



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης

Καθηγητής: Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Ιωάννης Ν. Ζτούπης

Ελένη Π. Νικολοπούλου

Αθήνα, Μάρτιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης

Καθηγητής: Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Ιωάννης Ν. Ζτούπης

Ελένη Π. Νικολοπούλου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 8^η Μαρτίου 2013.

.....
Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Τρύφων Κουσιουρής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

.....

Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης

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

Copyright © Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη και διεξαγωγή δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με τα Πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC-International Electrotechnical Commission) και της Διεθνούς Ειδικής Επιτροπής Ραδιό-παρεμβολών (CISPR-International Special Committee on Radio Interference). Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία πραγματεύεται τα Πρότυπα IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6 και CISPR 22, στα οποία οι δοκιμές στις τηλεπικοινωνιακές θύρες διαφοροποιούνται από τις αντίστοιχες στις θύρες τροφοδοσίας.

Οι προϋποθέσεις που διατυπώνονται στα συγκεκριμένα Πρότυπα καθορίζουν τη δυνατότητα πώλησης μίας ηλεκτρικής συσκευής σε όλες τις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ειδικότερα, μετά από μια αναλυτική εισαγωγή στην έννοια της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC-Electromagnetic Compatibility) και στον καθοριστικό της ρόλο στον σχεδιασμό και την παραγωγή ενός προϊόντος παρουσιάζεται μια συνοπτική ανάλυση των σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών γραμμών και καλωδίων δικτύωσης. Στη συνέχεια παρατίθεται το θεωρητικό υπόβαθρο των ανωτέρω Προτύπων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις ενότητες που αφορούν στις δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες. Μελετώνται λεπτομερώς όλες οι διαφορετικές διατάξεις δοκιμών, καθώς και όλα τα είδη του απαραίτητου εξοπλισμού για τη βέλτιστη διεξαγωγή τους.

Οι δοκιμές, που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, έλαβαν χώρα στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. και αποτέλεσαν τη βάση για τη σύνταξη οδηγιών διεξαγωγής τους, απαραίτητων σε κάθε εργαστήριο μελέτης της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, ατρωσία, δοκιμές ατρωσίας γρήγορων μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων, υπερτάσεων και υπερεντάσεων, επαγόμενων RF-διαταραχών, δοκιμές μέτρησης επαγόμενων, ακτινοβολούμενων διαταραχών, αβεβαιότητα μετρήσεων

Abstract

This thesis aims to study and experiment with electromagnetic compatibility of telecommunication ports according to the Standards of the International Electrotechnical Commission IEC and the International Special Committee on Radio Interference CISPR. In particular this thesis studies Standards IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6 and CISPR 22, where the testing setups for telecommunication ports differ from those for power supply ports. The conditions set out in those Standards specify if an electrical appliance can be sold within the European Union.

Specifically, after a detailed introduction to the concept of electromagnetic compatibility (EMC) and its decisive role in the design and production of an electrical appliance, a brief analysis of modern telecommunications lines and network cables is presented. Furthermore, the theoretical background of the above Standards, with particular emphasis on the sections regarding the tests on telecommunication ports is included. Different test setups and all kinds of equipment, necessary for their optimal execution, are studied in detail.

All tests, conducted in this thesis, took place in the High Voltage Laboratory of N.T.U.A. and lead to the composition of their respective test-guides and manuals, essential in any laboratory studying electromagnetic compatibility.

Key Words: Electromagnetic compatibility, immunity, immunity tests for electrical fast transients/bursts, surge, conducted RF disturbances, measurement of conducted, radiated disturbances, measurement uncertainty

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012- 2013 στον τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αντικείμενο της εργασίας είναι οι δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες.

Αναλυτικά, η διπλωματική εργασία αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1: Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται μία εισαγωγή στις βασικές έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Παρουσιάζεται μια σχετική ιστορική αναδρομή και αναλύονται οι πτυχές της και ο ρόλος της στη σχεδίαση των σύγχρονων προϊόντων. Τέλος, αναφέρονται οι κατηγορίες των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και τα αντίστοιχα διεθνή Πρότυπα που τις ρυθμίζουν.

Κεφάλαιο 2: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες των τηλεπικοινωνιακών γραμμών. Περιγράφεται το φαινόμενο παραγωγής παρεμβολών από μία τυπική τηλεπικοινωνιακή γραμμή και παρατίθενται μελέτες σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα των συγκεκριμένων γραμμών. Τέλος αναλύονται τα πιο διαδεδομένα είδη γραμμών μετάδοσης και καλωδίων δικτύωσης.

Κεφάλαιο 3: Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο μελετάται αναλυτικά το θεωρητικό υπόβαθρο των διεθνών Πρότυπων IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5 και IEC 61000-4-6, που αναφέρονται σε δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας και του Προτύπου CISPR 22, το οποίο αναφέρεται σε δοκιμές μέτρησης των αγόμενων και ακτινοβολούμενων διαταραχών ενός εξοπλισμού. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες.

Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διεξαγωγή των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας που περιγράφονται στο κεφάλαιο 3 και αναλύονται τα βήματα, σε μορφή οδηγιών, για την πραγματοποίησή τους.

Κεφάλαιο 5: Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο γίνεται μια ανακεφαλαίωση της διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την περαίωση της. Τέλος, αναφέρονται παρατηρήσεις και εκκρεμότητες που μπορούν να αποτελέσουν θέματα μελλοντικών μελετών.

Παράρτημα Α: Σε αυτό το παράρτημα γίνεται αναφορά στην αβεβαιότητα των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και παρατίθενται οι αντίστοιχοι πίνακες αβεβαιοτήτων.

Παράρτημα Β: Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής των επιπέδων κάθε δοκιμής σύμφωνα με το περιβάλλον της εγκατάστασης, που πραγματοποιείται η δοκιμή.

Παράρτημα Γ: Αυτό το παράρτημα αναφέρεται στη ρύθμιση των παραμέτρων των γεννητριών PNW 2225-2050-2051 και της γεννήτριας TRA 3000 για τη διεξαγωγή των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας σύμφωνα με τα Πρότυπα IEC 61000-4-4 και IEC 61000-4-5.

Παράρτημα Δ: Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζεται η διαδικασία διακρίβωσης της γεννήτριας υπερτάσεων PNW 2051.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη συμπαράσταση και την ανεκτίμητη βοήθειά τους, όλους όσους με στήριξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα :

Τον κ. Ιωάννη Αθ. Σταθόπουλο, καθηγητή του Τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την αμέριστη συμπαράστασή του και το άριστο κλίμα συνεργασίας που καλλιέργησε.

Τον κ. Ιωάννη Φ. Γκόνο, διδάκτορα μηχανικό και λέκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τη συνεργασία, την καθοδήγηση, τη βοήθεια που πρόθυμα μου παρείχε καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τον κ. Ιωάννη Ν. Ζτούπη, υποψήφιο διδάκτορα και μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξη κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας με ουσιαστική και αμφίδρομη επικοινωνία μέσα από ένα φιλικό κλίμα συνεργασίας που δημιουργήθηκε.

Την κα. Ελένη Π. Νικολοπούλου, υποψήφια διδάκτορα και μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχε πρόθυμα και αδιάκοπα, τη συνεχή καθοδήγηση και τις εύστοχες παρεμβάσεις της σε κάθε βήμα.

Το σύνολο του προσωπικού του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων για τη συνεργασία και την υποστήριξή του στα πλαίσια εκπόνησης της εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Abstract.....	ii
Πρόλογος.....	iii
Περιεχόμενα.....	vi
Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Θόρυβος και παρεμβολές.....	2
1.2.1 Διασυστηματικές και ενδοσυστηματικές EMI	3
1.3 Ιστορική αναδρομή για την EMC.....	4
1.4 Σχεδίαση σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.....	7
1.5 Πτυχές της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC).....	10
1.6 EMC και Πρότυπα.....	13
Κεφάλαιο 2: EMC και Τηλεπικοινωνιακές γραμμές.....	15
2.1 Εισαγωγή.....	15
2.2 Ανάλυση μονοπατιού σύζευξης μίας γραμμής μετάδοσης και ενός δέκτη	16
2.3 Μελέτες για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.....	19
2.3.1 Χαρακτηρισμός των κρουστικών θορύβων.....	19
2.3.2 Ακτινοβολούμενες εκπομπές xDSL γραμμής	21
2.4 Γραμμές μετάδοσης και καλώδια δικτύωσης.....	23
2.4.1 Γραμμή μετάδοσης.....	23
2.4.2 Αρχές των γραμμών μετάδοσης.....	23
2.4.3 Είδη γραμμών μετάδοσης.....	24
2.4.4 Καλώδια δικτύωσης	27
Κεφάλαιο 3: Επισκόπηση των Πρότυπων για δοκιμές EMC σε τηλεπικοινωνιακές θύρες... 35	
3.1 Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04)	35
3.1.1 Εισαγωγή.....	35
3.1.2 Θεωρητικό υπόβαθρο	36
3.1.3 Επίπεδα δοκιμών.....	37

3.1.3 Εξοπλισμός δοκιμών	38
3.1.3.1 Γεννήτρια EFT/B.....	38
3.1.3.2 Clamp χωρητικής σύζευξης	41
3.1.4 Διάταξη δοκιμών	44
3.1.4.1 Εξοπλισμός δοκιμών	44
3.1.5 Διάταξη δοκιμών που διεξάγονται σε εργαστήρια.....	45
3.1.5.1 Μέθοδος σύζευξης της τάσης δοκιμής στις I/O θύρες και τις θύρες επικοινωνίας του δοκιμίου	48
3.1.6 Διάταξη δοκιμών μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού	48
3.1.6.1 Δοκιμές σε θύρες εισόδου/εξόδου και επικοινωνιών.....	49
3.2 Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11)	50
3.2.1 Αιτίες εμφάνισης υπερτάσεων.....	50
3.2.2 Προσομοίωση των μεταβάσεων	52
3.2.3 Επίπεδα δοκιμών.....	52
3.2.4 Εξοπλισμός δοκιμών	53
3.2.4.1 Γεννήτρια συνδυασμού κυμάτων 1,2/50μs	53
3.2.4.2 Γεννήτρια συνδυασμού κυμάτων 10/700μs	55
3.2.4.3 Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης (CDN) για δοκιμές σε θύρες σήματος/δεδομένων/τηλεπικοινωνιών.....	58
3.3 Πρότυπο IEC 61000-4-6 ed3.0 2008-10.....	66
3.3.1 Γενικά.....	67
3.3.2 Επίπεδα δοκιμών.....	68
3.3.3 Εξοπλισμός δοκιμών	69
3.3.3.1 Γεννήτρια δοκιμών	69
3.3.3.2 Συσκευές σύζευξης και απόζευξης.....	71
3.3.3.3 Διακρίβωση του επιπέδου έγχυσης.....	76
3.3.4. Διατάξεις δοκιμών για επιτραπέζιο και επιδαπέδιο εξοπλισμό.....	77
3.3.4.1 Κανόνες για την επιλογή μεθόδου έγχυσης και σημείων δοκιμής.....	78
3.3.4.2 Διαδικασία για την εφαρμογή της έγχυσης μέσω CDN	79
3.3.4.3 Διαδικασία έγχυσης μέσω clamp όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις κοινής εμπέδησης	80

3.3.4.4 Διαδικασία έγχυσης μέσω clamp όταν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις κοινής εμπέδησης.....	81
3.3.4.5 Διαδικασία άμεσης έγχυσης	81
3.4 Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09	82
3.4.1 Κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού πληροφορικής (ITE)	82
3.4.2 Όρια για τις επαγόμενες κοινές (ασύμμετρου τύπου) διαταραχές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες.....	83
3.4.3. Όρια για τις ακτινοβολούμενες διαταραχές	84
3.4.4. Συνθήκες μέτρησης	86
3.4.4.1 Περιβάλλον θόρυβος.....	86
3.4.4.2 Γενική διάταξη.....	86
3.4.4.3 Διάταξη δοκιμίου	88
3.4.4.4 Λειτουργία του δοκιμίου.....	92
3.4.5 Μέθοδοι μέτρησης των επαγόμενων διαταραχών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες....	92
3.4.5.1 Όργανα μέτρησης.....	92
3.4.5.3 Επίπεδο αναφοράς γης (GRP)	93
3.4.5.4 Δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN).....	93
3.4.5.5 Μέτρηση σε τηλεπικοινωνιακές θύρες.....	96
3.4.6 Δοκιμές μέτρησης ακτινοβολούμενων διαταραχών.....	99
3.4.6.2 Κεραίες, καλώδια και ευαισθησία συστήματος	101
3.4.6.3 Κανονικοποιημένη εξασθένιση χώρου (NSA)	103
3.4.7 Διαγράμματα ροής μετρήσεων και αξιολόγηση της μέτρησης	104
Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών EMC σε τηλεπικοινωνιακές θύρες	106
4.1 Γενικά.....	106
4.2 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04)	106
4.2.1 Εξοπλισμός για τη διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2225	106
4.2.2 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2225	108
4.2.3 Εξοπλισμός για τη διεξαγωγή δοκιμών με την TRA3000	109
4.2.4 Διεξαγωγή δοκιμών με την TRA3000	110
4.3 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11)	112

4.3.1 Εξοπλισμός	112
4.3.2 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2050	116
4.3.3 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2051	118
4.4 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-6 Ed. 3.0 (2008-10)	120
4.4.1 Τοποθέτηση δοκιμίου	121
4.4.2 Διαδικασία δοκιμής.....	122
4.5 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09 (επαγόμενες διαταραχές)	127
4.5.1 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου για δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες	128
4.5.2 Διαδικασία μέτρησης για δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες	130
4.6 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09 (ακτινοβολούμενες διαταραχές)	135
4.6.1 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου	136
4.6.2 Διαδικασία μέτρησης έως 1GHz.....	139
4.6.3 Διαδικασία μέτρησης ≥ 1 GHz.....	146
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα και μελλοντικές μελέτες	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αβεβαιότητα μετρήσεων στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.....	150
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Επιλογή επιπέδων δοκιμής	156
B.1. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed.3.0 (2012)	156
B.2. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed.2.0 (2005-11).....	159
B.3. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-6 ed3.0 (2008-10).....	162
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Ρύθμιση παραμέτρων των γεννητριών PNW 2225-2050-2051 και TRA3000	164
Γ.1 Κεντρική μονάδα NSG 2050.....	164
Γ.1.1 Εμπρόσθιο μέρος.....	164
Γ.1.2 Πίσω μέρος	166
Γ.1.3 Γεννήτρια παρασίτων PNW 2225	167
Γ 1.4 Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050	176
Γ.1.5 Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051	183
Γ.2 Γεννήτρια TRA3000.....	190

Γ.2.1 Εμπρόσθιο μέρος.....	190
Γ.2.2 Πίσω μέρος	193
Γ.2.3 Ρύθμιση παραμέτρων της TRA3000 σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου IEC 61000-4-4	195
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Διακρίβωση της γεννήτριας υπερτάσεων (10/700μs) PNW 2051.....	202
Δ.1 Διεξαγωγή διακρίβωσης της μορφής της τάσης: PNW 2051 και CDN 118	202
Δ.2 Διεξαγωγή διακρίβωσης της μορφής του ρεύματος: PNW 2051 και CDN 118.....	206
Βιβλιογραφία	210

Κεφάλαιο 1

Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

1.1 Εισαγωγή

Η ευρεία χρήση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στην επικοινωνία, τον αυτοματισμό και σχεδόν σε όλους τους τομείς της τεχνολογίας καθιστά αναγκαίο σε ποικίλα κυκλώματα να λειτουργούν σε στενή εγγύτητα μεταξύ τους. Πολύ συχνά αυτό προκαλεί αρνητικά και μη επιθυμητά φαινόμενα. Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI) αποτελούν πλέον ένα σημαντικό πρόβλημα για τους σχεδιαστές κυκλωμάτων, ένα πρόβλημα το οποίο πιθανότατα θα γίνει σημαντικότερο στο μέλλον. Ο μεγάλος αριθμός ηλεκτρονικών συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα είναι εν μέρει υπεύθυνος για αυτήν την τάση. Επιπλέον, η χρήση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων καθώς και της μεγάλης-κλίμακας ολοκλήρωσης έχουν μειώσει αισθητά το μέγεθος του ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Όσο η σχεδίαση γίνεται μικρότερη και πιο περίπλοκη, περισσότερα κυκλώματα τοποθετούνται σε μικρότερο χώρο, κάτι το οποίο αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI). Επίσης πρέπει να αναφερθεί η δραματική αύξηση των συχνοτήτων των ρολογιών μέσα στα χρόνια-σε αρκετές περιπτώσεις ξεπερνούν το 1 GHz. Σε γενικές γραμμές τα τρία σημεία που έχουν καταστήσει την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα αναπόσπαστο κομμάτι της ηλεκτρονικής αγοράς είναι [1,2]:

- Οι διαταραχές ενισχύονται λόγω της αύξησης των τιμών της τάσης και του ρεύματος.
- Η ευαισθησία των ηλεκτρονικών συσκευών αυξάνεται σταθερά.
- Οι αποστάσεις μεταξύ ευαίσθητων κυκλωμάτων και κυκλωμάτων παρεμβολής μικραίνουν.

Οι σύγχρονοι σχεδιαστές οφείλουν να λαμβάνουν υπ' όψιν τους αρκετές περισσότερες παραμέτρους πέραν της αναγκαιότητας να λειτουργεί ο εξοπλισμός τους σε ιδεατές

συνθήκες εργαστηρίου. Τα προϊόντα πρέπει να είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν στον "πραγματικό κόσμο", σε κοντινή απόσταση με τον υπόλοιπο εξοπλισμό και να βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους κυβερνητικούς κανονισμούς για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC). Αυτό συνεπάγεται ότι *ο εξοπλισμός οφείλει να μην επηρεάζεται από εξωτερικές πηγές ηλεκτρομαγνητισμού, καθώς επίσης και να μην αποτελεί πηγή ηλεκτρομαγνητικού θορύβου που μολύνει το περιβάλλον και επιδρά αρνητικά σε γειτονικά κυκλώματα*. Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίο δώσουμε τον ορισμό του ηλεκτρομαγνητικά συμβατού συστήματος [1].

Ηλεκτρομαγνητικά συμβατό σύστημα (Electromagnetically compatible system) είναι αυτό που [1]:

- 1) Δεν προκαλεί παρεμβολές με κάποιο άλλο σύστημα.
- 2) Δεν είναι ευαίσθητο στις εκπομπές άλλων συστημάτων.
- 3) Δεν προκαλεί παρεμβολές με τον εαυτό του.

1.2 Θόρυβος και παρεμβολές

Ως θόρυβος ορίζεται κάθε ηλεκτρικό σήμα που είναι παρόν σε ένα κύκλωμα πέραν του επιθυμητού σήματος. Από τον ορισμό εξαιρείται η παραμόρφωση που παράγεται στο κύκλωμα λόγω φαινομένων μη-γραμμικότητας, διότι ενώ μπορεί να μην είναι επιθυμητή, δε θεωρείται θόρυβος εκτός και αν συζευχθεί με κάποιο άλλο κομμάτι του κυκλώματος.

Οι πηγές θορύβου κατατάσσονται στις εξής τρεις κατηγορίες: (1) εγγενείς πηγές που εμφανίζονται λόγω τυχαίων διακυμάνσεων σε φυσικά σύστημα π.χ. θερμικός θόρυβος, (2) τεχνητές πηγές, όπως κινητήρες, διακόπτες, υπολογιστές, ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα και ραδιοφωνικοί πομποί, (3) θόρυβος που προκαλείται από φυσικές διαταραχές όπως κεραυνοί και ηλιακές κηλίδες.

