



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στοκίδης Ανδρέας

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στοκίδης Ανδρέας

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την^η Ιουλίου 2011

.....
Π.Δ. Μπούρκας
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ν. Θεοδώρου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Κ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2011

.....
Ανδρέας Στοκίδης

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

Copyright © Ανδρέας Στοκίδης, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Ευχαριστίες

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου κ. Κωνσταντίνο Καραγιαννόπουλο, για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και την εποπτία σε κάθε φάση της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα Φωτεινή Καραγρηγορίου για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και τους φίλους μου που με υπομονή και κουράγιο πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των προδιαγραφών και των αντίστοιχων δοκιμών που σχετίζονται με τη σύνθεση, τη λειτουργία, την σχεδίαση, τα υλικά κατασκευής και τον περικλειόμενο εξοπλισμό ενός ηλεκτρολογικού πίνακα χαμηλής τάσης.

Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη των ηλεκτρολογικών πινάκων που υπάρχουν στην αγορά, οι διατάξεις/συσκευές που ενσωματώνονται σε αυτόν και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που τον χαρακτηρίζουν. Αναφορικά οι ηλεκτρολογικοί πίνακες χωρίζονται στους συνήθεις πίνακες διανομής και στους πίνακες τύπου πεδίου. Οι πιο διαδεδομένες διατάξεις/συσκευές που τον απαρτίζουν είναι οι ασφάλειες τήξης, οι μικροαυτόματοι διακόπτες ισχύος, οι διακόπτες διαρροής έντασης, οι ηλεκτρονόμοι και οι χρονοδιακόπτες.

Στο 2^ο κεφάλαιο αρχικά γίνεται μια σύντομη αναφορά στα πρότυπα και στους φορείς τυποποίησης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται οι προδιαγραφές που πρέπει να ακολουθεί ένα περίβλημα (πλαίσιο) που προορίζεται να είναι μέρος ενός ηλεκτρολογικού πίνακα. Οι προδιαγραφές και οι αντίστοιχες δοκιμές ελέγχου που θα αναλυθούν βρίσκονται στο πρότυπο IEC 62208.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προδιαγραφές και οι αντίστοιχες δοκιμές ενός ολοκληρωμένου συστήματος ηλεκτρολογικού πίνακα χαμηλής τάσης με το περίβλημα και τον προβλεπόμενο εξοπλισμό του στο εσωτερικό του. Χαμηλής τάσης χαρακτηρίζεται ο πίνακας με ονομαστική τάση λειτουργίας το πολύ μέχρι και 1000 V a.c. ή 1500 V d.c. Στην περίπτωση της εναλλασσόμενης τάσης το ανώτατο όριο της ονομαστικής συχνότητα λειτουργίας ορίζεται στα 1000 hz.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνικές προδιαγραφές και οι προδιαγραφές ασφαλείας για τους πίνακες μέσης και υψηλής τάσης. Μέσης τάσης θεωρούνται οι πίνακες με ονομαστική τάση από 1 kV μέχρι και 52 kV και υψηλής από 52 KV και πάνω.

Λέξεις κλειδιά:

Ηλεκτρολογικοί πίνακες, πρότυπα, δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών

Abstract

The scope of this diploma thesis is the presentation of IEC specifications and corresponding tests (type and routine) applies to low-voltage switchgear and controlgear assemblies. They are related with the configuration, the operation, the design, the construction materials, the encompassed electrical and mechanical equipment of these assemblies.

In the first chapter, the types of assemblies, information about apparatus, that are incorporated in them and electrical characteristics, which define an assembly, are described. Switchgear and controlgear assemblies are separated to usual distribution switchboards and Cubicle switchboards. The most common apparatus that compose a switchboard are mains fuse, circuit breakers, residual current circuit breakers, relays and time switches.

The second chapter begins with a short report on the standards and on the standard organizations. Afterwards specifications, which are related on enclosure of low voltage electric switchboards, are presented and analyzed. These specification and the corresponding tests can be found in IEC 62208 standard.

The third chapter describes the specification and corresponding tests about entire electric switchboard with its enclosure and other equipment in its interior. The rated voltage of assemblies, which are characterized as “low-voltage” does not exceed 1 000 V a.c. and 1500 d.c. In case of a.c the frequencies does not exceed 1 000 Hz.

The final chapter describes the specification and corresponding tests about medium high voltage Switchgear and controlgear assemblies. The rated voltage of assemblies, which are characterized as “medium-voltage” are above 1 kV and up to including 52 kV and these, which are characterized as “high-voltage” their rated voltage is above 52 KV.

Key words:

switchgear and controlgear assemblies, standards, tests specification

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Είδη πινάκων διανομής.....	11
1.3 Συσκευές και Διατάξεις Ηλεκτρολογικών Πινάκων	12
1.3.1 Ασφάλειες Τήξης.....	12
1.3.2 Μικροαυτόματοι Διακόπτες Ισχύος	13
1.3.3 Διακόπτες Διαρροής Έντασης.....	13
1.3.4 Ηλεκτρονόμοι.....	13
1.3.5 Χρονοδιακόπτες	14
1.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρολογικού πίνακα.....	14
1.4.1 Ονομαστική τάση λειτουργίας (U_e) (ενός κυκλώματος του πίνακα)	14
1.4.2 Ονομαστική τάση μόνωσης (U_i) (ενός κυκλώματος του πίνακα).....	15
1.4.3 Ονομαστική κρουστική τάση αντοχής (U_{imp}) (ενός κυκλώματος του πίνακα)	15
1.4.4 Ονομαστική ρεύμα λειτουργίας (I_n) (ενός κυκλώματος του πίνακα)	15
1.4.5 Ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{cw}) (ενός κυκλώματος του πίνακα)	15
1.4.6 Ονομαστικό μέγιστο ρεύμα αντοχής (I_{pk}) (ενός κυκλώματος του πίνακα).	15
1.4.7 Εξαρτημένο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{cc}) (ενός κυκλώματος του πίνακα) .	16
1.4.8 Ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας	16
1.4.9 Ονομαστική συχνότητα	16
1.4.10 Διηλεκτρική αντοχή.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΟ	17
ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ	17
2.1 Πρότυπα τυποποίησης και Φορείς	17
2.2 Προδιαγραφές περιβλήματος πίνακα σύμφωνα με IEC 62208	17
2.2.1 Αναγραφόμενες πληροφορίες στην ετικέτα του περιβλήματος και στο	
εγχειρίδιο που το συνοδεύει	17
2.2.2 Περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας	18
2.2.3 Σχεδίαση και Κατασκευή περιβλήματος.....	18
2.3 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών περιβλήματος ηλεκτρολογικού	
πίνακα	19
2.3.1 Δοκιμή αντοχή της ετικέτας.....	19
2.3.2 Δοκιμή αντοχής στατικού φορτίου	20
2.3.3 Δοκιμή ανύψωσης	20
2.3.4 Επαλήθευση αντοχής των αξονικών φορτίων των ένθετων μετάλλων	20
2.3.5 Επιβεβαίωση βαθμού προστασίας IK	21
2.3.6 Επαλήθευση βαθμού προστασίας IP του περιβλήματος	22
2.3.7 Επαλήθευση της θερμικής ευστάθειας	26
2.3.8 Επαλήθευση της αντοχής σε συνθήκες θέρμανσης.....	26
2.3.9 Επαλήθευση αντοχής σε μη φυσιολογική θέρμανσης και φωτιά – δοκιμή	
πυρακτωμένου σύρματος «Glow wire test»	27
2.3.10 Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής.....	27
2.3.11 Δοκιμή επαλήθευσης σωστής λειτουργίας του κυκλώματος προστασίας	
2.3.12 Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής έναντι ακραίων περιβαλλοντικών	
συνθηκών	28
2.3.13 Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής έναντι της διάβρωσης.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	31
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ	31
3 Εισαγωγή.....	31
3.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας.....	31

3.2	Στοιχεία του προϊόντος που απαιτείται να αναγράφονται από τον κατασκευαστή	32
3.3	Σχεδίαση και κατασκευή	33
3.4	Διηλεκτρική αντοχή	33
3.5	Διάκενα μεταξύ αγώγιμων στοιχείων του πίνακα και αποστάσεις ερπυσμού	35
3.5.1	Διάκενα μεταξύ αγώγιμων στοιχείων του πίνακα.....	35
3.5.2	Αποστάσεις ερπυσμού (<i>creepage distance</i>)	41
3.5.3	Διαστήματα μεταξύ ξεχωριστών κυκλωμάτων	42
3.6	Ακροδέκτες σύνδεσης με εξωτερικούς αγωγούς	45
3.7	Αντίσταση σε υπερθέρμανση ή φωτιά	46
3.8	Όρια ανόδου θερμοκρασίας	47
3.9	Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας και άμεσης επαφής με ρευματοφόρα τμήματα	48
3.10	Προστασία έναντι της έμμεσης επαφής	49
3.10.1	Κύκλωμα προστασίας (γείωση)	49
3.10.2	Αγωγοί προστασίας (PE, PEN).....	50
3.10.3	Άλλοι τρόποι προστασίας	52
3.11	Αποφόρτιση επικίνδυνων ηλεκτρικών φορτίων	52
3.12	Απαιτήσεις που σχετίζονται με τη προσβασιμότητα για την διεξαγωγή εργασιών (π.χ. συντήρηση) από εξειδικευμένο προσωπικό	53
3.13	Προστασία έναντι βραχυκυκλώματος	53
3.14	Κυκλώματα του ηλεκτρολογικού πίνακα	54
3.15	Διακοπτικές διατάξεις και συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του ηλεκτρολογικού πίνακα	55
3.16	Μόνιμα στοιχεία του πίνακα	56
3.17	Αποσπώμενος εξοπλισμός	56
3.18	Προσδιορισμός των αγωγών των λυχνιών ένδειξης και των button πίεσης που θα χρησιμοποιηθούν για το κυκλώματα ισχύος και τα κυκλώματα ελέγχου	58
3.19	Εσωτερική δομή του πίνακα	58
3.20	Ηλεκτρικές συνδέσεις μέσα στον ηλεκτρολογικό πίνακα	61
3.21	Προδιαγραφές ηλεκτρονικού εξοπλισμού που απαρτίζει τον πίνακα	62
3.22	Προστασία έναντι ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών (EMC)	64
3.23	Προσδιορισμός των ηλεκτρικών συνδέσεων των λειτουργικών μονάδων που απαρτίζουν τον ηλεκτρικό πίνακα	65
3.24	Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών ηλεκτρολογικού πίνακα	65
3.25	Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type tests) μιας σύνθεσης ηλεκτρολογικού πίνακα	68
3.25.1	Επαλήθευση των ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας.....	68
3.25.2	Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής.....	72
3.25.3	Δοκιμή αντοχής έναντι κρουστικής τάσης	73
3.25.4	Έλεγχος αποστάσεων ερπυσμού και διακένων ασφαλείας	74
3.25.5	Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος των κυκλωμάτων του ηλεκτρολογικού πίνακα	75
3.25.6	Επαλήθευση αποτελεσματικότητας του κυκλώματος προστασίας	79
3.25.7	Επιβεβαίωση ορθής μηχανική λειτουργίας στοιχείων ηλεκτρολογικού πίνακα	80
3.25.8	Επαλήθευση βαθμού προστασίας IP.....	80
3.25.9	Δοκιμές για EMC (ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα)	80
	Ταχεία ηλεκτρική μετάβαση/ριπή	81
	Ταχεία ηλεκτρική μετάβαση/ριπή	81
3.25.10	Δοκιμές μονωτικών υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες ή φωτιά (δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος - glow-wire test).....	83

3.26	Συνήθεις δοκιμές (routine tests).....	84
3.26.1	Επιθεώρηση του ηλεκτρολογικού πίνακα ως προς την καλωδίωση και αν κριθεί απαραίτητο διεξαγωγή δοκιμής ηλεκτρικής λειτουργίας.....	84
3.26.2	Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής.....	84
3.26.3	Έλεγχος των μέτρων προστασίας και της συνέχειας των κυκλωμάτων προστασίας.....	85
3.26.4	Επαλήθευση αντίσταση μόνωσης.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ		
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΗΛ. ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....		
4.1	Εισαγωγή.....	87
4.2	Σχεδίαση και κατασκευή.....	87
4.3	Προδιαγραφές ασφαλείας για εσωτερικό σφάλμα.....	88
4.4	Περίφραξη πίνακα.....	89
4.5	Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών.....	92
4.5.1	Δοκιμή διηλεκτρική αντοχής.....	93
4.5.2	Δοκιμή επαλήθευσης των ορίων αύξησης θερμοκρασίας σε κάθε τμήμα του εξοπλισμού.....	93
4.5.3	Μέτρηση αντίσταση των κυκλωμάτων του ηλεκτρολογικού πίνακα.....	95
4.5.4	Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής του κυκλώματος ισχύος στο ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης αντοχής του και στη μέγιστη τιμή βραχυκυκλώματος.....	96
4.5.5	Δοκιμή ραδιοφωνικών παρεμβολών.....	97
4.6	Συνήθεις δοκιμές (routine tests).....	99
4.6.1	Διηλεκτρική δοκιμή στο κύκλωμα ισχύος.....	99
4.6.2	Μέτρηση της αντίστασης του κυκλώματος ισχύος.....	99
4.6.3	Οπτική επιθεώρησης.....	99
5	Βιβλιογραφία.....	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Γενικά

Ηλεκτρολογικός πίνακας (switchgear and controlgear assembly) καλείται ένα από τα βασικά δομικά στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Συγκεκριμένα είναι ένα σύνολο που αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρολογικά στοιχεία, συσκευές ελέγχου, μέτρησης και άλλες διατάξεις που συνθέτονται σε ένα κοινό περίβλημα (panel) με όλες τις απαραίτητες εσωτερικές μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές συνδέσεις υπό την ευθύνη του κατασκευαστή. Ο πιο διαδεδομένος είναι ο πίνακας διανομής (distribution board) που μπορεί να συναντηθεί σε κάθε κτηριακή και βιομηχανική εγκατάσταση.

Οι λόγοι της εγκατάστασης του ηλεκτρολογικού πίνακα που καθιστά της ύπαρξη του απαραίτητη είναι:

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

Ένας πίνακας ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης του χαρακτηρίζεται ως εντοιχισμένος ή επιτοίχιος. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (υλικό, μέγεθος κ.λπ.) του κάθε πίνακα εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- το δίκτυο διανομής στο οποίο προορίζεται να εγκατασταθεί (π.χ. δίκτυο Χ.Τ ή Μ.Τ)
- ο χώρος που θα τοποθετηθεί (εξωτερικός, εσωτερικός, με έντονη παρουσία σκόνης ή υγρασία, άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες)
- η ισχύς, το είδος της παροχής (μονοφασική ή τριφασική) που θα τον τροφοδοτεί και η λειτουργία που θα επιτελεί (διανομή, έλεγχος κ.λπ.).

Με βάση τα παραπάνω οι πίνακες χωρίζονται σε αντίστοιχες κατηγορίες έτσι ώστε να επιλέγεται ο κατάλληλος για κάθε εφαρμογή. Σήμερα από κατασκευαστικής πλευράς είναι είτε μεταλλικοί είτε χρησιμοποιείται αποσβενούμενο θερμοπλαστικό υλικό υψηλής αντοχής.^[1, 5]

1.2 Είδη πινάκων διανομής

Σχεδιαστικά μπορούμε να χωρίσουμε τους ηλεκτρολογικούς πίνακες διανομής σε δύο βασικές κατηγορίες τους συνήθεις πίνακες διανομής και τους πίνακες τύπου πεδίου.

Οι πρώτοι οι οποίοι είναι οι πιο συνηθισμένοι χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εγκαταστάσεις κατοικιών και σε επαγγελματικούς χώρους και στη πλειοψηφία των εφαρμογών τοποθετείται εντοιχισμένα. Αποτελούνται από το πλαίσιο (περίβλημα) που τον οριοθετεί και τον προστατεύει από το εξωτερικό περιβάλλον, την πλάτη όπου στερεώνεται ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και την αποσπώμενη μετώπη που καλύπτει τον εξοπλισμό αφήνοντας ελεύθερο μόνο το τμήμα χειρισμού του. Συνήθως για την κατασκευή τους, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, χρησιμοποιείται αποσβενούμενο θερμοπλαστικό υλικό μεγάλης αντοχής ή είναι μεταλλικοί.

Οι δεύτεροι χρησιμοποιούνται σε μεγάλες κτηριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και γενικά όπου απαιτείται μεγάλη ηλεκτρική ισχύ. Αποτελούνται από ένα σύνολο διασυνδεδεμένων ξεχωριστών λειτουργικών μονάδων που έχουν μορφή μεταλλικών κιβωτίων και ονομάζονται «πεδία». 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. Τις περισσότερες φορές η πίσω πλευρά των πεδίων είναι ανοικτή κάτι το οποίο εξυπηρετεί την ευκολότερη συντήρηση και επισκευή ενώ ο χειρισμός του ηλεκτρολογικού υλικού και η εποπτεία των οργάνων μέτρησης γίνεται από την μπροστινή πλευρά. Η κατασκευή τους είναι αποκλειστικά μεταλλική.^[5]

1.3 Συσσκευές και Διατάξεις Ηλεκτρολογικών Πινάκων

Σε αυτή την παράγραφο θα αναλυθούν περιληπτικά οι σημαντικότερες ηλεκτρολογικές διατάξεις που μπορεί να συναντηθούν στο εσωτερικό ενός ηλεκτρολογικού πίνακα. Συγκεκριμένα θα δοθούν πληροφορίες για τις ασφάλειες τήξης, τους μικροαυτόματους διακόπτες ισχύος, τους διακόπτες διαρροής έντασης, τους ηλεκτρονόμους αυτοματισμών, τους θερμικούς ηλεκτρονόμους υπερέντασης και τους χρονοδιακόπτες.

1.3.1 Ασφάλειες Τήξης

Οι ασφάλειες τήξης χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις ως μέσο προστασίας έναντι υπερεντάσεων και απομόνωσης. Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς IEC πρέπει να αποφεύγεται η δυνατότητα χειρισμού μιας εγκατάστασης με αυτές.

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. Σε κάθε περίπτωση αν τα φαινόμενα αυτά συνεχίζουν για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα η ασφάλεια τήξης πρέπει να προστατεύσει την ηλεκτρική εγκατάσταση θέτοντας την εκτός λειτουργίας.

Κατασκευαστικά η ασφάλεια τήξης αποτελείται από ένα αγωγίμο στοιχείο όπου γίνεται η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος και ένα μονωτικό περίβλημα, το οποίο εσωτερικά είναι επενδυμένο από άκαυστο υλικό. Τα υλικά επιλέγονται κατάλληλα για να επιτευχθούν τα επιθυμητά ηλεκτρικά και θερμικά χαρακτηριστικά. Ουσιαστικά όταν επικρατήσουν δυσμενείς συνθήκες (μεγαλύτερη τιμή ρεύματος από την ονομαστική της) τότε το αγωγίμο υλικό λιώνει (καταστρέφεται μόνιμα) και το κύκλωμα βγαίνει εκτός λειτουργίας. Σε αυτή την περίπτωση για να αποκατασταθεί η λειτουργία του κυκλώματος πρέπει η ασφάλεια τήξης να αντικατασταθεί με καινούρια.

Χωρίζονται στις ασφάλειες τύπου Diazed οι οποίες 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, στις ασφάλειες τήξης τύπου Neozed που προορίζονται για χρήση σε κυκλώματα με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως και 440 V και έχουν ικανότητα διακοπή ρεύματος βραχυκύκλωσης έως και 100 KA και στις μαχαιρωτές ασφάλειες NH που διατίθενται συνήθως για ονομαστικές τάσεις λειτουργίας 500 V και 690 V και για ονομαστικό ρεύμα από 40 A έως 1250 A.^[5, 7]

1.3.2 Μικροαυτόματοι Διακόπτες Ισχύος

Οι μικροαυτόματοι είναι μεταγενέστεροι από τις ασφάλειες τήξης και χρησιμοποιούνται και αυτοί επίσης για προστασία έναντι υπερεντάσεων. Το βασικό πλεονέκτημα τους έναντι των πρώτων είναι ότι δεν καταστρέφονται με την πρώτη ενεργοποίηση τους.

Στο εσωτερικό τους φέρουν ένα θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφορτίσεις και ένα μαγνητικό στοιχείο για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Επιπλέον διαθέτουν έναν διακόπτη χειρισμού για να γίνεται δυνατή η χειροκίνητη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του για άλλους μη δυσμενείς λόγους (π.χ. εργασίες συντήρησης). Αρχικά χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά σε εγκαταστάσεις ηλεκτροκινητήρων αλλά στην συνέχεια με την βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών τους επεκτάθηκε η χρήση σε όλων των ειδών εγκαταστάσεων αντικαθιστώντας τις ασφάλειες τήξης που μέχρι τότε ήταν αποκλειστικό μέσο για την προστασία έναντι υπερεντάσεων.

Διακρίνονται σε μονοπολικούς ή τριπολικούς, ανάλογα με το αν προορίζονται για την προστασία μονοφασικού ή τριφασικού κυκλώματος τροφοδοσίας.^[5]

1.3.3 Διακόπτες Διαρροής Έντασης

Οι διακόπτες διαρροής έντασης ή ρελέ διαρροής είναι διατάξεις διαφορικού ρεύματος και σκοπός της εγκατάστασης τους είναι η διακοπή του ρεύματος, όταν για οποιοδήποτε λόγο δημιουργηθεί διαρροή (π.χ. εξαιτίας ηλεκτροπληξίας).

Η λειτουργία τους βασίζεται στη συνεχή σύγκριση της έντασης στον αγωγό της φάσεως με την ένταση στον ουδέτερο αγωγό (στο μονοφασικό ρεύμα). 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. Η ύπαρξη της δεν αποτελεί μέτρο πλήρους προστασίας και συνεπώς πρέπει να συνοδεύεται και με τα υπόλοιπα προβλεπόμενα μέσα προστασίας.

Δομικά αποτελείται από ένα αισθητήρα ο οποίος υπολογίζει το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων και έναν ηλεκτρονόμο μέτρησης που συγκρίνει το άθροισμα εισόδου με την τιμή αναφοράς ανοίγοντας όταν χρειαστεί τις αντίστοιχες ηλεκτρικές επαφές απομονώνοντας με αυτό τον τρόπο το σύστημα από την τροφοδοσία. Οι ΔΔΕ διαθέτουν και ένα μπουτόν «test» το οποίο επιτρέπει τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους. Ο έλεγχος αυτός πρέπει να γίνεται συχνά (κάθε μήνα) για να είναι ο διακόπτης πάντοτε σε ετοιμότητα.

Στις εγκαταστάσεις που διαθέτουν ΔΔΕ πρέπει να προσεχθεί, ώστε να μην γίνεται πουθενά μετά τον διακόπτη σύνδεση του ουδέτερου με τον αγωγό γείωσης.^[1, 5, 7]

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 θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερέντασης είναι ένα διαδεδομένο είδος ηλεκτρονόμου που συναντάμε συχνά στους ηλεκτρολογικούς πίνακες βιομηχανικών εγκαταστάσεων που γίνεται εκτενής η χρήση ηλεκτρικών κινητήρων μεγάλης ισχύος. Σκοπός της τοποθέτησης τους είναι η αποφυγή υπερθερμάνσεων και είναι το συνηθέστερο είδος προστασίας των κινητήρων. Επιπρόσθετα από τους απλούς ηλεκτρονόμους διαθέτουν ένα διμεταλλικό έλασμα το οποίο θερμαίνεται ανάλογα με το ρεύμα που εισέρχεται στο κινητήρα. Εάν αυτό ξεπεράσει κάποιο προκαθορισμένο όριο τότε εξαιτίας της θερμότητας το διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η απόζευξη του ηλεκτρονόμου από την τροφοδοσία.

Οι ηλεκτρονόμοι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος τροφοδοσίας τους (συνεχής ή εναλλασσόμενη), την ισχύς τροφοδοσίας τους και τον αριθμό των βοηθητικών επαφών που μπορούν να δεχθούν.^[2, 5]

1.3.5 Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες τοποθετούνται σε ηλεκτρολογικούς πίνακες σε εφαρμογές όπου απαιτείται μέτρηση του χρόνου για να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν κάποια ηλεκτρικά κυκλώματα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. κλιμακοστάσιο) ή καθορισμένες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας (π.χ. εξωτερικός φωτισμός). Τέτοιες εφαρμογές μπορούν να συναντηθούν σε κτηριακές αλλά κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τους αναλογικούς και τους ηλεκτρονικούς χρονοδιακόπτες. Οι πρώτοι είναι εφοδιασμένοι με ένα σύγχρονο κινητήρα ο οποίος περιστρέφει σε έναν βαθμονομημένο άξονα που διαθέτει ακίδες για να ανοιγοκλείνει τις επαφές με μηχανικό τρόπο. Οι ηλεκτρονικοί, οι οποίοι είναι πιο ακριβής, είναι εφοδιασμένοι με ψηφιακό μικροεπεξεργαστή και διάφορες άλλες διατάξεις (οθόνη, πληκτρολόγιο κ.λπ.) για την ρύθμιση των παραμέτρων από το χρήστη.^[5]

1.4 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μεγέθη ηλεκτρολογικού πίνακα

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

1.4.1 Ονομαστική τάση λειτουργίας (U_n) (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.^[7]

1.4.2 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.^[9]

1.4.3 Ονομαστική κρουστική τάση αντοχής (U_{imp}) (ενός κυκλώματος του πίνακα)

Είναι η μέγιστη τιμή της κρουστική 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 (clearances). 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 ηλεκτρολογικός πίνακας εγκαθίσταται.^[9]

1.4.4 Ονομαστική ρεύμα λειτουργίας (I_n) (ενός κυκλώματος του πίνακα)

Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας ενός ηλεκτρολογικού πίνακα υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή της ανάλογα με τα ονομαστικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών στοιχείων που ενσωματώνονται σε αυτόν και εκφράζει το ρεύμα που πρέπει να διαρρέει τον πίνακα για να λειτουργεί φυσιολογικά. Αυτό το ρεύμα πρέπει να διαρρέει τα κυκλώματα του πίνακα χωρίς να προκαλεί μη φυσιολογική αύξηση θερμοκρασίας σε διάφορα τμήματα του. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των παραγόντων που το καθορίζουν δεν υπάρχουν τυποποιημένες αντιπροσωπευτικές τιμές.^[9]

1.4.5 Ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{cw}) (ενός κυκλώματος του πίνακα)

Το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή και 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. 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. Για ρεύμα εναλλασσόμενης μορφής το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με την ενεργό τιμή (r.m.s) της εναλλασσόμενης συνιστώσας του ρεύματος βραχυκύκλωσης και υποθέτουμε ότι η υψηλότερη τιμή ρεύματος που υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί στο κύκλωμα δεν ξεπερνά n φορές αυτή την τιμή. Η σταθερά n βρίσκεται χρησιμοποιώντας τον πίνακα 3.11.^[9]

1.4.6 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.^[9]

1.4.7 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.^[9]

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 στην παράγραφο 3.26.1. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η ονομαστική σταθερά ποικιλομορφίας παρουσιάζονται σε εκείνη την παράγραφο στον πίνακα 3.21.^[9]

1.4.9 Ονομαστική συχνότητα

Η ονομαστική συχνότητα σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή και είναι η συχνότητα στην οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί ο ηλεκτρολογικός πίνακας υπό φυσιολογικές συνθήκες. 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.^[9]

1.4.10 Διηλεκτρική αντοχή

Η διηλεκτρική αντοχή είναι η μέγιστη πεδιακή ένταση, που μπορεί να υποστεί ένα υλικό χωρίς να απολέσει τη μονωτική ικανότητά του. Το μέγεθος της διηλεκτρικής αντοχής χαρακτηρίζει κάθε υλικό και συνήθως εκφράζεται σε kV/cm.^[6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΕΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

2.1 Πρότυπα τυποποίησης και Φορείς

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. Για παράδειγμα, η τυποποίηση των ονομαστικών τάσεων των συστημάτων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη για την κατασκευή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που τα πλαισιώνει. Διαφορετικά αν κάθε δίκτυο χρησιμοποιούσε δικούς του κανόνες και επίπεδα τάσης θα έπρεπε στο κάθε ένα να υπήρχε εξειδικευμένος εξοπλισμός κάτι το οποίο κάνει την μαζική παραγωγή του οικονομικά ασύμφορη και χρονοβόρα.

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

2.2 Προδιαγραφές περιβλήματος πίνακα σύμφωνα με IEC 62208

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι τεχνικές προδιαγραφές και οι προδιαγραφές ασφαλείας έτσι ώστε ένα περίβλημα (πλαίσιο) να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύνθεση ενός ηλεκτρολογικού πίνακα χαμηλής τάσης που προορίζεται να τοποθετηθεί σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο. Οι συγκεκριμένες προδιαγραφές αναφέρονται στο διεθνές πρότυπο IEC 62208^[8].

