντοχή τους δεν επηρεάζεται με την ενσωμάτωσή τους στο πίνακα.



Όταν ο πίνακας περιέχει κύκλωμα προστασίας, το οποίο είναι απομονωμένο από τους εκτεθειμένους αγωγούς του συστήματος, για την εκτέλεση δοκιμή θεωρείται ως ξεχωριστό κύκλωμα και πρέπει να ελεγχθεί με την ίδια τάση που ελέγχεται το κύκλωμα ισχύος στο οποίο ανήκει. Για τους πίνακες που έχουν περιβλήματα που είναι κατασκευασμένα από μονωτικό υλικό πρέπει να πραγματοποιηθεί μια πρόσθετη διηλεκτρική δοκιμή αντοχής με την εφαρμογή μιας τάση δοκιμής μεταξύ ενός φύλλου αλουμινίου που τοποθετείται έξω από τον πίνακα και των διασυνδεδεμένων αγώγιμων εκτεθειμένων τμημάτων του πίνακα. Σε αυτή τη πρόσθετη δοκιμή η τιμή της τάσης που εφαρμόζεται είναι ίση με 1,5 φορές παραπάνω από τις αντίστοιχες τιμές που αναγράφονταν στο πίνακα 2.7.

Με παρόμοιο τρόπο ελέγχονται και οι διακόπτες χειρισμού που διαθέτουν κάποια στοιχεία που απαρτίζουν τον πίνακα οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από μονωτικό υλικό. Η τάση δοκιμής σε αυτή τη δοκιμή εφαρμόζεται μεταξύ ενός φύλλου αλουμινίου και ολόκληρης της επιφάνεια του διακόπτη του προς δοκιμή στοιχείου.

Και σε αυτή την περίπτωση η τάση που θα εφαρμοστεί για τη δοκιμή είναι 1,5 μεγαλύτερη από αυτές που δίνονται στον πίνακα 2.7.

Γενικά η δοκιμή διεξάγεται εφαρμόζοντας την κατάλληλη τάση δοκιμής ανάμεσα σε όλα ρευματοφόρα σημεία και στους διασυνδεδεμένους εκτεθειμένους αγωγούς του πίνακα. Η τάση στην έναρξη της δοκιμής δεν επιτρέπεται να ξεπεράσει κατά 50% τις τιμές που αναγράφονται στους πίνακες 2.7 και 3.3. Στη συνέχεια η τιμή της τάσης αυξάνεται στιγμιαία φτάνοντας στην αντίστοιχη μέγιστη τιμή της και διατηρείται σε αυτή για τουλάχιστον 5 sec. Εάν η τάση δοκιμής δημιουργείται από εναλλασσόμενη πηγή τροφοδότησης πρέπει να έχει την απαραίτητη ισχύ ώστε να διατηρείται σταθερή στην περίπτωση που παρατηρηθούν διαρροές ρεύματος. Πρακτικά η τάση δοκιμής πρέπει να είναι ημιτονοειδής με συχνότητα 45 - 62 hz και τιμές που υποδεικνύονται στον πίνακα 2.7 και στον πίνακα 3.3 που ακολουθεί.

**Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής** αν κατά τη διάρκεια της δεν δημιουργηθεί καμιά οπή ή ανάφλεξη στο διηλεκτρικό υλικό των υπό δοκιμή στοιχείων.

Ονομαστική τάση απομόνωσης $U_i(V)$	Τάση διηλεκτρικής δοκιμής (V)
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2U_i+1000$ με μικρότερη δυνατή τα 1500 V

**Πίνακας 3.3:** Τάση για την δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής που εφαρμόζεται στα δευτερεύοντα κυκλώματα

### 3.3.3 Δοκιμή αντοχής έναντι κρουστικής τάσης

Σε αυτή τη παράγραφο παρουσιάζεται η δοκιμή για να επαληθευτεί αν ο πίνακας έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σύμφωνα με τις οδηγίες των προδιαγραφών του έτσι ώστε είναι σε θέση να αντισταθεί σε πιθανές υπερτάσεις κρουστικής μορφής με τιμή που να μην υπερβαίνει κάποιο ανώτατο όριο που πιθανόν να παραχθούν κατά τη λειτουργία του.

Αρχικά ο πίνακας προετοιμάζεται και τοποθετείται κατάλληλα έτσι ώστε να είναι έτοιμος τεθεί σε λειτουργία. Κάθε συστατικό του πίνακα με μη μεταλλική περίφραξη που προορίζεται να μπει σε λειτουργία χωρίς να εγκατασταθεί σε αυτό πρόσθετη περίφραξη πρέπει να καλύπτεται με ένα φύλλο αλουμινίου το οποίο να είναι συνδεδεμένο με το πλαίσιο ή την πλάκα στήριξης του πίνακα. Το ίδιο πρέπει να συμβεί και σε όλες τις επιφάνειες, με τις οποίες υπάρχει πιθανότητα να έρθουν σε άμεση επαφή με κάποιον άνθρωπο ακούσια.

Οι τιμές των κρουστικών τάσεων δοκιμής που πρέπει να εφαρμοστούν για την πραγματοποίηση της δοκιμής δίνονται από το πρότυπο.

Η τάση δοκιμής πρέπει να εφαρμοστεί στα παρακάτω σημεία του ηλεκτρικού πίνακα:

- Σε κάθε ρευματοφόρο αγωγίμο στοιχείο.
- Στο κύκλωμα ισχύος «το κύκλωμα που προορίζεται για τη μετάδοση ηλεκτρική ενέργειας στο κύκλωμα».
- Στα υπόλοιπα κυκλώματα «δευτερεύοντα» που προορίζονται για τον έλεγχο, την μέτρηση διάφορων μεγεθών, τη ρύθμιση και τη επεξεργασία δεδομένων και άλλων λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα.