Παρεμβολή (EMI) ορίζεται το ανεπιθύμητο αποτέλεσμα του θορύβου. Αν η παραγόμενη από το θόρυβο τάση προκαλεί λανθασμένη λειτουργία του κυκλώματος, αυτό ονομάζεται παρεμβολή. Ο θόρυβος δεν μπορεί να εξαλειφθεί, αλλά η παρεμβολή μπορεί. Ο θόρυβος μπορεί μόνο να μειωθεί σε μέγεθος μέχρι του σημείου που δεν προκαλεί παρεμβολές [1].

Τα 4 διαφορετικά είδη παρεμβολών (EMI) είναι [3]:

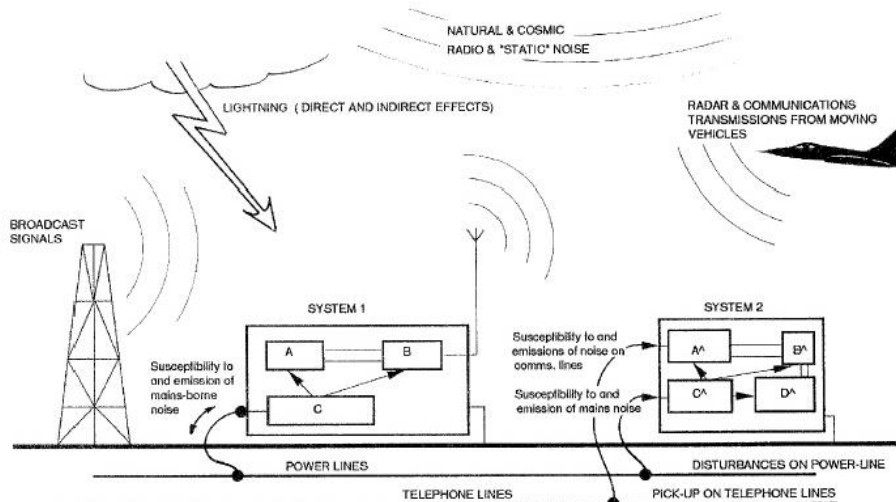
- Σύζευξη εμπέδησης
- Επαγωγική σύζευξη
- Χωρητική σύζευξη
- Ακτινοβολούμενη σύζευξη

1.2.1 Διασυστηματικές και ενδοσυστηματικές EMI

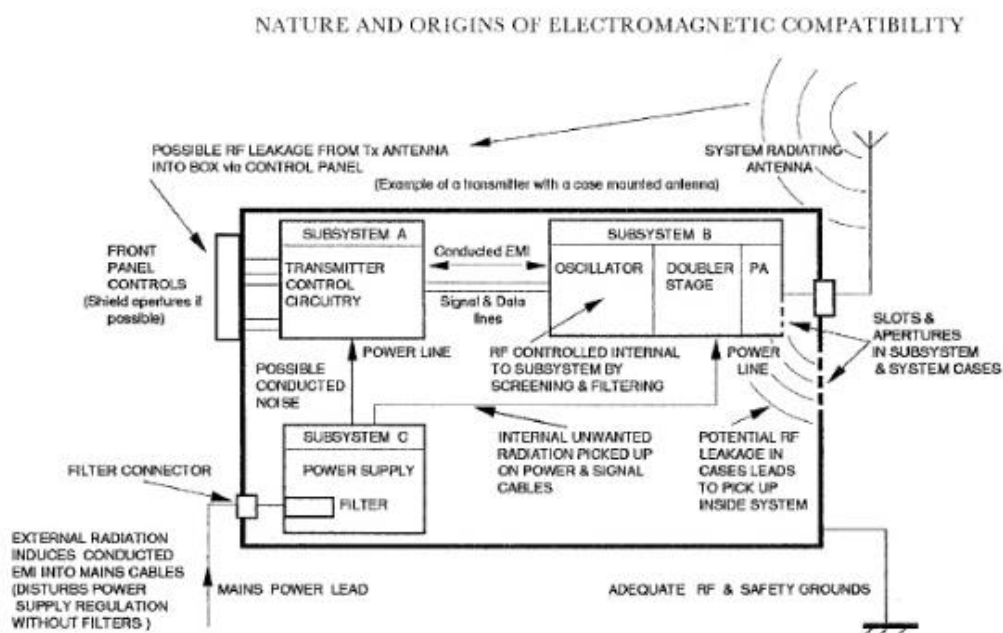
Η EMC δραστηριότητα μπορεί να διαφοροποιηθεί όσον αφορά το επίπεδο στο οποίο εφαρμόζεται. Το ευρύτερο πεδίο ανησυχίας είναι η συμβατότητα ενός προς μελέτη συστήματος με όλα τα υπόλοιπα συστήματα με τα οποία μπορεί να αλληλεπιδρά, συμπεριλαμβανομένου και του γενικότερου ηλεκτρομαγνητικού περιβάλλοντος. Αυτό ορίζεται ως συστηματική ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα και μπορεί να περιλαμβάνει για παράδειγμα, μελέτη συχνοτήτων, χωροθέτηση εξοπλισμού και την επιβολή λειτουργικών περιορισμών. Η αλληλεπίδραση των εμπορικών συστημάτων ρυθμίζεται ως επί το πλείστον από κυβερνητικούς νόμους. Η ραγδαία αυξανόμενη διάδοση των ψηφιακών υπολογιστών οδήγησε στην εισαγωγή ρυθμιστικών πλαισίων για τον έλεγχο των ακτινοβολούμενων και επαγόμενων εκπομπών με στόχο την προστασία του φάσματος αναμετάδοσης.

Η ενδοσυστηματική EMC ασχολείται με την αυτό-συμβατότητα του συστήματος προς μελέτη. Στηρίζεται στην προϋπόθεση ότι αν κάθε ξεχωριστή μονάδα μέσα στο σύστημα απαιτείται να παράγει λιγότερες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από αυτές στις οποίες είναι ευαίσθητες οι υπόλοιπες μονάδες (λαμβάνοντας υπ' όψιν και ένα περιθώριο ασφαλείας), τότε, μετά τη συναρμολόγησή του, το σύστημα θα είναι ηλεκτρομαγνητικά συμβατό.

Η διαφοροποίηση που παρουσιάζεται σε αυτήν την ενότητα αναπαριστάται και στα δύο επόμενα σχήματα. Στο Σχήμα 1-1 αναφέρονται πιθανά επαγόμενα ή ακτινοβολούμενα μονοπάτια σύζευξης μεταξύ διαφόρων συστημάτων, ενώ στο Σχήμα 1-2 παρουσιάζεται μία ενδοσυστηματική περίπτωση EMI και συγκεκριμένα ένας πομπός με ενσωματωμένη κεραία [4].



ΣΧΗΜΑ 1-1: Διασυστηματικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI)^[4]



ΣΧΗΜΑ 1-2: Ενδοσυστηματικές παρεμβολές (EMI)^[4]

1.3 Ιστορική αναδρομή για την EMC

Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία η έννοια της παρεμβολής και της προσπάθειας διόρθωσής της εμφανίζεται με το πείραμα σπινθήρας-χάσματος του Marconi στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Το 1901 ο Marconi επιτυγχάνει την πρώτη υπερατλαντική μετάδοση με

την χρήση μιας διάταξης χάλκινων καλωδίων. Οι μόνοι διαθέσιμοι δέκτες εκείνη την περίοδο ήταν οι ραδιοφωνικοί. Ο αριθμός τους ήταν μικρός και η απόσταση μεταξύ τους μεγάλη, έτσι η αντιμετώπιση ενός προβλήματος παρεμβολής ήταν σχετικά απλή. Παρόλαυτά, τεχνικές εκθέσεις στο θέμα των ραδιοφωνικών παρεμβολών άρχισαν να δημοσιεύονται σε διάφορα τεχνικά περιοδικά γύρω στο 1920. Οι ραδιοφωνικοί δέκτες και οι κεραιές βρίσκονταν σε πρόωμη και ακατέργαστη μορφή με συνέπεια να είναι επιρρεπείς σε παρεμβολές είτε από εξωτερικές πηγές είτε εσωτερικά, με τη μορφή αυτοπροκαλούμενων ταλαντώσεων. Βελτιώσεις στην τεχνολογία σχεδίασης βοήθησαν στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων. Ραδιό-παρεμβολές από ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως ηλεκτρικές μηχανές, ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι και ηλεκτρικές σημάνσεις, άρχισαν να αποτελούν σημαντικό πρόβλημα γύρω στο 1930.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου η χρήση των ηλεκτρονικών συσκευών, κυρίως του ραδιοφώνου, των συσκευών πλοήγησης και των ραντάρ επιταχύνθηκε ραγδαία. Φαινόμενα παρεμβολών μεταξύ ραδιοφώνων και συσκευών πλοήγησης σε αεροσκάφη άρχισαν να αυξάνονται. Συνήθως αυτές οι περιπτώσεις αντιμετωπίζονταν με την εναλλαγή των εκπεμπόμενων συχνοτήτων σε ένα λιγότερο συνωστισμένο φάσμα ή με την μετακίνηση των καλωδίων μακριά από πηγές εκπομπών. Λόγω της μικρής πυκνότητας των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σε σχέση με τη σημερινή εποχή υπήρχε η δυνατότητα αντιμετώπισης των προβλημάτων λόγω παρεμβολών ένα προς ένα. Η σημαντική κλιμάκωση των φαινομένων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών σημειώνεται με την εφεύρεση του διπολικού τρανζίστορ το 1950, του ολοκληρωμένου κυκλώματος το 1960 και των μικροεπεξεργαστών το 1970. Επιπλέον, το φάσμα συχνοτήτων εμφανίζει ιδιαίτερη αύξηση στο φόρτο λόγω των απαιτήσεων για μετάδοση φωνής και δεδομένων.

Πιθανότατα, το σημαντικότερο γεγονός που οδήγησε στην έντονη έμφαση στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) ήταν η εισαγωγή της ψηφιακής επεξεργασίας σημάτων και υπολογισμού. Στις αρχές του 1960 οι ψηφιακοί υπολογιστές χρησιμοποιούσαν σωλήνες κενού ως διακοπτικά στοιχεία, οι οποίοι ήταν σχετικά αργοί (σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα) και είχαν μεγάλες απαιτήσεις σε κατανάλωση ισχύος και εγκαταστάσεις. Το 1970 το ολοκληρωμένο κύκλωμα επέτρεψε την κατασκευή

υπολογιστών με χαμηλή κατανάλωση ισχύος και μειωμένες απαιτήσεις σε φυσικό χώρο. Στα τέλη του 1970 η τάση για αντικατάσταση της αναλογικής επεξεργασίας σημάτων με την ψηφιακή άρχισε να επιταχύνεται. Σχεδόν όλες οι ηλεκτρονικές λειτουργίες εφαρμόζονταν ψηφιακά λόγω της μεγάλης διακοπτικής ταχύτητας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αισθητή αύξηση της πυκνότητας των πηγών θορύβου σε φασματικό περιεχόμενο (διακοπτικές κυματομορφές). Κατά συνέπεια, η εμφάνιση των προβλημάτων λόγω ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI) άρχισε να εντείνεται.

Λόγω της αυξανόμενης εμφάνισης παρεμβολών ψηφιακών συστημάτων με καλώδια και ραδιό-επικοινωνίες, η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) στις Η.Π.Α. δημοσίευσε ρυθμιστικό πλαίσιο το 1979 που καθόριζε συγκεκριμένα όρια ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών όλων των 'ψηφιακών συσκευών'. Ο σκοπός αυτού του πλαισίου ήταν η προσπάθεια περιορισμού της 'ηλεκτρομαγνητικής ρύπανσης' ώστε να αποφευχθούν ή έστω να μειωθεί ο αριθμός περιπτώσεων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Επειδή καμία 'ψηφιακή συσκευή' δεν μπορούσε να πουληθεί στις Η.Π.Α. χωρίς να πληρεί τις προϋποθέσεις που είχαν τεθεί από την FCC το θέμα της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC) προκάλεσε ιδιαίτερο ενδιαφέρον ανάμεσα στους κατασκευαστές εμπορικών ηλεκτρονικών, από ψηφιακούς υπολογιστές έως και ηλεκτρονικές γραφομηχανές.

Αρκετές χώρες της Ευρώπης έθεσαν παρόμοιες απαιτήσεις στις ψηφιακές συσκευές αρκετά πριν την έκδοση του ρυθμιστικού πλαισίου από την FCC. Το 1933 μια συνάντηση της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC) στο Παρίσι πρότεινε τη δημιουργία της Διεθνούς Ειδικής Επιτροπής (ISC)[6] σε Ραδιό-παρεμβολές (CISPR) για την αντιμετώπιση του διαφαινόμενου προβλήματος των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI). Η επιτροπή συνέταξε ένα έγγραφο με λεπτομερή περιγραφή του εξοπλισμού για τη διαπίστωση πιθανών EMI εκπομπών. Μετά το τέλος του δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου η CISPR συγκλήθηκε εκ νέου στο Λονδίνο το 1946. Επακόλουθες συνεδριάσεις απέφεραν αρκετές τεχνικές δημοσιεύσεις που αναφέρονταν σε τεχνικές μετρήσεων και προτεινόμενα όρια εκπομπών.

Μια άλλη πτυχή των ρυθμιστικών πλαισίων ήταν η εφαρμογή της απαίτησης ευαισθησίας. Παρεμβατικά σήματα τροφοδοτούνται εσκεμμένα στον εξοπλισμό, ο

οποίος πρέπει να συνεχίζει να λειτουργεί κανονικά στην παρουσία αυτών των σημάτων. Παρόλο που ένα ηλεκτρονικό προϊόν μπορεί να είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις για τις εκπομπές μπορεί να είναι ευαίσθητο σε εκπομπές από κάποια άλλη ηλεκτρονική συσκευή σε κοντινή απόσταση. Οι απαιτήσεις εκπομπών απλά έχουν στόχο τον περιορισμό της ηλεκτρομαγνητικής ρύπανσης, ενώ οι απαιτήσεις ευαισθησίας προχωρούν ένα βήμα μπροστά στην προσπάθεια για την εξασφάλιση της ηλεκτρομαγνητικά συμβατής λειτουργίας όλου του εξοπλισμού.

Αυτά τα ρυθμιστικά πλαίσια έδωσαν στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) κρίσιμη σημασία στην εμπορευσιμότητα ενός ηλεκτρονικού προϊόντος. Αν ένα προϊόν δεν είναι σύμφωνο με αυτά τα πλαίσια δε μπορεί πουληθεί στη συγκεκριμένη χώρα. Το γεγονός ότι το προϊόν εκτελεί κάποια ιδιαίτερη λειτουργία και οι πελάτες είναι πρόθυμοι να το αγοράσουν είναι αδιάφορο αν αυτό δεν πληρεί τις προϋποθέσεις των πλαισίων [5].

1.4 Σχεδίαση σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

Η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) είναι η ικανότητα ενός ηλεκτρονικού συστήματος (1) να λειτουργεί ομαλά σε ένα ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον και (2) να μην είναι πηγή μόλυνσης για αυτό. Το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον συνίσταται και από ακτινοβολούμενη και από επαγόμενη ενέργεια. Συνεπώς η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα συνίσταται σε δύο παραμέτρους, εκπομπή και ευαισθησία.

Ευαισθησία είναι η ικανότητα μιας συσκευής ή ενός κυκλώματος να αντιδρά σε ανεπιθύμητη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια (π.χ. θόρυβος). Αντίθετα με την ευαισθησία η ατρωσία είναι η ικανότητα μιας συσκευής να λειτουργεί ικανοποιητικά ως προς τα κριτήρια επίδοσης που προδιαγράφονται για τη συσκευή παρά την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής. Το επίπεδο ατρωσίας ενός κυκλώματος ή μίας συσκευής είναι το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον στο οποίο ο εξοπλισμός μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικά χωρίς υποβιβασμό της απόδοσής του και με ένα καθορισμένο περιθώριο ασφαλείας. Μια δυσκολία στον καθορισμό των επιπέδων ατρωσίας (ή ευαισθησίας) είναι να ορίσουμε σε τι συνίσταται ο υποβιβασμός απόδοσης.

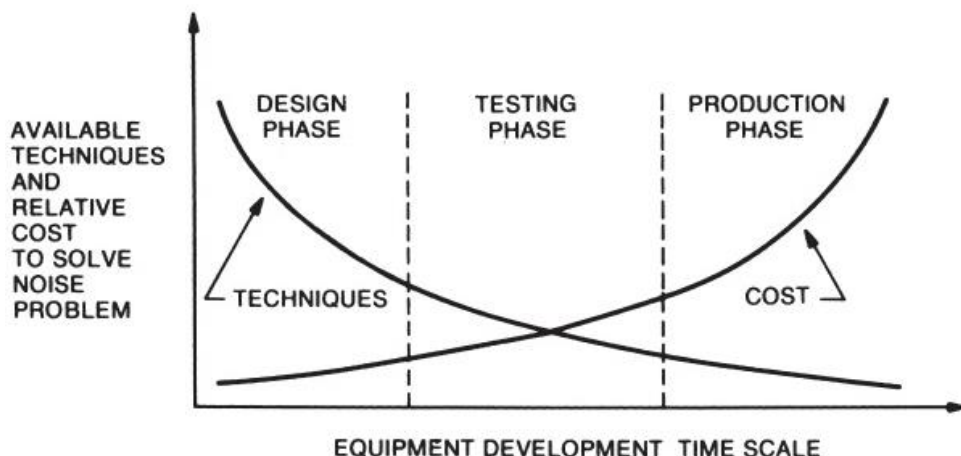
Η *εκπομπή* αναφέρεται στην πιθανότητα ενός προϊόντος να προκαλέσει παρεμβολές. Ο σκοπός του ελέγχου των εκπομπών είναι να περιορίσει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια

που εκπέμπεται με συνέπεια να ελέγχεται το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον στο οποίο μπορεί να λειτουργούν και άλλα προϊόντα. Ελέγχοντας τις εκπομπές ενός προϊόντος μπορούμε να εξαλείψουμε προβλήματα παρεμβολών για πολλά άλλα. Γι αυτό, είναι επιθυμητό να ελέγχουμε τις εκπομπές σε μια προσπάθεια να εξασφαλίσουμε ένα ηλεκτρομαγνητικά συμβατό περιβάλλον.

Σε κάποιο βαθμό, η ευαισθησία είναι αυτορρυθμιζόμενη, σε αντίθεση με τις εκπομπές. Εάν ένα προϊόν είναι ευαίσθητο στο ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον, ο χρήστης θα το αντιληφθεί και μπορεί να μη συνεχίσει να αγοράζει το συγκεκριμένο προϊόν. Ένα προϊόν που είναι πηγή εκπομπών μπορεί να μην επηρεάζεται από αυτές. Για να εξασφαλιστεί ότι η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα αποτελεί βασική συνιστώσα στον σχεδιασμό όλων των ηλεκτρονικών προϊόντων, διάφορες κυβερνητικές υπηρεσίες και ρυθμιστικά σώματα έχουν θεσπίσει κανονισμούς τους οποίους ένα προϊόν πρέπει να τηρεί ώστε να μπορεί να πουληθεί. Αυτοί οι κανονισμοί ελέγχουν τα επιτρεπτά όρια εκπομπών και σε κάποιες περιπτώσεις και τον απαιτούμενο βαθμό ατρωσίας.

Ο EMC σχεδιασμός μπορεί να προσεγγιστεί με κάποιον από τους δύο παρακάτω τρόπους: ο πρώτος είναι η *προσέγγιση κρίσης (crisis approach)*, και ο δεύτερος είναι η *συστηματική προσέγγιση (systems approach)*. Στην προσέγγιση κρίσης ο σχεδιαστής εργάζεται χωρίς να λαμβάνει καθόλου υπ' όψιν την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα μέχρι η παραγόμενη συσκευή να έχει ολοκληρωθεί, και στη συνέχεια έλεγχοι καταδεικνύουν την ύπαρξη κάποιου προβλήματος. Οι λύσεις οι οποίες εφαρμόζονται σε αυτό το τελικό στάδιο είναι αρκετά δαπανηρές και αποτελούνται από ανεπιθύμητα 'πρόσθετα βοηθήματα'(add-ons). Αυτή η προσέγγιση συχνά αναφέρεται και ως 'Band aid' προσέγγιση.