Οι προδιαγραφές ολόκληρου του συστήματος του ηλεκτρολογικού πίνακα αναφέρονται στη σειρά προτύπων IEC 60439^[9] και θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο. Στους πίνακες που ακολουθούν αυτές τις προδιαγραφές δεν πρέπει να εγκατασταθούν στοιχεία με ονομαστική τάση μεγαλύτερη των 1000 V ac ή 1500 V dc. Επιπρόσθετα στην περίπτωση όπου έχουμε εναλλασσόμενο ρεύμα, η ονομαστική συχνότητα των στοιχείων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1000 Hz.

2.2.1 Αναγραφόμενες πληροφορίες στην ετικέτα του περιβλήματος και στο εγχειρίδιο που το συνοδεύει

Για να πιστοποιηθεί ένα περίβλημα ενός ηλεκτρολογικού πίνακα με τις προδιαγραφές IEC πρέπει να φέρει ετικέτα η οποία να αναγράφει πληροφορίες για το προϊόν και είναι απαραίτητο να είναι εύκολα προσβάσιμη, ανθεκτική και ευανάγνωστη. Δίνεται η δυνατότητα να τοποθετηθεί εσωτερικά ή εξωτερικά του περιβλήματος.

Εκεί πρέπει να αναγράφεται το όνομα ή το λογότυπο του κατασκευαστή και ο κωδικός αναγνώρισης του προϊόντος. Επίσης πρέπει να αναγράφονται πληροφορίες

σχετικά με την ανακύκλωση των υλικών που το συνθέτουν σύμφωνα με την οδηγία ISO 11469.

Στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή που παρέχεται με την αγορά του περιβλήματος του πίνακα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις σχετικές πληροφορίες για τα κατασκευαστικά και μηχανικά του χαρακτηριστικά, οδηγίες για το σωστό χειρισμό, τη σύνθεση, την τοποθέτηση, τη συντήρηση του καθώς και η αναφορά των προτύπων με τα οποία έχει πιστοποιηθεί. Επίσης είναι απαραίτητο να αναγράφονται πληροφορίες για το σχετικό θερμικό διασκεδασμό και την επιφάνεια ψύξης του, θεωρώντας κατά τους υπολογισμούς ότι η θερμότητα διανέμεται ομοιόμορφα στους εσωτερικούς χώρους του. Αυτό παράσχει στο χρήστη τα σωστά στοιχεία για την επιλογή του ηλεκτρικού εξοπλισμού που θα εγκατασταθεί.^[8]

2.2.2 Περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας

Τα περιβλήματα των πινάκων που κατασκευάζονται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62208 πρέπει να τοποθετούνται σε μέρη όπου επικρατούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες που περιγράφονται παρακάτω.

Συγκεκριμένα για εσωτερικούς χώρους η μέγιστη θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C και σε διάστημα μεγαλύτερο των 24 ωρών η μέση θερμοκρασία τους 35°C. Ο αέρας που το περιβάλλει πρέπει να έχει χαμηλά επίπεδα σκόνης και η σχετική του υγρασία του να μην υπερβαίνει το 50% όταν επικρατεί μέγιστη θερμοκρασία 40°C. Σε μικρότερες θερμοκρασίες επιτρέπονται μεγαλύτερες σχετικές υγρασίες. Για παράδειγμα σε θερμοκρασία 20°C επιτρέπεται μέχρι και 90% σχετική υγρασία.

Σε εξωτερικούς χώρους η κατώτερη επιτρεπτή θερμοκρασία είναι -25°C σε περιοχές με φυσιολογικά κλίματα και -40°C σε περιοχές με αρκτικά κλίματα. Τα μέγιστα όρια συμπίπτουν με τα αντίστοιχα των εσωτερικών χώρων. Σε μια θερμοκρασία της τάξης των 25°C η σχετική υγρασία μπορεί παροδικά να έχει τιμές που να πλησιάζουν το 100%.

Σε περιπτώσεις όπου επικρατούν ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες πρέπει να υπάρχει συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή. Τέτοιες συνθήκες μπορεί να είναι η υπερβολική παρουσία σκόνης, μη φυσιολογικές μηχανικές καταπιέσεις, μεγάλα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κ.λπ. Επιπλέον πρέπει να αναφέρονται οι συνθήκες που πρέπει να επικρατούν σε περίπτωση μεταφοράς. Αν δεν αναφέρεται τίποτα διαφορετικό από τον κατασκευαστή η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του προϊόντος επιτρέπεται να κυμαίνεται από -25°C μέχρι 55°C και για περιόδους που δεν ξεπερνούν τις εικοσιτέσσερις ώρες επιτρέπεται μέγιστη θερμοκρασία το πολύ μέχρι και 70°C.^[8]

2.2.3 Σχεδίαση και Κατασκευή περιβλήματος

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του πλαισίου ενός πίνακα είναι τέτοια ώστε να έχουν την ικανότητα να αντέξουν έντονες μηχανικές, ηλεκτρικές και θερμικές καταπιέσεις, να έχουν την απαραίτητη διηλεκτρική αντοχή και να μην επηρεάζονται από την υγρασία. Επίσης η χρήση ειδικών υλικών ή ειδικών επιστρωμάτων για την πρόληψη έναντι διάβρωσης κρίνεται αναγκαία.

Τα τμήματα του περιβλήματος τα οποία διαρρέονται από ρεύμα σε φυσιολογική λειτουργία καλύπτονται με σκοπό να μην είναι δυνατή η άμεση επαφή με αυτά και να είναι προσβάσιμα μόνο με τη χρήση κλειδιού ή τη χρήση ενός ειδικού εργαλείου. Επιπλέον πρέπει να υποστηρίζεται η δυνατότητα σύνδεσης με την κεντρική γείωση

της εγκατάστασης και τα περιβλήματα με μεταλλικό υλικό κατασκευής να τηρούν όλα τα προβλεπόμενα μέτρα έτσι ώστε να μην παρατηρηθεί διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτά. Ο βαθμός προστασίας έναντι μηχανικών καταπιέσεων (κωδικός IK) και ο βαθμός προστασίας έναντι ξένων σωματιδίων και νερού (κωδικός IP) επιλέγονται από τον κατασκευαστή σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 62262^[10] και IEC 60529^[11] αντίστοιχα ανάλογα με την εφαρμογή που προορίζεται το προϊόν.^[8]

2.3 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών περιβλήματος ηλεκτρολογικού πίνακα

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστούν οι δοκιμές που διεξάγονται στο περίβλημα ενός ηλεκτρολογικού πίνακα χαμηλής τάσης όπως περιγράφονται στο πρότυπο IEC 62208^[8]. 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 ± 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.

Δοκιμή	1 ^ο δείγμα	2 ^ο δείγμα	3 ^ο 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		

Πίνακας 2.1: Δοκιμές περιβλήματος ηλεκτρολογικού πίνακα

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.

2.3.1 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.^[8]

2.3.2 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 70°C 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.^[8]

2.3.3 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 προηγούμενως 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.^[8]

2.3.4 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.

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

Πίνακας 2.2: Αξονικά φορτία ένθετων μετάλλων

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 πραγματοποίηση της.^[8]

2.3.5 Επιβεβαίωση βαθμού προστασίας IK

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 IK δηλώνεται με δύο χαρακτηριστικά ψηφία που ακολουθούν το IK. 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 IK 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.

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

Σημείωση 1: Όταν απαιτείται υψηλότερη ενέργεια, συστήνεται να χρησιμοποιηθεί ενέργεια με τιμή 50 J.

Πίνακας 2.3: Εξάρτηση μεταξύ βαθμού IK και ενέργεια αντοχής κρούσεως

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.^[8, 10]

2.3.6 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:

- **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:

- **IPX1:** Δηλώνει την προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού.
- **IPX2:** Δηλώνει την προστασία έναντι κατακόρυφης πτώσης νερού και πτώσης νερού με γωνία έως και 15° 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 80 mm.
- **IPXXC:** Επιτρέπεται η είσοδος σωμάτων με διάμετρο μεγαλύτερη από 2,5 mm 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.^[5, 11]

2.3.6.1 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.^[11]

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%

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

2.3.6.2 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 υποπαραγράφο.

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) που ενσωματώνει τις αρχές που παρουσιάζονται στο σχήμα 2.7. Η βαλβίδα μπορεί να αντικατασταθεί με άλλα ισοδύναμα μέσα υπό την προϋπόθεση να έχουν την δυνατότητα να διατηρούν την σκόνη μέσα στην αίθουσα στα επιθυμητά για την δοκιμή επίπεδα. Η σκόνη που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να ζυγίζει 2 kg/m³ του όγκου της αίθουσας δοκιμής και να είναι τέτοια ώστε να μπορεί να διαπεράσει την ονομαστική διάμετρο των καλωδίων (50 μm) και το ονομαστικό πλάτος του διακένου μεταξύ των καλωδίων (75 μm). Η μέτρηση της ποσότητας της σκόνης γίνεται μέσω μιας συσκευής (watch glass) που τοποθετείται στο κέντρο της προστατευμένης περιοχής σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής. Το περίβλημα του πίνακα τοποθετείται στην αίθουσα στη θέση λειτουργίας του χωρίς να συνδεθεί με την κενή αντλία και κατά τη διάρκεια της δοκιμής, που ισοδυναμεί με οχτώ ώρες, τα ανοίγματά του πρέπει να μην είναι καλυμμένα.

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 $50_0^{+0,05}$ mm διάμετρος	50 N±10%
2	Άκαμπτη σφαίρα χωρίς λαβή με $12,5_0^{+0,2}$ mm διάμετρος	30 N±10%
3	Άκαμπτη ράβδος χάλυβα απαλλαγμένη από σαλιάσματα με $2,5_0^{+0,05}$ mm διάμετρο	3 N±10%
4	Άκαμπτη ράβδος χάλυβα απαλλαγμένη από σαλιάσματα με $1,0_0^{+0,05}$ mm διάμετρο	1 N±10%
5	Αίθουσα σκόνης υπό ή χωρίς πίεση	-
6	Αίθουσα σκόνης υπό πίεση	-

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

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^2 . 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.^[11]

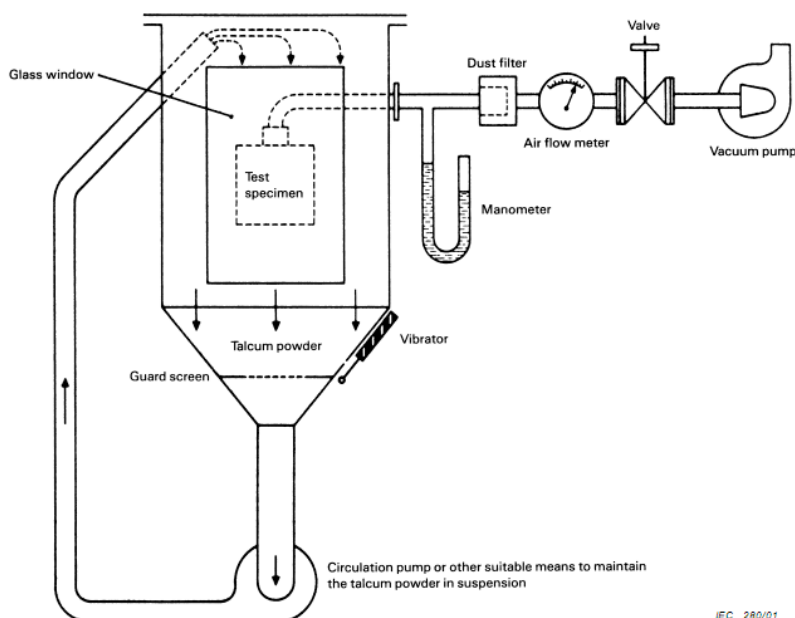
2.3.6.3 Επαλήθευση του βαθμού προστασίας ενάντια στην είσοδο νερού όπως υποδεικνύεται από το δεύτερο χαρακτηριστικό αριθμό

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 K 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 κάτι το οποίο μπορεί να ελεγχθεί με τη χρήση ενός ξηρού απορροφητικού υλικού.^[11]

Δεύτερο ψηφίο IP	Μέσο δοκιμής	Ροή νερού	Διάρκεια δοκιμής
0	Δεν απαιτείται δοκιμή	-	-
1	Drip box	$1_0^{+0,5}$ mm/min	10 min
2	Drip box	$3_0^{+0,5}$ mm/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
	Ακροφύσιο ψεκασμού με τα ίδια χαρακτηριστικά	10 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² (τουλάχιστον 5 min)
4	Όπως στο 3 αλλά με δυνατότητα ψεκασμού $\pm 180^\circ$ ως προς την κατακόρυφο	Όπως το 3	
5	Ακροφύσια μηχανικών προβολών ύδατος (Water jet hose nozzle) με διάμετρο 6,3 mm απόσταση ψεκασμού από 2,5 m σε 3 m	12,5 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² (τουλάχιστον 3 min)
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 ² (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.

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



Σχήμα 2.7: Σχεδιάγραμμα ειδικής πειραματικής αίθουσα σκόνης

2.3.7 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 θέρμανση 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 $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$. 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%.

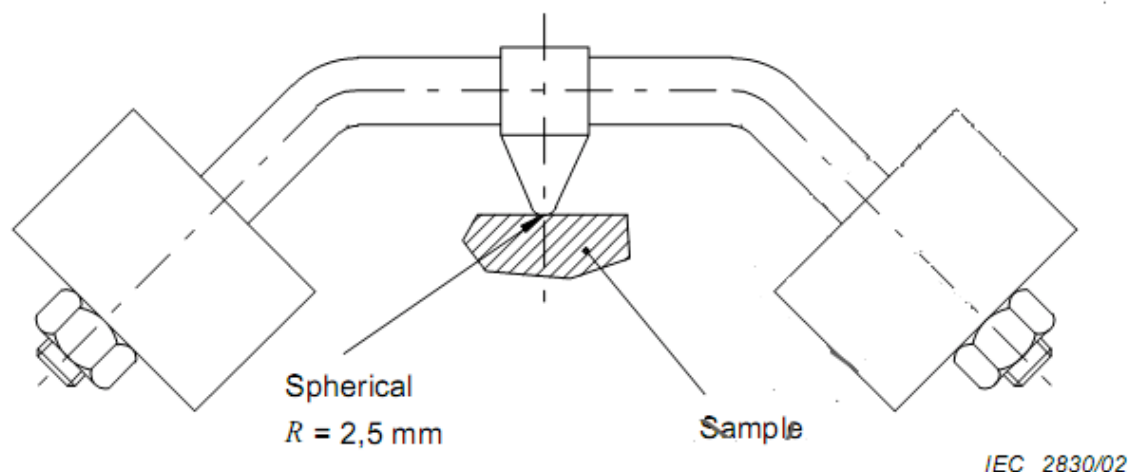
Τέλος με ένα κομμάτι τραχιού υφάσματος πιέζεται με δύναμη 5 N όλη η επιφάνεια του προϊόντος στο οποίο πραγματοποιήθηκε η δοκιμή. Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής πρέπει να μην παραμείνει κανένα ίχνος υφάσματος στο υλικό κατασκευής του πίνακα και αντίστροφα.^[8]

2.3.8 Επαλήθευση της αντοχής σε συνθήκες θέρμανσης

Αυτή η δοκιμή πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός μηχανισμού που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και 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 $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 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.^[8]



Σχήμα 2.8: Σχεδιάγραμμα μηχανισμού για την διεξαγωγή της δοκιμής θέρμανσης

2.3.9 Επαλήθευση αντοχής σε μη φυσιολογική θέρμανσης και φωτιά – δοκιμή πυρακτωμένου σύρματος «Glow wire test»

Για την δοκιμή αυτή χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές που περιγράφονται αναλυτικά στο πρότυπο IEC 60695-2-11^[13]. 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 15°C και 35°C 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 ± 15)°C.
- Στα σημεία που προορίζονται να εγκατασταθούν σε κοίλους τοίχους (850 ± 15)°C.
- Για τα υπόλοιπα τμήματα (650 ± 15)°C.

Η διάρκεια της δοκιμής ορίζεται στα 30 ± 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.^[8, 13]

2.3.10 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 ± 2)°C και σχετική υγρασία που κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 91% και 95% για χρονική διάρκεια 48 ωρών. Τέτοιες τιμές σχετικής υγρασίας μπορούν επιτευχθούν με την διάλυση θειικού άλατος νατρίου Na₂SO₄ ή νιτρικού άλατος καλίου KNO₃ με νερό που βρίσκεται σε δοχείο που επιλέγεται έτσι ώστε να έχει μεγάλη επιφάνεια ως προς τον αέρα.

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 προστατευμένη περιοχή. 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.^[8, 9]

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
$800 < U_i \leq 1\ 000$	3500
$1\ 000 < U_i \leq 1\ 500^*$	3500
*Για συνεχή τάση μόνο	

Πίνακας 2.9: Τάσεις δοκιμής επαλήθευσης διηλεκτρικής αντοχής για τα κυκλώματα ισχύος

2.3.11 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 αγωγίμα 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 αγωγίμου σημείου του πίνακα και της γείωση 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.^[8]

2.3.12 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 ± 3 °C και 65 ± 5 % αντίστοιχα.

Αν τα δείγματα δεν παρουσιάσουν ρωγμές και άλλες αλλοιώσεις στο τέλος της δοκιμής τότε θεωρείται επιτυχής.^[8]

2.3.13 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 ± 2 °C. 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 προηγουμένως. 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.^[8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

3 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι τεχνικές προδιαγραφές και οι προδιαγραφές ασφαλείας ενός ολοκληρωμένου συστήματος ηλεκτρολογικού 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 θα χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι η σειρά IEC 60439^[9]. Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι αντίστοιχες δοκιμές που επαληθεύουν την σωστή εφαρμογή αυτών των προδιαγραφών σε ένα προϊόν.

3.1 Περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας

Εκτός από τις συνθήκες λειτουργίας που περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.2.2 και αφορούσαν το περίβλημα του ηλεκτρολογικού πίνακα, για ολόκληρο τον ηλεκτρολογικό πίνακα που αποτελείται από το περίβλημα και τον υπόλοιπο προβλεπόμενο εξοπλισμό στο εσωτερικό του πρέπει να ισχύουν επιπρόσθετα τα ακόλουθα.

Ο βαθμός ρύπανσης σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες για τις οποίες ο ηλεκτρολογικό πίνακας είναι προορισμένος να λειτουργεί. Ο βαθμός ρύπανσης δηλώνεται με έναν μονοψήφιο αριθμό που σχετίζεται με το ποσό της αγωγίμης και υγροσκοπικής σκόνης, τη σχετική υγρασία, του ιονισμένου αερίου και την συχνότητα ύπαρξης αυτών. Ανάλογα με την ποσότητα προκαλούν υγροσκοπική απορρόφηση ή συμπύκνωση της υγρασίας που οδηγούν στην μείωση της διηλεκτρικής αντοχής και της ειδικής αντίστασης της επιφάνειας του ηλεκτρολογικού πίνακα. Για διακοπτικές συσκευές ή στοιχεία που βρίσκονται στο εσωτερικό του περιβλήματος ισχύει ο βαθμός ρύπανσης των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό του πίνακα. Ανάλογα με το βαθμό ρύπανσης επιλέγονται τα διάκενα και οι αποστάσεις ερπυσμού σύμφωνα με τους πίνακες 3.4-3.6. Οι δυνατοί βαθμοί ρύπανσης είναι οι εξής:

- Βαθμό ρύπανσης 1: Κανένα ίχνος ρύπανσης ή επικράτηση ξηρότητας (δεν εμφανίζεται αγωγή ρύπανση).
- Βαθμός ρύπανσης 2: Φυσιολογική ρύπανση, γενικά δεν είναι αγωγή αλλά περιστασιακά μπορεί να εμφανιστεί κάποια προσωρινή αγωγιμότητα.
- Βαθμός ρύπανσης 3: Εμφανίζεται αγωγή ρύπανση ή ξηρότητα. Η μη αγωγή ρύπανση μετατρέπεται σε αγωγή εξαιτίας της συμπύκνωσης.
- Βαθμός ρύπανσης 4: Η ρύπανση παράγει αγωγιμότητα διαρκείας που προκαλείται από παράγοντες όπως αγωγή σκόνη, βροχή ή χιόνι.
- Τυποποιημένος βαθμός ρύπανσης σε βιομηχανικές περιοχές: Αν δεν αναφέρεται τίποτα διαφορετικό από τον κατασκευαστή, σε τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται ηλεκτρολογικοί πίνακες που προορίζονται για περιβαλλοντικές συνθήκες με βαθμό ρύπανσης 3. Εντούτοις μπορούν να επιλεγθούν πίνακες που παρέχουν προστασία και για άλλους βαθμούς

ρύπανσης ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που τον περικλείει.

Το ύψος της τοποθεσίας όπου θα εγκατασταθεί ο πίνακας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2000 m. Για τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1000 m, πρέπει να ληφθεί υπόψη η μείωση της διηλεκτρικής αντοχής των υλικών και η επίδραση της ψύξης του αέρα. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός που προορίζεται να λειτουργήσει σε τέτοια υψόμετρα πρέπει να είναι σχεδιασμένος για αυτόν τον σκοπό ή να χρησιμοποιείται με ειδική συμφωνία που πραγματοποιείται μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη.

Όπου επικρατούν ειδικές συνθήκες πρέπει να ικανοποιηθούν κάποιες πρόσθετες απαιτήσεις και να υπάρξουν ειδικές συμφωνίες μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη. Αυτές οι ειδικές συνθήκες είναι:

- Τιμές θερμοκρασίας, σχετική υγρασία και υψόμετρο που ξεφεύγουν από τα προκαθορισμένα όρια.
- Εφαρμογές όπου παρατηρείται μεταβολές στη θερμοκρασία και στην πίεση αέρα σε τέτοιο βαθμό όπου παρατηρείται συμπύκνωση του αέρα στο εσωτερικό του ηλεκτρολογικού πίνακα.
- Βαριά μόλυνση του αέρα από σκόνη, καπνό, διαβρωτικά ή ραδιενεργά μόρια.
- Έκθεση σε περιοχή όπου επικρατούν ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία.
- Έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες που προέρχονται π.χ. από ακτινοβολία από τον ήλιο ή από φούρνους.
- Επιθέσεις από μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς
- Εγκατάσταση σε τοποθεσία όπου υπάρχει πιθανότητα φωτιάς ή έκρηξης.
- Εγκατάσταση σε τοποθεσία όπου παρατηρούνται υψηλές δονήσεις.
- Εγκατάσταση σε τοποθεσίες όπου επηρεάζεται η φέρουσα ικανότητα μεταφοράς ρεύματος π.χ. κοντά σε εξοπλισμό που τοποθετείται σε μηχανές ή τοίχους.

Στην περίπτωση μιας σύνθεσης ηλεκτρολογικού πίνακα που προορίζεται να εγκατασταθεί σε εξωτερικούς ή σε εσωτερικούς χώρους με υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και ασυνήθιστη θερμοκρασία πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ασφαλείας, ρυθμίσεις (αερισμός, εσωτερική θέρμανση, τρύπες διαρροής κ.λπ.) και να γίνεται πρόληψη έναντι των πιθανών επιζήμιων συμπεκνώσεων που πιθανόν να λάβουν χώρα στο εσωτερικό του πίνακα. Επιπρόσθετα πρέπει να προσεχθεί ταυτόχρονα να διατηρούνται οι βαθμοί προστασία IP και IK των περιβλημάτων των συσκευών και των διατάξεων που ενσωματώνονται στον πίνακα στα δηλωμένα από τον κατασκευαστή επίπεδα.^[9]

3.2 Στοιχεία του προϊόντος που απαιτείται να αναγράφονται από τον κατασκευαστή

Σε κάθε προϊόν, που ακολουθεί τις προδιαγραφές IEC, πρέπει να τοποθετηθεί ετικέτα σε τέτοιο σημείο της επιφάνειάς του, έτσι ώστε τα αναγραφόμενα να είναι ορατά και ευανάγνωστα. Συγκεκριμένα τα στοιχεία που είναι απαραίτητο να αναγράφονται είναι τα εξής:

1. Το λογότυπο ή το όνομα του κατασκευαστή
2. Τον κωδικό αναγνώρισης του προϊόντος (designation or identification number)

3. Το πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του δηλαδή το IEC 60439-1
4. Ο τύπος του ρεύματος κανονικής λειτουργίας (συνεχής ή εναλλασσόμενο). Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να αναγράφεται και η συχνότητα.
5. Η ονομαστική τάση λειτουργίας.
6. Η μέγιστη τάση μόνωσης
7. Η μέγιστη τιμή ρεύματος που μπορεί να δεχτεί σε περίπτωση μη φυσιολογικής λειτουργίας (βραχυκύκλωμα).
8. Ο βαθμός προστασίας περιβλημάτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και διατάξεων (κωδικός IP)
9. Μέτρα για την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας
10. Συνθήκες λειτουργίας για εξωτερική ή εσωτερική χρήση ή για άλλες ειδικές συνθήκες
11. Ο τύπος της γείωσης για το οποίο έχει σχεδιαστεί
12. Η μορφή του εσωτερικού χώρου
13. Οι τύποι των ηλεκτρικών συνδέσεων των λειτουργικών μονάδων
14. Το περιβάλλον για το οποίο προορίζεται το προϊόν (Α ή Β)
περιβάλλον Α: Ιδιωτικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις και δίκτυα χαμηλής τάσης
περιβάλλον Β: Δημόσιες εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (π.χ. εμπορικές εγκαταστάσεις) και κάποιες μικρές βιομηχανικές εγκαταστάσεις.^[9]

3.3 Σχεδίαση και κατασκευή

Όπως συμβαίνει με το περίβλημα του πίνακα έτσι και τα υπόλοιπα στοιχεία που τον συνθέτουν πρέπει να κατασκευάζονται με υλικά που να χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή σε μηχανικές, ηλεκτρικές και θερμικές καταπιέσεις και στις επιπτώσεις της υγρασίας, οι οποίες είναι δυνατόν να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Επιπρόσθετα τα μονωτικά υλικά (π.χ. θερμοπλαστικό υλικό μεγάλης αντοχής) που χρησιμοποιούνται πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα έτσι ώστε να έχουν την απαραίτητη αντίσταση σε υπερθέρμανση και φωτιά. Αντίστοιχα για τα μεταλλικά τμήματα πρέπει να λαμβάνονται τα προβλεπόμενα μέτρα προστασίας, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση τους.

Τα διάφορα στοιχεία ενός πίνακα πρέπει να τοποθετούνται και να διατηρούνται κατά τη λειτουργία τους σε κατάλληλες αποστάσεις το ένα από το άλλο, που κυμαίνονται ανάλογα με τις προδιαγραφές, τις απαιτήσεις και το περιβάλλον λειτουργίας τους. Επίσης είναι απαραίτητο να διατηρούνται οι προβλεπόμενες αποστάσεις ασφαλείας στα γυμνά καλώδια, στους ζυγούς τροφοδότησης (busbars) και στις διάφορες συνδέσεις των στοιχείων.

Σε καταστάσεις μη φυσιολογικής λειτουργίας (π.χ. βραχυκύκλωμα) δεν πρέπει να δημιουργείται μείωση της διηλεκτρικής αντοχής σε τιμές κάτω από τις ανεκτές που δηλώνονται από το κατασκευαστή.^[9]

3.4 Διηλεκτρική αντοχή

Για το σύνολο των κυκλωμάτων ενός πίνακα δηλώνεται από τον κατασκευαστή η ονομαστική κρουστική τάση αντοχής U_{imp} .

Τα κυκλώματα του πίνακα πρέπει να έχουν την ικανότητα να αντέχουν την ονομαστική κρουστική τάση αντοχή τους, που βρίσκεται με τη βοήθεια του πίνακα 3.1α και όπου αυτό είναι εφαρμόσιμο την αντίστοιχη συνεχή ή εναλλασσόμενη τάση με τιμή που βρίσκεται με χρήση του πίνακα 3.1β.