- Στα εκτεθειμένα αγωγήματα στοιχεία.
- Στον αποσπώμενο εξοπλισμό όταν βρίσκεται στη θέση απομόνωσης: σε ολόκληρο το μονωτικό υλικό. Σε αυτήν την περίπτωση η τάση δοκιμής εφαρμόζεται ανάμεσα στα διάκενα ασφαλείας, μεταξύ του εξοπλισμού και της τροφοδοσίας και μεταξύ του ακροδέκτη τροφοδότησης και του αντίστοιχου ακροδέκτη φορτίου.

**Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής** δεν πρέπει να παρατηρηθούν ανάρμοστες ηλεκτρικές εκφορτίσεις κατά τη διάρκεια της. Οι ανάρμοστες ηλεκτρικές εκφορτίσεις συνήθως οφείλονται σε καταστροφή της μόνωσης εξαιτίας ηλεκτρικής καταπόνησης.

### **3.3.4 Έλεγχος αποστάσεων ερπυσμού και διακένων ασφαλείας**

Κατά τη διάρκεια αυτού του ελέγχου μετριέται αν οι αποστάσεις ερπυσμού και τα διάκενα ασφαλείας του ηλεκτρολογικού πίνακα είναι μέσα στα όρια που προτείνει το συγκεκριμένο πρότυπο.

Συγκεκριμένα πρέπει να μετρηθεί το ελάχιστο μήκος ερπυσμού των μονώσεων μεταξύ των φάσεων, μεταξύ των ρευματοφόρων και των εκτεθειμένων αγωγήμων στοιχείων, ανάμεσα σε αγωγούς κυκλωμάτων που έχουν διαφορετικές ονομαστικές τάσεις λειτουργίας. Τα όρια αυτά επηρεάζονται από παράγοντες όπως το υλικό μόνωσης και τον βαθμό ρύπανσης του περιβάλλοντος στο οποίο ο πίνακας προορίζεται να εγκατασταθεί.

### **3.3.5 Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος των κυκλωμάτων του ηλεκτρικού πίνακα**

Αυτή η δοκιμή πραγματοποιείται σε όλα τα κυκλώματα και στοιχεία του πίνακα για να επαληθευτεί η αντοχή τους έναντι βραχυκυκλώματος με εξαίρεση τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Τους πίνακες που το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης δεν υπερβαίνει τα 10kA.
- Τους πίνακες που διαθέτουν μέσα περιορισμού του ρεύματος διαρροής τα οποία είναι ρυθμισμένα έτσι ώστε να έχουν ανώτατο ρεύμα κατωφλιού που να μην υπερβαίνει τα 17KA.

- Στα δευτερεύοντα κυκλώματα του πίνακα τα οποία προορίζονται να συνδεθούν με μετασχηματιστές στους οποίους η ονομαστική ισχύς τους δεν υπερβαίνει τα 10 kVA αν η ονομαστική τάση στο δευτερεύον τους είναι ίση ή μεγαλύτερη από 110 V, με μετασχηματιστές με ονομαστική ισχύ μικρότερη των 1,6 kVA αν η ονομαστική τάση στο δευτερεύοντος τους είναι μικρότερη από 110 V και με μετασχηματιστές που η σύνθετη αντίσταση βραχυκυκλώματος τους είναι μικρότερη από 4%.
- Σε όλα τα στοιχεία του πίνακα (μονάδες εισόδου ή εξόδου, διακοπτικές συσκευές) που έχουν υποβληθεί ήδη στη ίδια δοκιμή από τους κατασκευαστές τους για τις συνθήκες λειτουργίας που προορίζεται να εγκατασταθούν.

Για όλα τα υπόλοιπα εκτελείται η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά ο πίνακας ή τα στοιχεία που το απαρτίζουν ρυθμίζονται κατάλληλα έτσι ώστε να είναι έτοιμα να τεθούν σε λειτουργία. Μπορεί να ελεγχθεί μια ενιαία λειτουργική μονάδα παραλείποντας τις υπόλοιπες μόνο στην περίπτωση που κατασκευάζονται όλες με τον ίδιο τρόπο και συνεπώς δεν υπάρχει πιθανότητα να έχει επιπτώσεις στα αποτελέσματα της δοκιμής. Οι αγωγοί τροφοδοσίας και οι προσωρινές συνδέσεις που θα δημιουργηθούν για τις ανάγκες της δοκιμής πρέπει να έχουν την κατάλληλη αντοχή έναντι βραχυκυκλώματος και να γίνονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην προκαλούν επιπλέον καταπιέσεις στον εξοπλισμό. Εάν δεν αναφέρεται κάτι διαφορετικό από τον κατασκευαστή το κύκλωμα που προορίζεται να εξεταστεί πρέπει να συνδεθεί με τους ακροδέκτες εισόδου του πίνακα.

Η ονομαστική τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν το κύκλωμα τροφοδοτείται με τάση ίση με 1,05 φορές της ονομαστικής τάσης λειτουργίας υπολογίζεται με τη χρήση ενός βαθμονομημένου διαγράμματος (oscillogram) που προμηθεύει ο κατασκευαστής των αγωγών ισχύος που χρησιμοποιούνται για τη δοκιμή κατά την οποία ο πίνακας βραχυκυκλώνεται με την μεσολάβηση μιας αμελητέας σύνθετης αντίστασης που τοποθετείται όσο το δυνατό πλησιέστερα στην πηγή τροφοδότησης.

Το διάγραμμα θα δείξει ότι υπάρχει μια σταθερή ροή ρεύματος με τέτοια τιμή ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της με τα κατάλληλα όργανα μέχρι τη χρονική στιγμή που θα ενεργοποιηθούν οι διατάξεις ασφάλειας έναντι βραχυκυκλώματος που ενσωματώνονται στον πίνακα. Η τιμή αυτού του ρεύματος πλησιάζει τις τιμές που θα παρουσιαστούν στον πίνακα 3.4.