Όσο η ανάπτυξη του εξοπλισμού προχωρά από τον σχεδιασμό, στον έλεγχο και τελικά στην παραγωγή οι τεχνικές για τη μείωση του θορύβου που είναι διαθέσιμες στον σχεδιαστή μειώνονται σταθερά. Παράλληλα, το κόστος αυξάνεται. Αυτές οι τάσεις παρατίθενται στο Σχήμα 1-3. Συνεπώς, οι έγκαιρες λύσεις στα προβλήματα παρεμβολών είναι συνήθως οι καλύτερες και οι λιγότερο δαπανηρές.



ΣΧΗΜΑ 1-3: Όσο η ανάπτυξη του εξοπλισμού προχωρά, ο αριθμός των τεχνικών μείωσης του θορύβου μειώνεται. Παράλληλα το κόστος αυτών των τεχνικών αυξάνεται.^[1]

Η συστηματική προσέγγιση λαμβάνει υπ' όψιν την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα καθ' όλη τη διάρκεια του σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής αναμένει προβλήματα στην αρχή της σχεδιαστικής διαδικασίας, βρίσκει τα εναπομείναντα προβλήματα στο breadboard και στα αρχικά στάδια των πρωτοτύπων, και ελέγχει τα τελικά πρωτότυπα ως προς την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα λεπτομερώς. Με αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι του ηλεκτρικού, μηχανικού, και σε κάποιες περιπτώσεις, λογισμικού σχεδιασμού του προϊόντος. Αυτή η προσέγγιση είναι η πιο επιθυμητή και αποδοτική.

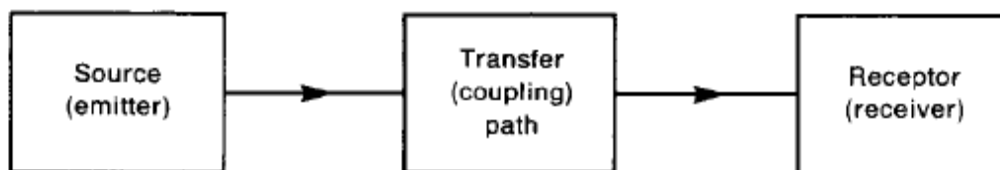
Εάν η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα και η αντιμετώπιση του θορύβου λαμβάνονται υπ' όψιν σε κάθε στάδιο ή σε κάθε υποσύστημα, κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιασμού του εξοπλισμού, οι απαραίτητες τεχνικές μείωσης είναι συνήθως απλές και ξεκάθαρες. Έχει αποδειχθεί ότι όταν η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα χειρίζεται με αυτόν τον τρόπο, ο σχεδιαστής μπορεί να παράγει εξοπλισμό όπου το 90% των πιθανών προβλημάτων έχει αντιμετωπιστεί πριν τον αρχικό έλεγχο.

Ένα σύστημα το οποίο έχει σχεδιαστεί χωρίς καμία μέριμνα για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα θα παρουσιάσει πιθανότητα αρκετά προβλήματα κατά τη διάρκεια των ελεγκτικών διαδικασιών. Σε αυτό το σημείο η ανάλυση, ώστε να αποφανθεί ο σχεδιαστής ποιος από τους διαφορετικούς συνδυασμούς μονοπατιών θορύβου ευθύνεται για το συγκεκριμένο πρόβλημα, μπορεί να μην είναι απλή ή προφανής. Πιθανές λύσεις σε αυτό

το στάδιο συνήθως περιλαμβάνουν την προσθήκη βοηθητικών εξαρτημάτων που δεν είναι κομμάτια του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Συνέπειες αυτού είναι το επιπρόσθετο κόστος σχεδιασμού και ελέγχου, όπως επίσης και το κόστος των εξαρτημάτων και της εγκατάστασής τους. Είναι επίσης πιθανόν να εμφανιστούν προβλήματα όσον αφορά το μέγεθος, το βάρος και την κατανάλωση ισχύος [1,5].

1.5 Πτυχές της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC)

Τα θέματα της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας συνίστανται στην παραγωγή, μετάδοση και λήψη ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Αυτές οι τρεις πτυχές του EMC προβλήματος αποτελούν και τη βάση κάθε EMC σχεδιασμού. Αυτό παρουσιάζεται και στο Σχήμα 1-4.



ΣΧΗΜΑ 1-4: Οι βασικές συνιστώσες ενός προβλήματος EMC σύζευξης^[5]

Μία πηγή, η οποία συχνά αναφέρεται ως εκπομπός, παράγει την εκπομπή και ένα μονοπάτι διάδοσης ή σύζευξης τη μεταφέρει σε έναν δέκτη, όπου επεξεργάζεται οδηγώντας σε επιθυμητή ή μη συμπεριφορά. Παρεμβολή εμφανίζεται αν η ληφθείσα ενέργεια προκαλεί μη επιθυμητή συμπεριφορά του δέκτη. Μεταφορά ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας εμφανίζεται συχνά μέσω ακούσιων μονοπατιών σύζευξης. Παρόλαυτά, αυτή η ακούσια μεταφορά ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας προκαλεί παρεμβολή μόνο αν η ληφθείσα ενέργεια έχει αρκετό μέγεθος και/ή φασματικό περιεχόμενο ώστε ο δέκτης να συμπεριφέρεται με μη επιθυμητό τρόπο. Συνεπώς η επεξεργασία της ληφθείσας ενέργειας από το δέκτη αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εμφάνιση παρεμβολής. Αρκετά συχνά είναι δύσκολο να καθοριστεί αν ένα ακούσιο σήμα σε ένα δέκτη θα εμφανίσει παρεμβολές σε αυτόν. Για παράδειγμα, ανωμαλίες στο πεδίο ενός ραντάρ μπορεί λανθασμένα να ερμηνευτούν από έναν αρχάριο χειριστή ως επιθυμητά δεδομένα, ενώ για κάποιον με σχετική εμπειρία να μην αποτελέσουν πρόβλημα. Στη μία περίπτωση εμφανίζονται παρεμβολές ενώ στην άλλη όχι. Αυτό καταδεικνύει ότι είναι συχνά δύσκολο να αναγνωριστούν οι τρεις πτυχές του προβλήματος που παρουσιάζονται στο

Σχήμα 1-4, γι αυτό και στο Σχήμα 1-5 αναφέρονται κάποια παραδείγματα αυτών των πτυχών.

Any interference problem can be broken down into

- the SOURCE of interference
- the RECEPTOR of interference
- the PATH coupling the source to the receptor

Sources	Paths	Receptors
<ul style="list-style-type: none"> • Microprocessors • Video Drivers • ESD • Transmitters • RF Generators • Power Disturbances • Lightning 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiated <ul style="list-style-type: none"> • EM Fields • Crosstalk • Capacitive • Inductive • Conducted <ul style="list-style-type: none"> • Signal • Power • Ground 	<ul style="list-style-type: none"> • Digital <ul style="list-style-type: none"> • Microprocessors • Reset • Other logic • Low level analog • Receivers

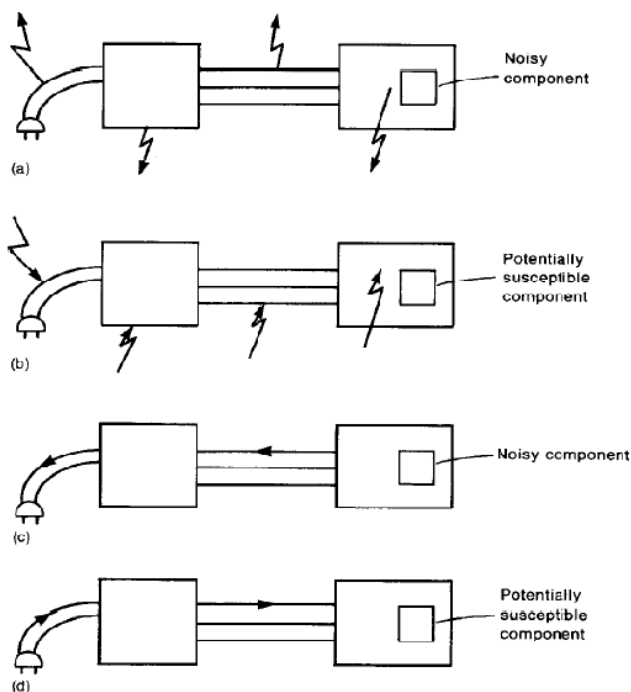
ΣΧΗΜΑ 1-5: Παραδείγματα των 3 πτυχών της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας^[7]

Μία πηγή ή ένας δέκτης μπορούν να χαρακτηριστούν ως ακούσιοι ή εκούσιοι. Στην πραγματικότητα, μια πηγή ή ένας δέκτης μπορεί να συμπεριφέρονται και με τους δύο τρόπους. Αν η πηγή ή ο δέκτης είναι ακούσιοι ή εκούσιοι εξαρτάται από το μονοπάτι σύζευξης όπως επίσης και από το είδος τους. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός AM ραδιοφωνικού πομπού του οποίου η εκπομπή λαμβάνεται από έναν ραδιοφωνικό δέκτη, που είναι συγχρονισμένος στη συχνότητα φέροντος του πομπού, η εκπομπή είναι ακούσια (πιο συγκριμένα η εκπομπή είναι εκούσια αλλά το μονοπάτι σύζευξης όχι). Υπάρχουν παραδείγματα πομπών των οποίων οι εκπομπές δεν εξυπηρετούν κανένα σκοπό, όπως οι εκπομπές από τις λάμπες φθορισμού.

Η παραπάνω ανάλυση οδηγεί στους εξής τρεις τρόπους αποφυγής των παρεμβολών (EMI):

- Μείωση των εκπομπών στο σημείο της πηγής (η καλύτερη μέθοδος για περιορισμό του EMI).
- Το μονοπάτι σύζευξης να είναι όσο το δυνατόν μη αποτελεσματικό.
- Ο δέκτης να γίνει όσο το δυνατόν λιγότερο ευαίσθητος στις εκπομπές.

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια (όσον αφορά τον περιορισμό των παρεμβολών) μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω στις εξής 4 υποκατηγορίες: *ακτινοβολούμενες εκπομπές*, *ακτινοβολούμενη ευαισθησία*, *επαγόμενες εκπομπές* και *επαγόμενη ευαισθησία*, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1-6.



ΣΧΗΜΑ 1-6: Τα 4 βασικά υποπροβλήματα της EMC: (a) ακτινοβολούμενες εκπομπές (b) ακτινοβολούμενη ευαισθησία (c) επαγόμενες εκπομπές (d) επαγόμενη ευαισθησία^[5]

Ένα τυπικό ηλεκτρονικό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με καλώδια. Όλα αυτά τα καλώδια έχουν τη δυνατότητα να εκπέμπουν και/ή να λάβουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Σήματα παρεμβολών μπορούν να μεταφερθούν απευθείας ανάμεσα στα υποσυστήματα μέσω άμεσης επαγωγής σε αυτά τα καλώδια. Εάν τα υποσυστήματα είναι θωρακισμένα μεταλλικά, ρεύμα μπορεί να επαχθεί σε αυτές τις θωρακίσεις λόγω εσωτερικών ή εξωτερικών σημάτων. Αυτό το επαγόμενο ρεύμα μπορεί στη συνέχεια να ακτινοβολήσει στο εξωτερικό ή και στο εσωτερικό περιβάλλον. Πλέον συνηθίζεται, κύριως σε χαμηλού κόστους συστήματα, να χρησιμοποιούνται μη μεταλλικές θωρακίσεις, συνήθως πλαστικές. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που περιέχονται σε αυτές τις μη μεταλλικές

θωρακίσεις είναι πλήρως εκτεθειμένα σε ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές και κατά συνέπεια μπορούν άμεσα να εκπέμψουν ή να γίνουν ευαίσθητα σε αυτές τις εκπομπές.

Οι 4 πτυχές του προβλήματος ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, *ακτινοβολούμενες εκπομπές, ακτινοβολούμενη ευαισθησία, επαγόμενες εκπομπές και επαγόμενη ευαισθησία*, οι οποίες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα, αντικατοπτρίζουν αυτές τις ανησυχίες [1,5]

1.6 EMC και Πρότυπα

Σε αρκετά σημεία αυτού του εισαγωγικού κεφαλαίου αναφέρθηκε η ανάγκη για τυποποίηση των δοκιμών για τη μελέτη της ευαισθησίας, αλλά και των εκπομπών ηλεκτρονικών συστημάτων. Τα πρότυπα που έχουν διατυπωθεί από τις διεθνείς επιτροπές εξασφαλίζουν την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα με την απαίτηση από τους σχεδιαστές εξοπλισμών να την λαμβάνουν υπ'όψιν τους σε κάθε βήμα της σχεδιαστικής διαδικασίας. Συνήθως αποτελούνται από ένα κομμάτι αφιερωμένο στους ορισμούς των σχετικών τεχνικών όρων και συχνά καθορίζουν τις προϋποθέσεις για το σχεδιασμό και τη διαχείριση της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC), όπως επίσης [8]:

- Μεθόδους δοκιμής και συγκεκριμένο δοκιμαστικό εξοπλισμό
- Συγκεκριμένα όρια τα οποία πρέπει να τηρούνται
- Προδιαγραφές για δέκτες EMI μετρήσεων

Ένα καλό παράδειγμα ενός ορθά δομημένου Προτύπου είναι το αμυντικό Πρότυπο DEF STAN του Ηνωμένου Βασιλείου το οποίο εκδίδεται σε 5 μέρη:

- Γενικές απαιτήσεις
- Διαδικασία διαχείρισης και σχεδιασμού
- Τεχνικές απαιτήσεις, μέθοδοι δοκιμών και όρια
- Δοκιμές ανοιχτού-χώρου
- Απαιτήσεις για ειδικό δοκιμαστικό εξοπλισμό EMC.

Τα Πρότυπα αυτά βρίσκονται σε μία διαρκή διαδικασία εξέλιξης και αναβάθμισης ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της βιομηχανίας και της κοινωνίας.

Η νέα σειρά Προτύπων που δημιουργήθηκε από την IEC (International Electrotechnical Commission – Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή) περιλαμβάνει:

- 61000-1: Εφαρμογή, ορισμοί
- 61000-2: Περιβάλλον, επίπεδα συμβατότητας
- 61000-3: Όρια διαταραχής
- 61000-4: Τεχνικές δοκιμής και μέτρησης
- 61000-5: Οδηγίες εγκατάστασης και μείωσης
- 61000-6: Γενικά Πρότυπα

Τα EMC Πρότυπα είναι οργανωμένα στις εξής κατηγορίες [9]:

A) Βασικά Πρότυπα

Περιγράφουν το φαινόμενο, παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά του δοκιμαστικού εξοπλισμού και τις οδηγίες για τους τρόπους που πρέπει να διεξαχθούν οι δοκιμές. Βασικά Πρότυπα όπως το IEC 61000-4-x αποτελούν το χαμηλότερο επίπεδο στην ιεραρχία των προτύπων.

B) Γενικά Πρότυπα

Καθορίζουν επίπεδα δοκιμών για συγκεκριμένο εύρος εφαρμογών, αναφερόμενα στα Βασικά Πρότυπα για γενικότερες πληροφορίες. Τα Γενικά Πρότυπα δίνουν ελάχιστες απαιτήσεις και βρίσκονται ψηλότερα στην ιεραρχία από τα Βασικά.

Γ) Πρότυπα Οικογενείας Προϊόντων

Χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένες κατηγορίες προϊόντων. Καθορίζουν επίπεδα δοκιμών και κριτήρια απόδοσης π.χ. το πρότυπο EN 61326 που αναφέρεται στις EMC απαιτήσεις των δοκιμαστικών εξοπλισμών για εργαστηριακή χρήση.

Δ) Πρότυπα Προϊόντων

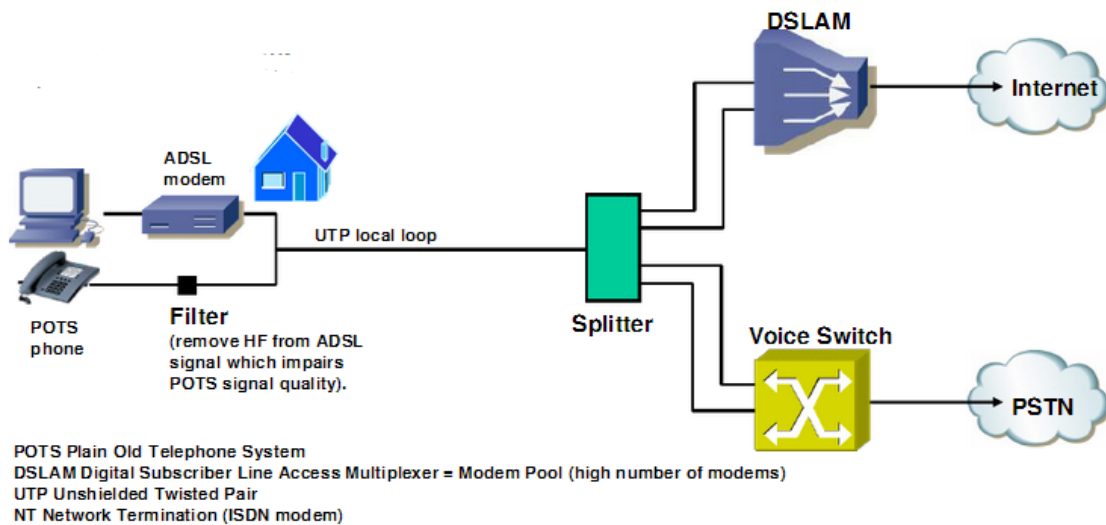
Είναι τα πιο διαδεδομένα Πρότυπα καθώς προσφέρουν αυστηρές απαιτήσεις για ένα συγκεκριμένο προϊόν και ορίζουν και ειδικές μεθόδους δοκιμών. Βρίσκονται στο υψηλότερο επίπεδο στην ιεραρχία των Προτύπων

Κεφάλαιο 2

EMC και τηλεπικοινωνιακές γραμμές

2.1 Εισαγωγή

Εφαρμογές όπως η ψηφιακή τηλεόραση και οι συνδέσεις internet απαιτούν μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης bits. Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν αυξήσει τη χωρητικότητα των τηλεφωνικών δικτύων πρόσβασης, τα οποία είχαν αρχικά κατασκευαστεί για να προσφέρουν απλές τηλεφωνικές υπηρεσίες (POTS-Plain old telephone service). Βασιζόμενες στην μεγάλης-ταχύτητας ψηφιακή επεξεργασία σημάτων, xDSL τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν μεγάλους ρυθμούς bits, οι οποίοι σε κάποιες περιπτώσεις φτάνουν και τις εκατοντάδες Mbps. Ήδη αρκετές εταιρίες τηλεπικοινωνιών προσφέρουν αυτές τις υπηρεσίες, μέσω modem τα οποία είναι συνδεδεμένα στις τηλεπικοινωνιακές γραμμές, αξιοποιώντας ευρυζωνικές τεχνικές όπως την ADSL(Asymmetrical Digital Subscriber Line) ή τη πιο σύγχρονη VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line). Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μία διάταξη αυτών των τεχνολογιών.