Συστηνόμενες τιμές της ονομαστικής κρουστική τάση αντοχής (1,2/50 μs) στα 2000 m (kV)				
Μέγιστη τιμή της ονομαστική τάσης λειτουργίας ως προς τη γη (V)	Προέλευση εγκατάστασης (επίπεδο εισόδου υπηρεσιών)	Επίπεδο κυκλωμάτων διανομής	Φορτίο (συσκευές, επίπεδο εξοπλισμού)	Ειδικό επίπεδο προστασίας
50	1,5	0,8	0,5	0,33
100	2,5	1,5	0,8	0,5
150	4	2,5	1,5	0,8
300	6	4	2,5	1,5
600	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4

Πίνακας 3.1α: Ονομαστικές κρουστικές τάσεις αντοχής εξοπλισμού

Ονομαστική κρουστική τάση μόνωσης U_{imp} (KV)	Τάσεις δοκιμής και αντίστοιχα ύψη από την επιφάνεια της θάλασσας									
	$U_{1,2/50}$ a.c peak και d.c (KV)					AC r.m.s (KV)				
	0 m	200 m	500 m	1000 m	2000 m	0 m	200 m	500 m	1000 m	2000 m
0,33	0,36	0,36	0,35	0,34	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23
0,5	0,54	0,54	0,53	0,52	0,5	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36
0,8	0,95	0,9	0,9	0,85	0,8	0,67	0,64	0,64	0,60	0,57
1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,77
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4	3,5	3,4	3,3	3,1	2,83
6	7,4	7,2	7	6,7	6	5,3	5,1	5,0	4,75	4,24
8	9,8	9,6	9,3	9	8	7,0	6,8	6,6	6,4	5,66
12	14,8	14,5	14	13,3	12	10,5	10,3	10,0	9,5	8,48

Σημείωση 1: Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά ενός ομογενούς πεδίου για το οποίο η τιμή της κρουστικής, η μέγιστη στιγμιαία τιμή της εναλλασσόμενης και η τιμή της συνεχή τάσης συμπίπτουν. Οι r.m.s τιμές υπολογίζονται από την μέγιστη στιγμιαία μέγιστη τιμή της εναλλασσόμενης.

Σημείωση 2: Όταν τα διάκενα είναι μεταξύ της A και τη B περίπτωσης (βλέπε πίνακα 3.5), οι τιμές a.c. και d.c. αυτού του πίνακα είναι περισσότερο αξιόπιστες από τις αντίστοιχες τιμές της κρουστική τάσης

Πίνακας 3.1β: Τάσεις αντοχής για δοκιμές κρουστικής, εναλλασσόμενης και σταθερής τάσης

Αντίστοιχα οι τάσεις δοκιμής που εφαρμόζονται στα διάκενα ασφαλείας μεταξύ των διατάξεων που ενσωματώνονται στο πίνακα καθώς επίσης και στον αποσπώμενο εξοπλισμό δίνονται στον πίνακα 3.2.^[9]

Ονομαστική τιμή τάσης μόνωσης U_{imp} (KV)	Τάσεις δοκιμής στα αντίστοιχα ύψη από την επιφάνεια της θάλασσας									
	$U_{1,2/50}$ a.c peak και d.c (KV)					AC r.m.s (KV)				
	0 m	200 m	500 m	1000 m	2000 m	0 m	200 m	500 m	1000 m	2000 m
0,33	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
1,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2	1,6	1,6	1,55	1,55	1,42
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3	2,47	2,47	2,4	2,26	2,12
4	6,2	6	5,8	5,6	5	4,38	4,24	4,10	3,96	3,54
6	9,8	9,6	9,3	9	8	7,0	6,8	6,60	6,40	5,66
8	12,3	12,1	11,7	11,1	10	8,7	6,55	8,27	7,85	7,07
12	18,5	18,1	17,5	16,7	15	13,1	12,80	12,37	11,80	10,6

Πίνακας 3.2: Τάσεις δοκιμής που εφαρμόζονται στις ανοικτές επαφές του εξοπλισμού

3.5 Διάκενα μεταξύ αγώγιμων στοιχείων του πίνακα και αποστάσεις ερπυσμού

Οι διατάξεις και ο λοιπός εξοπλισμός που συνθέτουν έναν ηλεκτρολογικό πίνακα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες, σύμφωνα με τις ειδικές προδιαγραφές τους, αποστάσεις μεταξύ τους οι οποίες επιβάλλεται να διατηρούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργία του. Τα διάκενα και οι αποστάσεις ερπυσμού για τους γυμνούς αγωγούς και τις καταλήξεις τους (ζυγοί τροφοδότησης, συνδέσεις μεταξύ των συσκευών) πρέπει να συμμορφώνονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ειδικών προδιαγραφών των στοιχείων που συνδέονται άμεσα μαζί τους.

Προσθέτοντας σε περιπτώσεις μη φυσιολογικής λειτουργίας (π.χ. βραχυκύκλωμα) δεν πρέπει να μειώνονται μόνιμα οι αποστάσεις των διακένων και η διηλεκτρική αντοχή ανάμεσα στους ζυγούς τροφοδότησης και στις συνδέσεις κάτω από τα προκαθορισμένα όρια που διευκρινίζονται στις αντίστοιχες προδιαγραφές των συσκευών που διασυνδέονται άμεσα. Για ηλεκτρολογικούς πίνακες, που ελέγχονται σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 3.26.4, τα αντίστοιχα όρια παρουσιάζονται στους πίνακες 3.5 και 3.6.

Στους δυο υποπαραγράφους που ακολουθούν θα δοθούν επιπρόσθετα επιπλέον πληροφορίες για τις προδιαγραφές που σχετίζονται με τα διάκενα και τα μήκη ερπυσμού.^[9]

3.5.1 Διάκενα μεταξύ αγώγιμων στοιχείων του πίνακα

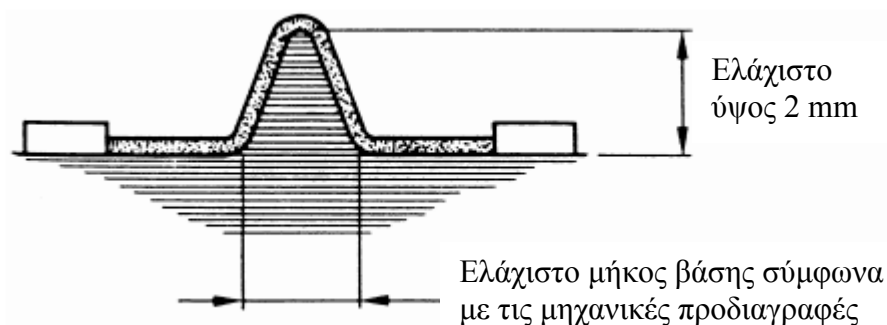
Μεταξύ των αγώγιμων στοιχείων ενός ηλεκτρολογικού πίνακα επιβάλλεται από τις προδιαγραφές να υπάρχουν διάκενα ασφαλείας. Σκοπός της ύπαρξής τους είναι να δώσουν τη δυνατότητα στα κυκλώματα του ηλεκτρολογικού πίνακα να αντισταθούν με επιτυχία στις τάσεις δοκιμής με τιμές που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.5.

Γενικά τα διάκενα πρέπει να έχουν μήκος τουλάχιστον όσο οι αντίστοιχες τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.5 για την περίπτωση Β (ομοιογενές πεδίο). Εάν το μήκος των διακένων είναι μεγαλύτερο από αυτό που αντιστοιχεί στον πίνακα 3.5 για την περίπτωση του ανομοιογενές πεδίου (περίπτωση Α), δεν απαιτείται η διεξαγωγή της αντίστοιχης δοκιμής. Ο τρόπος μέτρησης των διακένων και του μήκους ερπυσμού πραγματοποιείται με την μεθοδολογία που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Το πλάτος X του καμπυλωτού τμήματος που φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα εξαρτάται από το βαθμό ρύπανσης και έχει τιμή που προσδιορίζεται με την βοήθεια του πίνακα 3.4. Ο τρόπος μέτρησης των διακένων περιγράφονται στα παραδείγματα 1-11. Σημειώνεται ότι σε αυτά τα παραδείγματα δεν γίνεται διάκριση μεταξύ κενών και αυλακιών ή μεταξύ των διάφορων ειδών μόνωσης.

Επιπλέον πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Κάθε γωνία που υποθέτουμε ότι πρέπει να γεφυρωθεί με τη χρήση ενός μονωτικού συνδέσμου πλάτους X mm μεταφέρεται στην δυσμενέστερη θέση λειτουργίας του (βλέπε παράδειγμα 3).
- Όταν η απόσταση που διανύει ένα αυλάκι είναι X mm ή μεγαλύτερη, το μήκος ερπυσμού μετριέται από το περίγραμμα των αυλακώσεων (βλέπε παράδειγμα 2).
- Τα διάκενα ασφαλείας μεταξύ αγωγίων τμημάτων και το μήκος ερπυσμού όταν μετριούνται με βάση ενός κινούμενου σημείου η μέτρηση πραγματοποιείται όταν το κινητό μέρος βρίσκεται στη μέγιστη δυνατή απόσταση.
- Εξαιτίας της ρύπανσης του περιβάλλοντος, ανάμεσα στα διάκενα δημιουργούνται εξογκώματα με σκοπό την μείωση της πιθανότητας δημιουργίας διαρροής ρεύματος.
- Το μήκος ερπυσμού μπορεί να μειωθεί κατά 80% της απαιτούμενης τιμής υπό την προϋπόθεση να δημιουργηθεί ενδιάμεσα ένα καμπυλωτό τμήμα με ύψος τουλάχιστον 2 mm.^[9]

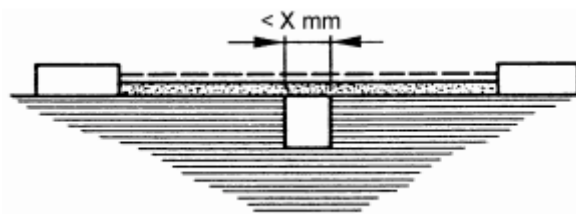



Εικόνα 3.3: Μέτρηση καμπυλωτού τμήματος

Βαθμός ρύπανσης	Ελάχιστο πλάτος X αυλακιού (mm)
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

Σημείωση: Αν το αντίστοιχο διάκενο έχει μήκος μικρότερο των 3 mm, τότε το αντίστοιχο πλάτος των αυλακιών οι τιμές του πλάτους των αυλακιών μειώνεται στο ένα τρίτο από αυτές που παρουσιάζονται στον πίνακα.

Πίνακας 3.4: Ελάχιστο πλάτος αυλακιού ως συνάρτηση του βαθμού ρύπανσης του περιβάλλοντος

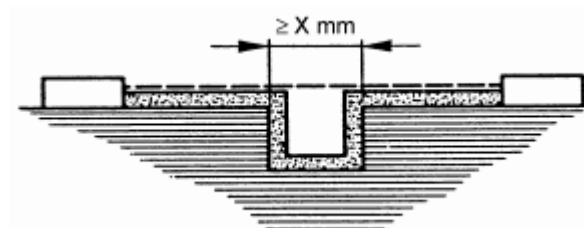


----- : διάκενο
 : μήκος ερπυσμού

Παράδειγμα 1:

Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει ένα αυλάκι οποιουδήποτε βάθους με πλάτος μικρότερο από X mm.

Κανόνας: Το μήκος ερπυσμού ή το διάκενο μετρούνται ακριβώς όπως φαίνεται στο σχήμα.

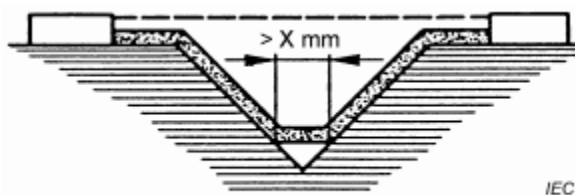


Παράδειγμα 2:

Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει ένα παράλληλο αυλάκι οποιουδήποτε βάθους με πλάτος ίσο ή μεγαλύτερο από X mm.

Κανόνας: Το διάκενο έχει τιμή ίση με την ευθύγραμμη απόσταση των δυο αγωγών ενώ το μήκος ερπυσμού έχει τιμή ίση με το μήκος του περιγράμματος που ακολουθεί το αυλάκι.

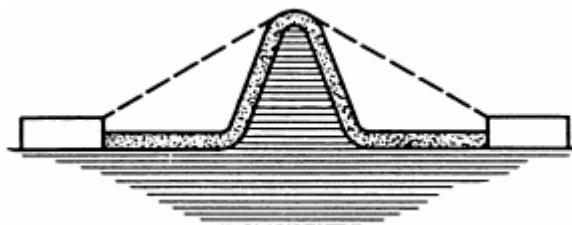
Παράδειγμα 3



Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει ένα αυλάκι τριγωνική μορφής με πλάτος μεγαλύτερο από X mm

Κανόνας: Το διάκενο έχει τιμή ίση με την ευθύγραμμη απόσταση των δυο αγωγών και το μήκος ερπυσμού ισούται με το μήκος του περιγράμματος που ακολουθεί την πορεία του αυλακιού μέχρι ενός σημείο απόσταση όπου οι πλευρές του τριγωνικού αυλακιού έχουν απόσταση X mm όπου σε αυτό το σημείο μετράται ευθύγραμμα όπως δείχνεται στο πίνακα.

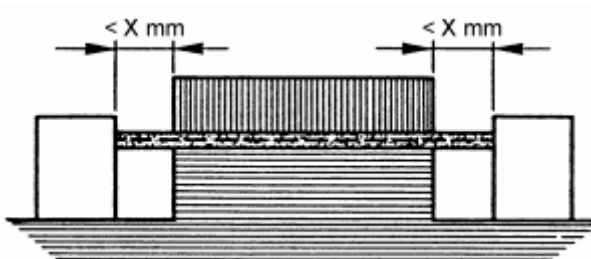
Παράδειγμα 4



Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει ένα ύψωμα.

Κανόνας: Το μήκος του διακένου είναι το μήκος της μικρότερης απόστασης από τη κορυφή του υψώματος ως προς τους αγωγούς. Το μήκος ερπυσμού ισούται με το μήκος του περιγράμματος που ακολουθεί τη πορεία του υψώματος.

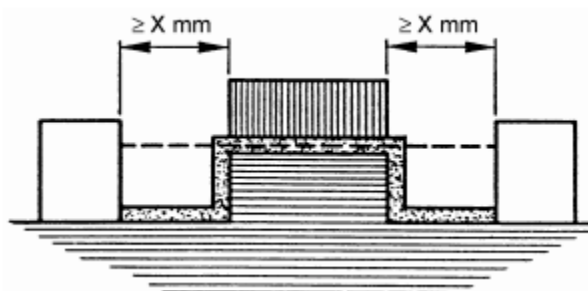
Παράδειγμα 5



Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει μια άρθρωση με δύο αυλάκια όπως φαίνεται στο σχήμα με πλάτος μικρότερο X mm το καθένα.

Κανόνας: Το μήκος του διακένου και το μήκος ερπυσμού ταυτίζονται και ισούνται με την ευθύγραμμη απόσταση των δυο αγωγών.

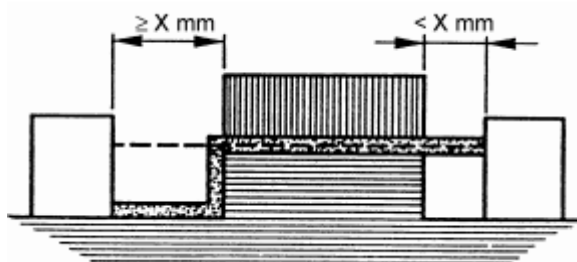
Παράδειγμα 6



Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει μια άρθρωση με δύο αυλάκια όπως φαίνεται στο σχήμα με πλάτος ίσο ή μεγαλύτερο από X mm το καθένα.

Κανόνας: Το μήκος του διακένου ισούνται με την ευθύγραμμη απόσταση των δυο αγωγών και το μήκος ερπυσμού ισούται με το μήκος του περιγράμματος που ακολουθεί τα αυλάκια.

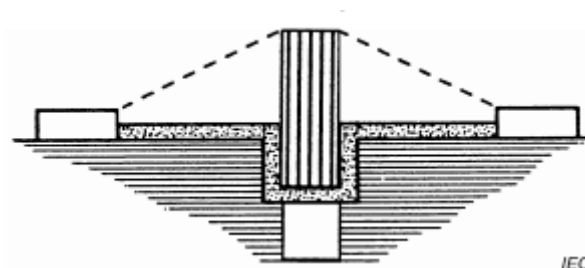
Παράδειγμα 7



Συνθήκη: Το μονοπάτι του μήκους ερπυσμού περιλαμβάνει ένα εξόγκωμα με δυο αυλάκια όπως φαίνεται στο σχήμα ένα με πλάτος μικρότερο από X mm και το άλλο με πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο με X .

Κανόνας: Το μήκος του μήκους ερπυσμού και του διακένου δείχνεται στο αντίστοιχο σχήμα.

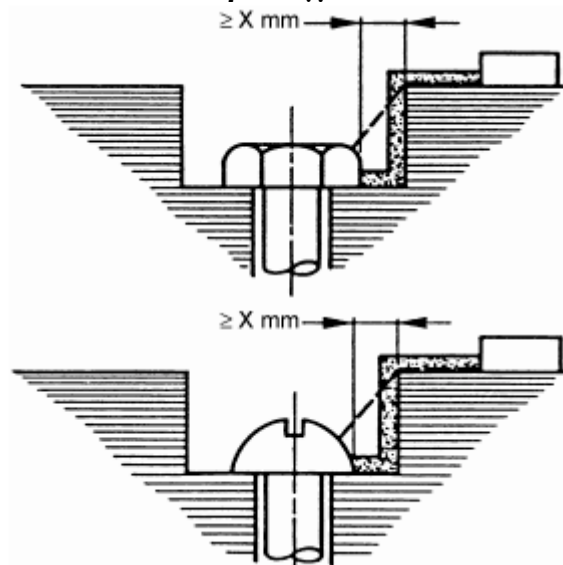
Παράδειγμα 8



Συνθήκη: Το μήκος ερπυσμού περιλαμβάνει ένα εμπόδιο.

Κανόνας: Το μήκος του διακένου είναι ίσο με την μικρότερη ευθύγραμμη απόσταση που διέρχεται από τη κορυφή του εμποδίου.

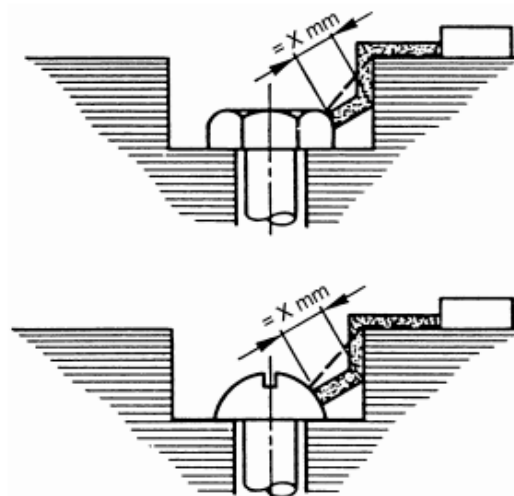
Παράδειγμα 9



Συνθήκη: Το διάκενο που δημιουργείται από την επιφάνεια της βίδας και της επιφάνειας εσοχής είναι αρκετά ευρύ για να μην λαμβάνεται υπόψη.

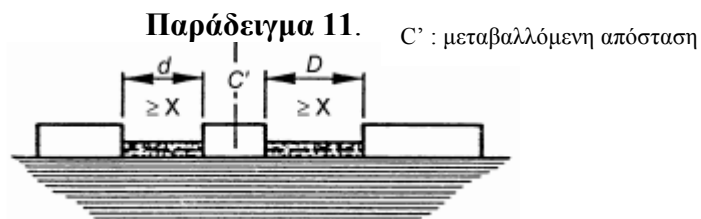
Κανόνας: Το μήκος του διακένου και το μήκος ερπυσμού είναι αυτό που δείχνεται στο σχήμα.

Παράδειγμα 10



Συνθήκη: Το διάκενο που δημιουργείται από την επιφάνεια της βίδας και της επιφάνειας εσοχής είναι αρκετά στενό έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη.

Κανόνας: Η μέτρηση του μήκους ερπυσμού συμπίπτει με την απόσταση της επιφάνειας εσοχής από την βίδα όταν αυτή η απόσταση ισούται με X mm



Κανόνας: Το διάκενο και το μήκος ερπυσμού ισούται με την απόσταση $d+D$.

3.5.2 Αποστάσεις ερπυσμού (creepage distance)

Για περιβάλλοντα με βαθμούς ρύπανσης 1 και 2 το μήκος ερπυσμού των υλικών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τις αντίστοιχες αποστάσεις που επιλέγονται σύμφωνα με τον πίνακα 3.5. Για βαθμούς ρύπανσης 2 και 3 πρέπει να είναι μεγαλύτερες από τις τιμές του παρακάτω πίνακα που αντιστοιχούν στο μη ομοιογενές πεδίο (περίπτωση Α) για να μην υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας ηλεκτρικού τόξου εξαιτίας υπερτάσεων. Ανάλογα με τον βαθμό ρύπανσης και την κατηγορία του υλικού που χρησιμοποιείται επιλέγονται οι κατάλληλες αποστάσεις ερπυσμού σύμφωνα με τους πίνακες 3.6α και 3.6β.

Ονομαστική κρουστική τιμή τάση μόνωσης U_{imp} (KV)	Ελάχιστο διάκενα μεταξύ αγωγίων στοιχείων (mm)							
	(Περίπτωση Α) Μη ομοιογενές πεδίο				(Περίπτωση Β) Ομοιογενές πεδίο, ιδανικές συνθήκες			
	Βαθμός ρύπανσης				Βαθμός ρύπανσης			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33	0,1	0,2	0,8	1,6	0,01	0,2	0,8	1,6
0,5	0,4				0,04			
0,8	0,1	0,5	1,5	3	0,1	0,3	1,2	2
1,5	0,5				0,3			
2,5	1,5	1,5	1,5	3	0,6	0,6	1,2	2
4	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	2
6	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8	8	8	8	8	3	3	3	3
12	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5

Σημείωση: Οι τιμές είναι υπολογισμένες για κρουστικές τάσεις 1,2/50 μ s με ατμοσφαιρική πίεση 80 kPa και υψόμετρο 2000 m από την επιφάνεια της θάλασσας

Πίνακας 3.5: Ελάχιστα επιτρεπτά διάκενα μεταξύ δυο αγωγίων στοιχείων

Τα υλικά μόνωσης ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες

- Κατηγορία I $600 \leq CTI$
- Κατηγορία II $400 \leq CTI < 600$
- Κατηγορία IIIa $175 \leq CTI < 400$
- Κατηγορία IIIb $100 \leq CTI < 175$

Το μήκος ερπυσμού επιτρέπεται να μειωθεί έως και 80% της αντίστοιχης τιμής που αναγράφεται στους πίνακες 3.6α και 3.6β εάν σχεδιαστικά χρησιμοποιηθούν τόξα με ελάχιστο ύψος 2 mm. Τέλος για ανόργανα υλικά μόνωσης όπως για παράδειγμα γυαλί ή κεραμικό υλικό το μήκος ερπυσμού δεν χρειάζεται να είναι μεγαλύτερο από

το αντίστοιχο διάκενο ασφαλείας. Εντούτοις σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εξεταστεί η πιθανότητα εμφάνισης ηλεκτρικής διάσπασης που μπορεί να αποδειχθεί καταστροφική για το μονωτικό υλικό και τον υπόλοιπο εξοπλισμό.^[9]

3.5.3 Διαστήματα μεταξύ ξεχωριστών κυκλωμάτων

Για τα μήκος του διαστήματος των διακένων, του μήκους ερπυσμού και της στερεάς μόνωσης μεταξύ δυο ξεχωριστών κυκλωμάτων θα χρησιμοποιηθούν οι υψηλότερες ονομαστικές τάσεις τους (ονομαστική κρουστική τάση αντοχής για τα διάκενα ασφαλείας και τη στερεά μόνωση και η ονομαστική τάση μόνωσης για το μήκος ερπυσμού).^[9]

Ονομαστική τάση απομόνωσης ή τάση λειτουργίας a.c rms ή d.c. (V)	Μήκος ερπυσμού εξοπλισμού (mm)						
	Βαθμός ρύπανσης			Βαθμός ρύπανσης			
	1	2	3	2			
	Κατηγορίες υλικών			Κατηγορίες υλικών			
	2)	3)	2)	I	II	IIIa	IIIb
10	0,025	0,04	0,06	0,4	0,4	0,4	
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	
80	0,63	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	
400	1	2	1	2	2,8	4	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	
1000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	
1250			4,2	6,3	9	12,5	
1600			5,6	8	11	16	
2000			7,5	10	14	20	
2500			10	12,5	18	25	
3200			12,5	16	22	32	
4000			16	20	28	40	
5000			20	25	36	50	
6300			25	32	45	63	
8000			32	40	65	80	
10000			40	50	71	100	

1) Κατηγορία υλικών I, II, IIIa και IIIb
 2) Κατηγορία υλικών I, II, IIIa και IIIb
 3) Κατηγορία υλικών I, II, IIIa
 4) Οι τιμές του μήκους ερπυσμού για αυτήν την κατηγορία υλικών δεν έχει καθοριστεί. Η κατηγορία υλικών IIIb δεν συνίσταται για εφαρμογές για τιμές τάσεων πάνω από 630 V για βαθμό ρύπανσης 3 και καθόλου για βαθμό ρύπανσης 4
 5) Ως εξαίρεση για τιμές τάσης 415, 440, 660/690 και 830 V μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μήκος ερπυσμού που αντιστοιχεί για τιμές τάσεως 125, 200, 400, 630 και 800 V.

Σημείωση: Στις παραπάνω τιμές υποθέτουμε ότι δεν έχει εμφανιστεί διάβρωση στα μονωτικά υλικά.

Πίνακας 3.6α: Ελάχιστο μήκος ερπυσμού

Ονομαστική τάση απομόνωσης ή τάση λειτουργίας a.c rms ή d.c. (V)	Μήκος ερπυσμού εξοπλισμού (mm)							
	Βαθμός ρύπανσης				Βαθμός ρύπανσης			
	3				4			
	Κατηγορίες υλικών				Κατηγορίες υλικών			
	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
10	1	1	1		1,6	1,6	1,6	
12,5	1,05	1,05	1,05		1,6	1,6	1,6	
16	1,1	1,1	1,1		1,6	1,6	1,6	
20	1,2	1,2	1,2		1,6	1,6	1,6	
25	1,25	1,25	1,25		1,7	1,7	1,7	
32	1,3	1,3	1,3		1,8	1,8	1,8	
40	1,4	1,6	1,8		1,9	2,4	3	
50	1,5	1,7	1,9		2	2,5	3,2	
63	1,6	1,8	2		2,1	2,6	3,4	
80	1,7	1,9	2,1		2,2	2,8	3,6	
100	1,8	2	2,2		2,4	3,0	3,8	
125	1,9	2,1	2,4		2,5	3,2	4	
160	2	2,2	2,5		3,2	4	5	
200	2,5	2,8	3,2		4	5	6,3	
250	3,2	3,6	4		5	6,3	6	
320	4	4,5	5		6,3	8	10	
400	5	5,6	6,3		8	10	12,5	
500	6,3	7,1	8,0		10	12,5	16	
630	8	9	10		12,5	16	20	
800	10	11	12,5		16	20	25	
1000	12,5	14	16		20	25	32	
1250	16	18	20		25	32	40	
1600	20	22	25		32	40	50	
2000	25	28	32		40	50	63	
2500	32	36	40	4)	50	63	80	
3200	40	45	50		63	80	100	
4000	50	56	63		80	100	125	
5000	63	71	80		100	125	160	
6300	80	90	100		125	160	200	
8000	100	110	125		160	200	250	
10000	125	140	160		200	250	320	

4)

- Κατηγορία υλικών I, II, IIIa και IIIb
- Κατηγορία υλικών I, II, IIIa και IIIb
- Κατηγορία υλικών I, II, IIIa
- Οι τιμές του μήκους ερπυσμού για αυτήν την κατηγορία υλικών δεν έχει καθοριστεί. Η κατηγορία υλικών IIIb δεν συνίσταται για εφαρμογές για τιμές τάσεων πάνω από 630 V για βαθμό ρύπανσης 3 και καθόλου για βαθμό ρύπανσης 4
- Ως εξαίρεση για τιμές τάσης 415, 440, 660/690 και 830 V μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μήκος ερπυσμού που αντιστοιχεί για τιμές τάσεως 125, 200, 400, 630 και 800 V.

Σημείωση: Στις παραπάνω τιμές υποθέτουμε ότι δεν έχει εμφανιστεί διάβρωση στα μονωτικά υλικά

Πίνακας 3.6β: Ελάχιστο μήκος ερπυσμού

3.6 Ακροδέκτες σύνδεσης με εξωτερικούς αγωγούς

Σε κάθε στοιχείο, που απαρτίζει έναν ηλεκτρολογικού πίνακα, πρέπει να αναγράφεται από τον κατασκευαστή του με ποιο υλικό (χαλκός, αλουμίνιο ή και τα δύο) ενδείκνυται να είναι κατασκευασμένοι οι αγωγοί που προορίζονται να συνδεθούν με αυτό. Επιπλέον απαιτείται οι εξωτερικοί αγωγοί να διατηρούνται στην θέση σύνδεσης τους με μέσα όπως για παράδειγμα βίδες για να εξασφαλιστεί ότι παρέχεται η κατάλληλη πίεση έτσι ώστε να μπορούν να αντισταθούν σε δυνάμεις που πιθανόν να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια της λειτουργία τους. Εάν παρέχονται ακροδέκτες για τη σύνδεση ουδέτερου αγωγού αυτοί πρέπει να τοποθετούνται σε μικρή απόσταση από τους αντίστοιχους ακροδέκτες των φάσεων. Επίσης κατά τη τοποθέτηση καλωδίων στους ακροδέκτες πρέπει να λαμβάνονται όλα τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας έτσι ώστε να τηρούνται οι δηλωμένοι από τον κατασκευαστή βαθμοί προστασίας IP και IK.