Στις δοκιμές που χρησιμοποιείται εναλλασσόμενη πηγή τροφοδοσίας η συχνότητα λειτουργίας του προς εξέταση κυκλώματος κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος πρέπει να ισούται με την ονομαστική με μια ανοχή σφάλματος 25%.

Στα σημεία του εξοπλισμού που προορίζονται να συνδεθούν με το κύκλωμα προστασίας, για την σύνδεση τους πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Για πίνακες που προορίζονται να λειτουργήσουν σε τριφασικά ηλεκτρικά συστήματα τεσσάρων αγωγών (ξεχωριστή γείωση) και χρησιμοποιείται ένα γειωμένο σημείο αστέρων, η σύνδεση με το κύκλωμα προστασίας πραγματοποιείται στον ουδέτερο, ο οποίος πρέπει να έχει την ικανότητα να δεχθεί ρεύμα σφάλματος με τιμή τουλάχιστον 1500 A.
- Για πίνακες που είναι κατάλληλοι να λειτουργήσουν σε τριφασικά συστήματα ηλεκτρικά συστήματα 3 αγωγών ή 4 αγωγών, η σύνδεση με το κύκλωμα προστασίας πραγματοποιείται στον αγωγό φάσης που έχει περισσότερες πιθανότητες να σχηματίσει τόξο με την γη σε σύγκριση με τους άλλους.

Το κύκλωμα, που πρόκειται να ελεγχθεί πρέπει να περιλαμβάνει μια αξιόπιστη συσκευή για την ανίχνευση του αναμενόμενου ρεύμα σφάλματος (π.χ. μια ασφάλεια με αγωγίμο στοιχείο 0,8 mm διάμετρο και τουλάχιστον 50 mm μήκος). Το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος στο αγωγίμο στοιχείο της ασφάλεια είναι  $1500A \pm 10\%$  εκτός από την περίπτωση τεχνητού ουδετέρου ή κάποιου μικρού εξοπλισμού που σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τεχνικών προδιαγραφών του επιβάλλεται να επιλεχθεί ασφάλεια με αγωγίμο στοιχείου που έχει διάμετρο μικρότερη από 0,8 mm.

Σε αυτές τις περιπτώσεις το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος υπολογίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 3.4, έτσι ώστε το αγωγίμο στοιχείο να λιώνει την στιγμή που θα έλιωνε αν είχε διάμετρο 0,8 mm και το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος ήταν 1500 A.

Εάν κριθεί απαραίτητο δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί κατάλληλη αντίσταση για να περιοριστεί το ρεύμα σφάλματος στις επιθυμητές τιμές. Ένας χάλκινος αγωγός με διάμετρο 0,8 mm λιώνει στα 1500 A σε περίπου μια περίοδο της τάσης εισόδου με συχνότητα που κυμαίνεται από 45 hz μέχρι 67 hz σε εναλλασσόμενη τάση ή σε 0,01 sec σε συνεχή τάση.

Διάμετρος του αγωγίμου στοιχείου ασφάλειας (mm)	Αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος (A)
0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1500

**Πίνακας 3.4:** Σχέση μεταξύ τη διαμέτρου του αγωγίμου στοιχείου της ασφάλειας τήξεως και του αναμενόμενου ρεύματος σφάλματος

Στους ηλεκτρολογικούς πίνακες που διαθέτουν ζυγούς η δοκιμή πραγματοποιείται εφαρμόζοντας τις οδηγίες 1, 2 και 4, ενώ για αυτούς που δεν διαθέτουν ζυγούς εφαρμόζεται η οδηγία 1.

1. Όταν ένα κύκλωμα εξόδου περιλαμβάνει ένα συστατικό που δεν έχει υποβληθεί προηγουμένως σε δοκιμή, αυτή πρέπει να πραγματοποιηθεί βραχυκυκλώνοντας μεταξύ τους τα σχετικά εξερχόμενα τερματικά. Όταν η συσκευή προστασίας έναντι βραχυκυκλώματος που χρησιμοποιείται για το κύκλωμα είναι ένας ασφαλειοδιακόπτης (circuit – breaker), στο κύκλωμα πρέπει να προστεθεί μια αντίσταση σύμφωνα με τις οδηγίες του προτύπου IEC 60947-1 παράλληλα με τον αντιδραστήρα που χρησιμοποιείται για να παραχθεί και να ρυθμιστεί το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Όταν χρησιμοποιούνται ασφαλειοδιακόπτες με ονομαστικό ρεύμα μεγαλύτερο ή ίσο των 630 A το κύκλωμα πρέπει να περιλαμβάνει ένα καλώδιο μήκους 0,75 m με διατομή που εξαρτάται από το θερμικό ρεύμα που θα παραχθεί. Το διακοπτικό στοιχείο πρέπει να τεθεί στη κλειστή θέση και να παραμείνει σε αυτή καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμής. Η τάση δοκιμής πρέπει να εφαρμοστεί μια φορά και να έχει τέτοια διάρκεια έτσι ώστε να ενεργοποιηθούν τα υφιστάμενα μέσα ασφάλειας για να εκκαθαρίσουν το βραχυκύκλωμα. Σε κάθε περίπτωση η τάση δοκιμής πρέπει να έχει διάρκεια τουλάχιστον 10 περιόδους.
2. Αυτή η πρόσθετη δοκιμή πρέπει να υποβληθεί μόνο στους πίνακες που χρησιμοποιούν ζυγούς σύνδεσης (busbars) και σκοπό της είναι να επαληθευτεί εάν αυτές έχουν την κατάλληλη αντοχή έναντι ενός πιθανού βραχυκυκλώματος. Το σημείο στο οποίο