ΣΧΗΜΑ 2-1: Διάταξη ADSL^[11]

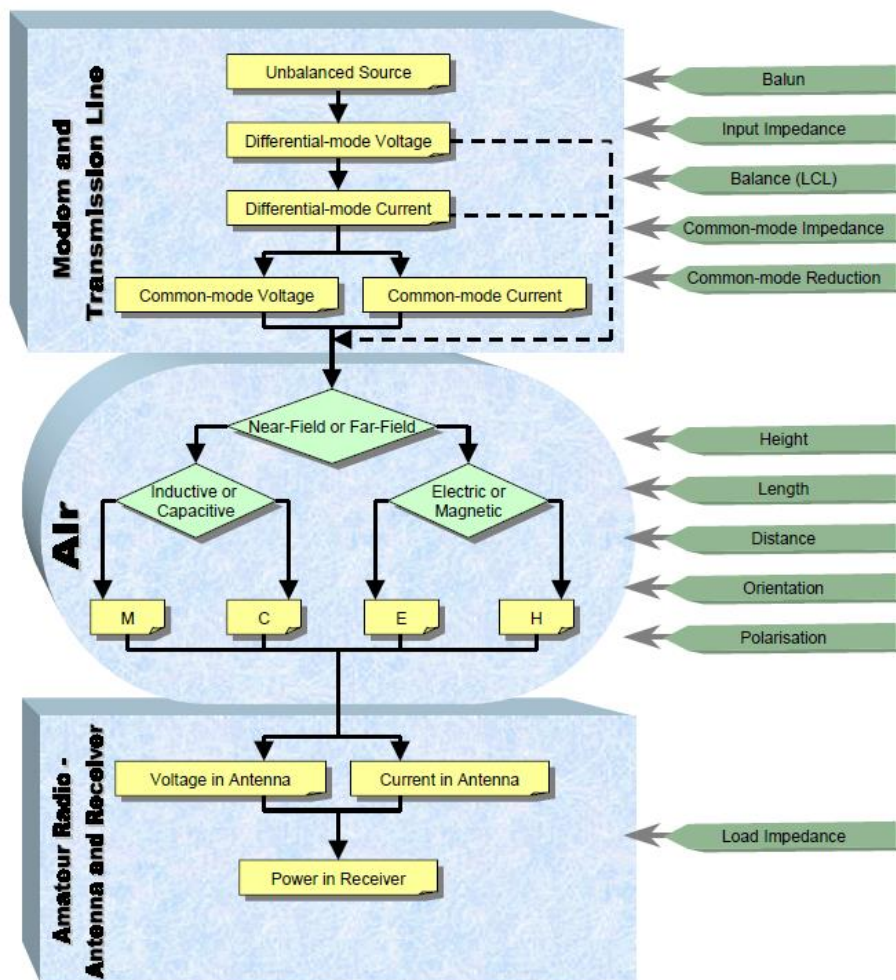
Λόγω του μεγάλου κόστους αντικατάστασης του μεταλλικού δικτύου πρόσβασης με οπτικές ίνες, έχουν αναπτυχθεί ευρυζωνικές τεχνικές, που χρησιμοποιούν όλο και μεγαλύτερες συχνότητες στα υπάρχοντα καλωδίου χαλκού (π.χ. DMT- Discrete Multi-Tone ή CAP- Carrierless Amplitude Phase modulation). Αυτές οι υψηλές συχνότητες έχουν σαν συνέπεια, τα καλώδια να λειτουργούν ως κεραίες, ακτινοβολώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε συχνότητες που είναι δεσμευμένες για διαφορετικό εξοπλισμό.

Μία διαφορετική τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στο εξωτερικό τα τελευταία χρόνια είναι η χρήση των γραμμών μεταφοράς ισχύος (Power lines) ως γραμμές μετάδοσης υψηλών ταχυτήτων. Τα Χαμηλής Τάσεως Δίκτυα Διανομής έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα καρποφόρα στην εξασφάλιση των PLC (Power Line Communications). Ωστόσο λόγω των ατελειών των τηλεπικοινωνιακών και ηλεκτρικών γραμμών προκύπτουν θέμα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και συνύπαρξης των γραμμών.

Για τη αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων έχουν διατυπωθεί πρότυπα (EMC Standards) που ρυθμίζουν τις εκπομπές και την ευαισθησία των συστημάτων [10].

2.2 Ανάλυση μονοπατιού σύζευξης μίας γραμμής μετάδοσης και ενός δέκτη

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται το μονοπάτι σύζευξης που δημιουργείται από την έξοδο ενός modem, μέσω της γραμμής μετάδοσης, του αέρα και της κεραίας του δέκτη στην είσοδο ενός ερασιτεχνικού δέκτη. Η ανάλυση αυτού του μονοπατιού θεωρείται αναγκαία για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των γραμμών μετάδοσης, ενώ ταυτόχρονα δίνεται έμφαση σε συνιστώσες που είναι καίριες για τη μελέτη της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας των γραμμών αυτών. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το μονοπάτι, ενώ τα στοιχεία που επηρεάζουν τις μεταβλητές αναφέρονται δεξιά του σχήματος:



ΣΧΗΜΑ 2-2: Μονοπάτι σύζευξης από την έξοδο ενός modem στην είσοδο ενός ερασιτεχνικού δέκτη^[12]

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση αυτού του μονοπατιού πρέπει να δώσουμε τους ορισμούς κάποιων εννοιών που θα συναντήσουμε:

Μη ισορροπημένη τάση: Η ανισορροπία στην τάση περιγράφει την κατάσταση όπου οι τάσεις των τριών φάσεων μιας 3-φασικής πηγής ισχύος δεν είναι ίσες.

Longitudinal Conversion Loss (LCL): Οι ηλεκτρικές ανισορροπίες ενός δικτύου ισχύος μπορούν να μετρηθούν σε σχέση με το LCL, το οποίο ορίζεται ως ο λόγος ενός διαφορικού σήματος που εισάγεται σε ένα δίκτυο ισχύος προς το κοινό σήμα που παράγεται από την ανισορροπία αυτού του δικτύου.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-2 το μονοπάτι ξεκινά με μια μη ισορροπημένη πηγή στο modem. Αυτή η μη ισορροπημένη τάση μετατρέπεται σε ισορροπημένη (διαφορική τάση) στην γραμμή μετάδοσης μέσω ενός balun (μετατροπέας μη ισορροπημένης σε ισορροπημένη τάση). Η αντίσταση εισόδου καθορίζει το παραγόμενο διαφορικό ρεύμα από τη διαφορική τάση. Η ανισορροπία της γραμμής (μετρούμενη ως προς το LCL που ορίσαμε παραπάνω) μετατρέπει κάποια από τα διαφορικά σήματα σε κοινά σήματα πάνω στην γραμμή. Αυτά τα κοινά σήματα μπορούν ωστόσο να μειωθούν με διάφορες τεχνικές. Η κοινή αντίσταση καθορίζει την σχέση μεταξύ της κοινής τάσης και του κοινού ρεύματος.

Τα κοινά και τα διαφορικά σήματα παράγουν παρεμβολές που μπορεί να γίνουν αντιληπτές από ερασιτεχνικές κεραιές. Σε μία εναέρια τηλεπικοινωνιακή γραμμή η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια παράγεται ως επί το πλείστον από τα κοινά σήματα στην γραμμή. Στη συνέχεια, αν η κεραία βρίσκεται στο κοντινό πεδίο (near field) η σύζευξη θα επιτευχθεί μέσω της κοινής αντίστασης, χωρητική (ηλεκτρική ενέργεια) ή επαγωγική (μαγνητική ενέργεια). Αν η κεραία βρίσκεται στο μακρινό πεδίο (far field), τότε δημιουργείται ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που περιέχει ηλεκτρικό πεδίο (E), αλλά και μαγνητικό (H). Η κεραία θα αναγνωρίσει το ακτινοβολούμενο πεδίο.

Η σύζευξη μεταξύ της γραμμής μετάδοσης και του ερασιτεχνικού δέκτη εξαρτάται επίσης από το ύψος και το μήκος της γραμμής, την απόσταση μεταξύ της γραμμής και της κεραίας καθώς επίσης την τοποθεσία και την πόλωση της κεραίας σε σχέση με την γραμμή.

Ο βαθμός παρεμβολών στον οποίο θα επηρεαστεί ο δέκτης ή οποιοσδήποτε εξοπλισμός εξαρτάται κυρίως από την ισχύ εξόδου του modem. Η ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που εκπέμπεται από την τηλεπικοινωνιακή γραμμή καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την ανισορροπία της γραμμής, συχνά μετρούμενη ως προς το LCL. Επειδή το LCL μπορεί να διαφοροποιείται έως και 40dB ή και περισσότερο μεταξύ διαφορετικών καλωδίων, είναι σημαντικό κατά τη διάρκεια μετρήσεων να παρακολουθείται η τιμή του LCL ή να αποφεύγεται εφαρμόζοντας κατευθείαν κοινά σήματα, αντί για διαφορικά που μετατρέπονται στη συνέχεια σε κοινά [12].

2.3 Μελέτες για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται θέματα που αφορούν την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα ευρυζωνικών συστημάτων μετάδοσης καθώς και δύο σημαντικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από τους A. Zeddani, F. Moulin, R. Tarafi, F. Gauthier για την France Télécom R&D [10].

2.3.1 Χαρακτηρισμός των κρουστικών θορύβων

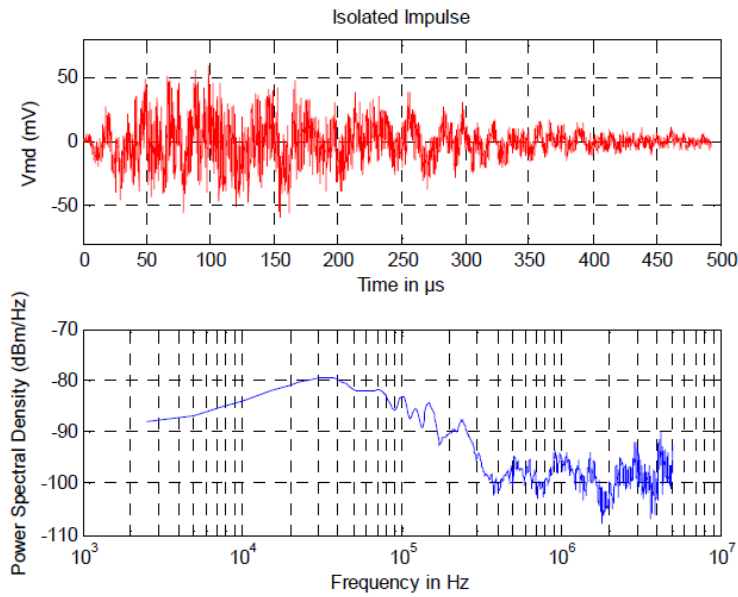
Διαφορετικά είδη θορύβου εμφανίζονται στις τηλεφωνικές και ηλεκτρικές-ισχύος γραμμές. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι ο θόρυβος crosstalk, οι παρεμβολές ράδιο-συχνοτήτων (RFI) και ο κρουστικός θόρυβος. Ο crosstalk θόρυβος προκαλείται από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γειτονικών συρμάτων, πρακτικά στο ίδιο καλώδιο. Ο RFI είναι το κατάλοιπο των ασύρματων σημάτων μετάδοσης που έρχονται σε σύζευξη με τις τηλεφωνικές γραμμές, ενώ ο κρουστικός θόρυβος που εμφανίζεται με μορφή bursts (εξάρσεων) στις χάλκινες γραμμές, προκαλείται από τη σύζευξη διαφορετικών πηγών παρεμβολών, όπως οικιακές συσκευές, ηλεκτρικοί διακόπτες ή μηχανές. Ο κρουστικός θόρυβος είναι ο πιο επιζήμιος, όσον αφορά τα σφάλματα, λόγω των ακανόνιστων χαρακτηριστικών του, που δυσχεραίνουν την πρόβλεψή του, και του μεγάλου πλάτους του συγκριτικά με το μεταδιδόμενο DSL σήμα.

Για να καθοριστούν μέσω προσομοίωσης οι επιπτώσεις του κρουστικού θορύβου στα xDSL συστήματα, πραγματοποιήθηκε στατιστική μελέτη των παραμέτρων του (πλάτος, διάρκεια, χρόνος μεταξύ διαδοχικών αφίξεων και φασματικά χαρακτηριστικά).

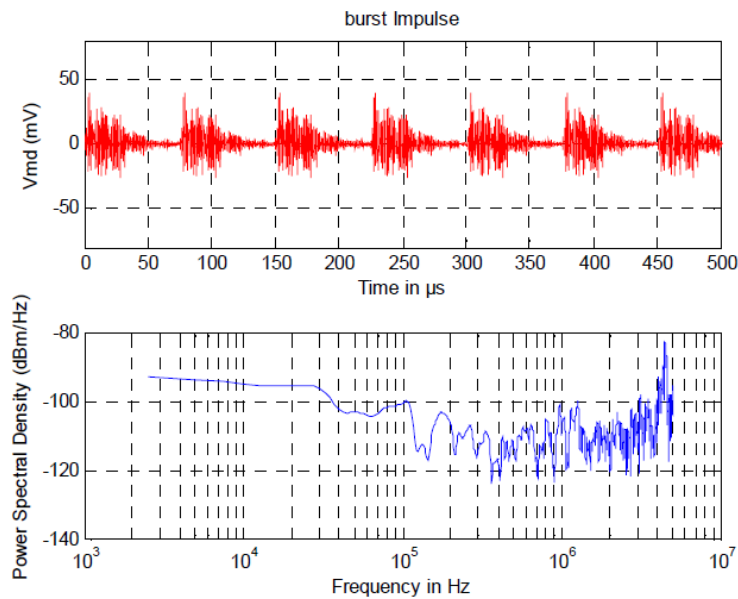
Οι καταγραφές των παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σε επαγγελματικές εγκαταστάσεις, αλλά και σε εγκαταστάσεις κατοικιών με στόχο να επιτευχθεί ποικιλία στις αρχιτεκτονικές (υπόγεια ή εναέρια καλωδίωση) και στο ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον (απομονωμένη περιοχή, βιομηχανική περιοχή). Σε κάθε περίπτωση η διεξαγωγή των μετρήσεων διήρκησε αρκετές μέρες.

Μία πρώτη ανάλυση των δεδομένων αναδεικνύει δύο είδη συμπεριφοράς για τους κρουστικούς θορύβους: κρουστικός θόρυβος που είναι οργανωμένος με εξάρσεις (αρκετές κρούσεις χωρισμένες σε μικρή διάρκεια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-3) και

κρουστικός θόρυβος που αποτελείται από μία μεμονωμένη κρούση (Σχήμα 2-4). Στα σχήματα παρουσιάζεται και η πυκνότητα του φάσματος ισχύος [10].



ΣΧΗΜΑ 2-3: Μοντέλο εξάρσεων στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας^[10]



ΣΧΗΜΑ 2-4: Μοντέλο μεμονωμένης κρούσης στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας^[10]

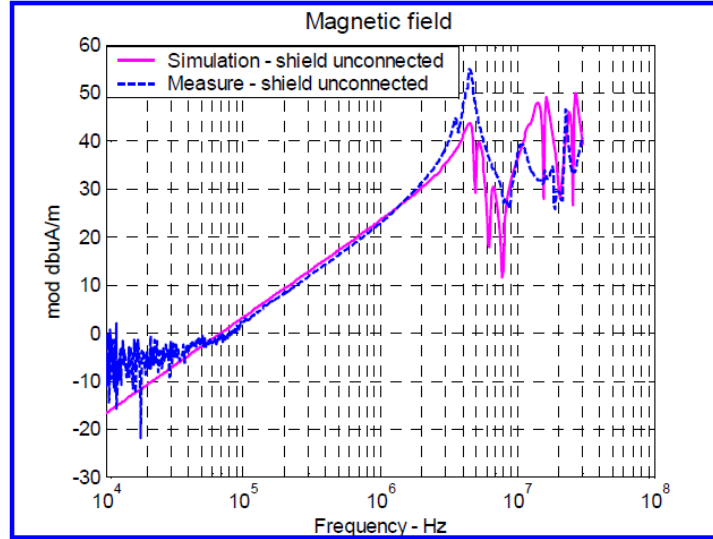
2.3.2 Ακτινοβλούμενες εκπομπές xDSL γραμμής

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η καθιέρωση μίας θεωρίας για τον καθορισμό του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που εκπέμπεται από UPT ή STP καλώδια. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στους τύπους καλωδίων. Ο υπολογισμός της διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που παράγεται από τα τηλεπικοινωνιακά καλώδια απαιτεί στοιχειώδη γνώση της σχέσης μεταξύ της διάδοσης ρεύματος-φορτίου και του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Αυτό καλύπτεται ως επί το πλείστον από τη θεωρία του Maxwell και βασίζεται στη θεωρία των γραμμών μετάδοσης με πολλαπλούς αγωγούς σε σχέση πάντα με μια τοπολογική προσέγγιση.

Οι απαιτούμενες μετρήσεις έλαβαν χώρα σε ένα ημι-ανηχοϊκό θάλαμο για το εύρος συχνοτήτων 10kHz – 30MHz. Η αντίσταση φορτίου 120Ω αναπαριστά την αντίσταση του modem. Ο αναλυτής δικτύου συνδεδεμένος με έναν γραμμικό ενισχυτή παράγει ένα σήμα +27dBm στο εύρος 10KHz -30MHz. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην τήρηση των ορίων όλου του ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Εν τέλει, μία κεραία σχήματος θηλείας χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου, ενώ για τη μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιήθηκε διπολική κεραία. Για την επικύρωση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, διεκπεραιώθηκαν πειράματα για τη μέτρηση των εκπεμπόμενων πεδίων θωρακισμένων καλωδίων. Τα δύο πεδία μετρήθηκαν σε απόσταση ενός μέτρου από το καλώδιο και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν στη συνέχεια με τα υπολογισμένα πεδία.

Το Σχήμα 2-6 που ακολουθεί παρουσιάζει ένα παράδειγμα του μαγνητικού πεδίου που μετρήθηκε με τη θωράκιση του καλωδίου να μην είναι συνδεδεμένη με τη γείωση (μπλε καμπύλη) και του υπολογισμένου μέσω προσομοίωσης πεδίου χωρίς πάλι να είναι συνδεδεμένη η θωράκιση στη γείωση (μωβ καμπύλη):

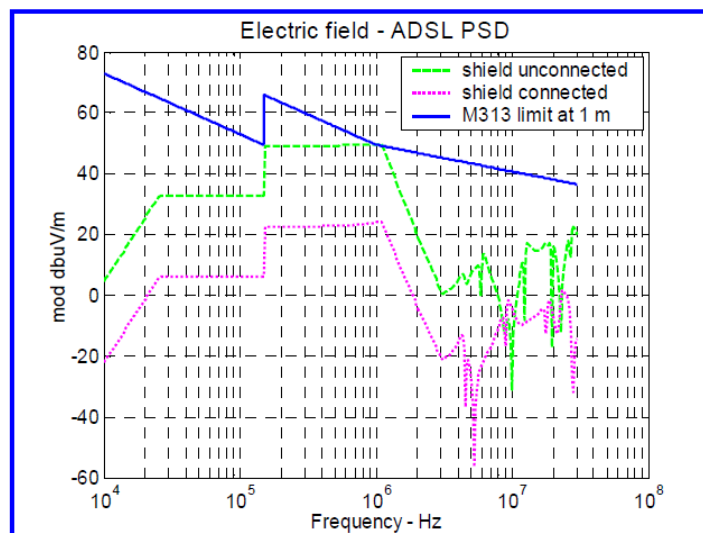


ΣΧΗΜΑ 2-5: Μαγνητικό πεδίο^[10]

Μπορούμε να παρατηρήσουμε μια σχετικά καλή συμφωνία μεταξύ των δύο καμπυλών. Ωστόσο η διάφορα των αποτελεσμάτων οφείλεται στα δύο παρακάτω σημεία:

- Την ανακρίβεια των μετρήσεων και τη δυσκολία στην πεδιακή μέτρηση,
- Τις υποθέσεις στη θεωρητική προσέγγιση.