Εάν δεν υπάρχει ειδική συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή σχετικά με τη διατομή των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε ακροδέκτη τότε είναι αναγκαίο να υποστηρίζουν σύνδεση με χάλκινους αγωγούς με διατομή που καλύπτει όλο το εύρος που αντιστοιχεί στο ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας όπως φαίνεται στον πίνακα 3.7. Όταν χρησιμοποιούνται αγωγοί αλουμινίου επιλέγονται οι μέγιστες διατομές που αναγράφονται σε αυτόν τον πίνακα για το αντίστοιχο ονομαστικό ρεύμα. Στην περίπτωση που στους ακροδέκτες συνδέονται αγωγοί που καταλήγουν σε ηλεκτρονικά κυκλώματα με χαμηλές ονομαστικές τάσεις και ρεύματα (μικρότερο από 1 A και μικρότερο από 50 V a.c. ή 120 V d.c.) οι τιμές του παρακάτω πίνακα δεν ισχύουν. Το διάστημα μεταξύ των καλωδίων πρέπει να έχει τέτοιο μήκος που να επιτρέπει την σύνδεση των εξωτερικών αγωγών του υλικού που υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή στους ακροδέκτες και να είναι δυνατή εξάπλωση των πυρήνων στα πολυπολικά καλώδια. Επιπλέον πρέπει να προσεχθεί οι αγωγοί να μη δέχονται καταπίεσεις στο χώρο τοποθέτησής τους, οι οποίες πιθανόν να επηρεάσουν την διάρκεια ζωής τους.

Εάν δεν έχει συμφωνηθεί τίποτα διαφορετικό μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή στα τριφασικά κυκλώματα, οι ακροδέκτες για τον ουδέτερο αγωγό πρέπει να επιτρέπουν τη σύνδεση χάλκινων αγωγών που να έχουν ικανότητα μεταφοράς ρεύματος:

- Ίσο με το μισό ρεύμα που αντιστοιχεί στο αγωγό φάσης με ελάχιστη διατομή 10 mm² (για χάλκινους αγωγούς) ή αντίστοιχης διατομής έτσι ώστε να προσφέρουν την ίδια αγωγιμότητα εάν είναι κατασκευασμένοι από άλλο υλικό, εάν η διατομή του αγωγού φάσης ξεπερνά τα 10 mm².
- Ίσο με το ρεύμα που αντιστοιχεί στον αγωγό φάσης, εάν η διατομή αυτού είναι μικρότερη ή ίση από 10 mm² (για χάλκινους αγωγούς) ή αντίστοιχης διατομής έτσι ώστε να προσφέρουν την ίδια αγωγιμότητα εάν είναι κατασκευασμένοι με άλλο υλικό.
- Σε ειδικές εφαρμογές (π.χ. μεγάλες εγκαταστάσεις φωτισμού φθορισμού) όπου το ρεύμα του ουδέτερου αγωγού υπάρχει πιθανότητα να φτάσει υψηλές τιμές, ο ουδέτερος αγωγός μπορεί να έχει τη ίδια ικανότητα μεταφοράς ρεύματος που έχει ο αντίστοιχος αγωγός φάσης, κατόπιν συμφωνίας μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη.

Τέλος πρέπει να προσεχθεί τα ανοίγματα στις εισόδους των καλωδίων να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε όταν τα καλώδια είναι σωστά εγκατεστημένα να εφαρμόζονται όλα τα προβλεπόμενα μέτρα προστασίας έναντι άμεσης επαφής και να εξακολουθούν να ισχύουν οι δηλωμένοι από τον κατασκευαστή βαθμοί

προστασίας. Αυτό απαιτεί την προσεκτική επιλογή των μέσων προστασίας όπως υποδεικνύονται από τον κατασκευαστή.^[9]

Ονομαστικό ρεύμα (A)	Σταθεροί αγωγοί		Εόκαμπτοι αγωγοί	
	Min (mm ²)	Max (mm ²)	Min (mm ²)	Max (mm ²)
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
12	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

Σημείωση 1: Αν οι εξωτερικοί αγωγοί συνδέονται άμεσα σε ενσωματωμένες συσκευές του πίνακα, οι διατομές υποδεικνύονται στις σχετικές προδιαγραφές

Σημείωση 2: Σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν αγωγοί διαφορετικής διατομής από αυτές που υποδεικνύονται στον πίνακα πρέπει να επιτευχθεί πρόσθετη συμφωνία μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη.

Πίνακας 3.7: Επιλογή διατομής χάλκινων αγωγών με βάση το ονομαστικό τους ρεύμα

3.7 Αντίσταση σε υπερθέρμανση ή φωτιά

Τα μονωτικά υλικά των στοιχείων, που απαρτίζουν τον ηλεκτρολογικό πίνακα, σχεδιάζονται και κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν την δυνατότητα να αντέξουν τις έντονες θερμικές καταπιέσεις που πιθανόν να δεχθούν κατά τη διάρκεια της λειτουργία τους χωρίς να δημιουργούν προβλήματα ασφαλείας σε αυτόν. Αυτές οι θερμικές καταπιέσεις μπορούν να προκληθούν εξαιτίας διαφόρων ηλεκτρικών φαινομένων.

Η καταλληλότητα αυτών των υλικών επαληθεύεται με τη διεξαγωγή δοκιμής που περιγράφεται στη παράγραφο 3.26.10.^[9]

3.8 Όρια ανόδου θερμοκρασίας

Τα όρια ανόδου θερμοκρασίας για τα διάφορα στοιχεία ενός ηλεκτρικού πίνακα παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα. Αυτές οι τιμές ισχύουν για περιβάλλοντα με μέση θερμοκρασία αέρα μικρότερη ή ίση από 35 °C.^[9]

Μέρη του πίνακα	Αύξηση θερμοκρασίας (K)
Συμβατικός εξοπλισμός ¹⁾	Σχετίζεται με τις τυποποιημένες προδιαγραφές του κάθε εξοπλισμού
Ακροδέκτες για εξωτερικούς μονωμένους αγωγούς	70
Ζυγοί τροφοδότησης, αγωγοί, ακροδέκτες του αποσπώμενου εξοπλισμού	Περιορίζεται από: <ul style="list-style-type: none"> • Τη μηχανική καταπίεση του αγωγίμου υλικού • Τη πιθανή επίδραση στον παρακείμενο εξοπλισμό • Το επιτρεπτό όριο του απομονωτικού υλικού που βρίσκεται σε επαφή με τους ρευματοφόρους αγωγούς • Την επίδραση της θερμοκρασίας των ρευματοφόρων αγωγών στις συσκευές που συνδέεται • Για τους ακροδέκτες, από τη φύση και την επιφάνεια του υλικού κατασκευή τους
Μέσα χειρισμού λειτουργίας: -μεταλλικά	15 ²⁾
-από μονωτικό υλικό	25 ²⁾
κουτιά προστασίας και κάλυπτρα -μεταλλικά	30 ³⁾
-από μονωτικό υλικό	40 ³⁾
Ιδιαίτερες συνδέσεις τύπου «socket»	Καθορίζεται από τα στοιχεία που απαρτίζουν τις συνδέσεις ⁴⁾
<p>1) Με τον όρο αυτό εννοούμε τον συμβατικός εξοπλισμός του πίνακα (π.χ. ασφάλειες τήξης, μικροαυτόματοι), τα ηλεκτρονικά τμήματα (π.χ. τυπωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα), τμήματα του εξοπλισμού (π.χ. ρυθμιστής, μονάδα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, ενισχυτής)</p> <p>2) Για μέσα χειρισμού που είναι προσβάσιμα αν ανοιχτεί το κάλυμμα ασφαλείας του πίνακα επιτρέπεται μια αύξηση του ορίου κατά 25 K.</p> <p>3) Με εξαίρεση την περίπτωση που δεν αναγράφεται τίποτα διαφορετικό από τον κατασκευαστή τα κουτιά προστασίας και τα κάλυπτρα που δεν χρειάζεται να έρθουν σε άμεση επαφή με το χρήστη κατά τη λειτουργία του πίνακα επιτρέπεται μια αύξηση του ορίου κατά 10 K.</p> <p>4) Επιτρέπει μια ευελιξία στον εξοπλισμό που ενώνεται με αυτή με τη σύνδεση αφού τα όρια ανόδου της θερμοκρασίας μπορεί να διαφέρουν από τον συμβατικό εξοπλισμό.</p> <p>5) Για τους αγωγούς χαλκού δεν πρέπει να σημειωθεί αύξηση θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 105 K, όπου είναι πιθανόν να εμφανιστεί ανόπτηση του χαλκού.</p>	

Πίνακας 3.8: Όρια ανόδου θερμοκρασίας

3.9 Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας και άμεσης επαφής με ρευματοφόρα τμήματα

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται οι προδιαγραφές ασφαλείας έναντι ηλεκτροπληξίας που πρέπει να ακολουθούν όλα τα στοιχεία που συνθέτουν τον πίνακα. Ηλεκτροπληξία μπορεί να προκληθεί με την άμεση ή έμμεση επαφή κάποιου ανθρώπου με ρευματοφόρα σημεία.

Η προστασία έναντι άμεσης επαφής με ρευματοφόρα τμήματα του πίνακα μπορεί να εξασφαλιστεί με τα κατάλληλα κατασκευαστικά και σχεδιαστικά μέτρα. Για παράδειγμα μια κατασκευαστική λύση είναι η εγκατάσταση των ρευματοφόρων στοιχείων σε σημεία όπου είναι αδύνατο να έλθουν σε άμεση επαφή με κάποιο χρήστη ακούσια και να είναι προσβάσιμα μόνο σε εξειδικευμένο προσωπικό με την χρήση ενός ειδικού εργαλείου ή κλειδιού. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν κάποια μέτρα τα οποία είναι υποχρεωτικό να εφαρμόζεται τουλάχιστον ένα από αυτά.

Τα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά στοιχεία και τα καλώδια που στην κανονική λειτουργία τους διαρρέονται από ρεύμα πρέπει αναγκαστικά να περικλείονται από μονωτικό υλικό το οποίο να μην υπάρχει η δυνατότητα να αφαιρεθεί παρά μόνο αν καταστραφεί. Το μονωτικό υλικό που επιλέγεται για αυτό το σκοπό είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να αντισταθεί σε κάθε μηχανική, θερμική και ηλεκτρική καταπίεση που υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πίνακα. Σημειώνεται ότι προϊόντα όπως χρώματα, βερνίκι ή άλλα παρεμφερή τους δεν θεωρούνται επαρκή για τη μόνωση υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας.

Ένα ακόμα διαδεδομένο μέτρο για τη προστασία έναντι άμεσης επαφής είναι με τη χρήση ειδικών προστατευτικών περιφράξεων. Η περίφραξη που επιλέγεται πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει το βαθμό προστασία IP που δηλώνεται από τον κατασκευαστή ο οποίος σε κάθε περίπτωση είναι τουλάχιστον IP2X ή IPXXB. Η απόσταση μεταξύ των περιφράξεων προστασίας και των ρευματοφόρων στοιχείων δεν πρέπει να ξεπερνά τις αντίστοιχες τιμές που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.6. Όλα τα περιβλήματα πρέπει να είναι σταθερά, ασφαλή και να είναι σε θέση να αντισταθούν με επιτυχία σε κάθε είδος πιθανής καταπίεσης τους εφαρμοστεί. Εάν είναι απαραίτητο να ανοιχτεί ένα περίβλημα ή να αφαιρεθεί ένα τμήμα του (π.χ πόρτα, καπάκια, περίβλημα) αυτό μπορεί να γίνει τηρώντας τις παρακάτω οδηγίες:

- Η αφαίρεση κάποιου αποσπώμενου τμήματος ή το άνοιγμα κάποιου περιβλήματος είναι υποχρεωτικό να γίνεται με την χρήση ενός εργαλείου ή κλειδιού.
- Όλα τα ρευματοφόρα στοιχεία που μπορούν να έλθουν σε άμεση επαφή με το χρήστη με το άνοιγμα της πόρτας του περιβλήματος πρέπει να απομονώνονται πριν αυτή ανοιχτεί. Οι αγωγοί PEN στα TN-C συστήματα και ο ουδέτερος στα TN-S συστήματα δεν χρειάζεται να μονώνονται.
- Στην κλειστή θέση το περίβλημα με κάποιο τρόπο πρέπει να ασφαλιζεται έτσι ώστε να μην είναι δυνατόν κάποιος να έλθει σε ακούσια επαφή με ρευματοφόρα σημεία.
- Εάν στο εσωτερικό του περιβλήματος χρειαστεί να διεξαχθεί κάποια εργασία συντήρησης (π.χ. αλλαγή ενός λαμπτήρα) αυτό μπορεί να γίνει χωρίς τη χρήση ενός εργαλείου ή κλειδιού μόνο εάν τηρούνται οι παρακάτω κανόνες:
- Για να μην είναι δυνατή η ακούσια επαφή με μη προστατευμένα ρευματοφόρα τμήματα του πίνακα πρέπει να εγκατασταθούν στο εσωτερικό του πίνακα ειδικά εμπόδια για τον σκοπό αυτό. Ο μοναδικός

τρόπος για να αφαιρεθούν αυτά τα εμπόδια είναι με τη χρήση ειδικού εργαλείου ή κλειδιού.

- Τα ρευματοφόρα σημεία, η τάση των οποίων είναι τόσο χαμηλή ώστε να ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις ασφαλείας, δεν είναι απαραίτητο να καλύπτονται με μονωτικό υλικό.^[9]

3.10 Προστασία έναντι της έμμεσης επαφής

3.10.1 Κύκλωμα προστασίας (γείωση)

Με τον όρο έμμεση επαφή θεωρούμε την επαφή κάποιου χρήστη με εκτεθειμένα αγώγιμα τμήματα του ηλεκτρολογικού πίνακα που υπό κάποιες προϋποθέσεις εσφαλμένης λειτουργίας μπορεί να γίνουν ρευματοφόρα. Για να αποφευχθούν δυσάρεστες συνέπειες πρέπει να λαμβάνονται τα μέτρα ασφαλείας που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Κάθε στοιχείο που συνθέτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα ηλεκτρολογικού πίνακα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ένα κύκλωμα προστασίας, που μπορεί αποτελείται από έναν ξεχωριστό αγωγό ή από αγώγιμα δομικά τμήματα ή συνδυασμό αυτών των δυο, το οποίο παρέχει:

- Προστασία έναντι πιθανών σφαλμάτων (π.χ. βραχυκυκλώματος) που υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί στο εσωτερικό του πίνακα.
- Προστασία έναντι πιθανών σφαλμάτων που θα εμφανιστούν σε εξωτερικά κυκλώματα που τροφοδοτεί ο πίνακας.

Το κύκλωμα προστασίας είναι υποχρεωτικό να ακολουθεί το σύνολο των παρακάτω απαιτήσεων:

- Να συνδέει ηλεκτρικά όλα τα εκτεθειμένα ρευματοφόρα σημεία του συστήματος. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται στοιχεία που δεν είναι απαραίτητο να υποβληθούν σε δοκιμή (PTTA) επαλήθευσης αντίστασης έναντι βραχυκυκλώματος που περιγράφεται στην παράγραφο 3.26.5 είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί για το κύκλωμα προστασίας ένας ξεχωριστός αγωγός που τοποθετείται με τέτοιο τρόπο στους ζυγούς τροφοδότησης έτσι ώστε οι συνέπειες που προκαλούνται εξαιτίας ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων να μην το επηρεάζουν.
- Τα αγώγιμα μέσα χειρισμού του συστήματος (διακόπτες, μοχλοί, τροχοί) πρέπει για την ασφάλεια των χρηστών είτε να συνδέονται με το κύκλωμα προστασίας ή να περικλείονται με ξεχωριστό μονωτικό υλικό που να τα απομονώνει από τα υπόλοιπα αγώγιμα τμήματα του πίνακα.
- Προϊόντα όπως βερνίκι ή σμάλτο θεωρείται ότι δεν προσφέρουν επαρκή μόνωση σύμφωνα με τις προδιαγραφές IEC για τα μεταλλικά τμήματα του πίνακα.

Η συνοχή του κυκλώματος προστασίας πρέπει να εξασφαλίζεται με εφαρμογή των παρακάτω κανόνων:

- Όταν ένα στοιχείο από τον πίνακα αφαιρείται (π.χ. για λόγους συντήρησης) τα κυκλώματα προστασίας των υπόλοιπων εξαρτημάτων δεν πρέπει να διακόπτονται.
- Όταν τα αποσπώμενα μέρη αποτελούνται από μεταλλικές επιφάνειες θεωρούμε ότι εξασφαλίζεται η συνοχή υπό τον όρο ότι η πίεση που ασκείται με το κύκλωμα προστασίας είναι αρκετά υψηλή.

- Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του κυκλώματος προστασίας πρέπει να επιλεγθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να έχουν την ικανότητα να αντισταθούν σε κάθε μέγιστη θερμική και μηχανική καταπίεση που είναι πιθανόν να τους ασκηθεί.
- Το κύκλωμα προστασίας στις αποσπώμενες συσκευές που συνθέτουν τον πίνακα πρέπει να διακόπτει τη λειτουργία του, αφού πρώτα αποσυνδεθούν οι ρευματοφόροι αγωγοί.
- Γενικά δεν επιτρέπεται η ύπαρξη διατάξεων ή συσκευών που δίνουν τη δυνατότητα αποσύνδεσης μιας διάταξης από το κύκλωμα προστασίας. Ο μόνος επιτρεπτός τρόπος για να πραγματοποιηθεί αυτό είναι με διατάξεις ειδικά διαμορφωμένες και σχεδιασμένες έτσι ώστε να επιτρέπουν τη αποσύνδεση των επαφών μόνο με τη χρήση ειδικού εργαλείου από εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι ακροδέκτες για την σύνδεση εξωτερικών αγωγών προστασίας συστήνεται να είναι γυμνοί και αν δεν υποδεικνύεται τίποτα διαφορετικό από τον κατασκευαστή να υποστηρίζουν δυνατότητα σύνδεσης με αγωγούς χάλκινης κατασκευής. Ένας ξεχωριστός ακροδέκτης κατάλληλου μεγέθους πρέπει να προβλέπεται για κάθε εξερχόμενο αγωγό προστασίας για κάθε κύκλωμα. Στην περίπτωση πινάκων με περιβλήματα και αγωγούς με υλικό κατασκευής το αλουμίνιο ή κράματα αλουμινίου πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για να αποφευχθεί ηλεκτρολυτική διάβρωση σε αυτά. Όταν μια σύνθεση ηλεκτρολογικού πίνακα περιέχει αγωγίμα δομικά στοιχεία, περιβλήματα κ.λπ. πρέπει να προβλέπονται τρόποι ώστε να εξασφαλίζεται η ηλεκτρική συνέχεια των εκτεθειμένων αγωγίμων στοιχείων και της μεταλλικής επένδυσης των αγωγών με το κύκλωμα προστασίας. Το μέσο που θα χρησιμοποιηθεί για την εξασφάλιση της ηλεκτρικής συνέχειας δεν πρέπει να εκτελεί καμία άλλη λειτουργία στο κύκλωμα.^[9]

3.10.2 Αγωγοί προστασίας (PE, PEN)

Το εμβαδόν της διατομής των αγωγών προστασίας (PE, PEN) σε ένα σύστημα ηλεκτρολογικού πίνακα δεν πρέπει να έχει μικρότερη τιμή από την αντίστοιχη τιμή που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιούνται τα τυποποιημένα μεγέθη που φαίνονται παρακάτω η ελάχιστη διατομή πρέπει να συμπίπτει με την αντίστοιχη τιμή της επόμενης σειράς. Γενικά οι τιμές αυτές ισχύουν αν ο αγωγός προστασίας κατασκευάζεται με το ίδιο υλικό με τους αγωγούς φάσης. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει να επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρουν αγωγιμότητα ισοδύναμη με τον αντίστοιχο αγωγό γείωσης του πίνακα 3.9α.

Διατομή αγωγών φάσης (mm ²)	Αντίστοιχη ελάχιστη διατομή του αγωγού γείωσης (PE, PEN) (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	S/2
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	S/4

Πίνακας 3.9α: Αντιστοιχία διατομής των αγωγών φάσης με τη διατομή των αγωγών γείωσης

Επίσης η διατομή των αγωγών προστασίας (PE, PEN) μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης ή με διάφορες άλλες τεχνικές (π.χ. με δοκιμές ελέγχου).

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \text{ όπου,}$$

S_p η διατομή του αγωγού.

I είναι η ενεργός τιμή (r.m.s) του εναλλασσόμενου ρεύματος σφάλματος, για ένα σφάλμα αμελητέας σύνθετης αντίστασης που μπορεί να διατρέξει τη συσκευή προστασίας σε Ampere.

t είναι ο χρόνος αποσύνδεσης της συσκευής σε δευτερόλεπτα (sec).

k σταθερά που εξαρτάται από το υλικό του αγωγού προστασίας, την μόνωση και τις αρχικές και τελικές θερμοκρασίες. Οι τιμές του k για τα πιο διαδεδομένα υλικά κατασκευής αγωγών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

	Μόνωση αγωγού προστασίας		
	PVC	XLPE EPR γυμνοί αγωγοί	Βουτυλικό λάστιχο
Τελική θερμοκρασία:	160 °C	250 °C	220 °C
Υλικό κατασκευής	Σταθερά k		
Χαλκός	143	176	166
Αλουμίνιο	95	116	110
Ατσάλι	52	64	60
Σημείωση: Η αρχική θερμοκρασία των αγωγών θεωρείται ότι είναι ίση με 30 °C.			

Πίνακας 3.9β: Τιμές της σταθεράς k

Επιπρόσθετα για τους αγωγούς τύπου PEN πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα:

- Η μικρότερη επιτρεπτή διατομή τους είναι 10 mm² για αγωγούς χαλκού (Cu) και 16 mm² για αγωγούς αλουμινίου (Al).
- Δεν χρειάζεται να μονώνονται.
- Για να ισχύουν οι τιμές του πίνακα 3.10, το ρεύμα που διαρρέει τον ουδέτερο αγωγό δεν πρέπει να ξεπερνά το 30% της τιμής του ρεύματος που διαρρέει τους αντίστοιχους αγωγούς φάσης.
- Σε περιπτώσεις που το ρεύμα, το οποίο διαρρέει τον αγωγό γείωσης, παίρνει υψηλές τιμές (π.χ. στις εγκαταστάσεις φωτισμού με λαμπτήρες φθορισμού) ο αγωγός PEN επιλέγεται κατάλληλα έτσι ώστε να έχει ικανότητα να διαρρέεται μέσα σε αυτόν ρεύμα με τιμή ίση ή μεγαλύτερη από το αντίστοιχο ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς φάσης, υπό την προϋπόθεση να έχει ενημερωθεί ο χρήστη μέσω του εγχειρίδιου που παρέχει ο κατασκευαστής.

Τα αγωγίμα σημεία που δεν μπορούν να συνδεθούν άμεσα με τους αγωγούς γείωσης μπορούν να ενωθούν έμμεσα με την χρήση βοηθητικών αγωγών με διατομή που υπολογίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 3.10.^[9]


Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας I_e (A)	Ελάχιστη διατομή βοηθητικού αγωγού (mm^2)
$I_e \leq 20$	S*
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
*Διατομή αντίστοιχου αγωγού φάσης	

Πίνακας 3.10: Σχέση ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας με τη διατομή του βοηθητικού αγωγού που χρησιμοποιείται για την έμμεση σύνδεση με αγωγίμα στοιχεία του πίνακα

3.10.3 Άλλοι τρόποι προστασίας

Εκτός από τους αγωγούς προστασίας δύο άλλοι δημοφιλείς τρόποι προστασίας έναντι της έμμεσης επαφής σε ρευματοφόρα σημεία είναι ο διαχωρισμός των διάφορων κυκλωμάτων ηλεκτρικά και η συνολική επένδυση των αγωγίμων στοιχείων με μονωτικό υλικό.

Όταν χρησιμοποιείται ο δεύτερος τρόπος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Οι διατάξεις που ενσωματώνονται στον πίνακα πρέπει να εσωκλείονται μέσα σε μονωτικό υλικό που πρέπει να έχει την ικανότητα αντοχής σε κάθε είδος καταπίεσης που υπάρχει πιθανότητα να υποστεί κατά τη λειτουργία του πίνακα. Σε αυτή την περίπτωση στα περιβλήματα των συσκευών πρέπει να τυπώνεται και να είναι ορατό εξωτερικά το σύμβολο .
- Τα περιβλήματα του ηλεκτρολογικού πίνακα και των στοιχείων που τον απαρτίζουν πρέπει να κατασκευάζονται με μονωτικό υλικό που να έχει τη ικανότητα να αντέξει σε όλες τις μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρικές καταπίεσεις που ενδέχεται να υποστούν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πίνακα (φυσιολογική ή εσφαλμένη). Επίσης πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας έναντι χρονικής φθοράς και φωτιάς.
- Εάν υπάρχει η δυνατότητα να αφαιρεθεί η μόνωση χωρίς την χρήση ενός ειδικού εργαλείου ή κλειδιού πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα έτσι ώστε να καθίσταται αδύνατη η άμεση επαφή με ρευματοφόρα τμήματα του πίνακα ακούσια.^[9]

3.11 Αποφόρτιση επικίνδυνων ηλεκτρικών φορτίων

Τα τμήματα του εξοπλισμού αφού αποσυνδεθούν από το υπόλοιπο σύστημα πιθανόν να φέρουν επικίνδυνη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου (π.χ. πυκνωτές). Για να αποφθεχθούν επικίνδυνες συνέπειες στην επιφάνεια αυτών πρέπει να τοποθετηθεί μια προειδοποιητική ετικέτα. Σε μικρούς πυκνωτές όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται για την απόσβεση των ηλεκτρικών τόξων, την καθυστέρηση στην απόκριση των ηλεκτρονόμων κ.λπ. δεν χρειάζεται να ληφθούν τέτοια μέτρα γιατί δεν φέρουν ηλεκτρικά φορτία σε επικίνδυνη ποσότητα.^[9]

3.12 Απαιτήσεις που σχετίζονται με τη προσβασιμότητα για την διεξαγωγή εργασιών (π.χ. συντήρηση) από εξειδικευμένο προσωπικό

Ένα σύστημα ηλεκτρολογικού πίνακα σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η πρόσβαση στο εσωτερικό του από εξειδικευμένο προσωπικό για την εκτέλεση διάφορων εργασιών (π.χ. συντήρηση, επιθεώρηση) όταν βρίσκεται υπό τάση.

Τέτοιες εργασίες είναι:

- Η οπτική επιθεώρηση των διακοπτικών στοιχείων, των ηλεκτρονόμων και των συνδέσεων μεταξύ των αγωγών και των συσκευών.
- Η ρύθμιση των ηλεκτρονόμων και των ηλεκτρονικών συσκευών
- Η αντικατάσταση των ασφαλειών.
- Η αντικατάσταση λυχνιών ένδειξης.
- Η μέτρηση διάφορων ηλεκτρικών μεγεθών όπως ρεύμα, τάση κ.λπ.

Στο εγχειρίδιο, που παρέχει ο κατασκευαστής, πρέπει να αναγράφονται αναλυτικά πληροφορίες σχετικά με τους όρους και τη συχνότητα συντήρησης, τους κανόνες εγκατάστασης, τα προσόντα του εξουσιοδοτημένου προσωπικού για την εκτέλεση αυτών των εργασιών κ.λπ.. Για να επιτευχθούν οι παραπάνω εργασίες συνιστάται:

- Να υπάρχει κάποιο διάκενο μεταξύ των λειτουργικών μονάδων για να μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα χωρίς να επηρεάζουν το υπόλοιπο σύστημα.
- Ο πίνακας να είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπεται η άμεση επαφή με ρευματοφόρα σημεία.
- Διαίρεση του ηλεκτρολογικού πίνακα σε διαμερίσματα για κάθε λειτουργική μονάδα ή ομάδα όμοιων στοιχείων.
- Χρησιμοποίηση πρόσθετων μέτρων προστασίας που υποδεικνύει ο κατασκευαστής.^[9]

3.13 Προστασία έναντι βραχυκυκλώματος

Οι ηλεκτρολογικοί πίνακες πρέπει να συνθέτονται και να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να αντισταθούν στις συνέπειες ενός πιθανού βραχυκυκλώματος σε οποιοδήποτε σημείο του εξοπλισμού. Οι κυριότερες από αυτές τις συνέπειες είναι οι έντονες θερμικές και μηχανικές καταπιέσεις.