πρέπει να παραχθεί το βραχυκύκλωμα δοκιμής πρέπει να απέχει  $2\text{ m} \pm 0,40\text{ m}$  από το κοντινότερο σημείο τροφοδοσίας. Εάν η σχεδίαση του πίνακα είναι τέτοια ώστε το μήκος των ζυγών δεν ξεπερνά τα  $1,6\text{ m}$  και ο πίνακας είναι μη επεκτάσιμος τότε το βραχυκύκλωμα πρέπει να παραχθεί στο τέλος των ζυγών για να ελεγχθεί η συμπεριφορά τους σε ολόκληρο το μήκος τους. Όταν οι ζυγοί σύνδεσης αποτελούνται από τμήματα με διαφορετική διατομή, απόσταση μεταξύ των παρακείμενων ζυγών κ.λπ. πρέπει το κάθε τμήμα να εξεταστεί ξεχωριστά. Η δοκιμή μπορεί να διεξαχθεί ταυτόχρονα υπό τον όρο ότι οι ανώτερες συνθήκες ικανοποιούνται.

3. Για αυτήν την δοκιμή πρέπει να δημιουργηθεί επιπλέον ένα βραχυκύκλωμα στους αγωγούς που συνδέουν τους ζυγούς με μια μονάδα εξόδου όσο πλησιέστερα είναι πρακτικά δυνατόν στους ακροδέκτες της μονάδας εξόδου από την πλευρά των ζυγών. Η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωση πρέπει να έχει την ίδια τιμή, που θα είχε αν η δοκιμή διεξαγόταν στους κύριους ζυγούς.
4. Οι γραμμές ουδέτερου πρέπει να υποβληθούν στην δοκιμή για να επαληθευτεί η αντοχή του έναντι βραχυκυκλώματος με τον πλησιέστερο ζυγό φάσης. Για τη σύνδεση της ουδέτερης γραμμής σε αυτόν τον ζυγό φάσης πρέπει να ικανοποιείται η 2η οδηγία που παρουσιάστηκε σε αυτή την παράγραφο. Η τιμή του ρεύματος στην γραμμή ουδέτερου κατά τη διάρκεια της δοκιμής πρέπει να ισούται με το 60% του αντίστοιχου ρεύματος της φάσης εκτός αν αναφέρει τίποτα διαφορετικό ο κατασκευαστής.

Όσον αφορά τη τιμή και τη διάρκεια του ρεύματος βραχυκύκλωσης που θα εφαρμοστεί για την δοκιμή πρέπει να ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια.

- Για ηλεκτρολογικούς πίνακες που προστατεύονται από το βραχυκύκλωμα με μέσα προστασίας ή τάση δοκιμής πρέπει να έχει τόση διάρκεια ώστε να επιτρέψει σε αυτά τα μέσα να ενεργοποιηθούν για να το εκκαθαρίσουν. Σε κάθε περίπτωση η διάρκεια επιβάλλεται να είναι μεγαλύτερη από 10 περιόδους.
- Για ηλεκτρολογικούς πίνακες που δεν ενσωματώνουν μέσα προστασίας και εκκαθάρισης έναντι βραχυκυκλωμάτων ανεξάρτητα από το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης πρέπει να ελεγχθεί η αντοχή τους έναντι θερμικών και δυναμικών καταπιέσεων που είναι

πιθανόν να δημιουργηθούν εξαιτίας ενός τέτοιου σφάλματος με την εφαρμογή μιας αναμενόμενης τιμής ρεύματος που ενδεχομένως πλησιάζει την ονομαστική τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης που ορίζεται από τον κατασκευαστή. Στη περίπτωση που δεν είναι εφικτή η δημιουργία τέτοιων τιμών ρεύματος με τη μέγιστη τάση λειτουργίας οι δοκιμές, που παρουσιάστηκαν στις οδηγίες 2, 3 και 4 σε αυτή την παράγραφο, επιτρέπεται να διεξαχθούν με οποιαδήποτε κατάλληλη τάση χαμηλότερης τιμής, αρκεί το ρεύμα δοκιμής να συμπίπτει με το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης ή το μέγιστο ρεύμα αντοχής. Εάν συμβεί αυτό πρέπει υποχρεωτικά να αναγραφεί στην γραπτή αναφορά της δοκιμής. Εάν, εντούτοις, παρουσιαστεί στιγμιαία αποσύνδεση των επαφών της συσκευής προστασίας του αντίστοιχου κυκλώματος τότε πρέπει υποχρεωτικά να επαναληφθούν οι δοκιμές στη μέγιστη τάση λειτουργίας. Η δοκιμή πρέπει να γίνει στην ονομαστική συχνότητα με ανοχή σφάλματος έως και  $\pm 25\%$  και με συντελεστή ισχύος κατάλληλο για το ρεύμα βραχυκυκλώματος. Η τιμή του ρεύματος κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης ορίζεται ως ο μέσος όρος της ενεργούς τιμής της εναλλασσόμενης συνιστώσας όλων των φάσεων. Όταν η δοκιμή πραγματοποιείται με την μέγιστη τάση λειτουργίας το βαθμονομημένο ρεύμα συμπίπτει με το πραγματικό ρεύμα δοκιμής. Σε κάθε φάση, η τιμή του ρεύματος πρέπει να μετριέται με μέγιστη ανοχή σφάλματος  $\pm 5\%$  και ο συντελεστής ισχύος με μέγιστη ανοχή  $\pm 0,5\%$ . Το ρεύμα για τη δοκιμή θα εφαρμοστεί για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του οποίου η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης συνιστώσας παραμένει σταθερή. Εάν κριθεί απαραίτητο λόγω των περιορισμών της δοκιμής δίνεται η δυνατότητα το ρεύμα δοκιμής να μεταβληθεί σύμφωνα με τη εξίσωση  $i^2t = \text{σταθερά}$ , υπό την προϋπόθεση ότι η μέγιστη τιμή της δεν ξεπερνά την ονομαστική τιμή του ρεύματος αντοχής του πίνακα χωρίς την συγκατάθεση του κατασκευαστή και η ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης δεν είναι μικρότερο από την ονομαστική τιμή τουλάχιστον σε μια φάση για τουλάχιστον 0,1 sec μετά τη δημιουργία του βραχυκυκλώματος. Επιπλέον όπου το επιθυμητό ρεύμα δοκιμής δεν μπορεί να επιτευχθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη ανοχή στη τιμή του υπό την συγκατάθεση του κατασκευαστή.