Το επόμενο Σχήμα 2-6 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του μετρηθέντος ηλεκτρικού πεδίου για την ADSL τεχνολογία.



ΣΧΗΜΑ 2-6: Ηλεκτρικό πεδίο, ADSL-PSD^[10]

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συμφωνία με το πρότυπο M313 για το καλώδιο, με τη θωράκιση αρχικά συνδεδεμένη στη γείωση και στη συνέχεια χωρίς σύνδεση σε αυτή. Αυτή η διαδικασία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις εταιρίες τηλεπικοινωνιών για να επιβεβαιώσουν αν οι ακτινοβολούμενες εκπομπές ενός xDSL συστήματος μέσω ενός συνεστραμμένου χάλκινου ζεύγους καλωδίων είναι μέσα στα όρια των προτύπων [10].

2.4 Γραμμές μετάδοσης και καλώδια δικτύωσης

2.4.1 Γραμμή μετάδοσης

Μία *γραμμή μετάδοσης* είναι ένα υλικό μέσο ή μία δομή που σχηματίζει ολόκληρο το μονοπάτι ή κομμάτι αυτού από ένα σημείο σε ένα άλλο για τη μετάδοση ενέργειας, όπως ηλεκτρομαγνητικά ή ακουστικά κύματα, καθώς επίσης και ηλεκτρικής ισχύος. Χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, για τη μεταφορά της εξερχόμενης RF ενέργειας ενός πομπού στην κεραία. Αυτή η ενέργεια βέβαια δε θα μεταφερθεί μέσω των ηλεκτρικών συρμάτων χωρίς μεγάλες απώλειες. Παρόλο που η κεραία μπορεί να συνδεθεί απευθείας στον πομπό, είναι συνήθως τοποθετημένη σε κάποια απόσταση από αυτόν. Η γραμμή μετάδοσης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του πομπού με την κεραία [13].

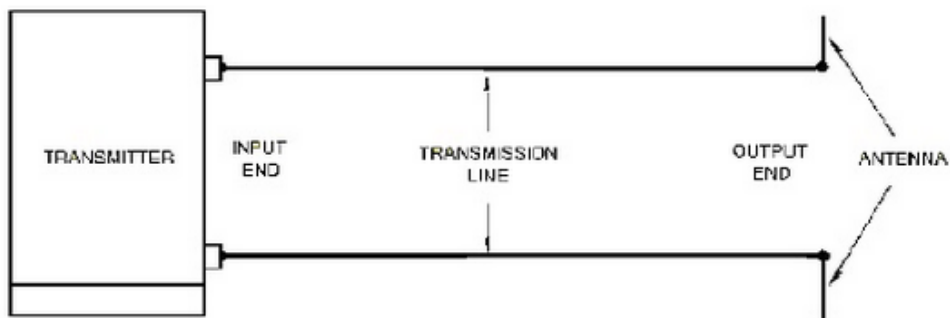
2.4.2 Αρχές των γραμμών μετάδοσης

Οι γραμμές μετάδοσης είναι κυκλώματα σύνθετης αντίστασης σχεδιασμένα να μεταφέρουν ισχύ (RF) από τον πομπό στην κεραία και το μέγιστο δυνατό σήμα από την κεραία στο δέκτη. Οι ιδιότητες των γραμμών μετάδοσης είναι σταθερές ώστε όλα τα είδη γραμμών να είναι τακτοποιημένα με ομοιόμορφο τρόπο, που απλοποιεί τους υπολογισμούς και μειώνει το κόστος.

Τα δύο σημαντικότερα στοιχεία για τη μετάδοση της ενέργειας και του σήματος σε μία γραμμή με τις μικρότερες δυνατές απώλειες είναι η αγωγιμότητα και η αντίσταση της γραμμής.

Όλες οι γραμμές μετάδοσης έχουν δύο άκρα. Το άκρο μίας γραμμής 2-συρμάτων που είναι συνδεδεμένο στην πηγή ονομάζεται *άκρο εισόδου* ή *άκρο γεννήτριας*. Άλλες ονομασίες για αυτό το άκρο είναι *άκρο πομπού* ή *απλά πηγή*. Το άλλο άκρο ονομάζεται

συνήθως *άκρο εξόδου* ή *άκρο δέκτη*. Το παρακάτω Σχήμα 2-6 παρουσιάζει μια βασική απεικόνιση της γραμμής μετάδοσης [13].



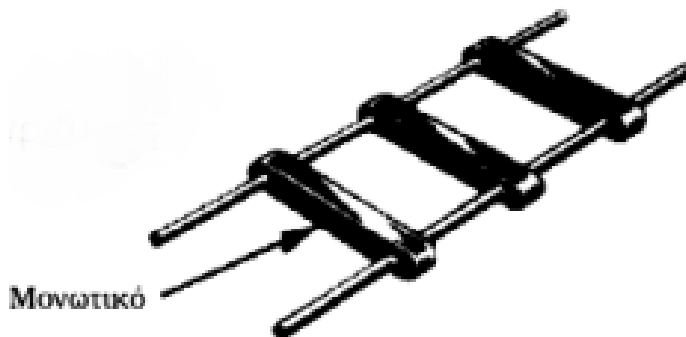
ΣΧΗΜΑ 2-7: Γραμμή μετάδοσης^[13]

2.4.3 Είδη γραμμών μετάδοσης

Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετά είδη γραμμών μετάδοσης που εμφανίζουν μικρές απώλειες: (1) η γραμμή *ανοιχτού τύπου* που αποτελείται από δύο παράλληλα σύρματα, (2) η γραμμή *συνεστραμμένου ζεύγους* δύο μονωμένων καλωδίων περιστρεμμένα μεταξύ τους, (3) η γραμμή *ομοαξονικού καλωδίου*, (4) οι *κυματοδηγοί* και (5) οι *οπτικές ίνες* [14].

Α) Γραμμή ανοιχτού τύπου

Η γραμμή μετάδοσης αποτελείται από δύο αγωγούς ίδιου τύπου, οι οποίοι συγκρατούνται ενδιάμεσα με μονωτικό υλικό και έχουν ίδια αγωγιμότητα κατά μήκους τους, καθώς και ίσες αγωγιμότητες ως προς τη γη και τα υπόλοιπα κυκλώματα.



ΣΧΗΜΑ 2-8: Γραμμή ανοιχτού τύπου^[15]

Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της ισορροπημένης γραμμής (balanced line) είναι η καλή απόρριψη του εξωτερικού θορύβου και η απλότητα κατασκευής. Εφαρμόζεται κυρίως στις υπαίθριες τηλεφωνικές γραμμές και οι τύποι που χρησιμοποιούνται συνθηθέστερα είναι η twin-lead για σήματα ράδιο-συχνοτήτων και το συνεστραμμένο ζεύγος για χαμηλότερες συχνότητες [14].

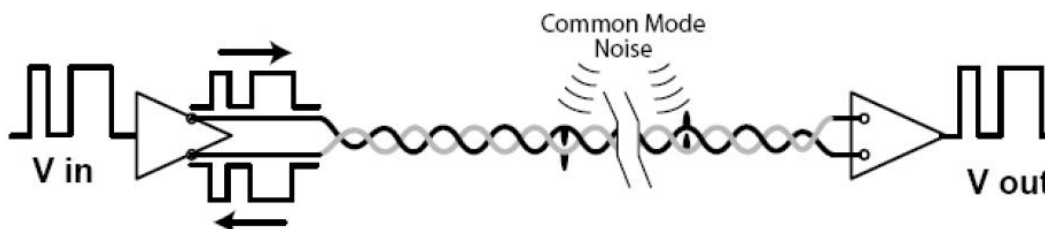
Β) Γραμμή συνεστραμμένου ζεύγους

Τα συνεστραμμένα ζεύγη χρησιμοποιούνται συνήθως στις επίγειες τηλεπικοινωνίες, στις ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων και στα δίκτυα υπολογιστών. Δύο σύρματα χαλκού που περιβάλλονται από μονωτικό υλικό είναι περιστρεμμένα μεταξύ τους, λειτουργώντας ως βαθυπερατό φίλτρο, ενώ το μήκος και ο τρόπος πλέξης τους επηρεάζουν την απόδοση. Η πλέξη μειώνει την παρεμβολή μεταξύ των ζευγών και του φαινομένου crosstalk. Πλεονέκτημα αυτής της γραμμής αποτελεί το χαμηλό κόστος και η ευκολία στην εγκατάσταση. Ωστόσο δεν ενδείκνυται η χρήση της σε υψηλές συχνότητες, ενώ εμφανίζει ιδιαίτερες απώλειες μόνωσης με την υγρασία (βροχή) και ιδιαίτερη ευαισθησία στον ηλεκτρικό θόρυβο [15].



ΣΧΗΜΑ 2-9: Γραμμή συνεστραμμένου ζεύγους^[15]

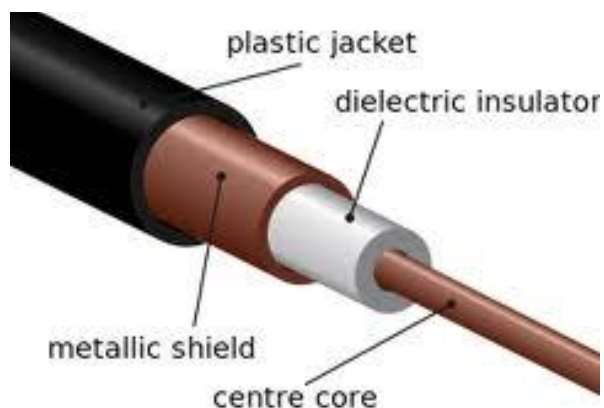
Το Σχήμα 2-10 παρουσιάζει το φαινόμενο εμφάνισης του θορύβου κοινού τύπου (common mode noise) που εμφανίζεται στο συγκεκριμένο είδος γραμμής.



ΣΧΗΜΑ 2-10: Θόρυβος κοινού τύπου^[16]

Γ) Ομοαξονική γραμμή

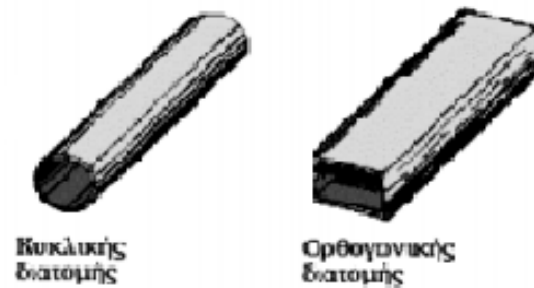
Η γραμμή αποτελείται από δύο ομόκεντρους αγωγούς, τους οποίους χωρίζει κάποιο διηλεκτρικό. Στις άκαμπτες ομοαξονικές γραμμές το διηλεκτρικό είναι αέρας και το περίβλημα είναι πλαστικό, ενώ στο εσωτερικό του χρησιμοποιούνται ανά διαστήματα μονωτικοί δακτύλιοι. Στις εύκαμπτες ομοαξονικές γραμμές ο εξωτερικός αγωγός είναι χάλκινο πλέγμα που προσδίδει ελαστικότητα και οι δύο αγωγοί διαχωρίζονται από πολυαιθυλένιο. Πλεονεκτήματα αυτού του τύπου γραμμής είναι οι ελάχιστες απώλειες ακτινοβολίας, αφού τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία περιορίζονται στο εσωτερικό της γραμμής, και η προστασία από παρεμβολές [17].



ΣΧΗΜΑ 2-11: Ομοαξονική γραμμή^[17]

Δ) Κυματοδηγοί

Ο κυματοδηγός είναι μία ειδική μορφή γραμμής μετάδοσης που αποτελείται από έναν κοίλο, μεταλλικό σωλήνα. Το τοίχωμα του σωλήνα παρέχει διανεμημένη επαγωγή, ενώ το κενό ανάμεσα στα τοιχώματα παρέχει διανεμημένη χωρητικότητα. Οι κυματοδηγοί, οι οποίοι μπορεί να είναι ορθογωνικής, ελλειπτικής ή κυκλικής διατομής αποτελούν πρακτική λύση μόνο στις ιδιαίτερα υψηλές συχνότητες (εφαρμογές μικροκυμάτων). Είναι άκαμπτες διατάξεις και απαιτούν σύνθετα διασυνδεδετικά κυκλώματα, γι' αυτό και η χρήση τους είναι σχετικά περιορισμένη [17].



ΣΧΗΜΑ 2-12: Κυματοδηγοί^[17]

Ε) Οπτικές ίνες

Η οπτική ίνα είναι μία γυάλινη ή πλαστική ίνα που μεταφέρει φως κατά το μήκος της. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως στις τηλεπικοινωνίες, όπου επιτρέπουν τη μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε μεγαλύτερος εύρος συχνοτήτων (ρυθμούς δεδομένων) σε σχέση με άλλες μορφές τηλεπικοινωνιών. Οι ίνες αντικαθιστούν τα μεταλλικά σύρματα, επειδή τα σήματα μεταφέρονται μέσω αυτών με λιγότερες απώλειες και με ατρωσία στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (EMI) [17].



ΣΧΗΜΑ 2-13: Οπτική ίνα^[17]

2.4.4 Καλώδια δικτύωσης

Σε αυτήν την ενότητα θα μελετηθούν αναλυτικότερα τα συνηθέστερα είδη καλωδίων που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες.

A) Καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαμε στις γραμμές μετάδοσης συνεστραμμένου ζεύγους και στα γενικά χαρακτηριστικά τους. Όπως είναι γνωστό, όταν ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω ενός σύρματος, δημιουργεί ένα μικρό, κυκλικό μαγνητικό πεδίο γύρω του. Όταν δύο σύρματα είναι τοποθετημένα σε κοντινή απόσταση σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, τα μαγνητικά τους πεδία είναι ίσα και αντίθετα. Τα δύο πεδία, δηλαδή αλληλοεξουδετερώνονται, ενώ επίσης εξουδετερώνουν και κάθε εξωτερικό πεδίο. Η περιστροφή των καλωδίων μπορεί να βελτιώσει αυτό το φαινόμενο εξουδετέρωσης.

Δύο είναι οι βασικοί τύποι καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους: (1) μη θωρακισμένου συνεστραμμένου ζεύγους (UTP) και (2) θωρακισμένου συνεστραμμένου ζεύγους (STP) [16]:

i) UTP Καλώδιο

Το UTP καλώδιο είναι ένα μέσο που αποτελείται από ζεύγη συρμάτων (Σχήμα 2-14) και χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος δικτύων. Καθένα από τα 8 μεμονωμένα χάλκινα σύρματα καλύπτεται από μονωτικό υλικό. Επιπλέον, τα σύρματα κάθε ζεύγους είναι περιστρεμμένα το ένα γύρω από το άλλο.



ΣΧΗΜΑ 2-14: Μη θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους^[16]

Το UTP καλώδιο στηρίζεται εξ ολοκλήρου στο φαινόμενο εξουδετέρωσης που δημιουργείται από τα συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων για τον περιορισμό εκφυλισμού του σήματος λόγω ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI) και παρεμβολών ράδιο-συχνοτήτων (RFI). Για την περαιτέρω μείωση του crosstalk ανάμεσα στα ζεύγη συρμάτων, ο αριθμός περιστροφών των ζευγών ποικίλει. Τα συγκεκριμένα καλώδια

οφείλουν να ακολουθούν ακριβή χαρακτηριστικά ως προς τον αριθμό περιστροφών ανά μέτρο καλωδίου.

Τα συγκεκριμένα καλώδια συχνά εγκαθίστανται χρησιμοποιώντας την RJ-45 υποδοχή (Σχήμα 2-15). Η RJ-45 είναι μία υποδοχή 8 συρμάτων που χρησιμοποιείται συνήθως στη σύνδεση υπολογιστών σε τοπικά δίκτυα (LAN), ειδικότερα Ethernets.



ΣΧΗΜΑ 2-15: Υποδοχή RJ-45 και δίπλα η υποδοχή RJ-11^[16]

Στις τηλεφωνικές εφαρμογές συναντώνται πολύ συχνά τα καλώδια 2 ή 4 συρμάτων. Τα καλώδια 2 συρμάτων μεταφέρουν μόνο το σήμα, ενώ αυτά των 4 συρμάτων μπορούν να τροφοδοτήσουν και ηλεκτρικά μικρές συσκευές, όπως οι τηλεφωνικές. Η υποδοχή RJ-11 που παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα, χρησιμοποιείται σε αυτά τα καλώδια για τη σύνδεση τους με τις διάφορες θύρες. Σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού του καλωδίου είναι η αγωγιμότητά του που είναι της τάξεως των 100Ω σε σχέση με άλλα είδη καλωδίωσης των οποίων η αγωγιμότητα είναι της τάξεως των 600Ω. Παρακάτω παραθέτουμε τις κατηγορίες των UTP καλωδίων [18]:

- *Κατηγορία 1:* Χρήση σε τηλεφωνικές εφαρμογές, ακατάλληλα για τη μετάδοση δεδομένων.
- *Κατηγορία 2:* Δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων έως 4Mbps.
- *Κατηγορία 3:* Χρησιμοποιούνται στα 1BASE-T δίκτυα, δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων έως 10Mbps.
- *Κατηγορία 4:* Χρησιμοποιούνται στα Token Ring δίκτυα, δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων έως 16Mbps.
- *Κατηγορία 5:* Δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων έως 1 Mbps.

- *Κατηγορία 5e*: Χρησιμοποιούνται σε δίκτυα με ταχύτητες έως 1000Mbps.
- *Κατηγορία 6*: Τυπικά, τα καλώδια αυτά αποτελούνται από 25 AWG χάλκινα σύρματα.

ii) STP Καλώδιο

Το STP καλώδιο συνδυάζει τις τεχνικές της θωράκισης, της εξουδετέρωσης και της περιστρέψης των συρμάτων. Κάθε ζεύγος συρμάτων τυλίγεται με ένα μεταλλικό φύλλο. Τα 4 ζεύγη συρμάτων στη συνέχεια τυλίγονται σε ένα συνολικό μεταλλικό πλέγμα ή φύλλο, συνήθως ένα 150 Ω καλώδιο. Όπως ορίζεται για την χρήση του στις δικτυακές εγκαταστάσεις Ethernet, το STP καλώδιο μειώνει τον ηλεκτρικό θόρυβο, τόσο εσωτερικά του καλωδίου (σύζευξη μεταξύ των ζευγών, ή crosstalk) αλλά και εξωτερικά (EMI και RFI). Συνήθως το STP εγκαθίσταται με μία STP υποδοχή δεδομένων, η οποία είναι σχεδιασμένη ειδικά για αυτό. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι RJ υποδοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω.



ΣΧΗΜΑ 2-16: STP καλώδιο^[16]

Παρόλο που το STP αποτρέπει τις παρεμβολές καλύτερα από το UTP, είναι ακριβότερο και πιο δύσκολο στην εγκατάσταση. Επιπλέον, η μεταλλική θωράκιση πρέπει να είναι γειωμένη και στα δύο άκρα. Αν δεν είναι κατάλληλα γειωμένη, η θωράκιση λειτουργεί ως κεραία και λαμβάνει ανεπιθύμητα σήματα. Λόγω του κόστους του και της δυσκολίας τερματισμού, το STP καλώδιο χρησιμοποιείται σπανίως στα Ethernet δίκτυα. Ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται στην Ευρώπη.

Συγκρίνοντας το UTP με το STP, πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν τα παρακάτω σημεία:

- Η ταχύτητα και των δύο τύπων καλωδίου είναι ικανοποιητική για τοπικές αποστάσεις (10 έως 100Mbps).
- Είναι τα λιγότερο δαπανηρά μέσα για μετάδοση δεδομένων. Το UTP είναι οικονομικότερο από το STP.
- Επειδή τα περισσότερα κτίρια είναι ήδη δικτυωμένα μέσω UTP, πολλά πρότυπα μετάδοσης προσαρμόζονται στην χρήση του, ώστε να αποφύγουν μια δαπανηρή αναδιάταξη της καλωδίωσης.