Επιπλέον πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για να αποτρέπουν την άνοδο της τιμής του ρεύματος που διαρρέει κάποιο στοιχείο πάνω από κάποιο όριο. Για τον σκοπό χρησιμοποιούνται μέσα όπως μικροαυτόματοι διακόπτες και ασφάλειες τήξης, που θεωρούνται μέρος του συστήματος άλλα και μέσα προστασίας που τοποθετούνται εξωτερικά του συστήματος.

Στους ηλεκτρολογικούς πίνακες που αποτελούνται από μια μοναδική λειτουργική μονάδα εισόδου συνδέεται μια συσκευή προστασίας έναντι βραχυκυκλώματος (SCPD) η οποία επιλέγεται και ρυθμίζεται έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί όταν ξεπεραστεί την τιμή που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Η αντιστοιχία του ρεύματος βραχυκύκλωσης και της μέγιστης τιμής ρεύματος, που μπορεί να εμφανιστεί, υπολογίζεται με τη βοήθεια του πίνακα 3.11 ανάλογα με την αντίστοιχη σταθερά n. Συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή ρεύματος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη ενεργό τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης με την αντίστοιχη σταθερά n. Εάν ως διάταξη προστασίας χρησιμοποιηθεί μια ασφάλεια τήξεως ή ένας μικροαυτόματος διακόπτης περιορισμού ρεύματος ο κατασκευαστής πρέπει να υποδεικνύει τα χαρακτηριστικά τους (ονομαστικό ρεύμα, ονομαστική ικανότητα απόξευξης, ανώτατο

όριο ρεύματος κ.λπ.). Αν η συσκευή προστασίας είναι ένας μικροαυτόματος διακόπτης με χρονική καθυστέρηση πρέπει να δοθούν πληροφορίες για την μέγιστη επιτρεπτή καθυστέρηση ενεργοποίησης του.

Όταν ένας ηλεκτρολογικός πίνακας έχει τουλάχιστον 2 λειτουργικές μονάδες εισόδου που υπάρχει η πιθανότητα να λειτουργούν ταυτόχρονα ή για έναν ηλεκτρολογικό πίνακα με 1 λειτουργική μονάδα εισόδου και 1 ή περισσότερες μονάδες εξόδου με δυνατότητα σύνδεσης με περιστρεφόμενες μηχανές υψηλής ισχύος που πιθανόν να συμβάλουν στο ρεύμα βραχυκυκλώσεως πρέπει να υπάρξει μια πρόσθετη συμφωνία μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη για να καθοριστούν τα πιθανά ρεύματα βραχυκύκλωσης σε κάθε μονάδα εισόδου, σε κάθε μονάδα εξόδου και στους ζυγούς τροφοδότησης.

Ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης (kA)	ΣΙ	σταθερά n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

Σημείωση: Οι τιμές που παρουσιάζονται ισχύουν για την πλειοψηφία των περιπτώσεων. Σε ειδικές περιπτώσεις π.χ. σε γεννήτριες και μετασχηματιστές, μπορεί να αντιστοιχεί μικρότερη τιμή της σταθεράς n.

Πίνακας 3.11: Αντιστοιχία συντελεστή n με συντελεστή ισχύος

Γενικά πρέπει να εφαρμόζονται όλα τα απαραίτητα μετρά έτσι ώστε όλα τα βραχυκυκλώματα που είναι πιθανόν να εμφανιστούν κατά την λειτουργία του πίνακα να εκκαθαρίζονται από τα μέσα προστασίας. Για να συμβεί αυτό πρέπει τα μέσα προστασίας να επιλεχθούν και να ρυθμιστούν σωστά.

Λειτουργίες συντονισμού μεταξύ των διατάξεων προστασίας έναντι βραχυκυκλώματος μπορεί να πραγματοποιηθούν κατόπιν συμφωνίας μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη. Εάν οι συνθήκες λειτουργίας του πίνακα απαιτούν συνεχή τροφοδότηση με τη μέγιστη τάση λειτουργίας η επιλογή και οι ρυθμίσεις των συσκευών προστασίας πρέπει να γίνουν με τέτοιο τρόπο, όπου είναι δυνατόν, έτσι ώστε εάν εμφανίζεται ένα βραχυκύκλωμα σε ένα σημείο του συστήματος αυτό να εκκαθαρίζεται χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία των υπόλοιπων εξωτερικών κυκλωμάτων.^[9]

3.14 Κυκλώματα του ηλεκτρολογικού πίνακα

Για τα κυκλώματα μεταφοράς ηλεκτρικής ισχύος του συστήματος του ηλεκτρολογικού πίνακα ισχύουν οι ακόλουθες προδιαγραφές:

- Οι ζυγοί τροφοδότησης (busbars) πρέπει να είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας να μην υπάρχει πιθανότητα να παρατηρηθεί βραχυκύκλωμα στο εσωτερικό τους.
- Οι διαστάσεις των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύνδεση των ζυγών (busbars) με την πλευρά τροφοδοσίας των λειτουργικών μονάδων και του εξοπλισμού που περιέχουν αυτές οι μονάδες μπορούν να υπολογιστούν με βάση

την τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης προς την πλευρά του φορτίου αφού η πιθανότητα βραχυκυκλώματος μεταξύ φάσεων ή φάσεων προς γη είναι απειροελάχιστη. Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιηθούν συνιστάται να είναι στερεάς άκαμπτης κατασκευής.

- Τα σταθερά στοιχεία που αποτελούν το κύκλωμα ισχύος μπορούν να αφαιρεθούν από αυτό μόνο στην περίπτωση που ο ηλεκτρολογικός πίνακας δεν διαρρέεται από ρεύμα. Στην περίπτωση αυτή η αφαίρεση γίνεται με την χρήση ειδικού εργαλείου από εξειδικευμένο προσωπικό.

Στα υπόλοιπα κυκλώματα (κυκλώματα ελέγχου/μέτρησης) πρέπει κατά την σχεδίαση τους να εξασφαλίζεται η σύνδεσή τους με την γείωση και να αποτρέπονται πιθανά σφάλματα που μπορούν να δημιουργηθούν με την επαφή μεταξύ ενός ρευματοφόρου αγωγού και ενός εκτεθειμένου αγωγίμου τμήματος του ηλεκτρολογικού πίνακα και γενικά να εφαρμοστούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να μπορεί να εκκαθαριστεί ένα βραχυκύκλωμα με επιτυχία. Οι ρευματοφόροι αγωγοί, οι οποίοι δεν συνδέονται άμεσα με τη γείωση, πρέπει να επιλέγονται και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πίνακα 3.12.^[9]

Τύπος αγωγού	Απαιτήσεις-μέτρα
Γυμνοί μονοπολικοί αγωγοί με βασική μόνωση	Μη αμοιβαία επαφή μεταξύ των αγωγών με αγωγή σημεία
Μονοπολικοί αγωγοί με βασική απομόνωση και μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασίας λειτουργίας 90°C	Αμοιβαία επαφή μεταξύ των αγωγών με αγωγή σημεία επιτρέπεται στην περίπτωση που δεν εφαρμόζεται εξωτερική δύναμη. Η επαφή με αιχμηρά σημεία πρέπει να αποφεύγεται. Οι αγωγοί συστήνεται να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η θερμοκρασία λειτουργίας του να μην ξεπερνά το 80% της μέγιστης θερμοκρασίας.
Αγωγοί με βασική μόνωση	Όχι πρόσθετες απαιτήσεις αν δεν υπάρχει κίνδυνος για ζημιά στο εξοπλισμό εξαιτίας μηχανικής καταπίεσης
Αγωγοί που περικλείονται με μονωτικό υλικό μεγάλης μηχανικής διηλεκτρικής αντοχής.	
Μονοπολικοί ή τριπολικοί αγωγοί που ακολουθούν τις προδιαγραφές IEC 60245-4 ή IEC 60227-4	
Σημείωση: Γυμνοί ή μονωμένοι αγωγοί οι οποίοι εγκαθίστανται σύμφωνα με το παρόντα πίνακα και συνδέονται με μια διάταξη προστασίας έναντι υπερέντασης πρέπει να έχουν μήκος μέχρι και 3 m.	

Πίνακας 3.12: Απαιτήσεις στην εγκατάσταση αγωγού με βάση τον τύπο του

3.15 Διακοπτικές διατάξεις και συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση του ηλεκτρολογικού πίνακα

Τα διακοπτικά στοιχεία που επιλέγονται για να συνθέσουν έναν ηλεκτρολογικό πίνακα πρέπει να ακολουθούν απαραιτήτως τις σχετικές προδιαγραφές που περιγράφονται στα πρότυπα IEC και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Σε κάθε εφαρμογή λαμβάνοντας υπόψη την ονομαστική τάση, το ρεύμα τη συχνότητα, την επιθυμητή μόνωση, τον τύπο του πίνακα (κλειστού ή ανοικτού), την προβλεπόμενη συντήρηση και την αντοχή τους έναντι βραχυκυκλώματος επιλέγονται

οι κατάλληλες διακοπτικές διατάξεις. Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν διατάξεις με μικρή ή καθόλου αντοχή έναντι βραχυκυκλώματος πρέπει να ληφθούν επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας για το σκοπό αυτό με την εγκατάσταση ασφαλειών τήξεως ή μικροαυτόματων διακόπτων ισχύος. Επιπλέον σε περιπτώσεις που χρησιμοποιηθεί μια διακοπτική διάταξη ή συσκευή σε ένα κύκλωμα, που υποδεικνύεται η ονομαστική κρουστική τάση αντοχής του, δεν πρέπει να δημιουργούνται υπερτάσεις στο κύκλωμα που να την υπερβαίνουν.

Η εγκατάσταση τους στο σύστημα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (θέση λειτουργίας, αποστάσεις για την αποφυγή δημιουργίας ηλεκτρικών τόξων κ.α.). Οι συσκευές, οι λειτουργικές μονάδες και οι ακροδέκτες για την σύνδεση εξωτερικών αγωγών πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορεί να είναι εύκολα προσβάσιμες για εργασίες αναβάθμισης, συντήρησης κ.λπ. Συγκεκριμένα συστήνεται οι ακροδέκτες να είναι τοποθετημένοι τουλάχιστον 0,2 m πάνω από τη βάση δαπέδου του συστήματος για να μπορούν να συνδεθούν οι αγωγοί εύκολα σε αυτούς. Συσκευές με δυνατότητα χειρισμού που βρίσκονται στο εσωτερικό του συστήματος πρέπει να είναι επίσης εύκολα προσβάσιμες προς το χρήστη. Γενικά αν χρησιμοποιούνται όργανα μέτρησης ή συσκευές με δυνατότητα χειρισμού (π.χ. με μέσα όπως διακόπτες, button) στο σύστημα αυτά πρέπει να τοποθετούνται σε ύψος μικρότερο των 2 μέτρων από το έδαφος και να βρίσκονται σε τέτοια θέση για να μπορεί να διαβαστεί εύκολα η ένδειξη τους και να χρησιμοποιούνται χωρίς δυσκολία από τον χειριστή.

Επίσης η εγκατάσταση και η καλωδίωση τους πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μη αλληλεπίδρασή τους με φαινόμενα όπως η θέρμανση, η δημιουργία ηλεκτρικών τόξων, οι μηχανικές καταπιέσεις και τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την φυσιολογική λειτουργία του συστήματος. Αν είναι αναγκαίο για να εξασφαλιστεί η σωστή θερμοκρασία στο εσωτερικό του συστήματος μπορεί να εγκατασταθεί πρόσθετος εξοπλισμός ή να παρθούν τα απαραίτητα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά μέτρα που θα παρέχουν φυσική ή τεχνητή ψύξη σε αυτό. Για να επιτευχθεί αυτό στους πίνακες που αποτελούνται από ηλεκτρονικές διατάξεις συστήνεται να υπάρχει διαχωρισμός στη δομή του μεταξύ των κυκλωμάτων ισχύος και των υπολοίπων.^[9]

3.16 Μόνιμα στοιχεία του πίνακα

Τα μόνιμα στοιχεία του πίνακα όπως π.χ. τα κυκλώματα ισχύος μπορούν να αφαιρεθούν μόνο όταν ο πίνακας δεν διαρρέεται από ρεύμα με τη χρήση ειδικού εργαλείου για να αποτρέπεται η ενέργεια αυτή από μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Για να μπορεί να αποσυνδεθεί ή να προστεθεί ένα μόνιμο στοιχείο επιβάλλεται πλήρη αποσυναρμολόγηση του πίνακα. Για να αποτραπούν επεμβάσεις από μη αρμόδιο προσωπικό τα μόνιμα στοιχεία εφοδιάζονται με μέσα για να τα συγκρατούν σταθερά στη φυσιολογική θέση/θέσεις λειτουργίας τους.^[9]

3.17 Αποσπώμενος εξοπλισμός

Ο αποσπώμενος εξοπλισμός του πίνακα σχεδιάζεται και κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει την δυνατότητα να αφαιρεθεί και να επανατοποθετηθεί στον πίνακα χωρίς να επηρεάζει την λειτουργία των υπόλοιπων στοιχείων του συστήματος.

Για να επιτευχθεί αυτό κατά τη σχεδίαση του πίνακα πρέπει τα αγωγήματα ρευματοφόρα σημεία τους να είναι ηλεκτρικά απομονωμένα από το υπόλοιπο σύστημα και να υπάρχει δυνατότητα να αποσυνδεθούν και να επανασυνδεθούν από το κύκλωμα ισχύος όταν το δεύτερο βρίσκεται σε λειτουργία. Επίσης το σύστημα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδικές συσκευές (insertion interlock) σκοπός των οποίων είναι να εμποδίσουν την σύνδεση μιας αποσπώμενης διάταξης/συσκευής σε τοποθεσία που δεν προορίζεται για αυτήν. Όπου είναι αναγκαίο πρέπει να αποτρέπονται κάποιες εργασίες από μη εξειδικευμένο με ένα ή περισσότερα μέσα όπως έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο. Ο βαθμός προστασίας IP που χαρακτηρίζει το περίβλημα τους πρέπει να είναι ίδιος ή μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί στα υπόλοιπα στοιχεία του ηλεκτρολογικού πίνακα. Η ηλεκτρική κατάσταση, στην οποία πρέπει να βρίσκεται ο αποσπώμενος εξοπλισμός ανάλογα με τις πιθανές θέσεις του σε σχέση με το υπόλοιπο σύστημα, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.^[9]

Κύκλωμα στο οποίο θα συνδεθεί	Τρόπος σύνδεση	Πιθανές θέσεις αποσπώμενου εξοπλισμού			
		θέσεις σύνδεσης	Κατάσταση δοκιμής	Θέση απομόνωσης	Θέση αφαίρεσης
Ως είσοδο στο κύριο κύκλωμα	Υποδοχή για εισερχόμενη γραμμή ή άλλος τρόπος σύνδεσης	Συνδεδεμένο με το υπόλοιπο σύστημα	Ανοικτοκυκλωμένο αλλά όχι αναγκαστικά αποσυνδεδεμένο από το υπόλοιπο σύστημα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα
Ως έξοδο στο δευτερεύον κύκλωμα	Υποδοχή για εξερχόμενη γραμμή ή άλλος τρόπος σύνδεσης	Συνδεδεμένο με το υπόλοιπο σύστημα	Συνδεδεμένο ή ανοικτοκυκλωμένο αλλά όχι αναγκαστικά αποσυνδεδεμένο από το υπόλοιπο σύστημα	Συνδεδεμένο ή απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα
Δευτερεύον κύκλωμα	Υποδοχή σύνδεσης ή παρόμοιος εξοπλισμός	Συνδεδεμένο με το υπόλοιπο σύστημα	Συνδεδεμένο με το υπόλοιπο σύστημα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα
Κατάσταση του κυκλώματος μέσα στο αποσπώμενο εξοπλισμό		Διαρρέεται από ρεύμα	διαρρέεται από ρεύμα	Δεν διαρρέεται από ρεύμα	Απομονωμένο από το υπόλοιπο σύστημα
Κατάσταση εξερχόμενων ακροδεκτών κυκλώματος	κύριου	Διαρρέεται από ρεύμα	Διαρρέεται από ρεύμα	Δεν διαρρέεται από ρεύμα	απομονωμένο
<p>Θέση σύνδεσης: Ο αποσπώμενος εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος με τον πίνακα και μηχανικά και ηλεκτρικά. Θέση δοκιμής: Το κύκλωμα του αποσπώμενου εξοπλισμού είναι τοποθετημένο στην προορισμένη για αυτό θέση (μηχανικά) στο πίνακα και αποσυνδέεται ηλεκτρικά από την πηγή τροφοδότησης και το κύκλωμα ισχύος του συστήματος χωρίς απαραίτητα αυτό να συμβαίνει αυτό και στα υπόλοιπα δευτερεύοντα κυκλώματα Θέση απομόνωσης: Ο αποσπώμενος εξοπλισμός είναι τοποθετημένος στον πίνακα και είναι απομονωμένος ηλεκτρικά από το κύριο και τα δευτερεύοντα κυκλώματα του συστήματος. Θέσης αφαίρεσης: Ο αποσπώμενος εξοπλισμός είναι αποσυνδεδεμένος μηχανικά και ηλεκτρικά από τον πίνακα.</p>					

Πίνακας 3.13: Ηλεκτρική κατάσταση του αποσπώμενου εξοπλισμού ανάλογα με την θέση του

3.18 Προσδιορισμός των αγωγών των λυχνιών ένδειξης και των button πίεσης που θα χρησιμοποιηθούν για το κυκλώματα ισχύος και τα κυκλώματα ελέγχου

Με τον όρο προσδιορισμό εννοούμε την επιλογή των λυχνιών ένδειξης και των button πίεσης με βάση τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, τα χρώματα και τα σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν για το διαχωρισμό τους και τους ακροδέκτες που θα έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν. Τα παραπάνω γίνονται υπό την ευθύνη του κατασκευαστή και πρέπει να συμπίπτουν με τις πληροφορίες που παρέχουν τα αντίστοιχα διαγράμματα καλωδίωσης του συστήματος.

Εξαίρεση στα παραπάνω αποτελούν οι αγωγοί προστασίας (PE, PEN) και ο ουδέτερος αγωγός των κυκλωμάτων ισχύος του συστήματος. Οι αγωγοί αυτοί πρέπει να ξεχωρίζουν από τους υπόλοιπους από τη μορφολογία τους, το σχήμα τους, το χρώμα και την θέση τοποθέτησή τους. Το χρώμα που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό είναι πράσινο και κίτρινο (διπλά χρωματισμένο). Ειδικά όταν ο αγωγός προστασίας είναι ένας και μονόκλωνος ο παραπάνω χρωματισμός συστήνεται να διατηρείται σε όλο το μήκος του. Αντίστοιχα ο χρωματισμός που συστήνεται να χρησιμοποιείται για τον ουδέτερο αγωγό είναι γαλάζιο. Σύμφωνα με το IEC 60445^[14] οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς προστασίας πρέπει να μαρκάρονται με ένα σύμβολο. Για παράδειγμα για αυτόν τον σκοπό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύμβολο \oplus που βρίσκεται στο πρότυπο IEC 60417^[18]. Το σύμβολο δεν είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί όταν ο αγωγός συνδέεται σε έναν εσωτερικό αγωγό προστασίας, ο οποίος προσδιορίζεται με σαφήνεια με τα χρώματα πράσινο/κίτρινο όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.^[9]

Το χρώμα των λυχνιών ένδειξης και των button πίεσης σχετίζεται με την λειτουργία τους και περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα που βρίσκεται στο πρότυπο IEC 60073^[17].

Χρώμα	Ερμηνεία χρώματος		
	Ασφάλεια για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον	Κατάσταση μιας διαδικασίας	Κατάσταση εξοπλισμού
Κόκκινο	Κίνδυνος	Έκτακτη ανάγκη	Σφάλμα
Κίτρινο	Προειδοποίηση/προσοχή	Μη φυσιολογική λειτουργία	Μη φυσιολογική λειτουργία
Πράσινο	Ασφαλής	Φυσιολογική λειτουργία	Φυσιολογική λειτουργία
Μπλε	Άλλη λειτουργία από τις παραπάνω		
Άσπρο, γκρι, μαύρο	Χωρίς συγκεκριμένη λειτουργία		

Πίνακας 3.14: Επιλογή χρώματος ανάλογα με την λειτουργία των λυχνιών ένδειξης και των button πίεσης

3.19 Εσωτερική δομή του πίνακα

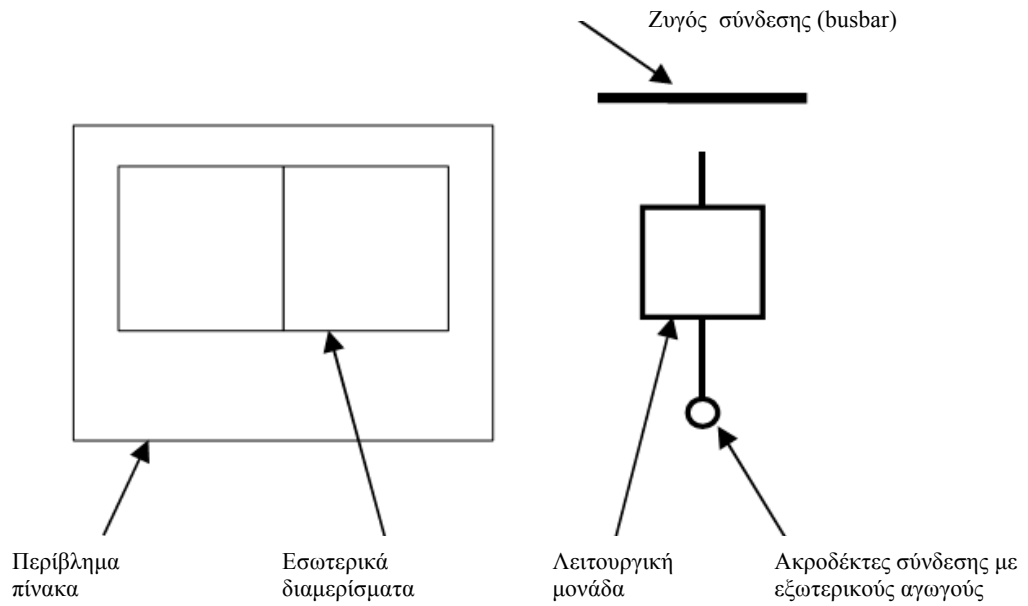
Δομικά ένας ηλεκτρολογικός πίνακας διαιρείται εσωτερικά με την προσθήκη διαμερισμάτων ή εμποδίων (barriers), τα οποία μπορούν να είναι μεταλλικά ή μη μεταλλικά.

Τα εν λόγω διαμερίσματα πρέπει να παρέχουν προστασία έναντι άμεσης επαφής με ρευματοφόρα τμήματα των λειτουργικών μονάδων που εγκαθίστανται σε αυτά και

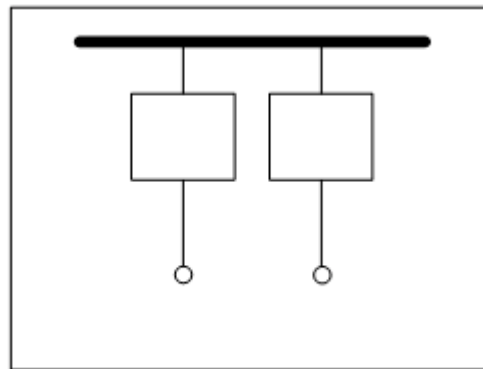
στην είσοδο ξένων σωματιδίων από παρακείμενες μονάδες στο εσωτερικό τους. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω απαιτείται βαθμός προστασίας τουλάχιστον IP2X. Οι πιθανές μορφές που μπορεί να πάρει ένας ηλεκτρολογικός πίνακας ανάλογα με τα εσωτερικά του διαμερίσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 3.15 και στις αντίστοιχες εικόνες που ακολουθούν.^[9]

Κύριο κριτήριο	Άλλα κριτήρια	Διαμέρισμα
Χωρίς εσωτερικά διαμερίσματα		Εικόνα 3.16β
Διαχωρισμός των ζυγών τροφοδότησης (busbars) από τις λειτουργικές μονάδες	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς διαχωρίζονται από τους ζυγούς τροφοδότησης	Εικόνα 3.16γ I
	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς δεν διαχωρίζονται από τους ζυγούς τροφοδότησης	Εικόνα 3.16γ II
Διαχωρισμός των γεφυρών τροφοδότησης (busbars) από τις λειτουργικές μονάδες, των λειτουργικών μονάδων μεταξύ τους και των ακροδεκτών που προορίζονται για τους εξωτερικούς αγωγούς από την αντίστοιχη λειτουργικής τους μονάδα	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς δεν διαχωρίζονται από τους ζυγούς τροφοδότησης (busbars)	Εικόνα 3.16δ I
	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς διαχωρίζονται από τους ζυγούς τροφοδότησης (busbars)	Εικόνα 3.16δ II
Διαχωρισμός των ζυγών τροφοδότησης (busbars) από τις λειτουργικές μονάδες, των λειτουργικών μονάδων μεταξύ τους και των ακροδεκτών που προορίζονται για τους εξωτερικούς αγωγούς από όλες τις λειτουργικές μονάδες	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς ανήκουν στο ίδιο διαμέρισμα με την αντίστοιχη λειτουργική τους μονάδα.	Εικόνα 3.16ε I
	Οι ακροδέκτες για τους εξωτερικούς αγωγούς δεν ανήκουν στο ίδιο διαμέρισμα με την αντίστοιχη λειτουργική τους μονάδα, αλλά σε ξεχωριστό προστατευμένο χώρο ή διαμέρισμα.	Εικόνα 3.16ε II

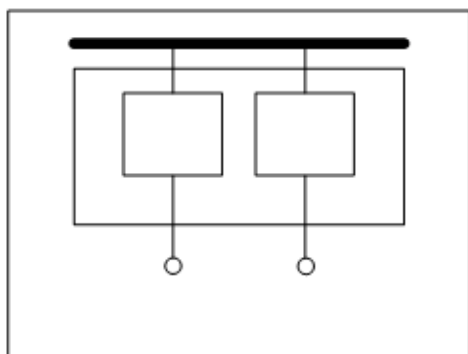
Πίνακας 3.15: Πιθανές μορφές ηλεκτρολογικών πινάκων



Εικόνα 3.16α: Συμβολισμός που θα ακολουθεί στα στη σχήματα των εικόνων 3.16

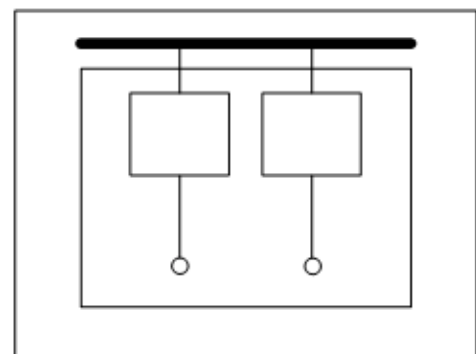


Εικόνα 3.16β

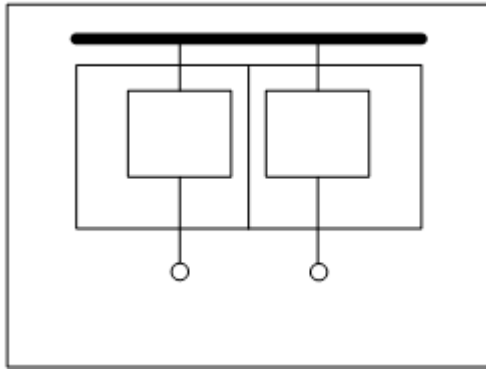


Εικόνα 3.16γ

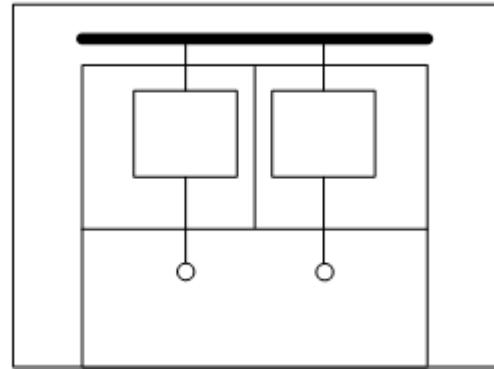
I



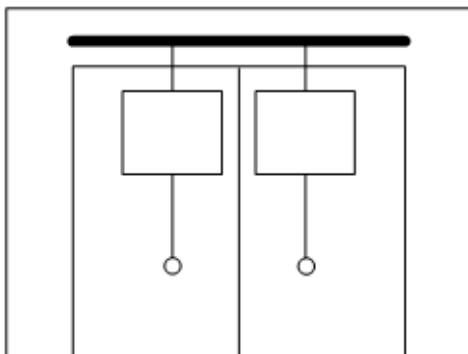
II



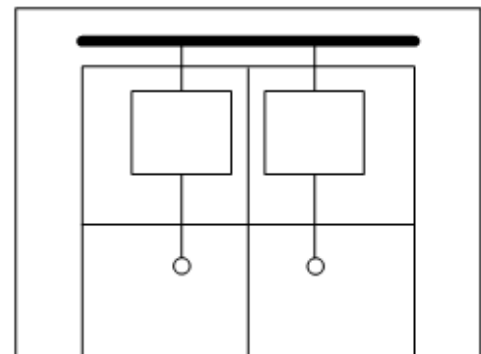
Εικόνα 3.16δ I



II



Εικόνα 3.16ε I



II

3.20 Ηλεκτρικές συνδέσεις μέσα στον ηλεκτρολογικό πίνακα

Το σύνολο των ηλεκτρικών συνδέσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό ενός ηλεκτρολογικού πίνακα πρέπει να ακολουθούν τις παρακάτω προδιαγραφές.