**Για να θεωρηθεί επιτυχής η δοκιμή** οι αγωγοί του ηλεκτρολογικού πίνακα δεν πρέπει να παρουσιάσουν καμιά μη δικαιολογημένη παραμόρφωση κατά την διεξαγωγή της. Μια μικρή παραμόρφωση των ζυγών τροφοδότησης είναι επιτρεπτή υπό την προϋπόθεση τα διάκενα ασφαλείας και το μήκος ερπυσμού να είναι εντός των ορίων που ορίζονται στις προδιαγραφές. Επιπρόσθετα η μόνωση των αγωγών δεν πρέπει να εμφανίσουν καμιά



αξιοσημείωτη αλλοίωση η οποία θα επηρεάσει τα μηχανολογικά και διηλεκτρικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού σε τέτοιο βαθμό που να μην ικανοποιούνται οι αντίστοιχες προδιαγραφές. Οι συνδέσεις πρέπει να παραμείνουν στιβαρές. Το περίβλημα του πίνακα επιτρέπεται να αλλοιωθεί μέχρι το σημείο που ο βαθμός προστασίας από τον κατασκευαστή και τα διάκενα ασφαλείας δεν είναι μικρότερα από αυτά που διευκρινίζονται από τις προδιαγραφές. Επιπλέον δεν είναι επιτρεπτή καμία αλλοίωση των ζυγών τροφοδοσίας ή του εξωτερικού πλαισίου του πίνακα που καθιστά την προσθαφαίρεση διαφόρων στοιχείων από αυτόν δύσκολη έως αδύνατη. Τέλος ειδικά για τη δοκιμή της οδηγίας 1 που παρουσιάστηκε σε αυτή την παράγραφο και για τις δοκιμές που χρησιμοποιούν συσκευές προστασίας και εκκαθάρισης βραχυκυκλωμάτων ο υπό εξέταση πίνακας πρέπει να είναι σε θέση να περάσει με επιτυχία τη δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής μεταξύ όλων των ρευματοφόρων στοιχείων και του πλαισίου του πίνακα.

### **3.3.6 Επαλήθευση αποτελεσματικότητας του κυκλώματος προστασίας**

Η συγκεκριμένη δοκιμή χωρίζεται σε δυο μέρη. Πρώτα εξετάζεται πόσο αποτελεσματική είναι η σύνδεση μεταξύ των αγωγίων εκτεθειμένων τμημάτων του ηλεκτρολογικού πίνακα με το κύκλωμα προστασίας και στη συνέχεια επαληθεύεται η αντοχή του κυκλώματος προστασίας έναντι βραχυκυκλώματος.

Στο πρώτο μέρος της δοκιμής μετριοούνται οι αντιστάσεις μεταξύ των εκτεθειμένων αγωγίων σημείων του συστήματος και επαληθεύεται εάν είναι κάτω από 0,1 Ω. Η μέτρηση πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλου οργάνου ή συσκευής που να έχει την ικανότητα να δεχθεί εναλλασσόμενο ή συνεχές ρεύμα με τιμή τουλάχιστον 10 A στην περίπτωση που η αντίσταση είναι 0,1 Ω μεταξύ των σημείων μέτρησης. Εάν κριθεί απαραίτητο όπου υπάρχει εξοπλισμός που είναι προορισμένος να δέχεται μικρή ποσότητα ρεύματος η διάρκεια αυτού του μέρους της δοκιμής μπορεί να περιοριστεί στα 5 sec διαφορετικά υπάρχει πιθανότητα τα αποτελέσματα της δοκιμής να είναι εσφαλμένα.

Σκοπός του δεύτερου μέρους της δοκιμής είναι η επαλήθευση της αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος του κυκλώματος προστασίας. Αρχικά συνδέεται σε μια φάση του πίνακα και στον ακροδέκτη του αγωγού προστασίας μια μονοφασική πηγή τροφοδότησης. Όταν στον πίνακα παρέχεται από τον κατασκευαστή χωριστός αγωγός προστασίας πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο κοντινότερος αγωγός φάσης σε σχέση με αυτόν. Επιπλέον σε κάθε αντιπροσωπευτική μονάδα εξόδου πρέπει να διεξαχθεί ξεχωριστή δοκιμή ανάμεσα στον αντίστοιχο αγωγός φάσης και στον αντίστοιχο αγωγό προστασίας της μονάδας. Κάθε μονάδα που θα εξεταστεί πρέπει να είναι συνδεδεμένη με τη διάταξη ή συσκευή προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων για την οποία είναι προορισμένη και να επιτρέπει να περάσει διαμέσου της μέγιστη τιμή ρεύματος. Η δοκιμή πρέπει να πραγματοποιηθεί με τις συσκευές προστασίας τοποθετημένες εξωτερικά του ηλεκτρολογικού πίνακα. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής το πλαίσιο του πίνακα πρέπει να απομονωθεί ηλεκτρικά από την γη. Η τάση δοκιμής ισούται με την αντίστοιχη μονοφασική τιμή της ονομαστικής τάσης λειτουργίας. Η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωση που θα δημιουργηθεί για τις ανάγκες της δοκιμής ισούται με το 60% της μέγιστης τιμής τριφασικού βραχυκυκλώματος που μπορεί να δεχθεί ο πίνακας.

**Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής** εάν η συνοχή και η αντοχή έναντι βραχυκυκλώματος του κυκλώματος προστασίας όταν αυτό αποτελείται από ένα χωριστό αγωγό ή πλαίσιο από το υπόλοιπο σύστημα δεν εξασθενούν σε αξιοσημείωτο βαθμό. Εκτός από οπτική επιθεώρηση αυτό μπορεί να ελεγχθεί και με μετρήσεις με ένα ρεύμα της τάξεως του ονομαστικού ρεύματος της αντίστοιχης εξερχόμενης μονάδας. Στην περίπτωση που το πλαίσιο του πίνακα χρησιμοποιείται ως αγωγός προστασίας η τοπική θέρμανση και οι σπινθήρες επιτρέπονται υπό τον όρο δεν εξασθενούν την στιβαρότητα των ηλεκτρικών ενώσεων και δεν υπάρχει περίπτωση να αναφλεχθούν εξαιτίας τους τα παρακείμενα εύφλεκτα τμήματα του ηλεκτρολογικού πίνακα. Για τον σκοπό αυτό πρέπει να μετρηθούν οι αντιστάσεις μεταξύ των ακροδεκτών και των αντίστοιχων αγωγών προστασίας πριν και μετά την δοκιμή. Στην περίπτωση που η τιμή των αντιστάσεων που θα μετρηθούν δεν παρουσιάσουν αξιοσημείωτη μεταβολή τότε η δοκιμή θεωρείται επιτυχής.

### **3.3.7 Επιβεβαίωση ορθής μηχανική λειτουργίας στοιχείων ηλεκτρικού πίνακα**

Η συγκεκριμένη δοκιμή δεν χρειάζεται να διεξαχθεί στα στοιχεία που έχει ήδη διεξαχθεί από τον κατασκευαστή τους ξεχωριστά από το υπόλοιπο σύστημα του ηλεκτρολογικού πίνακα υπό την προϋπόθεση ότι η μηχανική τους λειτουργίας δεν επηρεάζεται από την τοποθέτηση τους στον πίνακα.

Στα υπόλοιπα στοιχεία εκτελείται η παρακάτω διαδικασία. Στη αρχή το υπό εξέταση στοιχείο τοποθετείται στον ηλεκτρολογικό πίνακα σε θέση που προορίζεται γι' αυτό. Έπειτα επαναλαμβάνεται στο στοιχείο 50 κύκλοι λειτουργίας. Για παράδειγμα εάν το υπό εξέταση στοιχείο είναι ένας διακόπτης τίθεται στη θέση λειτουργίας και επιστρέφει στη θέση μη λειτουργίας 50 φορές.

**Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής** εάν οι συνθήκες λειτουργίας και η προσπάθεια που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί ο χειρισμός των στοιχείων (π.χ. η μετακίνηση ενός διακόπτη) που εξετάστηκαν δεν έχουν επηρεαστεί σε αξιοσημείωτο βαθμό μετά το τέλος της δοκιμής.

### **3.3.8 Επαλήθευση βαθμού προστασίας IP**

Ο βαθμός προστασίας που παρέχει τα περιβλήματα των στοιχείων ενός ηλεκτρολογικού πίνακα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πρέπει να επαληθευτεί εκτελώντας τη διαδικασία που αναφέρεται στο πρότυπο IEC 60529 και περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2.

Μετά τη διεξαγωγή των δοκιμών πρέπει να προσεχθούν τα εξής. Εάν παρατηρηθούν ίχνη νερού μετά την δοκιμή, πρέπει αυτή να επαναληφθεί εκ νέου για την επαλήθευση της διηλεκτρικής αντοχής. Για βαθμούς προστασίας IP3X και IP4X οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των δοκιμών αναγράφονται στην αντίστοιχη έκθεση αναφοράς.

### **3.3.9 Δοκιμές για EMC (ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα)**

Οι δοκιμές για EMC χωρίζονται σε δυο κατηγορίες στις δοκιμές ασυλίας «Immunity tests» και στις δοκιμές εκπομπής «Emission tests» και διεξάγονται στις λειτουργικές μονάδες που αποτελούν μέρος ενός ηλεκτρολογικού πίνακα. Ηλεκτρολογικοί πίνακες που δεν ενσωματώνουν ηλεκτρονικά στοιχεία δεν χρειάζεται να υποβληθούν σε αυτή τη δοκιμή.

Οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν για τις δοκιμές ασυλίας εξαρτιόνται από το αντίστοιχο περιβάλλον για το οποίο προσδιορίζεται το προϊόν. Οι δοκιμές και οι αντίστοιχες τιμές που θα εφαρμοστούν παρουσιάζονται στο πρότυπο εκτός αν υποδεικνύει διαφορετικές δοκιμές ο κατασκευαστής των ηλεκτρονικών στοιχείων του ηλεκτρολογικού πίνακα.

Στις δοκιμές τύπου εκπομπής πρέπει γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις έτσι ώστε να επαληθευτεί ότι τηρούνται τα όρια που δίνονται από το πρότυπο.

**Οι δοκιμές θεωρούνται επιτυχείς** εφόσον τηρούνται τα όρια του προτύπου.

### **3.3.10 Δοκιμές μονωτικών υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες ή φωτιά (δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος - glow-wire test)**

Η δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος πραγματοποιείται σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 60695-2-10 και IEC 60695-2-11 και η διαδικασία της καθώς και οι συνθήκες για την διεξαγωγή της συμπίπτουν με αυτά που περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.10 που αφορούσε τον έλεγχο των μονωτικών υλικών του περιβλήματος του ηλεκτρολογικού πίνακα.