B) Ομοαξονικό καλώδιο

Πιο πάνω αναφερθήκαμε στη δομή ενός ομοαξονικού καλωδίου. Αυτός ο τύπος καλωδίου υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης από 10 έως 100 Mbps και είναι σχετικά φτηνός, παραμένει παρόλαυτά ακριβότερος ανά μονάδα μήκους από το UTP. Ωστόσο, μπορεί να είναι οικονομικότερη λύση σε διατάξεις που απαιτούν μικρότερο μήκος καλωδίου. Αντίθετα με το UTP το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα με ανώτατο όριο τα 100 μέτρα, το ομοαξονικό καλώδιο αυξάνει αυτήν την απόσταση στα 500 μέτρα.

Στα τοπικά δίκτυα (LANs), το ομοαξονικό καλώδιο προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Μπορεί να λειτουργήσει με λιγότερες ενισχύσεις από αναμεταδότες για μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα σε κόμβους δικτύων σε σχέση με τα STP ή UTP καλώδια. Οι αναμεταδότες επαναδημιουργούν τα σήματα ενός δικτύου ώστε αυτά να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Η τεχνολογία του ομοαξονικού καλωδίου είναι οικονομικότερη από αυτή των οπτικών ινών και η ευρεία χρήση της για πολλά χρόνια σε όλα τα είδη επικοινωνίας δεδομένων την καθιστά ιδιαίτερα προσιτή [17].

Γ) Καλώδιο USB

Τα USB (Universal Serial Bus) καλώδια/θύρες σχεδιάστηκαν για τη σύνδεση περιφερειακών H/Y, όπως πληκτρολόγια, ποντίκια, ψηφιακές κάμερες, εκτυπωτές κ.τ.λ., αλλά και για την ηλεκτρική τροφοδοσία τους. Έχουν αντικαταστήσει πλέον μία ποικιλία από προηγούμενα πρωτόκολλα, όπως για παράδειγμα τις σειριακές και παράλληλες θύρες, ενώ λειτουργούν ως τροφοδοσία ισχύος για αρκετές φορητές συσκευές. Αυτή τη

στιγμή στην αγορά κυκλοφορούν δύο διαφορετικά πρότυπα USB δικτύωσης, το USB 2.0 και το USB 3.0 [54].

i) USB 2.0

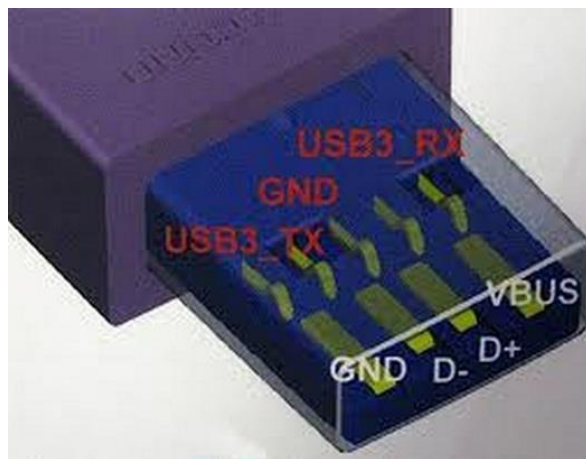
Στην τεχνολογία USB 2.0 η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων φτάνει έως και τα 35MB/s. Τα καλώδια αποτελούνται από 4 σύρματα: 1 για την τροφοδοσία, 2 για τη μετάδοση δεδομένων και 1 για τη γείωση. Τα 4 σύρματα είναι συνεστραμμένα σε ζεύγη για τη μείωση του θορύβου crosstalk. Τα παρακάτω σχήματα παρουσιάζουν τυπικά παραδείγματα USB 2.0 θυρών και καλωδίων [54].



ΣΧΗΜΑ 2-17: Τυπικά παραδείγματα USB 2.0 θύρας και καλωδίου^[54]

ii) USB 3.0

Η τεχνολογία USB 3.0 δίνει τη δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων με ταχύτητες αισθητά μεγαλύτερες (ρεαλιστικά έως και 400MB/s), εξασφαλίζει μικρότερη κατανάλωση ισχύος και είναι συμβατή με την αντίστοιχη USB 2.0 τεχνολογία. Τα καλώδια αποτελούνται από 9 σύρματα. Τα 5 επιπλέον σύρματα είναι: 2 διαφορεικά ζεύγη για Super-Speed μεταφορά δεδομένων και ένα σύρμα GND_DRAIN, το οποίο χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και για τη διατήρηση της ακεραιότητας του σήματος [54].



ΣΧΗΜΑ 2-18: Τεχνολογία USB 3.0^[54]

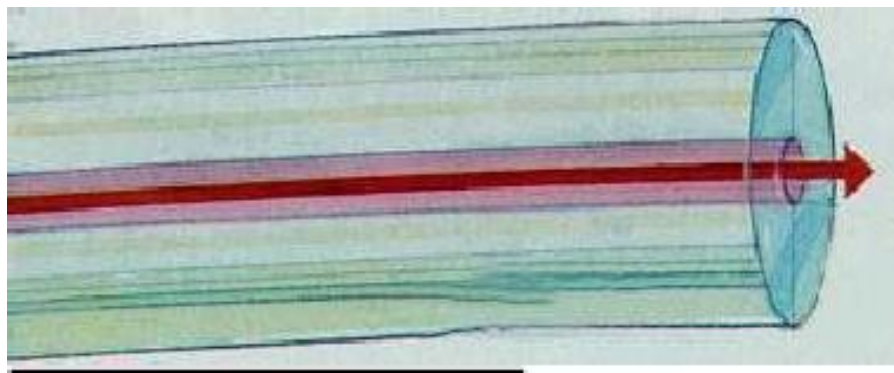
Δ) Δίκτυα οπτικών ινών

Στις τηλεπικοινωνίες οι μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δικτύων μεγάλων αποστάσεων. Πρακτικά, κάθε τηλεπικοινωνιακό δίκτυο συνδέεται πλέον με οπτικές ίνες εκτός από τις συνδέσεις στα σπίτια. Η σύνδεση των σπιτιών με οπτική ίνα δεν είναι ακόμα πρακτική οικονομικά και ειδικότερα αφού τα περισσότερα σπίτια δεν ενδιαφέρονται για της υπηρεσίες μεγάλων ταχυτήτων που θα δικαιολογούσαν την χρήση των οπτικών ινών.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία επιτρέπει στις εταιρίες να χωρίζουν το δίκτυο τους σε μικρότερες περιοχές υπηρεσιών κάτι που προλαμβάνει την περίπτωση μεγάλος αριθμός πελατών να επηρεαστεί από κάποια βλάβη των συστημάτων. Επίσης τους προσφέρει και ένα μονοπάτι επιστροφής που χρησιμοποιείται για το Ιντερνέτ και τις τηλεφωνικές συνδέσεις, το οποίο μπορεί να αυξήσει τα πιθανά έσοδα.

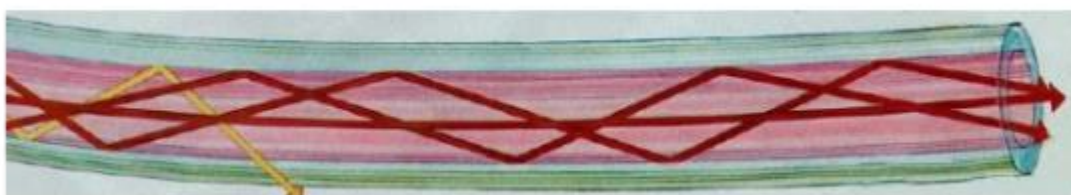
Δύο είναι οι σημαντικότερες κατηγορίες καλωδίων που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την τεχνολογία:

Μονότροπες ίνες: Έχουν περιορισμένο πυρήνα (8 microns ή και λιγότερο) και ο δείκτης διάθλασης μεταξύ του πυρήνα και του τοιχώματος αλλάζει λιγότερο από ότι στις πολύτροπες ίνες. Έτσι το φως ταξιδεύει παράλληλα προς τον άξονα, δημιουργώντας μικρή διασπορά παλμών. Τηλεφωνικές εταιρίες και εταιρίες καλωδιακής τηλεόρασης εγκαθιστούν εκατομμύρια χιλιομέτρων αυτού του τύπου ινών κάθε χρόνο.



ΣΧΗΜΑ 2-19: Μονότροπη οπτική ίνα^[19]

Πολύτροπες ίνες: έχουν μεγάλο πυρήνα, διαμέτρου μέχρι και 100 microns. Ως αποτέλεσμα, κάποιες από τις ακτίνες φωτός ακολουθούν συνεχή πορεία, ενώ κάποιες άλλες αναπηδούν στα τοιχώματα. Αυτές οι εναλλακτικές πορείες οδηγούν στην άφιξη διαφορετικών ομάδων ακτινών στο σημείο λήψης. Ο παλμός, ένα σύνολο από διαφορετικές ομάδες, αρχίζει και εξαπλώνεται, χάνοντας το καλώς ορισμένο σχήμα του. Η ανάγκη για διατήρηση κάποιου διακένου ανάμεσα στους παλμούς ώστε να αποφεύγεται η επικάλυψη περιορίζει το εύρος ζώνης το οποίο είναι η ποσότητα πληροφοριών που μπορεί να σταλεί. Συνεπώς, αυτό το είδος οπτικών ινών είναι καταλληλότερο για μετάδοση μικρών αποστάσεων, σε ένα ενδοσκόπιο για παράδειγμα [19].



ΣΧΗΜΑ 2-20: Πολύτροπη οπτική ίνα^[19]

Κεφάλαιο 3

Επισκόπηση των Προτύπων για δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

3.1 Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04)

3.1.1 Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κομμάτι του Προτύπου IEC 61000-4-x [20] σχετίζεται με την ατρωσία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού σε επαναλαμβανόμενα γρήγορα μεταβατικά φαινόμενα και απότομες εκφορτίσεις (Electrical Fast Transients/Bursts). Παρουσιάζει τις απαιτήσεις ατρωσίας, ενώ ταυτόχρονα ορίζει το εύρος των επιπέδων δοκιμών και τις αντίστοιχες διαδικασίες.

Στόχος αυτού του Προτύπου είναι να ορίσει μία ενιαία βάση αναφοράς για την αξιολόγηση της ατρωσίας του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όταν αυτός υπόκειται σε γρήγορα μεταβατικά φαινόμενα και απότομες εκφορτίσεις σε θύρες παροχής, σήματος, ελέγχου και γείωσης.

Επιγραμματικά το Πρότυπο καθορίζει:

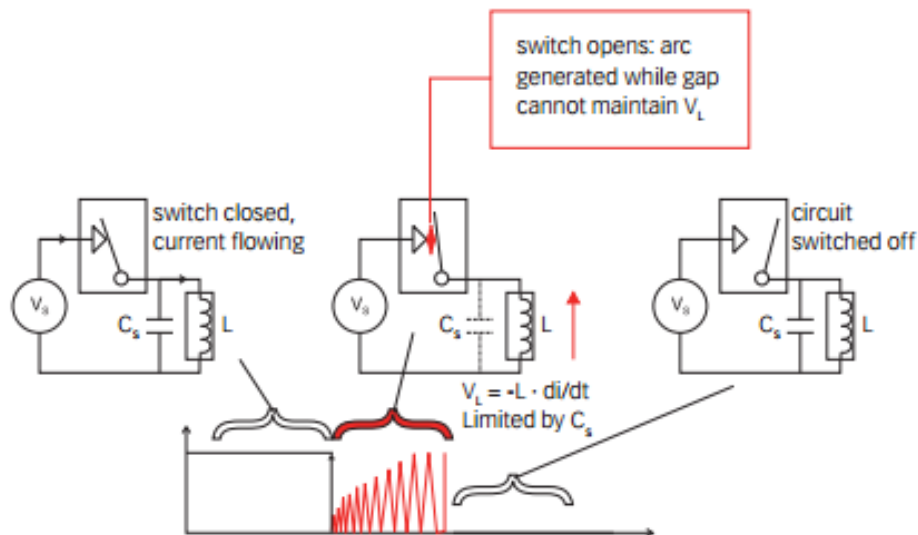
- Την κυματομορφή τάσης των δοκιμών
- Το εύρος των επιπέδων δοκιμών
- Το δοκιμαστικό εξοπλισμό
- Διαδικασίες επαλήθευσης του δοκιμαστικού εξοπλισμού
- Τις δοκιμαστικές διατάξεις
- Τις διαδικασίες δοκιμών

Καθορίζει επίσης και τις προδιαγραφές για εργαστηριακές δοκιμές και δοκιμές μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού.

Η δοκιμή επαναλαμβανόμενων γρήγορων μεταβάσεων, όπως αναφέραμε και παραπάνω, είναι μία δοκιμή σύζευξης γρήγορων μεταβάσεων στις θύρες παροχής ισχύος, ελέγχου, σήματος και γείωσης του υπό δοκιμή εξοπλισμού. Σημαντικοί παράμετροι αυτής της δοκιμής είναι το μεγάλο πλάτος, ο μικρός χρόνος ανόδου, ο μεγάλος ρυθμός επαναλήψεων και η χαμηλή ενέργεια των μεταβάσεων. Στόχος της δοκιμής είναι η επίδειξη ατρωσίας του εξοπλισμού όταν υπόκειται σε είδη μεταβατικών διαταραχών όπως αυτά που προέρχονται από διακοπτικές μεταβάσεις [20].

3.1.2 Θεωρητικό υπόβαθρο

Οι γρήγορες διακοπτικές μεταβάσεις δημιουργούνται με τον παρακάτω τρόπο. Όταν ο διακόπτης ενός κυκλώματος ανοίγει, το ρεύμα που ρέει μέσω του διακόπτη μηδενίζεται σχεδόν στιγμιαία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι το di/dt την στιγμή της διακοπής απειρίζεται. Ως γνωστόν όλα τα κυκλώματα εμφανίζουν παράσιτα επαγωγικά στοιχεία σχετιζόμενα με την καλωδίωση. Ο τύπος που καθορίζει την τάση που αναπτύσσεται σε ένα επαγωγικό στοιχείο είναι $V = -L \cdot di/dt$. Αν το di/dt απειρίζεται όπως αναφέραμε προηγουμένως αυτό συνεπάγεται ότι θα απειρίζεται και η τάση. Αυτό φυσικά δεν εμφανίζεται στην πράξη διότι η άνοδος της τάσης περιορίζεται από τις παράσιτες χωρητικότητες του κυκλώματος. Ωστόσο, μια υψηλή στιγμιαία τάση προστίθεται στην τάση λειτουργίας του κυκλώματος που εμφανίζεται στις επαφές του διακόπτη.



ΣΧΗΜΑ 3-1: Μεταβατικά φαινόμενα λόγω διακοπών^[21]

Αυτό το φαινόμενο οδηγεί στη διάσπαση του αυξανόμενου διακένου ανάμεσα στις επαφές, και ρεύμα ρέει ξανά, το οποίο με την σειρά του οδηγεί στην σβέση του τόξου. Όμως αυτό ξαναδιακόπτει το ρεύμα, έτσι εμφανίζεται καινούργια διάσπαση και καινούργιο τόξο. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τον διάκενο να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να αντέξει την εφαρμοζόμενη τάση χωρίς διάσπαση. Σε αυτό το σημείο το κύκλωμα θεωρείται πλέον ανοικτό. Ο ρυθμός επανάληψης και το πλάτος των τόξων εξαρτάται από τις κυκλωματικές και διακοπτικές παραμέτρους.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η εμφάνιση αυτών των μεταβάσεων είναι συνήθως τυχαία και επειδή το πλάτος των μεταβατικών φαινομένων αποσβένει όσο αυξάνεται η απόσταση, λόγω των απωλειών της γραμμής μετάδοσης, οι πηγές που είναι σημαντικές για τις δοκιμές είναι αυτές που βρίσκονται σε απόσταση μερικών μέτρων.

Στις θύρες σήματος τα μεταβατικά φαινόμενα είναι κατά κανόνα κοινά σε όλα τα σύρματα και ίδιου πλάτους αναφορικά με την εξωτερική γείωση [21].

3.1.3 Επίπεδα δοκιμών

Τα προτεινόμενα επίπεδα δοκιμών για τις δοκιμές των ηλεκτρικών γρήγορων μεταβάσεων, που μπορούν να εφαρμοστούν σε θύρες ισχύος, ελέγχου, σήματος και γείωσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα [20]:

Τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος και ρυθμός επανάληψης παλμών				
Επίπεδο	Σε θύρα τροφοδοσίας (PE – Power Port)		Σε θύρες εισόδου – εξόδου (I/O – Input/Output) σημάτων, δεδομένων και ελέγχου.	
	Μέγιστη τιμή τάσης kV	Ρυθμός επανάληψης kHz	Μέγιστη τιμή τάσης kV	Ρυθμός επανάληψης kHz
1	0.5	5 ή 100	0.25	5 ή 100
2	1	5 ή 100	0.5	5 ή 100
3	2	5 ή 100	1	5 ή 100
4	4	5 ή 100	2	5 ή 100
X ^a	Ειδικό	Ειδικό	Ειδικό	Ειδικό
<p>Σημείωση 1: Είθισται η χρήση ρυθμού επανάληψης να είναι 5 kHz, όμως τα 100 kHz είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα.</p> <p>Σημείωση 2: Σε κάποια προϊόντα, ίσως να μη γίνεται σαφής διαχωρισμός μεταξύ των θυρών PE και I/O, και επομένως εξαρτάται από τις επιτροπές των προϊόντων αυτός ο προσδιορισμός για σκοπούς δοκιμών.</p> <p>^a Το επίπεδο «X» είναι ένα οποιοδήποτε επίπεδο, που πρέπει όμως να καθορίζεται στις προδιαγραφές του εξοπλισμού.</p>				

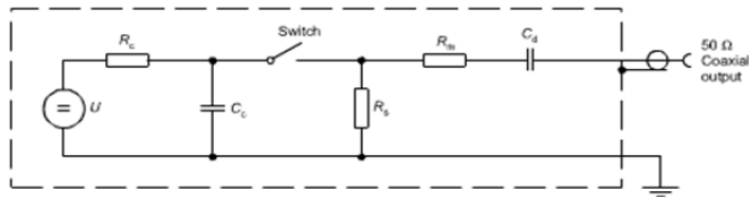
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: Επίπεδα δοκιμών EFT^[22]

3.1.3 Εξοπλισμός δοκιμών

Οι διαδικασίες επαλήθευσης που παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες έχουν ως στόχο την ορθή λειτουργία της γεννήτριας των δοκιμών, του δικτύου σύζευξης/απόζευξης (CDN) και του υπόλοιπου εξοπλισμού της διάταξης ώστε η κυματομορφή που μεταφέρεται στο δοκίμιο να είναι η επιθυμητή [20].

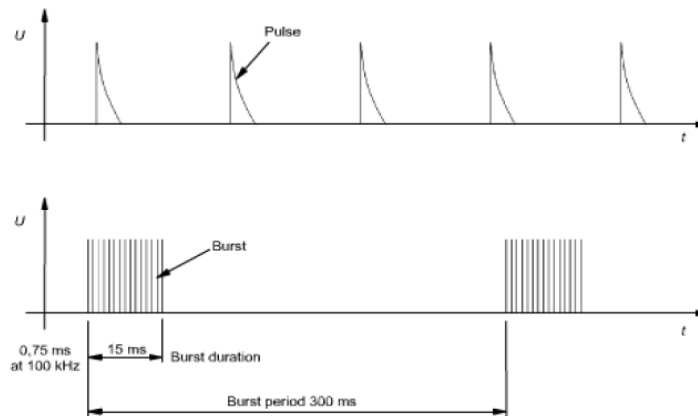
3.1.3.1 Γεννήτρια EFT/B

Το απλοποιημένο κυκλωματικό διάγραμμα της γεννήτριας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-3 που ακολουθεί. Τα κυκλωματικά στοιχεία C_c , R_s , R_m , και C_d είναι επιλεγμένα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει γρήγορα μεταβατικά φαινόμενα σε συνθήκες ανοιχτοκύκλωσης και με 50Ω ωμικό φορτίο. Η ενεργός τιμή της εμπέδησης εξόδου της γεννήτριας πρέπει να είναι 50Ω [20].