Οι ηλεκτρικές συνδέσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος δεν πρέπει να επηρεάζονται από τις αυξήσεις θερμοκρασίας των συνδεόμενων μερών, της γήρανση της μόνωσης τους ή από αναταράξεις που πιθανόν να εμφανιστούν. Για να επιτευχθεί αυτό λαμβάνεται υπόψη ο θερμικός διασκεδασμός, η ηλεκτρική δράση που εμφανίζεται στη σύνδεση ανόμοιων μεταλλικών αγωγών ή στοιχείων και η αντοχή των υλικών σε σχέση με τη θερμοκρασία. Στις συνδέσεις μεταξύ δύο ρευματοφόρων στοιχείων πρέπει να εγκαθίστανται μέσα, τα οποία εξασφαλίζουν ικανοποιητική και ανθεκτική πίεση μεταξύ των συνδεόμενων επαφών. Οι διαστάσεις, των ζυγών (busbars), η μόνωση των αγωγών εφόσον ενδείκνυται και το είδος των στοιχείων όπου οι αγωγοί συνδέονται επιλέγονται υπό την ευθύνη του κατασκευαστή ανάλογα με το μέγιστο ρεύμα που τους διαρρέει κατά την φυσιολογική λειτουργία του έτσι ώστε να μπορούν να αντισταθούν σε όλες τις πιθανές μηχανικές καταπιέσεις που είναι πιθανόν να υποστούν. Όσο αφορά την καλωδίωση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Τα καλώδια που συνδέουν δυο συσκευές θα πρέπει να είναι συνεχή δηλαδή να μην έχουν καμία ενδιάμεση συγκολλημένη ένωση. Συγκολλημένες συνδέσεις επιτρέπονται μόνο σε περιπτώσεις που έχουν ληφθεί όλα τα μέτρα ασφαλείας γι' αυτόν τον τύπο σύνδεσης στις συσκευές. Στην περίπτωση που ο εξοπλισμός κατά την κανονική του λειτουργία δέχεται ισχυρές μηχανικές καταπιέσεις τα απαραίτητα μέσα προστασίας πρέπει να εγκατασταθούν σε μικρή απόσταση από τη συγκόλληση.

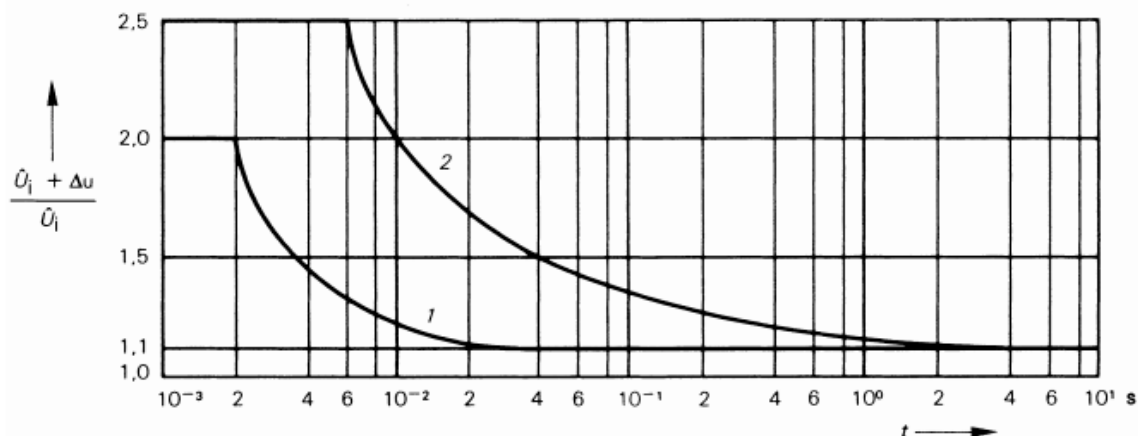
- Οι μονωμένοι αγωγοί δεν πρέπει να βρίσκονται σε άμεση επαφή με ρευματοφόρους γυμνούς αγωγούς ή με αιχμηρά σημεία.
- Τα βύσματα τροφοδότησης των συσκευών και τα όργανα μέτρησης που προορίζονται να εγκατασταθούν στο περίβλημα ή στην πόρτα του πίνακα δεν πρέπει να προκαλούν καμία μηχανική ζημιά σε αγωγούς με την μετακίνηση του περιβλήματος ή της πόρτας.
- Σε τοποθεσίες όπου επικρατούν ισχυρές αναταράξεις όπως π.χ. σε ανεγκυστήρες ή σε πλοία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην υποστήριξη των αγωγών για να μην μετακινηθούν από τη προκαθορισμένη θέση λειτουργία τους.
- Γενικά σε έναν ακροδέκτη επιτρέπεται να συνδεθεί μόνο ένας αγωγός κάθε φορά. Συνδέσεις δύο ή περισσότερων αγωγών επιτρέπονται μόνο στην περίπτωση που ο ακροδέκτης έχει σχεδιαστεί για αυτό τον σκοπό.^[9]

3.21 Προδιαγραφές ηλεκτρονικού εξοπλισμού που απαρτίζει τον πίνακα

Στην περίπτωση που δεν υποδεικνύεται τίποτα στις σχετικές προδιαγραφές για τις ηλεκτρονικές συσκευές πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες προδιαγραφές και απαιτήσεις:

- Αν η τάση τροφοδότησης προέρχεται από μπαταρία (συνεχής), τότε αυτή πρέπει να έχει απόκλιση το πολύ $\pm 15\%$ από την ονομαστική τιμή της.
- Το εύρος της εναλλασσόμενης τάσης (a.c.) τροφοδότησης πρέπει να έχει το πολύ 10% απόκλιση από την ονομαστική τιμή της.
- Αν σε μια εφαρμογή απαιτείται μεγαλύτερο εύρος τάσης από το επιτρεπόμενο τότε πρέπει να υπάρξει ειδική συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν την ικανότητα να αντισταθούν σε υπερτάσεις που υπάρχει περίπτωση να εμφανιστούν κατά την τροφοδότησή τους. Συγκεκριμένα πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν σε όλες τις υπερτάσεις με τιμή μικρότερη από τις αντιπροσωπευτικές τιμές 1 που φαίνονται στο σχήμα 3.17. Αυτό το σχήμα αναφέρεται σε μη περιοδικές υπερτάσεις. Αν εμφανιστεί μια υπέρταση που είναι ανάμεσα στις αντιπροσωπευτικές υπερτάσεις 1 και 2 η λειτουργία της ηλεκτρονικής συσκευής επιβάλλεται να διακοπεί άμεσα από τις συσκευές προστασίας που ενσωματώνονται στον πίνακα. Γενικά οι συσκευές πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην δημιουργείται καμία ζημιά στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό από υπέρταση με τιμή κορυφής μέχρι και $2U_i + 1\ 000\ V$.



Σημείωση 1: Περιοδικές διάρκειες μικρότερες των 1 ms είναι υπό εξέταση

Σημείωση 2: Υπερτάσεις με τιμή μεγαλύτερες από αυτές που φαίνονται στο σχήμα υποθέτουμε ότι περιορίζονται με εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων

U : Τιμή κορυφής ημιτονοειδή τάσης της ονομαστικής τάσης μόνωσης

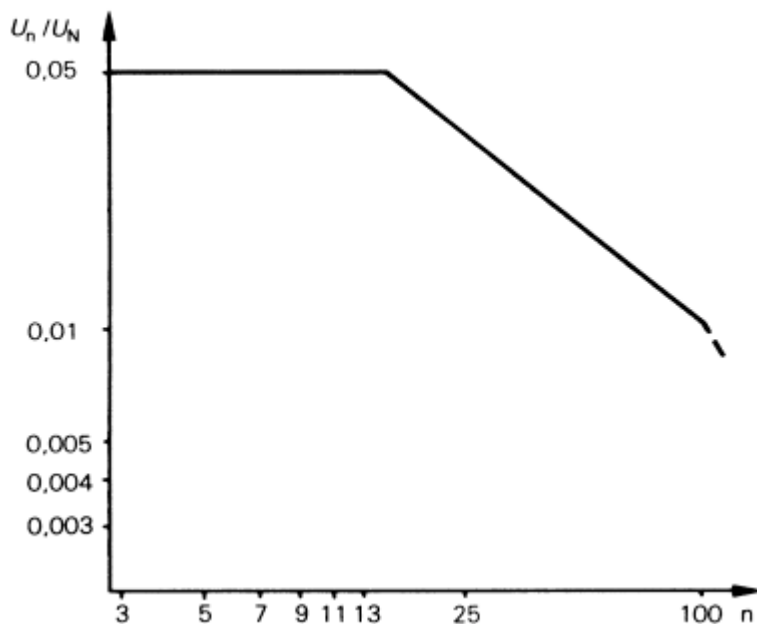
ΔU : Μη περιοδική μέγιστη τάση

t : Χρόνος

Σχήμα 3.17: Διάγραμμα $\frac{\hat{U}_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ σε συνάρτηση με το χρόνο

Οι αρμονικές που διαθέτει η κυματομορφή της τάσης τροφοδοσίας του ηλεκτρονικού εξοπλισμού δεν πρέπει να ξεπερνούν τα όρια και τους περιορισμούς που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- Η συνολική παραμόρφωση λόγω αρμονικών (THD_V) δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% της θεμελιώδους συνιστώσας.
- Οι αρμονικές δεν πρέπει να ξεπερνούν τα όρια που φαίνονται στο σχήμα 3.18.
- Η υψηλότερη αρμονική που διαθέτει η κυματομορφή της εναλλασσόμενης τάσης τροφοδότησης δεν πρέπει να παρουσιάζει σε καμία χρονική στιγμή τιμή μεγαλύτερη από το 20% της μέγιστης τιμής της θεμελιώδους.



n : αριθμός αρμονικής

U_n : r.m.s. τιμή της n αρμονικής

U_N : r.m.s. της ονομαστική τάση του συστήματος

Σχήμα 3.18: Μέγιστες επιτρεπτές αρμονικές στην ονομαστική τάση λειτουργίας

Όταν υπάρχουν προσωρινές αυξομειώσεις από την ονομαστική τάση και συχνότητα λειτουργίας οι ηλεκτρονικές διατάξεις πρέπει να συνεχίζουν να λειτουργούν χωρίς να υποστούν καμιά ζημιά στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Η πτώση τάσεων δεν ξεπερνά το 15% της ονομαστική τιμής για περιόδους μικρότερες των 0,5 sec.
- Αποκλίσεις στη συχνότητα τροφοδοσίας μέχρι και $\pm 1\%$ της ονομαστικής τιμής.

- Η μέγιστη επιτρεπτή διάρκεια διακοπής της τάσης τροφοδότησης για κάθε ηλεκτρονική συσκευή είναι κάτω από το όριο που υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή.^[9]

3.22 Προστασία έναντι ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών (EMC)

Η πλειοψηφία των πινάκων που ακολουθούν τις προδιαγραφές που παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα προορίζονται για δυο περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας:

- Περιβάλλον Α (δες παράγραφο 3.3)
- Περιβάλλον Β (δες παράγραφο 3.3)

Εάν οι παρακάτω όροι τηρούνται δεν χρειάζεται να διεξαχθεί καμία δοκιμή που σχετίζεται με τον έλεγχο της τήρησης των ορίων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

- Ο πίνακας με το σύνολο των διατάξεων που τον απαρτίζουν έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές EMC κατά IEC.
- Η εγκατάσταση και η εσωτερική καλωδίωση να έχουν πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. (λήψη μέτρων για τη αλληλεπίδραση δυο διατάξεων που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, σωστή γείωση του συστήματος κ.λπ.).
- Αν ο πίνακας δεν περιέχει στο εσωτερικό του ηλεκτρονικό εξοπλισμό και λειτουργεί υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας δεν είναι ευαίσθητος σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Επομένως δεν είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί η αντίστοιχη δοκιμή.

Ηλεκτρονικά κυκλώματα, όπως για παράδειγμα αυτά που φέρουν μικροεπεξεργαστές με ρολόι υψηλής συχνότητας (9 khz ή υψηλότερη), μπορούν να παράγουν συνεχείς ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Για να είναι εντός προδιαγραφών πρέπει να ικανοποιούνται τα όρια που παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.^[9]

	Εύρος συχνότητα (Mhz)*	Όρια	Πρότυπα αναφοράς
Εκπομπές ακτινοβολίας	30-230	~30 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 30 m**	IEC 61000-6-4 or CISPR 11, Class A, Group 1
	230-1000	~37 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 30 m**	
Διευθυνμένες εκπομπές	0,15-0,5	~79 dB (μV/m) μέγιστη στα 30 m*	
	0,5-5	~73 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 30 m**	
	5-30	~73 dB (μV) quasi peak 60 dB (μV) μέσο όρο	
*Το χαμηλότερο όριο θα ισχύει στην συχνότητα μετάβασης			
**Αν οι μετρήσεις πραγματοποιηθούν σε απόσταση 10 m ή σε 3 m τα όρια αυξάνονται κατά 10 dB ή 30 dB αντίστοιχα			

Σχήμα 3.19α: Όρια ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών για το περιβάλλον A

	Εύρος συχνότητα (Mhz)*	Όρια	Πρότυπα αναφοράς
Εκπομπές ακτινοβολίας	30-230	~30 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 10 m**	IEC 61000-6-3 ή CISPR 11 Class B, Group 1
	230-1000	~37 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 10 m**	
Διευθυνόμενες εκπομπές	0,15-0,5	66 dB(μV) – 56 dB (μV) μέγιστη τιμή στα 30 m* 56 dB(μV) – 46 dB (μV) μέσος όρος	
	0,5-5	~56 dB (μV/m) μέγιστη τιμή στα 30 m** 46 dB (μV) μέσος όρος	
	5-30	~60 dB (μV) μέγιστη τιμή 50 dB (μV) μέσος όρος	

*Το χαμηλότερο όριο θα ισχύει στην συχνότητα μετάβασης
 **Αν οι μετρήσεις πραγματοποιηθούν σε απόσταση 3 m τα όρια αυξάνονται κατά 10 dB

Σχήμα 3.19β: Όρια ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών για το περιβάλλον B

3.23 Προσδιορισμός των ηλεκτρικών συνδέσεων των λειτουργικών μονάδων που απαρτίζουν τον ηλεκτρικό πίνακα

Οι τύποι των ηλεκτρικών συνδέσεων που πραγματοποιούνται στις ηλεκτρικές μονάδες που απαρτίζουν το πίνακα περιγράφονται από έναν κωδικό που αποτελείται από τρία γράμματα ως εξής:

- Το πρώτο γράμμα δηλώνει τον τύπο της ηλεκτρική σύνδεση στο κύκλωμα ισχύος εισόδου.
- Το δεύτερο γράμμα δηλώνει τον τύπο της ηλεκτρική σύνδεση στο κύκλωμα ισχύος εξόδου.
- Το τρίτο γράμμα δηλώνει τον τύπο της ηλεκτρική σύνδεση στα κυκλώματα ελέγχου/μέτρησης.

Συγκεκριμένα:

- Το F αντιστοιχεί στο μόνιμο τύπο σύνδεσης
- Το D για τις συνδέσεις οι οποίες μπορεί να διακοπών και να ξαναπραγματοποιηθούν με χειροκίνητο τρόπο χωρίς τη χρήση ενός εργαλείου.
- Το W για τις συνδέσεις οι οποίες μπορεί να διακοπών και να ξαναπραγματοποιηθούν θέτοντας την αντίστοιχη λειτουργική μονάδα στην αντίστοιχη κατάσταση λειτουργίας.^[9]

3.24 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών ηλεκτρολογικού πίνακα

Οι δοκιμές που διεξάγονται σε ένα σύστημα ηλεκτρικού πίνακα και περιγράφονται στη σειρά προτύπων IEC 60439^[7] 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 που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. 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 αγώγιμα σημεία του πίνακα
- Επαλήθευση ορθής μηχανικής λειτουργία στοιχείων ηλεκτρολογικού πίνακα
- Επαλήθευση βαθμού προστασίας
- Έλεγχος ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC)

Οι συνήθειες 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 συνήθειες 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.

Στο παρακάτω πίνακα αναφέρεται η λίστα των δοκιμών και των επαληθεύσεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε κάθε στοιχείο που απαρτίζει τον ηλεκτρολογικό πίνακα ανάλογα αν χαρακτηρίζεται ΤΤΑ ή ΡΤΤΑ. ΤΤΑ (type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly) χαρακτηρίζονται οι ηλεκτρολογικοί 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 ηλεκτρολογικοί 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).

Χαρακτηριστικά που πρέπει να ελεγχθούν	ΤΤΑ	ΡΤΤΑ	Παράγραφος
Όρια ανύψωσης θερμοκρασίας	Επαλήθευση με δοκιμή (type test)	Επαλήθευση με δοκιμή ή υπολογισμό	3.26.1

		κατά προσέγγιση	
Διηλεκτρική αντοχή	Επαλήθευση με δοκιμή (type test)	Επαλήθευση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την παρ 3.26.2 και 3.27.2 ή επαλήθευση της αντίστασης μόνωσης σύμφωνα 3.27.4	3.27.3
Αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος	Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος με δοκιμή (type test)	Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος με δοκιμή (type test) ή με υπολογισμών βάση των αποτελεσμάτων άλλων δοκιμών	3.26.5
Αποτελεσματικότητα του κυκλώματος προστασίας Αποτελεσματική σύνδεση των αγώγιμων εκτεθειμένων μερών με το κύκλωμα προστασίας Αντοχή έναντι βραχυκυκλώματος του κυκλώματος προστασίας	Επαλήθευση αποτελεσματικής σύνδεσης των αγώγιμων εκτεθειμένων μερών με το κύκλωμα προστασίας Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος του κυκλώματος προστασίας (type test)	Επαλήθευση αποτελεσματικής σύνδεσης των αγώγιμων εκτεθειμένων μερών με το κύκλωμα προστασίας Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος του κυκλώματος προστασίας με δοκιμή ή με κατάλληλη σχεδίαση ή ρύθμιση του αγωγού προστασίας (3.11.1 3 ^η κουκίδα)	3.26.6
Διάκενα και αποστάσεις ερπυσμού	Επιβεβαίωση των διακένων και των αποστάσεων ερπυσμού (type test)	Επιβεβαίωση των διακένων και των αποστάσεων ερπυσμού	3.26.4
Μηχανική λειτουργία	Επαλήθευση ομαλής μηχανικής λειτουργίας (type test)	Επαλήθευση ομαλής μηχανικής λειτουργίας	3.26.7
Βαθμός προστασίας	Επιβεβαίωση βαθμού προστασίας (type test)	Επιβεβαίωση βαθμού προστασίας	3.26.8
Καλωδίωση, ηλεκτρική λειτουργία	Επιθεώρηση του ηλεκτρολογικού πίνακα ως προς την	Επιθεώρηση του ηλεκτρολογικού πίνακα ως προς την	3.27.1

	καλωδίωση και αν κριθεί απαραίτητο διεξαγωγή δοκιμής ηλεκτρικής λειτουργίας (routine test)	καλωδίωση και αν κριθεί απαραίτητο διεξαγωγή δοκιμής ηλεκτρικής λειτουργίας	
Μόνωση	Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής ((routine test)	Δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής ή επιβεβαίωση της αντίσταση μόνωσης σύμφωνα με τις παραγράφους	3.27.2
Μέτρα προστασίας	Έλεγχος των μέτρων προστασίας και έλεγχος της ηλεκτρικής συνέχειας των κυκλωμάτων προστασίας (routine test)	Έλεγχος των μέτρων προστασίας	3.27.3
Αντίσταση μόνωσης		Επιβεβαίωση της αντίστασης μόνωσης στα στοιχεία αν δεν έχει διεξαχθεί σε αυτά δοκιμή σύμφωνα με τις παραγράφους 3.27.2 και 3.26.2	3.27.4

Πίνακας 3.20: Δοκιμές και επαληθεύσεις που πρέπει να διεξαχθούν στα στοιχεία ενός ηλεκτρολογικού πίνακα ΡΤΤΑ ή ΤΤΑ

3.25 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών (type tests) μιας σύνθεσης ηλεκτρολογικού πίνακα

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφούν αναλυτικά οι δοκιμές επαλήθευση 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.

3.25.1 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 παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.9.

Η δοκιμή πραγματοποιείται στο ονομαστικό ρεύμα αφού ο πίνακας εγκατασταθεί στην μόνιμη θέση λειτουργία 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 3.21. 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 μετρείται 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 3.22α.
- 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 mm²
 - 2 m για διατομές μεγαλύτερες των 35 mm²

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

Σχήμα 3.21: Εύρεση ονομαστικής σταθερά ποικιλομορφίας (Rated diversity factor)

Εύρος ονομαστικού ρεύματος (A)	διατομή αγωγού	
	mm ²	AWG/MCM
0-8	1,0	18
8-12	1,5	16
12-15	2,5	14
15-20	2,5	12
20-25	4,0	10
25-32	6,0	10
32-50	10	8
50-65	16	6
65-85	25	4
85-100	35	3
100-115	35	2
115-130	50	1
130-150	50	0
150-175	70	00
175-200	95	000
200-225	95	0000
225-250	120	250
250-275	150	300
275-300	185	350
300-350	185	400
350-400	240	500

Σημείωση: Για τις διεξαγωγή της δοκιμής μπορεί να χρησιμοποιηθούν μικρότεροι αγωγοί από αυτούς που δηλώνονται στον πίνακα με τη συγκατάθεση του κατασκευαστή. Επίσης για την δοκιμή μπορεί να χρησιμοποιεί καθένας από τους δυο αγωγούς που διευκρινίζονται στον παραπάνω πίνακα για κάθε αντίστοιχο εύρος ρεύματος.

Πίνακας 3.22α: 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 3.22β.
- 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 3.22β, 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 μετρείται 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 ηλεκτρολογικών 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. Η άνοδος της θερμοκρασίας που προκαλείται από τις

ενσωματωμένες συσκευές του πίνακα δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τιμές που αναφέρθηκαν στον πίνακα 3.8. Αυτή η άνοδος μπορεί να υπολογιστεί με κάποια απόκλιση μετρώντας την θερμοκρασία αυτών των συσκευών στον ανοικτό αέρα με την βοήθεια κάποιου οργάνου και πάνω σε αυτή να προστεθεί η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας που επικρατεί στο εσωτερικό του πίνακα και της θερμοκρασίας του αέρα που τον περιβάλλει.

Τιμή ονομαστικού ρεύματος (A)	Εύρος ονομαστικού ρεύματος (A)	Αγωγοί δοκιμής			
		Καλώδια		Μπάρες χαλκού	
		Ποσότητα	διατομή mm ²	Ποσότητα	Διαστάσεις mm
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 3.22β Διατομή αγωγών που χρησιμοποιούνται για την δοκιμή ανύψωση θερμοκρασίας για ονομαστικό ρεύμα από 400 A μέχρι και 3150 A.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της δοκιμής πραγματοποιείται με όργανα που έχουν σχεδιαστεί για αυτόν το σκοπό όπως είναι τα θερμόμετρα και τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη. Για να μετρηθεί σωστά η θερμοκρασία στο εσωτερικό του πίνακα αυτά τα όργανα πρέπει να τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις και να προστατεύονται από ρεύματα αέρα και από την θερμική ακτινοβολία που πιθανόν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η θερμοκρασίας δοκιμής πρέπει να μετρηθεί κατά τη διάρκεια του τελευταίου τετάρτου της περιόδου της δοκιμής από τουλάχιστον δυο θερμόμετρα ή θερμοηλεκτρικά ζεύγη που τοποθετούνται περίπου στο μέσο ύψος του πίνακα και σε απόσταση περίπου ενός μέτρου μακριά από αυτόν χωρίς να επηρεάζονται από ρεύματα αέρα η την θερμική ακτινοβολία. Αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της δοκιμής είναι ανάμεσα στους 10 °C και στους 40 °C τότε οι οριακές τιμές που αναφέρονται στον πίνακα 3.8 ισχύουν και η δοκιμή θεωρείται επιτυχής αν αυτά ικανοποιούνται. Σε διαφορετική περίπτωση, δηλαδή αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της δοκιμής είναι μικρότερη από 10 °C ή μεγαλύτερη από 40 °C, πρέπει να υπάρξει ειδική συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή καθώς οι απαιτήσεις του πρότυπου δεν ικανοποιούνται.^[9]

3.25.2 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 δοκιμής 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 τάσης δοκιμής μεταξύ ενός φύλλου αλουμινίου που τοποθετείται έξω από τον πίνακα και των διασυνδεδεμένων αγωγίμων 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 2.9.

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 επιφάνειας 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 2.9.

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 2.9 και 3.23. 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 2.9 και στον πίνακα 3.23 που ακολουθεί.

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής αν κατά τη διάρκεια της δεν δημιουργηθεί καμιά οπή ή ανάφλεξη στο διηλεκτρικό υλικό των υπό δοκιμή στοιχείων.^[9]

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 3.23: Τάση για την δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής που εφαρμόζεται στα δευτερεύοντα κυκλώματα

3.25.3 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 έχουν παρουσιαστεί στη πρώτη κατηγορία του πίνακα 3.1β. Αν και ο εξοπλισμός συστήνεται να ελεγχθεί με κρουστικές τάσεις εάν υπάρχει έγκριση από τον κατασκευαστή δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχες εναλλασσόμενες (ac) ή σταθερές (dc) τάσεις που φαίνονται στον πίνακα 3.1β. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής επιτρέπεται η αποσύνδεση των συσκευών προστασίας έναντι υπερτάσεων (*surge arresters*) υπό την προϋπόθεση ότι τα χαρακτηριστικά τους είναι εκ των προτέρων γνωστά. Η ποσότητα ενέργειας που θα παραχθεί από το ρεύμα δοκιμής δεν πρέπει να υπερβαίνει την ονομαστική τιμή ενέργειας που μπορούν να ανασχέσουν τα μέσα προστασία που έχουν τοποθετηθεί στον πίνακα. Τα μέτρα προστασίας έναντι υπερτάσεων επιλέγονται κατάλληλα ανάλογα με την εφαρμογή που προορίζονται και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Εάν για τη δοκιμή χρησιμοποιηθεί κρουστική τάση της μορφής 1,2/50 μs, αυτή πρέπει να εφαρμοστεί τουλάχιστον τρεις φορές για κάθε πόλωση (θετική, αρνητική) σε διαστήματα με διάρκεια 1 sec περίπου. Στη περίπτωση που η τάση δοκιμής που χρησιμοποιηθεί είναι εναλλασσόμενη a.c. αυτή πρέπει να έχει διάρκεια τριών περιόδων και στην περίπτωση που η τάση δοκιμής είναι συνεχής d.c. πρέπει να έχει διάρκεια 10 m.s. και να εφαρμοστεί και στις δυο πολικότητες.