Στα μονωτικά υλικά που βρίσκονται σε επαφή με ρευματοφόρα σημεία του πίνακα η δοκιμή πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 960 °C, ενώ στα υπόλοιπα συμπεριλαμβανομένου τα μονωτικά υλικά που έρχονται σε επαφή με τον αγωγό προστασίας σε θερμοκρασία των 650 °C. Στα υλικά με επιφάνεια μικρών διαστάσεων που δεν ξεπερνά τα 14 mm x 14 mm πρέπει να επιλεγθεί διαφορετική δοκιμή π.χ. η δοκιμή ανάφλεξης της βελόνας «the needle flame test» που περιγράφεται στο πρότυπο IEC 60695-2-2. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και σε περιπτώσεις που είναι πρακτικά αδύνατο να πραγματοποιηθεί η δοκιμή πυρακτωμένου

σύρματος όπως όταν το μεταλλικό υλικό ενός στοιχείου έχει μεγάλες διαστάσεις σε σύγκριση με το μονωτικό υλικό του ίδιου στοιχείου. Συνοπτικά τα τμήματα του ηλεκτρολογικού πίνακα που επιβάλλεται να διεξαχθεί η δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος είναι:

- Στα ολοκληρωμένα στοιχεία του.
- Στα δομικά τμήματα των παραπάνω
- Σε δείγματα που είναι κατασκευασμένα με το ίδιο υλικό και αντιπροσωπευτικό πάχος.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ένα πυρακτωμένο σύρμα έρχεται σε επαφή μια φορά σε κάθε δείγμα όταν το τελευταίο βρίσκεται στη πιο δυσμενή θέση λειτουργίας του (δηλαδή η υπό δοκιμή επιφάνεια να βρίσκεται σε κάθετη θέση).

Το δείγμα ή το προς εξέταση στοιχείο θεωρείται ότι πέρασε τη δοκιμή εάν δεν υπάρχει καμία ορατή ανάφλεξη ή παρατεταμένη πυράκτωση ή εάν εμφανιστεί πυράκτωση αυτή είναι παροδική και με διάρκεια το πολύ 30 sec μετά την απομάκρυνση του πυρακτωμένου σύρματος.

### **3.4 Συνήθειες δοκιμές (routine tests)**

Σε αυτή τη παράγραφο παρουσιάζονται οι συνήθειες δοκιμές (routine tests) που πρέπει να πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία ενός ηλεκτρολογικού πίνακα.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.2 σκοπός αυτών των δοκιμών είναι η ανίχνευση σφαλμάτων ή κακοτεχνιών ορισμένων τμημάτων του πίνακα και μπορούν να διεξαχθούν στον ηλεκτρολογικό πίνακα όταν είναι έτοιμος να τεθεί σε λειτουργία είτε σε ολόκληρο τον πίνακα μετά την σύνθεσή του είτε σε κάθε μονάδα που τον απαρτίζει ξεχωριστά.

#### **3.4.1 Επιθεώρηση του ηλεκτρολογικού πίνακα ως προς την καλωδίωση και αν κριθεί απαραίτητο διεξαγωγή δοκιμής ηλεκτρικής λειτουργίας**

Πριν τεθεί σε λειτουργία ο ηλεκτρολογικός πίνακας πρέπει να ελεγχθούν εποπτικά κάποια στοιχεία που τον απαρτίζουν.

Αρχικά είναι σημαντικό να εξεταστεί αν η μηχανική λειτουργία διαφόρων στοιχείων όπως π.χ. κλειδαριές, συστήματα ενδοασφάλισης, πόρτες κ.λπ. είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές λειτουργίας τους. Οι αγωγοί και τα καλώδια πρέπει να εξεταστούν αν η τοποθέτησή τους έγινε σωστά. Επίσης πρέπει να επαληθευτεί αν ισχύει ο αναγραφόμενος βαθμός προστασίας για τις περιφράξεις, οι αποστάσεις των διάκενων ασφαλείας μεταξύ των αγωγίμων τμημάτων, το μήκος ερπυσμού για τα μονωτικά υλικά και αν είναι επαρκή η σταθερότητα και η ακεραιότητα των συνδέσεων που γίνονται με τη χρήση βιδών ή μπουλονιών (αμπαρωμένες ενώσεις).

Επιπλέον πρέπει να επιβεβαιωθεί αν αναγράφονται οι απαραίτητες πληροφορίες στις σχετικές ετικέτες και αν ισχύουν τα διαγράμματα κυκλωμάτων και καλωδίωσης που παρέχει ο κατασκευαστής. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του πίνακα ίσως κριθεί απαραίτητο να επιθεωρηθεί η καλωδίωση του ηλεκτρολογικού πίνακα και να πραγματοποιηθούν δοκιμές ηλεκτρικής λειτουργίας για τον σκοπό αυτό. Η διαδικασία και ο αριθμός αυτών των δοκιμών

εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα των δομικών συστατικών, των διατάξεων ελέγχου κ.λπ. του ηλεκτρολογικού πίνακα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτοί οι έλεγχοι συστήνεται, για να είναι πιο αξιόπιστοι, να πραγματοποιηθούν στην τοποθεσία όπου ο ηλεκτρολογικός πίνακας προορίζεται να εγκατασταθεί και να τεθεί σε λειτουργία.

### **3.4.2 Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής**

Η συγκεκριμένη δοκιμή δεν είναι απαραίτητο να διεξαχθεί στα κυκλώματα των ηλεκτρολογικών πινάκων (ΤΤΑ και ΡΤΤΑ) που προστατεύονται από συσκευές και διατάξεις εκκαθάρισης βραχυκυκλωμάτων με ονομαστικό ρεύμα που δεν υπερβαίνει τα 16 Α με την προϋπόθεση να διεξαχθεί ηλεκτρική δοκιμή στην ονομαστική τάση λειτουργίας τους για την οποία έχουν σχεδιαστεί.