ΣΧΗΜΑ 3-3: Απλοποιημένο κυκλωματικό διάγραμμα της γεννήτριας EFT/B

U : πηγή υψηλής τάσης
 R_c : αντίσταση φόρτισης
 C_c : πυκνωτής αποθήκευσης ενέργειας
 R_s : αντίσταση διαμόρφωσης διάρκειας παλμού
 R_m : αντίσταση προσαρμογής εμπέδησης
 C_d : d.c.-block πυκνωτής



ΣΧΗΜΑ 3-4: Γενική μορφή EFT/B^[22]

Χαρακτηριστικά της γεννήτριας EFT/B

Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας EFT/B παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-5 που ακολουθεί και είναι τα εξής:

- Το εύρος τάσης εξόδου με φορτίο 1000 Ω πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.25kV έως 4kV.
- Το εύρος τάσης εξόδου με φορτίο 50 Ω πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.125kV έως 2kV.
- Η γεννήτρια πρέπει να είναι ικανή να λειτουργεί σε συνθήκες βραχυκυκλώματος.

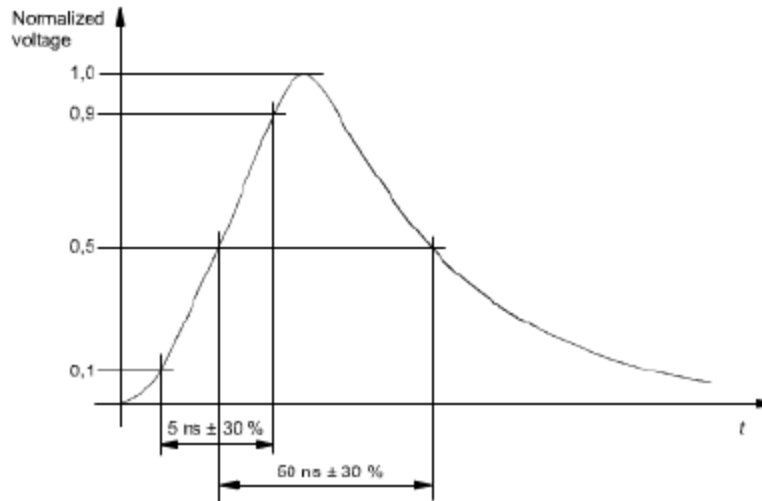
Πολικότητα	Θετική και αρνητική
Τύπος εξόδου	Ομοαξονικό, 50 Ω
D.c.-block πυκνωτής	10 nF ± 20%
Ρυθμός επανάληψης	(βλ. Πίνακα 3.2) ± 20%
Σχέση με το τροφοδοτικό	Ασύγχρονη
Διάρκεια ριπής (βλ. Σχήμα 2.4.2)	15 ms ± 20% στα 5 kHz 0.75 ms ± 20% στα 100 kHz
Περίοδος ριπής (βλ. Σχήμα 2.4.2)	300 ms ± 20%
Κυματομορφή παλμού	
<ul style="list-style-type: none"> • Με φορτίο 50 Ω 	Χρόνος ανόδου $t_r = 5 \text{ ns} \pm 30\%$ Χρόνος ημίσειας εύρους $t_d = 50 \text{ ns} \pm 30\%$ Μέγιστη τάση = σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 , ± 10% (βλ. Σχήμα 3.6 για την κυματομορφή των 50 Ω)
<ul style="list-style-type: none"> • Με φορτίο 1000 Ω 	Χρόνος ανόδου $t_r = 5 \text{ ns} \pm 30\%$ Χρόνος ημίσειας εύρους $t_d = 50 \text{ ns}$ με ανοχή - 15 ns ÷ 100 ns Μέγιστη τάση = σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 , ± 20% (βλ. Σημείωση 2 στον Πίνακα 3.2)
Φορτίο δοκιμής	50 Ω ± 2% 1000 Ω ± 2% παράλληλα με χωρητικότητα ≤ 6 pF. Η μέτρηση του ωμικού φορτίου γίνεται σε κατάσταση d.c. και η μέτρηση της τιμής του πυκνωτή γίνεται με εμπορικό μετρητή χωρητικότητας που λειτουργεί σε χαμηλές συχνότητες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: Χαρακτηριστικά γεννήτριας EFT/B^[22]

Η κυματομορφή τάσης EFT ενός παλμού σε φορτίο 50 Ω παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-6, ενώ εξίσωση που προσεγγίζει αρκετά καλά τη συγκεκριμένη κυματομορφή είναι η εξής:

$$V_{EFT}(t) = A \cdot V_P \cdot \left[1 - e^{\left(\frac{-t}{\tau_1}\right)} \right] \cdot e^{\left(\frac{-t}{\tau_2}\right)}$$

όπου $A = 1,27$, $\tau_1 = 3,5 \text{ ns}$, $\tau_2 = 55,6 \text{ ns}$.



ΣΧΗΜΑ 3-6: Η κυματομορφή τάσης EFT ενός παλμού σε φορτίο 50Ω ^[20]

Επαλήθευση των χαρακτηριστικών της γεννήτριας EFT/B

Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας δοκιμών πρέπει να επαληθευτούν ώστε να καθοριστεί μία ενιαία βάση αναφοράς για όλες τις γεννήτριες. Για αυτόν τον σκοπό είναι απαραίτητη η επόμενη διαδικασία.

Η έξοδος της γεννήτριας πρέπει να συνδέεται με ομοαξονικό τερματικό καλώδιο 50Ω και 1000Ω αντίστοιχα και η τάση να παρακολουθείται με έναν παλμογράφο. Το εύρος ζώνης -3dB του μετρούμενου εξοπλισμού και της εμπέδησης του φορτίου δοκιμής πρέπει να είναι τουλάχιστον 400MHz. Η εμπέδηση του φορτίου δοκιμής στα 1000Ω υπάρχει πιθανότητα να οδηγήσει σε περίπλοκη δικτύωση. Ο χρόνος ανόδου, η διάρκεια του παλμού και ο ρυθμός επανάληψης των παλμών εντός μίας ριπής, καθώς επίσης η διάρκεια της ριπής και η περίοδός της πρέπει να παρακολουθούνται.

Για κάθε επίπεδο τάσης του Πίνακα 3-7, γίνεται μέτρηση της τάσης εξόδου στο φορτίο 50Ω [V_p (50Ω)]. Αυτή η τάση πρέπει να είναι $[0,5 * V_p$ (ανοιχτοκύκλωσης)] $\pm 10\%$.

Στο ίδιο επίπεδο τάσης γίνεται μέτρηση της τάσης εξόδου στο φορτίο 1000Ω [V_p (1000Ω)]. Αυτή η τάση πρέπει να είναι V_p (ανοιχτοκύκλωσης) $\pm 20\%$ [20].

Επίπεδο τάσης kV	V_p (ανοικτοκύκλωμα) kV	V_p (1000 Ω) kV	V_p (50 Ω) kV	Συχνότητα επανάληψης kHz
0.25	0.25	0.24	0.125	5 ή 100
0.5	0.5	0.48	0.25	5 ή 100
1	1	0.95	0.5	5 ή 100
2	2	1.9	1	5 ή 100
4	4	3.8	2	5 ή 100

Σημείωση 1: Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται ώστε να βεβαιωθούμε ότι οι παράσιτες χωρητικότητες παραμένουν ελάχιστες.

Σημείωση 2: Η χρήση του φορτίου των 1000 Ω έχει ως άμεσο αποτέλεσμα, η τάση που διαβάζεται να είναι 5% μικρότερη του επιπέδου τάσης που ορίζουμε όπως φαίνεται στη στήλη V_p (1000 Ω). Επομένως η μετρούμενη τάση V_p στα 1000 Ω είναι ίση με την V_p σε ανοικτοκύκλωμα πολλαπλασιασμένη με 1000/1050 (ο λόγος του φορτίου δοκιμής προς την συνολική εμπέδηση του κυκλώματος, 1000 Ω + 50 Ω).

Σημείωση 3: Με το φορτίο των 50 Ω, η μετρούμενη τάση εξόδου είναι η μισή της τάσης ανοικτού κυκλώματος όπως φαίνεται στον πιο πάνω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-7: Τιμές μέγιστης τάσης εξόδου και ρυθμοί επανάληψης^[22]

3.1.3.2 Clamp χωρητικής σύζευξης

Το clamp παρέχει τη δυνατότητα σύζευξης των γρήγορων μεταβατικών φαινομένων και των απότομων εκφορτίσεων στο υπό δοκιμή κύκλωμα χωρίς καμία γαλβανική σύνδεση στα τερματικά των θυρών του δοκιμίου, στη θωράκιση των καλωδίων ή σε οποιοδήποτε άλλο μέρος του δοκιμίου.

Η χωρητικότητα σύζευξης του clamp εξαρτάται από τη διάμετρο του καλωδίου, το υλικό των καλωδίων και τη θωράκισή τους (αν υπάρχει).

Η συσκευή αποτελείται από μία μονάδα αρπαγής (κατασκευασμένη, για παράδειγμα, από γαλβανιζέ ατσάλι, μπρούτζο, χαλκό ή αλουμίνιο) ως περίβλημα των καλωδίων (επίπεδα ή στρογγυλά) των υπό δοκιμή κυκλωμάτων και πρέπει να τοποθετείται σε ένα επίπεδο αναφοράς γης (GRP) με ελάχιστο εμβαδόν 1 m². Το GRP πρέπει να εκτείνεται πέρα του clamp τουλάχιστον 0,1m σε όλες τις πλευρές.

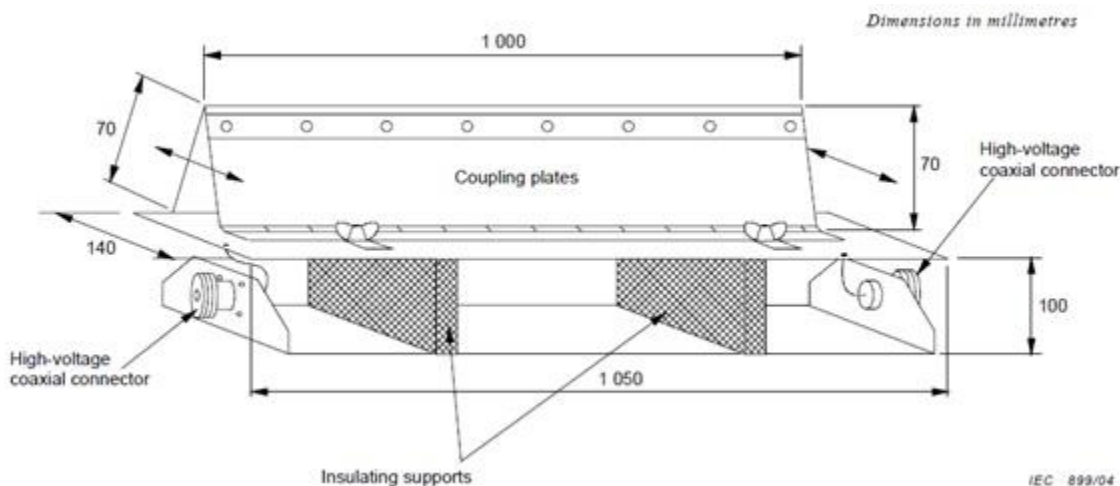
Το clamp πρέπει να παρέχεται με μία ομοαξονική υποδοχή υψηλής τάσης και στα δύο άκρα του για τη σύνδεση της γεννήτριας δοκιμών. Η γεννήτρια συνδέεται στο άκρο του clamp που είναι πλησιέστερο στο δοκίμιο.

Το clamp πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καλύτερα κλειστό ώστε να παρέχει τη μέγιστη χωρητικότητα σύζευξης μεταξύ του καλωδίου και της αρπαγής.

Τα τυπικά χαρακτηριστικά ενός clamp σύζευξης είναι τα παρακάτω:

- Τυπική χωρητικότητα σύζευξης μεταξύ καλωδίου και clamp: 100pF έως 1000pF.
- Ωφέλιμη διάμετρος στρογγυλών καλωδίων: 4mm έως 40mm.
- Αντοχή μονωτικής ικανότητας: 5kV (παλμός δοκιμής 1,2/50μs).

Η συγκεκριμένη μέθοδος σύζευξης απαιτείται για δοκιμές σε γραμμές συνδεδεμένες στις θύρες εισόδου/εξόδου και τηλεπικοινωνίας του δοκιμίου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε θύρες παροχής a.c./d.c. ισχύος όταν το απαιτούμενο CDN (coupling/decoupling network) δεν είναι διαθέσιμο. Στο Σχήμα 3-8 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μηχανική διάταξη ενός clamp χωρητικής σύζευξης.

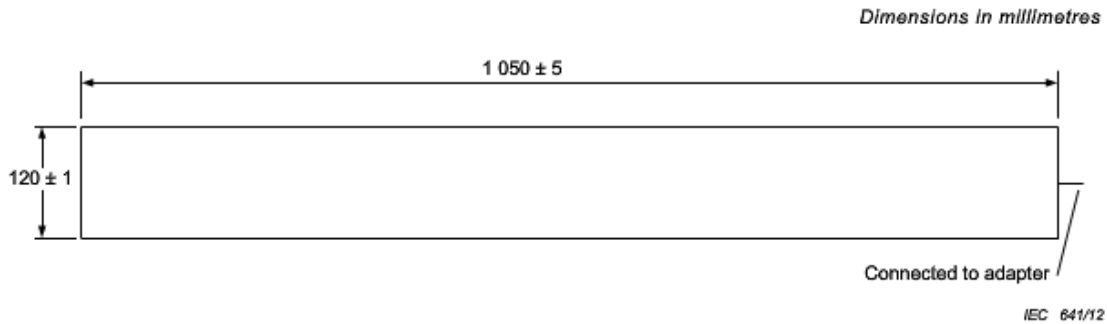


ΣΧΗΜΑ 3-8: Κατασκευή ενός clamp χωρητικής σύζευξης^[20]

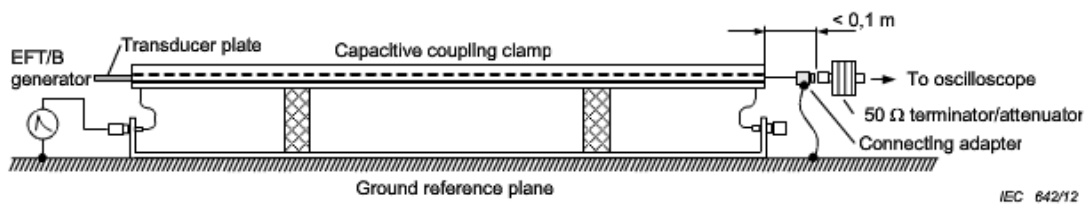
Διακρίβωση του clamp χωρητικής σύζευξης

Ο εξοπλισμός μέτρησης είναι ο ίδιος που χρησιμοποιήθηκε και στην προηγούμενη ενότητα για την επαλήθευση των χαρακτηριστικών της γεννήτριας.

Μία πλάκα μετατροπής (Σχήμα 3-8a) εισάγεται στο clamp σύζευξης, ενώ για τη σύνδεση με την τερματική αντίσταση μέτρησης χρησιμοποιείται ένας μετατροπέας (connecting adaptor) χαμηλής επαγωγής συνδεδεμένος με τη γη (Σχήμα 3-8b).



ΣΧΗΜΑ 3-8a: Πλάκα μετατροπής για τη διακρίβωση του clamp χωρητικής σύζευξης^[21]



ΣΧΗΜΑ 3-8b: Διάταξη διακρίβωσης του clamp χωρητικής σύζευξης^[21]

Η πλάκα μετατροπής πρέπει να αποτελείται από ένα μεταλλικό φύλλο διαστάσεων 120mm x 1050mm μέγιστου πάχους 0,5mm, μονωμένο στο πάνω και κάτω μέρος του με ένα διηλεκτρικό φύλλο πάχους 0,5mm. Για την αποφυγή της επαφής του clamp με τη μεταλλική πλάκα η μόνωση σε όλες τις πλευρές πρέπει να είναι τουλάχιστον της τάξης των 2,5kV. Στο ένα άκρο της είναι συνδεδεμένη μέσω μίας, χαμηλής επαγωγής, σύνδεσης μέγιστου μήκους 30mm στο μετατροπέα σύνδεσης. Η πλάκα πρέπει να είναι τοποθετημένη στο clamp με τέτοιο τρόπο ώστε το προς σύνδεση άκρο της να είναι ευθυγραμμισμένο με το άκρο της χαμηλής πλάκας του clamp. Ο μετατροπέας σύνδεσης πρέπει να υποστηρίζει μία χαμηλής επαγωγής σύνδεση στο GRP για τη γείωση της 50Ω ομοαξονικής αντίστασης τερματισμού μέτρησης. Η απόσταση μεταξύ της πλάκας μετατροπής και της συγκεκριμένης αντίστασης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,1m.

Η διακρίβωση πραγματοποιείται με τη σύνδεση της γεννήτριας, της οποίας η τιμή εξόδου έχει ρυθμιστεί στα 2kV, στην είσοδο του clamp σύζευξης [20].

Τα χαρακτηριστικά της κυματομορφής που καταγράφεται στο άκρο εξόδου της πλάκας μετατροπής πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις [20]:

- Χρόνος ανόδου ($5 \pm 1,5$) ns
- Εύρος παλμού (50 ± 15) ns
- Τάση κορυφής (1000 ± 200) V

3.1.4 Διάταξη δοκιμών

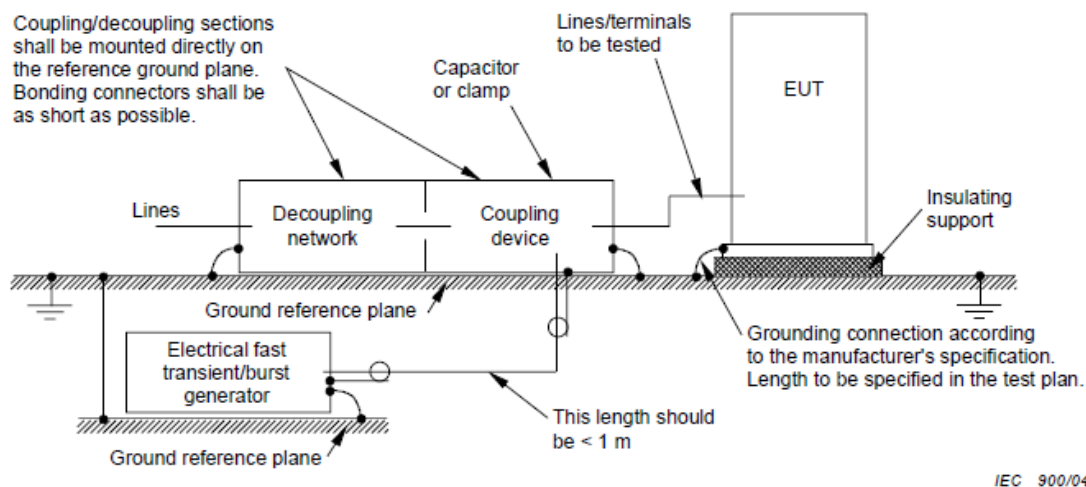
Δύο διαφορετικά είδη δοκιμών ορίζονται βάσει του περιβάλλοντος δοκιμής. Αυτά είναι:

- Δοκιμές τύπου ή αλλιώς συμμόρφωσης και διεξάγονται σε εργαστήρια.
- Δοκιμές μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού που διεξάγονται στις τελικές συνθήκες εγκατάστασης του εξοπλισμού.