Η τάση δοκιμής πρέπει να εφαρμοστεί στα παρακάτω σημεία του ηλεκτρολογικού 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 αγωγίμα 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 (*disruptive discharge*) κατά τη διάρκεια της. Οι ανάρμοστες ηλεκτρικές εκφορτίσεις συνήθως οφείλονται σε καταστροφή της μόνωσης εξαιτίας ηλεκτρικής καταπόνησης.^[9]

3.25.4 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 παρουσιάστηκαν στις παραγράφους 3.5 και 3.6. Συγκεκριμένα πρέπει να μετρηθεί το ελάχιστο μήκος ερπυσμού των μονώσεων μεταξύ των φάσεων, μεταξύ των ρευματοφόρων και των εκτεθειμένων αγωγίμων 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.^[9]

3.25.5 Επαλήθευση αντοχής έναντι βραχυκυκλώματος των κυκλωμάτων του ηλεκτρολογικού 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 10 kA.
- 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 17 KA.
- 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 ασφαλείας έναντι βραχυκυκλώματος που ενσωματώνονται στον πίνακα. Η τιμή αυτού του ρεύματος πλησιάζει τις τιμές που θα παρουσιαστούν στον πίνακα 3.24.

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 ασφάλειας είναι $1500A \pm 10\%$ εκτός από την περίπτωση τεχνητού ουδέτερου ή κάποιου μικρού εξοπλισμού που σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τεχνικών προδιαγραφών του επιβάλλεται να επιλεγεί 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 3.24, 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 3.24: 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. Ειδικά για αυτούς που δεν ικανοποιούν την δεύτερη απαίτηση της παραγράφου 3.15 εφαρμόζεται επιπλέον η οδηγία 4.

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 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 2^η 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 βραχυκυκλώματων 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 σύμφωνα με το πίνακα 3.11. 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 τιμής 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 $i^2 = \text{σταθερά}$, 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 τιμής 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 καμιά 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 που περιγράφηκε στην παράγραφο 3.26.2 μεταξύ όλων των ρευματοφόρων στοιχείων και του πλαισίου του πίνακα.^[9]

3.25.6 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 μέγιστη τιμής τριφασικού βραχυκυκλώματος που μπορεί να δεχθεί ο πίνακας. Οι συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την περάτωση της διαδικασίας είναι όμοιοι με αυτούς που περιγράφονται στην παράγραφο 3.26.5.

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.^[9]

3.25.7 Επιβεβαίωση ορθής μηχανική λειτουργίας στοιχείων ηλεκτρολογικού 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.^[9]

3.25.8 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 στην παράγραφο 2.3.6.

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 που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 3.26.2. Για βαθμούς προστασίας IP3X και IP4X οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των δοκιμών αναγράφονται στην αντίστοιχη έκθεση αναφοράς.^[9, 11]

3.25.9 Δοκιμές για EMC (ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα)

Οι δοκιμές για EMC χωρίζονται σε δυο κατηγορίες στις δοκιμές ασυλίας «Immunity tests» και στις δοκιμές εκπομπής «Emission tests» .

Διεξάγονται στις λειτουργικές μονάδες που αποτελούν μέρος ενός ηλεκτρολογικού πίνακα και δεν είναι κατασκευασμένες σύμφωνα με τους 2 πρώτους όρους που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.23. Όπως αναφέρθηκε σε εκείνη τη παράγραφο ηλεκτρολογικοί πίνακες που δεν ενσωματώνουν ηλεκτρονικά στοιχεία δεν χρειάζεται να διεξαχθεί σε αυτά καμία σχετική δοκιμή.

Οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν για τις δοκιμές ασυλίας εξαρτώνται από το αντίστοιχο περιβάλλον (βλ. παρ. 3.2) για το οποίο προσδιορίζεται το προϊόν. Οι δοκιμές και οι αντίστοιχες τιμές που θα εφαρμοστούν παρουσιάζονται στους πίνακες 3.25α και 3.25β, 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 παρουσιάστηκαν στους πίνακες 3.19α και 3.19β και στους πίνακες 3.25α, 3.25β, 3.25γ που ακολουθούν.^[9]

Δοκιμή	Τιμές δοκιμής	Κριτήριο αποδοχής λειτουργίας ^{γ)}
Δοκιμή ηλεκτροστατικής αποφόρτωσης (IEC 61000-4-2)	± 8 kV / air discharge ή ± 4 kV / contact discharge	B
Ραδιοσυχνότητα ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	10 V/m	A
Ταχεία ηλεκτρική μετάβαση/ριπή	± 2 kV στις θύρες τροφοδοσίας ± 1 kV στις θύρες μεταφοράς ηλεκτρικών σημάτων	B
Εφαρμογή 1,2/50 μs 8/20 μs κρουστική τάση δοκιμής ^{α)}	± 2 kV (γραμμή προς γη) ± 1 kV (γραμμή προς γραμμή)	B
Ραδιοσυχνότητα αγωγών	10 V	A
Ισχύς και συχνότητα μαγνητικού πεδίου	3 A/m ^{β)}	A
Διακοπές - βυθίσεις τάσης ^{δ)}	30% βύθιση για 0,5 περιόδους 60% βύθιση για 5 περιόδους >95% βύθιση για 250 περιόδους	B C C
Αρμονικές τροφοδοσίας	Καμία απαίτηση	
<p>α) Για εξοπλισμό και θύρες που απαιτούν τροφοδοσία με σταθερή τάση 24 V ή λιγότερη, η διεξαγωγή των δοκιμών δεν είναι απαραίτητη.</p> <p>β) Οι δοκιμές πραγματοποιούνται μόνο σε συσκευές που είναι ευαίσθητες σε μαγνητικά πεδία.</p> <p>γ) Τα κριτήρια εφαρμογής είναι ανεξάρτητα από τα περιβάλλοντα (βλέπε πίνακα 3.25γ)</p>		

Σχήμα 3.25α: Δοκιμές EMC για το περιβάλλον A

Δοκιμή	Τιμές δοκιμής	Κριτήριο αποδοχής λειτουργίας ^{γ)}
Δοκιμή ηλεκτροστατικής αποφόρτωσης (IEC 61000-4-2)	± 8 kV / air discharge ή ± 4 kV / contact discharge	B
Ακτινοβολία ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	3 V/m	A
Ταχεία ηλεκτρική μετάβαση/ριπή	± 1 kV στις θύρες τροφοδοσίας ± 0,5 kV στις θύρες μεταφοράς ηλεκτρικών σημάτων	B
Εφαρμογή 1,2/50μs 8/20μs κρουστική τάση δοκιμής ^{α)}	± 0,5 kV (γραμμή προς γη) με εξαίρεση τις κύριες	B

	θύρες τροφοδοσίας όπου εφαρμόζεται ± 1 kV (γραμμή προς γη) και $\pm 0,5$ kV (γραμμή προς γραμμή)	
Ραδιοσυχνότητα αγωγών	3 V	A
Ισχύς και συχνότητα μαγνητικού πεδίου	3 A/m ^{β)}	A
Διακοπές-βυθίσεις τάσεις ^{δ)}	30% βύθιση για 0,5 περιόδους 60% βύθιση για 5 περιόδους >95% βύθιση για 250 περιόδους	B B C
Αρμονικές τάσεως τροφοδοσίας	Καμία απαίτηση	
<p>α) Για εξοπλισμό και θύρες που απαιτούν τροφοδοσία με σταθερή τάση 24 V ή λιγότερη, η διεξαγωγή των δοκιμών δεν είναι απαραίτητη.</p> <p>β) Οι δοκιμές πραγματοποιούνται μόνο σε συσκευές που είναι ευαίσθητες σε μαγνητικά πεδία.</p> <p>γ) Τα κριτήρια εφαρμογής είναι ανεξάρτητα από τα περιβάλλοντα. Δες πίνακα 3.25γ</p> <p>δ) Εφαρμογή μόνο στις θύρες εισόδου ηλεκτρικής ισχύος.</p>		

Πίνακας 3.25β: Δοκιμές EMC για το περιβάλλον B

Στοιχείο	Κριτήριο λειτουργίας		
	A	B	C
Γενική κατάσταση	Όχι αξιοσημείωτες αλλαγές στα χαρακτηριστικά λειτουργίας	Προσωρινές βυθίσεις ή απώλεια λειτουργίας που αποκαθίστώνται χωρίς καμιά ενέργεια	Προσωρινές βυθίσεις ή απώλεια λειτουργίας που απαιτεί επέμβαση χειριστή επαναρύθμιση του συστήματος ^{α)}
Λειτουργία των κυκλωμάτων ισχύος και ελέγχου	Λανθασμένη λειτουργίας	Προσωρινές βυθίσεις ή απώλεια λειτουργίας που αποκαθίστώνται χωρίς καμιά ενέργεια ^{α)}	Προσωρινές βυθίσεις ή απώλεια λειτουργίας που απαιτεί επέμβαση χειριστή επαναρύθμιση του συστήματος α)
Λειτουργία των οθονών και των πινάκων ελέγχου	Καμία αλλαγή στις πληροφορίες που απεικονίζονται στην οθόνη	Προσωρινή ορατή αλλαγή ή απώλεια πληροφορίας	Τερματισμός λειτουργίας Οριστική παύση λειτουργίας της οθόνης ή αναγραφή λάθος πληροφορίας

			Μη επιτρεπόμενοι τρόποι λειτουργίας Δεν αποκαθίσταται η ομαλή λειτουργία χωρίς καμία ενέργεια
Λειτουργίες επεξεργασίας πληροφοριών και αισθητήρων	Ανεπηρέαστη επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών στις εξωτερικές συσκευές	Προσωρινή διαταραχή επικοινωνίας με πιθανές αναφορές λάθους των εσωτερικών και εξωτερικών συσκευών	Λανθασμένη επεξεργασία των πληροφοριών Απώλεια πληροφοριών Σφάλματα στην επικοινωνία Δεν αποκαθίσταται η ομαλή λειτουργία χωρίς καμία ενέργεια
α) Συγκεκριμένες απαιτήσεις αναφέρονται στο πρότυπο του προϊόντος			

Πίνακα 3.25γ: Κριτήρια αποδοχής στην παρουσία ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών

3.25.10 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 διεξαγωγής της συμπίπτουν με αυτά που περιγράφηκαν στην παράγραφο 2.3.9 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 δυσμενής 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.^[9, 13]

3.26 Συνήθειες δοκιμές (routine tests)

Σε αυτή τη παράγραφο θα παρουσιάζονται οι συνήθειες δοκιμές (routine tests) που πρέπει να πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία ενός ηλεκτρολογικού πίνακα. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.25 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.

3.26.1 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 που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.3 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.^[9]

3.26.2 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 A 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 παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.26.3 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 παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.25.3. 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.

Αντίθετα εάν ο κατασκευαστής δηλώνει την ονομαστική κρουστική τάση αντοχής, η δοκιμή πρέπει να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 3.26.2. Εάν περιέχονται κυκλώματα που σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους κατά IEC πρέπει να εξεταστούν με χαμηλότερες τιμές τάσης δοκιμής, αυτό μπορεί να συμβεί για την πραγματοποίηση της δοκιμής, υπό την προϋπόθεση οι τάσεις δοκιμής να είναι μικρότερες από το 30% της ονομαστικής κρουστικής τάσης ή δυο φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση μόνωσης (όποιο από τα δύο είναι υψηλότερο).

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής εάν μετά το πέρας της δοκιμής δεν παρατηρηθεί καμία οπή ή ανάφλεξη.^[9]

3.26.3 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 που παρουσιάστηκαν στις παραγράφους 3.10 και 3.11. 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.

3.26.4 Επαλήθευση αντίσταση μόνωσης

Για τους αγωγούς PTTA που δεν έχουν υποβληθεί σε δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής όπως περιγράφηκε στις παραγράφους 3.4 και 3.26.2 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 αγωγικών 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.^[9]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΗΛ. ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι τεχνικές προδιαγραφές και οι προδιαγραφές ασφαλείας καθώς επίσης και οι αντίστοιχες δοκιμές ενός ηλεκτρολογικού πίνακα μέσης τάσης και υψηλής τάσης μεταλλοεπενδυμένης κατασκευής με ονομαστική τάση από 1 kV μέχρι και 52 kV και από 52 kV και πάνω αντίστοιχα και με ονομαστική συχνότητα μέχρι και 60 Hz. Τα πρότυπα που θα χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό είναι τα IEC 60298^[15] και IEC 60694^[14].

4.2 Σχεδίαση και κατασκευή

Ο ηλεκτρολογικός πίνακας μέσης ή υψηλής τάσης καθώς και τα στοιχεία που ενσωματώνονται σε αυτόν πρέπει να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε σε συνθήκες φυσιολογικής λειτουργίας να μπορούν να εκτελεστούν με ασφάλεια εργασίες συντήρησης και επιθεώρησης, όπως ο προσδιορισμός αν το κύκλωμα ισχύος είναι ενεργοποιημένο ή όχι, ο συνήθης έλεγχος για την ακολουθία φάσεων, ο έλεγχος της κατάστασης της γείωσης, ο εντοπισμός των σφαλμάτων των καλωδίων και η αποφόρτιση επικίνδυνων ηλεκτροστατικών φορτίων.

Τα διάφορα στοιχεία που περιλαμβάνονται μέσα στην περιφραγή του πίνακα πρέπει να ικανοποιούν τις ειδικές προδιαγραφές τους. Επίσης πρέπει να δίνεται η δυνατότητα αντικατάστασης στοιχείων στον πίνακα, που πιθανόν να υποστούν βλάβη, με άλλα ίδιας κατασκευής και ονομαστικών μεγεθών. Στην περίπτωση που υπάρχουν στοιχεία που μπορεί να αντικατασταθούν με άλλα που έχουν διαφορετικά ονομαστικά μεγέθη, πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το ονομαστικό επίπεδο μόνωσης του πίνακα με οποιοδήποτε συνδυασμό στοιχείων (προσθαιρούμενα και σταθερά) υπάρχει πιθανότητα να υπάρξει, δεν μεταβάλλεται. Επίσης για κυκλώματα μεταφοράς ισχύος που προστατεύονται έναντι υπερεντάσεων από ασφάλειες πρέπει να δηλώνεται από τον κατασκευαστή από ποια τιμή και έπειτα οι υπερεντάσεις πρέπει να εκκαθαρίζονται.

Για να εξασφαλιστεί ασφάλεια έναντι άμεσης και έμμεσης επαφής που μπορεί να συμβεί σε εργασίες συντήρησης όλα τα στοιχεία του κυκλώματος ισχύος που η πρόσβαση σε αυτά κρίνεται απαραίτητη για την πραγματοποίηση αυτών των εργασιών πρέπει υποχρεωτικά να γειώνονται προτού η πρόσβαση σε αυτά γίνει δυνατή (π.χ. ανοίγοντας μια πόρτα). Αυτό δεν χρειάζεται να εφαρμοστεί στα προσθαιρούμενα στοιχεία που η πρόσβαση στο εσωτερικό τους είναι δυνατή με την αφαίρεση τους από τα κυκλώματα του πίνακα. Το πλαίσιο κάθε συσκευής που ενσωματώνεται στον πίνακα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με έναν αξιόπιστο ακροδέκτη που παρέχει βίδες ή μπουλόνια στερέωσης για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας της σύνδεσης με τον αγωγό γείωσης. Αυτές οι βίδες ή τα μπουλόνια στερέωσης πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 12 mm. Το σημείο σύνδεσης με την γείωση πρέπει να μαρκάρεται με ειδικό σύμβολο. Αν ο αγωγός γείωσης είναι χάλκινης κατασκευής, η πυκνότητα ρεύματος που τον διαρρέει δεν πρέπει να ξεπερνά τα 200 A/mm², εφόσον η διατομή δεν είναι μεγαλύτερη από 30 mm².

Γενικά η ηλεκτρική συνέχεια του συστήματος γείωσης πρέπει να εξασφαλίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις θερμικές και μηχανικές καταπιέσεις που προκαλείται από το

ρεύμα που είναι προορισμένο να φέρει. Η μέγιστη τιμή του ρεύματος σφάλματος που μπορεί να διαρρέει τον αγωγό γείωσης εξαρτάται από τύπο της γείωσης και πρέπει να υποδεικνύεται από τον χρήστη. Επιπλέον με τη γείωση πρέπει να συνδέονται το περίβλημα κάθε λειτουργικής μονάδας και όλα τα μεταλλικά τμήματα του πίνακα που δεν ανήκουν σε κάποιο κύκλωμα. Τα δεύτερα μπορούν συνδεθούν άμεσα ή έμμεσα με τη χρήση μεταλλικών δομικών εξαρτημάτων. Στο εσωτερικό των λειτουργικών μονάδων πρέπει να συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους το περίβλημα, οι πόρτες, τα διαμερίσματα και τα υπόλοιπα δομικά συστατικά τους. Οι πόρτες των διαμερισμάτων υψηλής τάσης πρέπει να συνδέονται με το περίβλημα με επαρκή μέσα. Τα μεταλλικά σημεία των προσθαιρούμενων τμημάτων του πίνακα, που υπό φυσιολογικές συνθήκες γειώνονται, πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένα με τον αγωγό γείωσης και επιπλέον να διατηρούνται οι αποστάσεις μόνωσης σε όλες τις πιθανές καταστάσεις που μπορεί να βρεθεί ο εξοπλισμός.

Οι ηλεκτρολογικοί πίνακες μέσης τάσης και υψηλής τάσης καθώς και όλα τα συστατικά τους πρέπει να διαθέτουν ανθεκτικές και ευανάγνωστες ετικέτες που να αναγράφουν:

- Το όνομα ή το λογότυπο του κατασκευαστή
- Τον αριθμό αναγνώρισης ή τον σειριακό αριθμό του προϊόντος
- Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά
- Τα πρότυπα με τα οποία έχει πιστοποιηθεί

Η ετικέτα κάθε λειτουργικής μονάδας πρέπει να παραμένει ευανάγνωστη κατά τη διάρκεια λειτουργίας του πίνακα. Τα στοιχεία, που δίνεται η δυνατότητα να αφαιρεθούν από τον πίνακα, πρέπει να διαθέτουν ξεχωριστή ετικέτα, η οποία είναι υποχρεωτικό να είναι ευανάγνωστη μόνο όταν το στοιχείο έχει αφαιρεθεί από τον πίνακα.

Για το βαθμό προστασίας IP ισχύουν αυτά που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο για τους πίνακες χαμηλής τάσης. Επιπρόσθετα ισχύουν τα ακόλουθα:

- Στους πίνακες μεταλλικής κατασκευής οι βαθμοί προστασίας για το περίβλημα και για τα χωρίσματα πρέπει να δηλώνονται ξεχωριστά.
- Σε πίνακες τύπου πεδίου δεν είναι απαραίτητο να αναγράφεται ο βαθμός προστασίας του περιβλήματος.
- Στα κυκλώματα ισχύος των διαμερισμάτων που χρησιμοποιούν για μόνωση αέριο δεν είναι απαραίτητο να αναγράφεται ο βαθμός προστασίας.^[12, 13]

4.3 Προδιαγραφές ασφαλείας για εσωτερικό σφάλμα

Ένα σφάλμα στο εσωτερικό της περίφραξης ενός ηλεκτρολογικού πίνακα μπορεί να οφείλεται είτε σε μια ατέλεια είτε σε μη φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας. Στη δεύτερη περίπτωση ένα σφάλμα μπορεί να εκκινήσει με τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού τόξου.

Τέτοια γεγονότα μπορούν να οδηγήσουν στο τραυματισμό κάποιου ανθρώπου αν βρίσκεται στην περιοχή του σφάλματος τη χρονική στιγμή που συμβαίνει. Επειδή είναι απαραίτητο να παρέχεται η μέγιστη δυνατή ασφάλεια ο κύριος στόχος είναι να αποφευχθούν τέτοια τόξα ή να περιοριστεί η διάρκεια τους. Διάφορες στατιστικές μελέτες αποδεικνύουν ότι τέτοια σφάλματα είναι πιθανότερο να εμφανιστούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες μέσα στην περίφραξη από ότι στις υπόλοιπες και συνεπώς πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη προσοχή σε αυτές. Μερικές από αυτές τις θέσεις καθώς

και οι αντίστοιχες αιτίες τέτοιων σφαλμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.^[14, 15]

Τοποθεσίες που υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες να εμφανιστούν εσωτερικά σφάλματα	Πιθανές αιτίες	Παράδειγμα μέτρου για να αποφευχθεί
Κουτιά καλωδίων	Ανεπαρκής σχεδίαση Λανθασμένη εγκατάσταση Αποτυχία στερεάς ή υγρής μόνωση	Επιλογή κουτιού επαρκών διαστάσεων Αποφυγή διασταύρωσης καλωδίων Διεξαγωγή δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής στην περιοχή, και έλεγχος επιπέδου της υγρής μόνωσης
Διακόπτες Διακόπτες γείωσης	Εσφαλμένη λειτουργία	Καθυστέρηση επαναλειτουργίας, ανεξάρτητη χειρονακτική λειτουργία, σύνδεση πυκνωτών στους διακόπτες, οδηγίες στο προσωπικό
Συνδέσεις και επαφές που πραγματοποιούνται με μπουλόνια	Διάβρωση λανθασμένη σύνδεση	Χρήση ειδικών επιστρωμάτων για να αποφευχθεί η διάβρωση Έλεγχος με κατάλληλα μέσα
Μετασχηματιστές	Σιδηροσυντονισμός (ferroresonance)	Αποφυγή τέτοιων φαινομένων με σωστή σχεδίαση
Μικροαυτόματοι διακόπτες	Ανεπαρκής συντήρηση	Προγραμματισμένη συντήρηση οδηγίες στο προσωπικό
Άλλες τοποθεσίες	Λάθη από το προσωπικό Γήρανση εξαιτίας ηλεκτρικών και μηχανικών καταπιέσεων Ρύπανση, υγρασία, είσοδο σκόνης κ.λπ. Υπερτάσεις	Χωρισμός σε διαμερίσματα για να περιοριστεί η πρόσβαση, Ενσωμάτωση μόνωση σε ρευματοφόρα τμήματα Διεξαγωγή στερεότυπων δοκιμών (routine tests) Μέτρα για να επαληθευτεί ότι οι συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας δεν δημιουργούν πρόβλημα, χρήση διαμερισμάτων αερίων Προστασία έναντι υπερτάσεων. Διεξαγωγή δοκιμή διηλεκτρική αντοχής στην περιοχή

Πίνακας 4.1: Τοποθεσίες που υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθούν εσωτερικά σφάλματα, οι αντίστοιχες αιτίες και τα μέτρα για αποφευχθούν

4.4 Περιγραφή πίνακα

Οι περιφράξεις πρέπει να είναι μεταλλικής κατασκευής. Ο βαθμός προστασίας που πρέπει να παρέχει είναι τουλάχιστον IP2X. Για το βαθμό προστασίας IP πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Η επιφάνεια του δαπέδου που στηρίζεται ο πίνακας ακόμα και αν δεν είναι μεταλλικός θεωρείται ως μέρος της περιφράξης. Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για να παρέχει στο δάπεδο τον απαιτούμενο βαθμό προστασίας είναι αντικείμενο συμφωνίας μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή.
- Οι τοίχοι ενός δωματίου δεν θεωρούνται μέρος της περιφράξης.
- Για εγκατάσταση σε εξωτερικούς χώρους πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κλιματικές συνθήκες

Τα διαμερίσματα με μονωτικό μέσο αέριο (Gas-filled compartments) πρέπει να έχουν την ικανότητα να αντισταθούν σε κάθε μόνιμη ή παροδική πίεση που τους υποβληθεί όταν βρίσκονται σε λειτουργία. Εάν αυτά τα διαμερίσματα θέτονται υπό υψηλή πίεση όταν βρίσκονται σε λειτουργία πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω απαιτήσεις.

- Όταν εσωκλείουν το κύκλωμα ισχύος όχι μόνο πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να αποτρέπουν τη προσέγγιση με ρευματοφόρα αγωγία τμήματα αλλά επιπλέον όταν η πίεση του αερίου είναι πάνω από κάποιο όριο να εξασφαλίζεται ότι παρέχεται το απαραίτητο επίπεδο μόνωσης στον εξοπλισμό.
- Στα διαμερίσματα που χρησιμοποιούν ως μόνωση αέριο συνήθως χρησιμοποιείται μη διαβρωτικό, ξηρό, σταθερό και αδρανές αέριο. Σε αυτή τη περίπτωση λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για να παρέχει το αέριο στο εξοπλισμό με μόνο μικρές διακυμάνσεις στην πίεση την απαραίτητη προστασία έναντι διάβρωσης. Από τη στιγμή που το διαμέρισμα εξαιτίας του αερίου δεν εμφανίσει διάβρωση στο εσωτερικό του δεν χρειάζεται να λαμβάνονται σε αυτά επιπλέον σχεδιαστικά μέτρα για τον σκοπό αυτό.
- Η πίεση λειτουργίας είναι σχετικά μικρή.

Οι πόρτες και τα καλύμματα που είναι δομικά συστατικά του εξωτερικού περιβλήματος του πίνακα πρέπει να είναι μεταλλικά και όταν βρίσκονται στην κλειστή τους θέση να παρέχουν τον δηλωμένο από τον κατασκευαστή βαθμό προστασίας για το περίβλημα. Γενικά υπάρχουν δυο κατηγορίες πορτών για τα διαμερίσματα υψηλής τάσης:

- Αυτές που δεν χρειάζεται να ανοιχτούν για την πραγματοποίηση διάφορων εργασιών (π.χ. ελέγχου, συντήρησης). Σε αυτά δεν πρέπει να δίνεται η δυνατότητα να ανοιχτούν ή να αφαιρεθούν χωρίς τη χρήση ειδικού κλειδιού ή εργαλείου.
- Αυτές που κατά τη λειτουργία του πίνακα χρειάζεται να ανοιχτούν για την πραγματοποίηση διάφορων εργασιών. Σε αυτές δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ειδικό εργαλείο για να ανοιχθούν ή να αφαιρεθούν. Αν δεν παρέχεται η απαραίτητη ασφάλεια σε πρόσωπα με τη χρήση ειδικών διατάξεων ενδοασφάλισης πρέπει να δίνεται η δυνατότητα σε αυτές να κλειδώνονται μέσω ενός μηχανισμού.

Η πόρτα και τα καλύμματα ενός διαμερίσματος επιτρέπεται να ανοίξουν μόνο όταν το τμήμα του κυκλώματος ισχύος που περιλαμβάνεται στο διαμέρισμα τίθεται εκτός λειτουργίας.

Όταν η περιφράξη παρέχει παράθυρα επιθεώρησης πρέπει στο τμήμα αυτό να παρέχεται σε αυτά ο βαθμός προστασίας IP που δηλώνει ο κατασκευαστής για την περιφράξη. Επίσης πρέπει να καλύπτονται από ένα ειδικό διαφανές φύλλο για να παρέχεται η ίδια αντοχή έναντι μηχανικών καταπιέσεων με το υπόλοιπο περίβλημα και να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εμποδίσουν τον σχηματισμό επικίνδυνων ηλεκτροστατικών φορτίων. Τέτοια μέτρα είναι η ύπαρξη διακένων

ασφαλείας ή η χρησιμοποίηση ειδικών προστατευτικού καλωδίου ή πλέγματος που είναι συνδεδεμένο με τη γείωση. Η μόνωση μεταξύ του παραθύρου και των αγωγίμων τμημάτων του κυκλώματος ισχύος πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να μπορεί να αντισταθεί στις τάσεις δοκιμής που φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.^[14, 15]

Ονομαστική τάση KV (rms)	Ονομαστικές παροδικές υπερτάσεις εναλλασσόμενης μορφής αντοχής KV (rms)		Ονομαστική κρουστική τάσης μόνωσης KV (μέγιστη τιμή)	
	Συνήθης τιμές	Ανάμεσα στην απόσταση μόνωση	συνήθης τιμές	Ανάμεσα στην απόσταση μόνωση
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	290
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	325	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1050
	460	530	1050	1200

Πίνακας 4.2α: Ονομαστικά επίπεδα μόνωσης ανάλογα με την ονομαστική τάση λειτουργίας

Ονομαστική τάση U_r kV (r.m.s)	Ονομαστικές παροδικές υπερτάσεις εναλλασσόμενης μορφής αντοχής U_d kV (rms)		Ονομαστική διακοπτική κρουστική τάση μόνωσης kV U_s (μέγιστη τιμή)			Ονομαστική κεραυνική κρουστική τάση μόνωσης kV U_s (μέγιστη τιμή)	
	Φάση με γη και μεταξύ φάσεων	Ανάμεσα στο διακοπτικό στοιχείο στην ανοικτή θέση και σε αποστάσεις μόνωσης	Φάση με γη και ανάμεσα σε διακοπτικά στοιχεία στην ανοικτή θέση	Ανάμεσα σε φάσεις	Ανάμεσα στις αποστάσεις μόνωσης	Φάση με γη και μεταξύ φάσεων	Ανάμεσα στο διακοπτικό στοιχείο στην ανοικτή θέση και σε αποστάσεις μόνωσης
300	380	435	750	1125	700(+245)	950	950 (+ 170)
			850	1275		1050	1050 (+170)
362	450	520	850	1275	800(+295)	1050	1050 (+ 250)
			950	1425		1175	1175 (+ 205)
420	520	610	950	1425	900(+345)	1300	1300(+ 240)
			1050	1575		1425	1425(+ 240)
550	620	800	1050	1680	900(+450)	1425	1425(+ 315)
			1175	1760		1550	1550(+ 315)
800	830	1150	1300	2210	1100(+650)	1800	1800(+ 455)
			1425	2420		2100	2100(+ 455)

Πίνακας 4.2β: Ονομαστικά επίπεδα μόνωσης ανάλογα με την ονομαστική τάση λειτουργίας

Τέλος τα ανοίγματα εξαιρισμού πρέπει να ρυθμίζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να παρέχουν τον ίδιο βαθμό προστασίας με το υπόλοιπο περίβλημα. Σε τέτοια ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιούν ειδικά πλέγματα υπό τον όρο ότι παρέχουν την κατάλληλη αντοχή έναντι μηχανικών καταπιέσεων.