Για την πραγματοποίηση της δοκιμής όλος ο ηλεκτρικός εξοπλισμός συνδέεται με τον ηλεκτρολογικό πίνακα με εξαίρεση τις συσκευές που σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχουν μικρότερη τάση λειτουργίας από την ονομαστική. Επιπλέον συσκευές όπως (ανεμιστήρες ψύξης, όργανα μέτρησης) στις οποίες η εφαρμογή της τάσης δοκιμής θα προκαλέσει ροή ηλεκτρικού ρεύματος αποσυνδέονται πριν την έναρξη της. Σε αυτές τις συσκευές υπάρχει η δυνατότητα να αποσυνδέεται τουλάχιστον ένας από τους ακροδέκτες τροφοδοσίας τους εκτός αν δεν είναι σχεδιασμένες να αντέχουν την τάση δοκιμής που θα τους εφαρμοστεί οπότε σε αυτήν την περίπτωση αφαιρούνται όλοι οι ακροδέκτες τους.

Επίσης οι πυκνωτές που χρησιμοποιούνται για την μείωση των παρεμβολών και εγκαθίστανται ανάμεσα στους ρευματοφόρους αγωγούς και στα εκτεθειμένα αγωγίμα σημεία δεν πρέπει να αποσυνδεθούν και σε κάθε περίπτωση να έχουν την ικανότητα να αντισταθούν την τάση δοκιμής που θα τους εφαρμοστεί.

Αν ο κατασκευαστής δεν αναφέρει την ονομαστική κρουστική τάση αντοχής του ηλεκτρολογικού πίνακα ισχύουν τα ακόλουθα. Η τιμή της τάσης δοκιμής είναι σύμφωνη με τις τιμές που παρουσιάζει το πρότυπο και εφαρμόζεται για 1 sec. Η πηγή εναλλασσόμενης

τάσης πρέπει να έχει την απαραίτητη ισχύ, για να μπορεί να διατηρείται σταθερή ανεξάρτητα από τα ρεύματα διαρροής και να είναι ημιτονοειδής μορφής με συχνότητα από 45 hz – 62 hz. Στα κυκλώματα ισχύος ή στα δευτερεύοντα κυκλώματα που έχουν υποβληθεί στο παρελθόν σε δοκιμή διηλεκτρικής δοκιμής η τάση δοκιμής σε αυτά μπορεί να μειωθεί κατά 85% των τιμών που δίνονται στο σχετικό πρότυπο. Για την δοκιμή όλα τα διακοπτικά στοιχεία του πίνακα πρέπει να είναι κλειστά και η τάση δοκιμής να τροφοδοτεί επιτυχώς όλες τις διατάξεις του ηλεκτρολογικού πίνακα.

**Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής** εάν μετά το πέρας της δοκιμής δεν παρατηρηθεί καμία οπή ή ανάφλεξη.

### **3.4.3 Έλεγχος των μέτρων προστασίας και της συνέχειας των κυκλωμάτων**

#### **Προστασίας**

Σε αυτό τη δοκιμή ελέγχονται τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για την προστασία έναντι άμεσης και έμμεσης επαφής. Επιπλέον πρέπει να επιθεωρηθεί το κύκλωμα προστασίας και ιδιαίτερα στις αμπαρωμένες ενώσεις (μπουλόνια) και στις ενώσεις που πραγματοποιούνται με τη χρήση βιδών. Το τελευταίο μπορεί γίνει με την διεξαγωγή δειγματοληπτικών δοκιμών σε διάφορα σημεία του ηλεκτρολογικού πίνακα.

### **3.4.4 Επαλήθευση αντίστασης μόνωσης**

Για τους αγωγούς ΡΤΤΑ που δεν έχουν υποβληθεί σε δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής όπως περιγράφηκε στις παραγράφους μετριέται η αντίσταση μόνωσης με τη βοήθεια ενός ειδικού οργάνου που έχει σχεδιαστεί για τον σκοπό αυτό σε τάση λειτουργίας τουλάχιστον 500 V. Σε αυτήν την περίπτωση η αντίσταση μόνωσης μεταξύ των κυκλωμάτων και των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών για να θεωρηθεί ικανοποιητική πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον 1000 Ω/V για κάθε κύκλωμα στην ονομαστική τάση λειτουργίας του. Εξαιρέση αποτελούν τα στοιχεία, που σύμφωνα με τις ειδικές προδιαγραφές τους, είναι συσκευές κατανάλωσης ρεύματος (π.χ. ανεμιστήρες, όργανα μέτρησης) ή συσκευές που δεν είναι σχεδιασμένες να αντέχουν αυτή την τάση.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] IEC 62208, Empty enclosures for low-voltage switchgear, IEC, 2002
- [2] IEC 60439-1-4, Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, IEC, 2004
- [3] IEC 62262, Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code), IEC, 2002
- [4] IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code), IEC, 2002
- [5] IEC 60073, Basic and Safety Principles for Man-Machine Interface, Marking and Identification - Coding Principles for Indicators and Actuators, IEC, 2002
- [6] IEC 60695-2-11, Fire hazard testing - Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end-products, IEC, 2000
- [7] Ν. Μ. Κιμουλάκης, Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2006
- [8] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, Βιομηχανικές διατάξεις και υλικά, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2003
- [9] Μπούρκας Π.Δ., Εφαρμογές Κτιριακών – Βιομηχανικών Μελετών και Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1990
- [10] Ν.Ι. Θεοδώρου, ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Τεύχος Ι: Κλασσικές μετρήσεις, Εκδόσεις ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, Αθήνα, 2004
- [11] Μπούρκας Π.Δ., Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1998