4.5 Δοκιμές επαλήθευσης προδιαγραφών

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν οι δοκιμές που διεξάγονται σε έναν ηλεκτρολογικό πίνακα μέσης ή υψηλής τάσης για να επαληθευτεί εάν είναι κατασκευασμένος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Οι πιο συνηθισμένες δοκιμές που διεξάγονται για το σκοπό αυτό είναι οι εξής:

- Δοκιμή για να επαληθευτεί το επίπεδο μόνωσης του εξοπλισμού (δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής)
- Δοκιμή για την επαλήθευση της τήρησης των ορίων αύξησης θερμοκρασίας σε κάθε τμήμα του εξοπλισμού
- Μέτρηση αντίστασης των κυκλωμάτων ισχύος του ηλεκτρολογικού πίνακα
- Δοκιμή για την επαλήθευσης βαθμού προστασίας IP (3.26.8)
- Δοκιμή ραδιοφωνικών παρεμβολών
- Δοκιμή EMC (3.26.9)

4.5.1 Δοκιμή διηλεκτρική αντοχής

Η συγκεκριμένη δοκιμή έχει ως στόχο να ελέγξει την διηλεκτρική αντοχή των μονωτικών υλικών που απαρτίζουν έναν ηλεκτρολογικό πίνακα μέσης ή υψηλής.

Πριν τη διεξαγωγή της δοκιμής ο πίνακας προετοιμάζεται κατάλληλα έτσι ώστε να είναι έτοιμος να τεθεί σε λειτουργία και οι επιφάνειες μόνωσης καθαρίζονται. Τα διάκενα ασφαλείας και το ύψος τοποθέτησης του πίνακα πρέπει να έχουν τουλάχιστον τις ελάχιστες τιμές που προτείνει ο κατασκευαστής. Επίσης όταν οι αποστάσεις των πόλων κάποιων στοιχείων δεν είναι σταθερές αυτές τίθενται στις μικρότερες επιτρεπτές όπως διευκρινίζονται από τον κατασκευαστή. Στην περίπτωση που ο κατασκευαστής υποδεικνύει επιπρόσθετη μόνωση κατά τη λειτουργία του πίνακα όπως π.χ. μονωτική ταινία ή ειδικά εμπόδια αυτή πρέπει να υφίσταται και κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Στα στοιχεία που χρησιμοποιούν αέριο για την μόνωση τους η δοκιμή θα πραγματοποιηθεί με την ελάχιστη επιτρεπτή πίεση (πυκνότητα) του αερίου όπως διευκρινίζεται από τον κατασκευαστή. Η θερμοκρασία και η πίεση του αερίου κατά τη διάρκεια της δοκιμής αναγράφονται στην έκθεση αναφοράς της δοκιμής.

Η δοκιμή διεξάγεται εφαρμόζοντας τις τάσεις δοκιμής που παρουσιάστηκαν στους πίνακες 4.2α και 4.2β. Για να θεωρηθεί η δοκιμή επιτυχής, όταν οι τάσεις δοκιμής είναι παροδικές υπερτάσεις εναλλασσόμενης μορφής, δεν πρέπει να εμφανιστεί καμία ηλεκτρική αποφόρτιση όταν οι τάσεις δοκιμής έχουν διάρκεια 1 min.

Όταν ως τάσεις δοκιμής χρησιμοποιούνται κρουστικές υπερτάσεις θεωρείται επιτυχής εάν μετά την εφαρμογή 15 κρουστικών υπερτάσεων για κάθε πολικότητα δημιουργηθούν το πολύ 2 ηλεκτρικές αποφορτίσεις. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστούν τρεις διαδοχικές υπερτάσεις για κάθε πολικότητα και η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν δεν εμφανιστεί καμία ηλεκτρική αποφόρτιση. Στην περίπτωση που εμφανιστεί μια ηλεκτρική αποφόρτιση σε ένα σημείο της μόνωσης πρέπει σε αυτό το σημείο να εφαρμοστούν 9 πρόσθετες κρουστικές υπερτάσεις χωρίς να υπάρχει ηλεκτρική αποφόρτιση για να θεωρηθεί ότι το σημείο αυτό της μόνωσης πέρασε τη δοκιμή.^[14, 15]

4.5.2 Δοκιμή επαλήθευσης των ορίων αύξησης θερμοκρασίας σε κάθε τμήμα του εξοπλισμού

Αυτή η δοκιμή διεξάγεται σε κάθε στοιχείο που απαρτίζει το κύκλωμα ισχύος του ηλεκτρολογικού πίνακα. Αν για τη μόνωση χρησιμοποιείται υγρό ή αέριο πριν τη διεξαγωγή της δοκιμής πρέπει να βρίσκονται στη ελάχιστη επιτρεπτή πίεση και πυκνότητα.

Η δοκιμή διεξάγεται σε εσωτερικό χώρο απαλλαγμένο από ρεύματα αέρα, εκτός αν αυτά δημιουργούνται από θέρμανση των στοιχείων του πίνακα. Όλα τα στοιχεία πριν την έναρξη της δοκιμής τοποθετούνται στις λειτουργικές τους θέσεις. Τα εξαρτήματα που έχουν παραπάνω από μια λειτουργικές θέσεις τοποθετούνται στην πιο δυσμενή θέση από αυτές. Οι προσωρινές συνδέσεις που πραγματοποιούνται για την διεξαγωγή της δοκιμής έχουν τέτοιο μήκος έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα απομακρυνθεί ή δεν θα εισέλθει καμία ποσότητα θερμότητας στον ηλεκτρολογικό πίνακα εξαιτίας τους. Το μήκος αυτό θα καταγραφεί στην έκθεση αναφοράς της δοκιμής. Στα τριπολικά στοιχεία η δοκιμή πραγματοποιείται με τριφασικό ρεύμα.

Το ρεύμα δοκιμής ισούται με το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του στοιχείου και η μορφή του είναι ημιημιτοειδής με ονομαστική συχνότητα λειτουργίας με εξαίρεση τον βοηθητικό εξοπλισμό που λειτουργεί με συνεχές ρεύμα. Η διάρκεια της δοκιμής

πρέπει να είναι αρκετή για να υπάρξει άνοδο θερμοκρασίας και μπορεί να περιοριστεί με την προθέρμανση του στοιχείου πριν τη διεξαγωγή της δοκιμής.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται για τους πίνακες χαμηλής τάσης που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο δηλαδή με τη χρήση δυο τουλάχιστον θερμομέτρων ή θερμοηλεκτρικών ζευγών ή άλλων αντίστοιχων οργάνων τοποθετημένων σε κατάλληλα σημεία έτσι ώστε η θερμοκρασία να μην επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες.

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν ο εξοπλισμός εξακολουθεί να λειτουργεί φυσιολογικά φέροντας το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας χωρίς την υπέρβαση των ορίων που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3.^[14, 15]

Φύση του τμήματος, του υλικού (1) (2) (3)	Μέγιστη τιμή	
	Θερμοκρασία °C	Αύξηση θερμοκρασία όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν ξεπερνά τα 40 °C
Επαφές (4) Γυμνοί αγωγοί χάλκινης κατασκευής ή από κράμα χαλκού - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	75 105 80	35 65 40
Αγωγοί από ασήμι ή από νικέλιο (6) - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	105 105 90	65 65 50
Αγωγοί από κασσίτερο (6) - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	90 90 90	50 50 50
Συνδέσεις (με μπουλονια ή ισοδύναμες) (4) Γυμνοί αγωγοί χάλκινης κατασκευής ή από κράμα χαλκού - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	90 115 100	50 75 60
Αγωγοί από ασήμι ή από νικέλιο - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	115 115 100	75 75 60
Αγωγοί από κασσίτερο - στον αέρα - σε SF6 (5) - σε μονωτικό λάδι	105 105 100	65 65 60
Όλες οι άλλες επαφές ή συνδέσεις που είναι κατασκευασμένες από γυμνά μέταλλα ή περικλείονται από άλλα υλικά	(7)	(7)
Ακροδέκτες για σύνδεση με εξωτερικούς αγωγούς με τη χρήση βιδών ή μπουλονιών (8) - γυμνοί - περικλειόμενοι από ασήμι, νικέλιο ή κασσίτερο	90 105	50 65

- άλλα επιστρώματα	(7)	(7)
μονωτικό λάδι για τις διακοπτικές διατάξεις (9) (10)	90	50
Μεταλλικά στοιχεία που λειτουργούν ως ελατήρια	(11)	(11)
Υλικά που χρησιμοποιούνται για μόνωση και μεταλλικά τμήματα που βρίσκονται σε επαφή με μόνωση των ακόλουθων κατηγοριών (12)		
- Y	90	50
- A	105	65
- E	120	80
- B	130	90
- F	155	115
- Σμάλτο (μονωτικό λάδι ή συνθετικό)	100	60
- H	120	80
- C άλλο μονωτικό υλικό	180	140
	(13)	(13)
Κάθε στοιχείο μεταλλικό μονωτικό υλικό που βρίσκεται σε επαφή με μονωτικό λάδι	100	60
Προσβάσιμα τμήματα		
- αναμένεται να αγγιχτούν σε κανονική λειτουργία	70	30
- δεν χρειάζεται να αγγιχτούν σε κανονική λειτουργία	80	40
<p>(1) Ένα στοιχείο μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μια κατηγορίες που αναφέρονται στον πίνακα. Στην περίπτωση χρησιμοποιείται η κατηγορία με τις μικρότερες τιμές</p> <p>(2) Για κενές διακοπτικές συσκευές, τα όρια θερμοκρασίας που παρουσιάζονται στο πίνακα δεν ισχύουν.</p> <p>(3) Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι καμία ζημιά δεν συμβεί στα γειτονικά υλικά μόνωσης.</p> <p>(4) Όταν τα στοιχεία έχουν τα διαφορετικά επιστρώματα ή ένα μέρος τους είναι γυμνό, τα όρια ανόδου θερμοκρασίας θα είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> - για επαφές έχουν τη μικρότερη τιμή του στοιχείου 1 του πίνακα - για συνδέσεις έχουν τη μέγιστη τιμή του στοιχείου 2 του πίνακα <p>(5) Όπου SF6 μπορεί να είναι καθαρό SF6 ή μίγμα SF6 με άλλο μη οξυγονούχο αέριο.</p> <p>(6) Η ποιότητα των επενδυμένων επαφών είναι τέτοια ώστε ένα συνεχές στρώμα των υλικών υπολειμμάτων επιστρώματος παραμένει στην περιοχή της επαφής:</p> <ul style="list-style-type: none"> - κατά τη διάρκεια της δοκιμής - μετά τη διάρκεια αντοχής έναντι υπερεντάσεων - μετά από τη μηχανική δοκιμή αντοχής: <p>(7) Όταν χρησιμοποιούνται άλλα υλικά από αυτά που αναφέρονται στον πίνακα τα όρια ανόδου θερμοκρασίας θα καθοριστούν από τις ιδιότητες.</p> <p>(8) Τα όρια ανόδου θερμοκρασίας ισχύουν ακόμα και αν οι αγωγοί που συνδέονται στα τερματικά είναι γυμνοί.</p> <p>(9) Στο ανώτερο σημείο του λαδιού μόνωσης.</p> <p>(10) Πρόσθετες υποθέσεις πρέπει να δοθούν όταν χρησιμοποιείται λάδι μόνωσης με χαμηλό σημείο ανάφλεξης όσο αφορά την εξάτμιση και την οξείδωση.</p> <p>(11) Η θερμοκρασία δεν θα φθάσει σε μια τιμή όπου η ελαστικότητα του υλικού είναι εξασθενημένη.</p> <p>(12) Οι κατηγορίες των υλικών μόνωσης παρουσιάζονται στο πρότυπο IEC 60085.</p> <p>(13) Περιορίζεται μόνο στην απαίτηση να μην προκληθεί καμία ζημιά στο γειτονικό εξοπλισμό.</p>		

Πίνακας 4.3: Όρια ανόδου θερμοκρασία διαφόρων στοιχείων του ηλεκτρολογικού πίνακα

4.5.3 Μέτρηση αντίσταση των κυκλωμάτων του ηλεκτρολογικού πίνακα

Η μέτρηση των κυκλωμάτων ισχύος πραγματοποιείται για επιβεβαίωση των συμπερασμάτων που έχουν ληφθεί από τις υπόλοιπες δοκιμές.

Στο κύκλωμα ισχύος η μέτρηση πραγματοποιείται όταν το κύκλωμα διαρρέεται με d.c. ρεύμα μετρώντας την πτώση τάση ανάμεσα στους ακροδέκτες κάθε πόλου. Το ρεύμα κατά τη διάρκεια της δοκιμής πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον 50 A και να είναι χαμηλότερο από το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας. Η μέτρηση πραγματοποιείται πριν τη διεξαγωγή της δοκιμής για την επαλήθευση των ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας με όλο τον εξοπλισμό του ηλεκτρολογικού πίνακα να βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μέτρηση διεξάγεται δυο φορές και επαναλαμβάνεται αν οι δυο τιμές διαφέρουν μεταξύ τους παραπάνω από 20%.

Η μέτρηση των κυκλωμάτων χαμηλής ισχύος γίνεται τοποθετώντας ένα φορτίο, το οποίο διαρρέεται με ρεύμα 10 mA όταν εφαρμοστεί τάση 6 V με μια ανοχή $\pm 15\%$. Η αντίσταση σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι μικρότερη από 50 Ω .

Οι τιμές των μετρήσεων καθώς και οι συνθήκες κατά τη διάρκεια της δοκιμής (τιμή ρεύματος, εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, σημεία μέτρησης) αναφέρονται στη έκθεση αναφοράς της μέτρησης.^[15]

4.5.4 Δοκιμή επαλήθευσης αντοχής του κυκλώματος ισχύος στο ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης αντοχής του και στη μέγιστη τιμή βραχυκυκλώματος

Αυτή η δοκιμή πρέπει να διεξάγεται στα στοιχεία του κυκλώματος ισχύος και όπου είναι δυνατόν στα κυκλώματα του συστήματος γείωσης για να επαληθευτεί αν έχουν ικανότητα να φέρουν το ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωση αντοχής τους και την ονομαστική μέγιστη τιμή βραχυκύκλωσης που δηλώνει ο κατασκευαστής

Η δοκιμή διεξάγεται στην ονομαστική συχνότητα λειτουργίας με μια ανοχή $\pm 10\%$ σε οποιαδήποτε κατάλληλη τάση. Τα στοιχεία που θα εξεταστούν θα εγκατασταθούν στις θέσεις που προορίζονται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή για να αποφευχθούν μη ρεαλιστικές καταπιέσεις. Η δοκιμή μπορεί να γίνει με τριφασική ή με μονοφασική πηγή τροφοδότησης. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να προσεχθούν τα ακόλουθα:

- Σε ένα τριπολικό στοιχείο η δοκιμή διεξάγεται σε δυο παρακείμενους πόλους.
- Στην περίπτωση που η ονομαστική τάση ενός στοιχείου είναι πάνω από 72 KV ο ουδέτερος αγωγός δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη υπό τη προϋπόθεση ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη ή ίση από αυτή που υποδεικνύει ο κατασκευαστής από τον αγωγό που θα γίνει η δοκιμή.

Το ρεύμα κατά τη διάρκεια της δοκιμής ισούται με a.c. συνιστώσα του ονομαστικού ρεύματος αντοχής (I_k) του στοιχείου. Το μέγιστο ρεύμα που θα παραχθεί δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από ονομαστικό ρεύμα αντοχής (I_p) του στοιχείου και σε καμιά περίπτωση δεν επιτρέπεται να την ξεπεράσει χωρίς την συγκατάθεση του κατασκευαστή. Για δοκιμές με τριφασικό ρεύμα η τιμή κάθε φάσης δεν επιτρέπεται να διαφέρει από τις υπόλοιπες παραπάνω από 10% και ο μέσος όρος των r.m.s τιμών της εναλλασσόμενης συνιστώσας του ρεύματος δοκιμής δεν πρέπει να είναι μικρότερος από την ονομαστική τιμή.

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν ο εξοπλισμός εξακολουθεί να λειτουργεί φυσιολογικά φέροντας το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του χωρίς την υπέρβαση των ορίων ανύψωσης θερμοκρασίας που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 4.3. Επίσης ο πίνακας πρέπει να εξακολουθεί να είναι σε θέση να αντισταθεί στις διηλεκτρικές τάσεις δοκιμής που παρουσιάστηκαν στους πίνακες 4.2α και 4.2β.^[15]

4.5.5 Δοκιμή ραδιοφωνικών παρεμβολών

Αυτή η τάση δοκιμής διεξάγεται στα στοιχεία του ηλεκτρολογικού πίνακα με ονομαστική τάση λειτουργίας από 123 KV και πάνω.

Για τη δοκιμή τα στοιχεία (π.χ. το περίβλημα, οι πόρτες) που κατά τη λειτουργίας τους πρέπει να είναι γειωμένα για την διεξαγωγή της δοκιμής γειώνονται. Τα στοιχεία που θα εξεταστούν πρέπει να είναι στεγνά, να καθαριστούν και να μην έχουν υποβληθεί σε άλλη δοκιμή για 2 ώρες πριν την έναρξή της. Οι τάσεις δοκιμής εφαρμόζονται ως εξής:

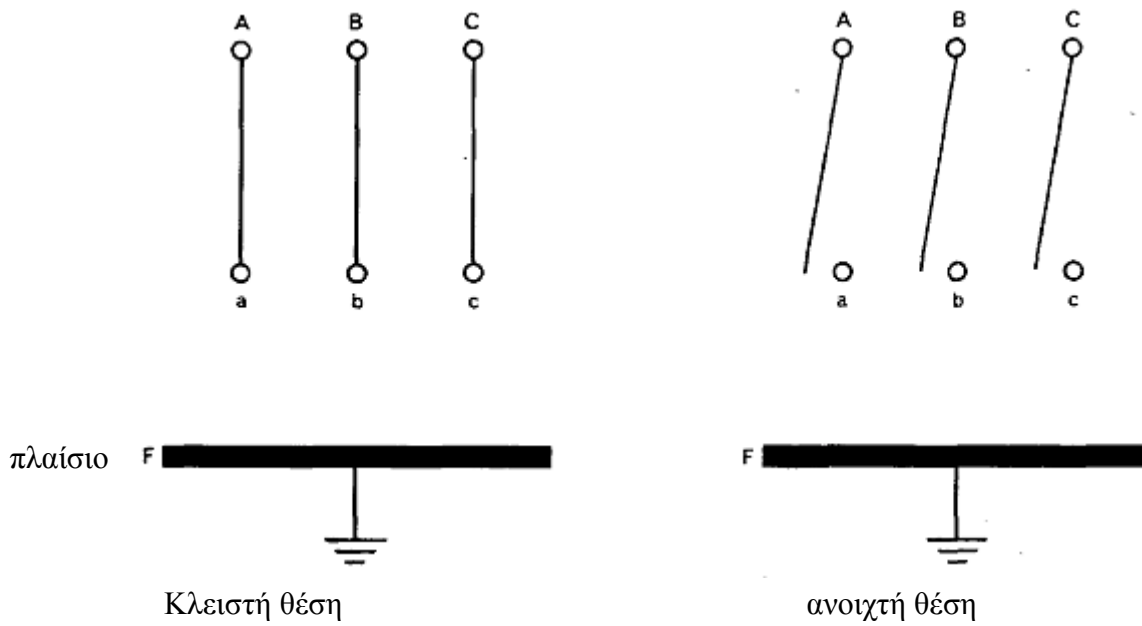
- Όταν το στοιχείο βρίσκεται στη κλειστή θέση (σχήμα 4.4), ανάμεσα στους ακροδέκτες και στο γειωμένο πλαίσιο
- Όταν το στοιχείο βρίσκεται στην ανοικτή θέση (σχήμα 4.4), ανάμεσα σε έναν ακροδέκτη και των υπόλοιπων ακροδεκτών που συνδέονται με τον αγωγό γείωση και έπειτα αντίστροφα όταν η συσκευή δεν είναι συμμετρική

Οι συνδέσεις που πραγματοποιούνται για τη διεξαγωγή της δοκιμής δεν πρέπει να δημιουργούν ραδιοφωνικές παρεμβολές με τιμή μεγαλύτερη από αυτές που ενδείκνυται παρακάτω.

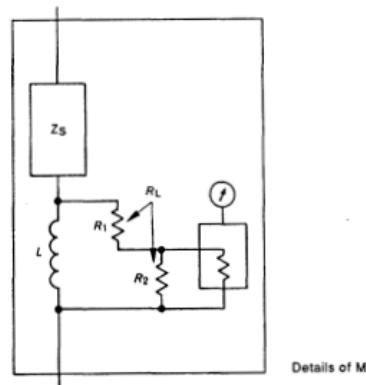
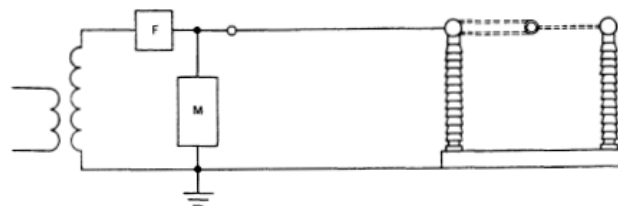
Το κύκλωμα μέτρησης (σχήμα 4.5) προτείνεται να συντονιστεί στην συχνότητα 0,5 Mhz με μια ανοχή 10% αλλά δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποιηθούν κι άλλες συχνότητες που ανήκουν στο εύρος 0,5 Mhz – 2 Mhz. Η συχνότητα μέτρησης καταγράφεται στην έκθεση αναφοράς της δοκιμής και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε μV . Οι αντιστάσεις που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 30 Ω μέχρι και 600 Ω και η γωνία φάση δεν πρέπει να ξεπεράσει τις 20°. Η ισοδύναμη τάση ραδιοφωνικής παρεμβολής μπορεί να μετρηθεί μετρώντας της αντίσταση αφού σχετίζονται αναλογικά μεταξύ τους εκτός από τις περιπτώσεις που υπάρχουν υψηλές χωρητικότητες. Συστήνεται η χρησιμοποίηση μιας αντίστασης με τιμή 300 Ω για τα περισσότερα στοιχεία. Το φίλτρο F πρέπει να έχει υψηλή σύνθετη αντίσταση (συστήνεται 10.000-20.000 Ω) στην συχνότητα μέτρησης για τη μείωση των παρεμβολών που πραγματοποιούνται από τους μετασχηματιστές υψηλής τάσης.

Κατά την δοκιμή εφαρμόζεται μια τάση με τιμή $1,1U_r/\sqrt{3}$ για τουλάχιστον 5 min, όπου U_r η ονομαστική τάση του πίνακα. Έπειτα η τάση αυτή μειώνεται σταδιακά με βήματα των $0,1U_r/\sqrt{3}$ μέχρι να φτάσει την τιμή $0,3U_r/\sqrt{3}$. Στη συνέχεια αυξάνεται σταδιακά με το ίδιο βήμα έτσι ώστε να φτάσει στην αρχική τιμή και τέλος επιστρέφει ξανά σε αυτήν με τον ίδιο τρόπο. Σε κάθε βήμα πρέπει να μετρείται η τάση παρεμβολών.

Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν η τάση παρεμβολών δεν ξεπερνά τα 2500 μV όταν η τάση δοκιμής έχει τιμή $1,1U_r/\sqrt{3}$.



Σχήμα 4.4: Καταστάσεις διακοπτικού στοιχείου



Σχήμα 4.5: Διάγραμμα του κυκλώματος δοκιμής ραδιοφωνικών παρεμβολών
F: φίλτρο

R_L: Τοποθέτηση της *R₁* σε σειρά, και τοποθέτηση παράλληλα προς αυτήν, την αντίσταση *R₂*.

Z_S: Μπορεί να είναι η ένας πυκνωτής ή ένα κύκλωμα που δημιουργείται από έναν πυκνωτή και ένα πηνίο εν σειρά.

L: Η σύνθετη αντίσταση για να οδηγήσει το εναλλασσόμενο ρεύμα και για να αντισταθμίσει την παρασιτική χωρητικότητα στη συχνότητα μέτρησης

4.6 Συνήθεις δοκιμές (routine tests)

Στις υποπαραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συνήθεις δοκιμές (routine tests) που πραγματοποιούνται στα δομικά στοιχεία ενός ηλεκτρολογικού πίνακα μέσης ή υψηλής τάσης. Όπως αναφέρθηκε και στις αντίστοιχες δοκιμές για τους πίνακες χαμηλής τάσης ο 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.

4.6.1 Διηλεκτρική δοκιμή στο κύκλωμα ισχύος

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.5.1 με τη διαφορά ότι ως τάσεις δοκιμής επιλέγονται μόνο η δεύτερη στήλη των πινάκων 4.2α και 4.2β.

Όταν η μόνωση που χρησιμοποιείται είναι στερεάς μορφής ή είναι ο αέρας σε περιβαλλοντική πίεση οι τάσεις δοκιμής εναλλασσόμενης μορφής μπορεί να παραλειφθούν εάν οι αποστάσεις μεταξύ των αγωγίμων τμημάτων, μεταξύ των φάσεων και μεταξύ των αγωγίμων σημείων του πλαισίου ελέγχονται από μετρήσεις. Για να ελεγχθούν οι διαστάσεις χρησιμοποιείται το σχεδιάγραμμα διαστασιολόγησης που παρέχει ο κατασκευαστής και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και την ανοχή σε σφάλματα.^[14, 15]

4.6.2 Μέτρηση της αντίστασης του κυκλώματος ισχύος

Σε αυτή τη δοκιμή μετριέται η d.c. πτώση τάση του κυκλώματος ισχύος σε κάθε πόλο του κυκλώματος ισχύος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα σημεία, στα οποία γίνεται η μέτρηση είναι αυτά που επιλέγονται στη αντίστοιχη δοκιμή τύπου που περιγράφηκε στην παράγραφο 4.5.3.^[14, 15]

4.6.3 Οπτική επιθεώρησης

Τα στοιχεία του ηλεκτρολογικού πίνακα ελέγχονται οπτικά για να επιβεβαιωθεί αν η σχεδίαση και η κατασκευή τους έχει γίνει σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές τους και ικανοποιούν τους κανόνες ασφαλείας.^[14, 15]

5 Βιβλιογραφία

- [1] Π.Δ. Μπούρκας, Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος, *Βιομηχανικές διατάξεις και υλικά*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2003
- [2] Μπούρκας Π.Δ., *Εφαρμογές Κτιριακών – Βιομηχανικών Μελετών και Εγκαταστάσεων*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1990
- [3] Ν.Ι. Θεοδώρου, *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ Τεύχος Ι: Κλασσικές μετρήσεις*, Εκδόσεις ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, Αθήνα, 2004
- [4] Μπούρκας Π.Δ., *Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων*, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1998
- [5] Ν. Μ. Κιμουλάκης, *Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2006
- [6] Ι. Σταθόπουλος, *Υψηλές Τάσεις*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1995
- [7] Barrie Rigby, *Design of Electrical Services of Buildings 4th Edition*, Spon Press, London, 2005
- [8] IEC 62208, *Empty enclosures for low-voltage switchgear*, IEC, 2002
- [9] IEC 60439-1-4, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*, IEC, 2004
- [10] IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*, IEC, 2002
- [11] IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*, IEC, 2002
- [12] IEC 60073, *Basic and Safety Principles for Man-Machine Interface, Marking and Identification - Coding Principles for Indicators and Actuators*, IEC, 2002
- [13] 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
- [14] IEC 60694, *Common specifications for high - voltage switchgear and controlgear standards*, IEC, 2001
- [15] IEC 60298, *A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*, IEC, 1994
- [16] IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*, IEC, 2010

Βιβλιογραφία

- [17] IEC 60073, *Basic and Safety Principles for Man-Machine Interface, Marking and Identification - Coding Principles for Indicators and Actuators*, IEC, 2002
- [18] IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, IEC, 2002