Η προτεινόμενη μέθοδος είναι η πρώτη και το δοκίμιο πρέπει να τοποθετείται σύμφωνα με τις οδηγίες εγκατάστασης του κατασκευαστή [20].

3.1.4.1 Εξοπλισμός δοκιμών

Η διάταξη δοκιμών περιλαμβάνει τον ακόλουθο εξοπλισμό, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3-9 [20]:



ΣΧΗΜΑ 3-9: Διάταξη για δοκιμή ατρωσίας EFT/B^[20]

- Επίπεδο αναφοράς γης (GRP);
- Συσκευή σύζευξης (δίκτυο ή clamp);

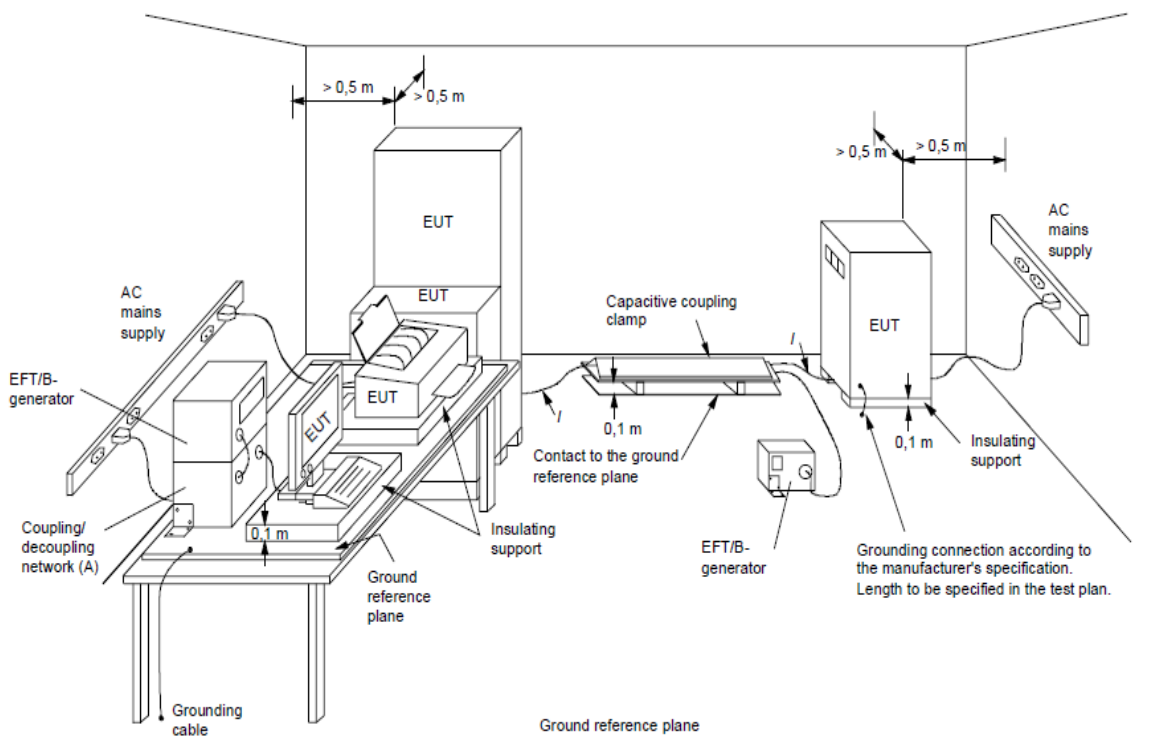
- Δίκτυο απόζευξης;
- Γεννήτρια δοκιμών

3.1.5 Διάταξη δοκιμών που διεξάγονται σε εργαστήρια

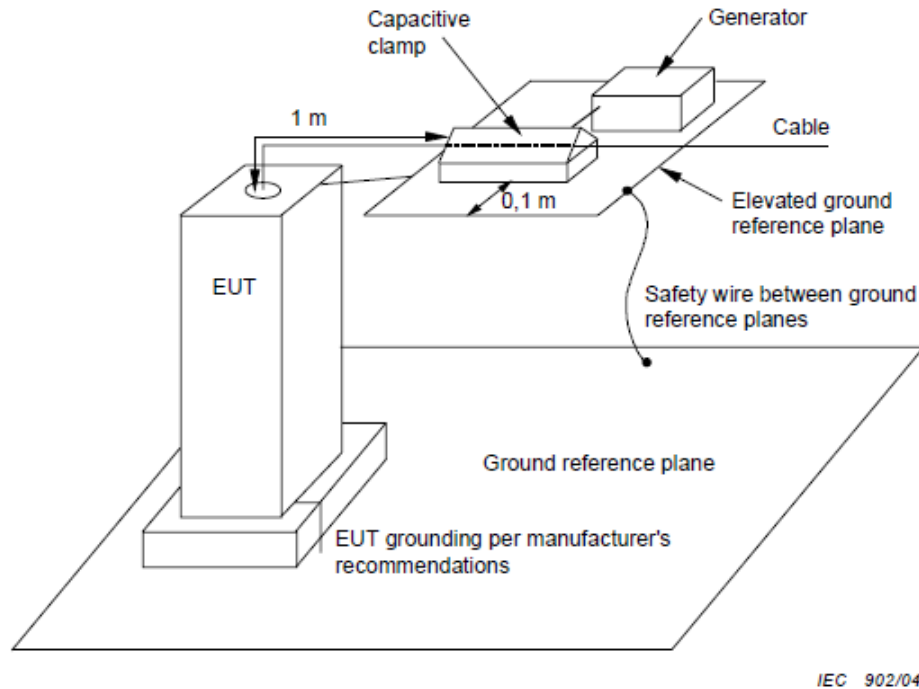
Οι συγκεκριμένες δοκιμές πραγματοποιούνται σε εργαστήρια, όπου το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον είναι πλήρως ελεγχόμενο.

Τα δοκίμια, είτε επιδαπέδια είτε επιτραπέζια, καθώς και ο συμπληρωματικός εξοπλισμός τοποθετούνται σε ένα GRP και μονώνονται από αυτό με ένα μονωτικό στήριγμα πάχους $0,1\text{m} \pm 0,01\text{m}$.

Τα Σχήματα 3-10 και 3-11 παρουσιάζουν δύο τέτοιες διατάξεις:



ΣΧΗΜΑ 3-10: Γενική διάταξη δοκιμών σε εργαστήριο^[20]



ΣΧΗΜΑ 3-11: Διάταξη δοκιμής εξοπλισμού τοποθετημένου σε ράγες^[20]

Το σύμβολο “1” στο Σχήμα 3-10 αναπαριστά το μήκος καλωδίου ανάμεσα στο clamp και στο δοκίμιο, το οποίο πρέπει να είναι $0,5\text{m} \pm 0,05\text{m}$.

Στην περίπτωση του επιτραπέζιου εξοπλισμού, το δοκίμιο τοποθετείται $0,1\text{m} \pm 0,01\text{m}$ πάνω από το GRP. Στον επιτραπέζιο εξοπλισμό εντάσσονται και κατηγορίες εξοπλισμών που χρησιμοποιούνται σε οροφές ή τοίχους.

Η γεννήτρια δοκιμών και το CDN τοποθετούνται ακριβώς πάνω στο GRP και συνδέονται με αυτό.

Το GRP πρέπει να είναι ένα μεταλλικό φύλλο (χαλκός ή αλουμίνιο) ελάχιστου πάχους $0,25\text{mm}$; μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα μεταλλικά υλικά τα οποία όμως πρέπει να έχουν ελάχιστο πάχος $0,65\text{mm}$.

Οι ελάχιστες διαστάσεις του GRP είναι $1\text{m} \times 1\text{m}$, αν και το πραγματικό μέγεθος εξαρτάται από τις διαστάσεις του δοκιμίου, ενώ πρέπει να εκτείνεται πέραν του δοκιμίου κατά τουλάχιστον $0,1\text{m}$ σε όλες τις πλευρές και να είναι συνδεδεμένο στη γείωση.

Το δοκίμιο πρέπει να τοποθετείται και να συνδέεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις λειτουργίας και η ελάχιστη απόσταση του σε σχέση με άλλες αγώγιμες κατασκευές εκτός του GRP πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,5m.

Όλα τα καλώδια προς το δοκίμιο πρέπει να τοποθετούνται στο μονωτικό στήριγμα 0,1m πάνω από το GRP. Τα καλώδια που δεν είναι υπό δοκιμή πρέπει όσο το δυνατόν να απομακρύνονται από το υπό δοκιμή καλώδιο ώστε να ελαχιστοποιείται η σύζευξη μεταξύ των καλωδίων.

Το δοκίμιο πρέπει να συνδέεται σε ένα σύστημα γείωσης σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ενώ δεν επιτρέπεται καμία περαιτέρω σύνδεση γείωσης.

Η εμπέδηση σύνδεσης του καλωδίου γείωσης του CDN στο GRP και όλες οι συνδέσεις πρέπει να παρέχουν χαμηλή επαγωγικότητα.

Για την εφαρμογή των τάσεων δοκιμών πρέπει να χρησιμοποιηθεί είτε ένα CDN είτε ένα clamp χωρητικής σύζευξης. Οι τάσεις δοκιμών πρέπει να είναι συζευγμένες σε όλες τις θύρες του δοκιμίου συμπεριλαμβανομένων αυτών μεταξύ δύο μονάδων του υπό δοκιμή εξοπλισμού, εκτός και αν το μήκος του καλωδίου σύνδεσης καθιστά αδύνατη τη δοκιμή.

Δίκτυα απόζευξης πρέπει να χρησιμοποιούνται για την προστασία βοηθητικού εξοπλισμού και δημοσίων δικτύων.

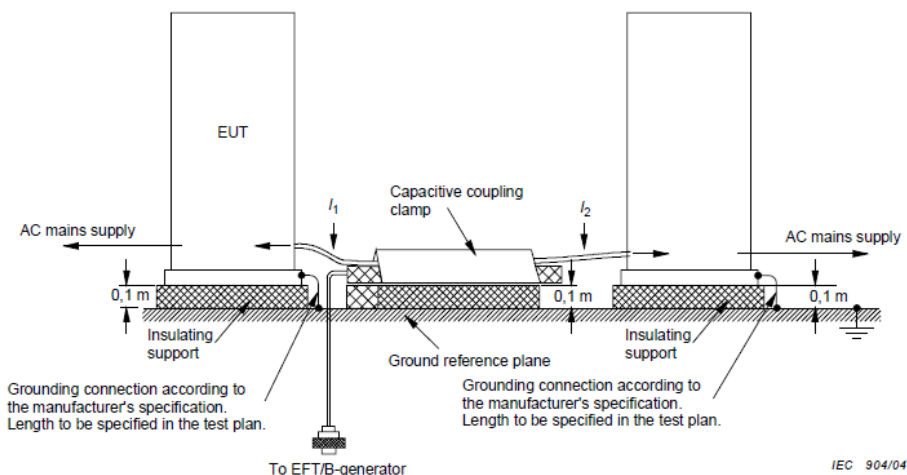
Όταν γίνεται χρήση του clamp σύζευξης, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των πλακών σύζευξης και όλων των υπόλοιπων επαγωγικών επιφανειών, εκτός του GRP που βρίσκεται κάτω από το clamp, είναι 0,5m.

Εκτός και αν ορίζεται διαφορετικά από το πρότυπο προϊόντος ή το πρότυπο οικογενείας προϊόντων, το μήκος των γραμμών σήματος και ισχύος ανάμεσα στη συσκευή σύζευξης και δοκιμίου πρέπει να είναι $0,5m \pm 0,05m$.

Αν ο κατασκευαστής παρέχει ένα μη-αποσπώμενο καλώδιο παροχής με μήκος μεγαλύτερο από $0,5m \pm 0,05m$ μαζί με τον εξοπλισμό, το επιπλέον μήκος αυτού του καλωδίου πρέπει να διπλώνεται ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία επιπέδου πηνίου και να τοποθετείται σε απόσταση 0,1m από το GRP [20].

3.1.5.1 Μέθοδος σύζευξης της τάσης δοκιμής στις I/O θύρες και τις θύρες επικοινωνίας του δοκιμίου

Τα Σχήματα 3-10 και 3-12 παρουσιάζουν τον τρόπο χρήσης του clamp χωρητικής σύζευξης για την εφαρμογή της τάσης δοκιμής στις I/O και τηλεπικοινωνιακές θύρες του δοκιμίου. Όταν γίνεται χρήση του clamp, ο εξοπλισμός που δεν είναι υπό δοκιμή ή ο βοηθητικός εξοπλισμός πρέπει να είναι αποζευγμένος κατάλληλα [20].



ΣΧΗΜΑ 3-12: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής σε εργαστήρια για εφαρμογή τάσης δοκιμής μέσω clamp χωρητικής σύζευξης – Σημείωση: Όταν και τα 2 δοκίμια εξετάζονται ταυτόχρονα $l_1=l_2= 0,5m \pm 0,05m$. Όταν μόνο ένα δοκίμιο εξετάζεται, ένα δίκτυο απόζευξης πρέπει να εισαχθεί ανάμεσα στο clamp και το δοκίμιο που δεν εξετάζεται. Επίσης η EFT/B γεννήτρια πρέπει να είναι συνδεδεμένη με το GRP. [20]

3.1.6 Διάταξη δοκιμών μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού

Αυτές οι δοκιμές είναι προαιρετικές. Εφαρμόζονται μετά από συμφωνία μεταξύ κατασκευαστή και πελάτη. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η δοκιμή μπορεί να είναι καταστροφική για το δοκίμιο και κάθε εξοπλισμός που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση μπορεί να υποστεί ζημία ή να επηρεαστεί ανεπιθύμητα.

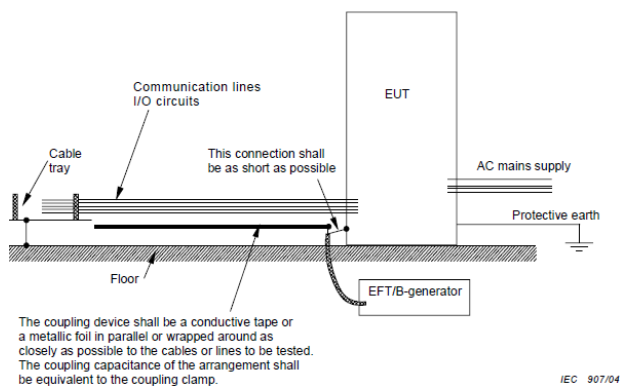
Ο εξοπλισμός ή το σύστημα πρέπει να εξεταστούν στις τελικές συνθήκες εγκατάστασης. Αυτές οι δοκιμές θα πρέπει να πραγματοποιηθούν χωρίς δίκτυα σύζευξης/απόζευξης ώστε να προσομοιώνεται όσο το δυνατόν καλύτερα το πραγματικό ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον.

Αν κάποιος εξοπλισμός ή κάποιο σύστημα εκτός του δοκιμίου επηρεάζεται υπερβολικά κατά τη διάρκεια της δοκιμής, δίκτυα απόζευξης πρέπει να χρησιμοποιηθούν μετά από συμφωνία μεταξύ χρήστη και κατασκευαστή [20].

3.1.6.1 Δοκιμές σε θύρες εισόδου/εξόδου και επικοινωνιών

Η προτεινόμενη μέθοδος για τη σύζευξη της τάσης δοκιμής στις θύρες εισόδου/εξόδου και επικοινωνιών είναι το clamp χωρητικής σύζευξης. Ωστόσο, όταν το clamp δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω μηχανικών προβλημάτων (μέγεθος, δρομολόγηση καλωδίων) στην καλωδίωση, πρέπει να αντικατασταθεί από ταινία ή από ένα επαγωγικό λεπτό φύλλο μετάλλου που θα περιβάλλει τις γραμμές υπό δοκιμή. Η χωρητικότητα της διάταξης σύζευξης με ταινία ή μεταλλικό φύλλο πρέπει να είναι ίση με αυτή του τυπικού clamp σύζευξης. Μία εναλλακτική μέθοδος είναι η σύζευξη της EFT/B γεννήτριας στα τερματικά των γραμμών μέσω διακριτών πυκνωτών 100pF.

Εάν το δοκίμιο περιλαμβάνει πολλές παρόμοιες θύρες, ο κατασκευαστής μπορεί να διαλέξει να εξετάσει έναν αντιπροσωπευτικό αριθμό καλωδίων με την προϋπόθεση ότι αυτά είναι εύκολα αναγνωρίσιμα. Η γείωση του ομοαξονικού καλωδίου από τη γεννήτρια δοκιμών πρέπει να πραγματοποιείται σε εγγύτητα με το σημείο σύζευξης. Εφαρμογή της τάσης δοκιμής στους ακροδέκτες ομοαξονικών ή θωρακισμένων επικοινωνιακών γραμμών δεν επιτρέπεται. Η τάση δοκιμής πρέπει να εφαρμοστεί με τέτοιο τρόπο ώστε η θωράκιση του εξοπλισμού να μην μειωθεί. Το Σχήμα 3-13 παρουσιάζει μια τέτοια διάταξη:



ΣΧΗΜΑ 3-13: Παράδειγμα δοκιμής μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε θύρες I/O και επικοινωνιών χωρίς την χρήση clamp χωρητικής σύζευξης. [20]

Τα αποτελέσματα της δοκιμής με την χρήση της διάταξης σύζευξης με διακριτούς πυκνωτές είναι αρκετά πιθανό να διαφέρουν από αυτά που προκύπτουν με την χρήση του clamp σύζευξης ή του μεταλλικού φύλλου. Για αυτό το λόγο τα επίπεδα δοκιμών μπορεί να τροποποιηθούν ώστε να λαμβάνουν υπ'όψιν σημαντικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης.

Τέλος, στις δοκιμές μετά την εγκατάσταση του εξοπλισμού μπορεί να συμφωνηθεί μεταξύ κατασκευαστή και χρήστη ότι τα εξωτερικά καλώδια μπορούν να εξεταστούν με την ταυτόχρονη δρομολόγηση όλων των καλωδίων στο clamp σύζευξης [20].

3.2 Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11)

Το συγκεκριμένο Πρότυπο [23] αναφέρεται στις δοκιμές που αφορούν στις υπερτάσεις μεταξύ φάσης και γης, αλλά και μεταξύ φάσεων και περιγράφει τις αντίστοιχες τεχνικές δοκιμών.

Τα δημόσια δίκτυα παροχής ισχύος και τηλεπικοινωνιών έχουν μεριμνήσει για την αντικεραυνική προστασία στους υποσταθμούς τους, δεν υπάρχει όμως η δυνατότητα λήψης επαρκών μέτρων προφύλαξης σε μεγάλη απόσταση από αυτούς. Σε αυτή την περίπτωση ο καταναλωτής καλείται να λάβει ο ίδιος μέτρα για την αντικεραυνική προστασία του.

Υπερτάσεις και υπερεντάσεις μπορούν να εμφανιστούν με την έναυση ή σβέση μεγάλων κινητήρων ή φορτίων. Συνεπώς, μία ηλεκτρονική συσκευή που προορίζεται για σύνδεση σε δίκτυο ισχύος ή τηλεπικοινωνιών θα πρέπει να πληρεί τις προϋποθέσεις που ορίζονται από το Πρότυπο IEC 61000-4-5.

3.2.1 Αιτίες εμφάνισης υπερτάσεων

Μεταβάσεις υψηλής ενέργειας (σε αντίθεση με τις γρήγορες μεταβάσεις χαμηλής ενέργειας που μελετήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα) που εμφανίζονται στις θύρες ηλεκτρονικών εξοπλισμών, είναι συνήθως αποτέλεσμα είτε ενός κεραυνικού πλήγματος, είτε μεγάλων διαταραχών των συστημάτων ισχύος. Πιο συγκεκριμένα:

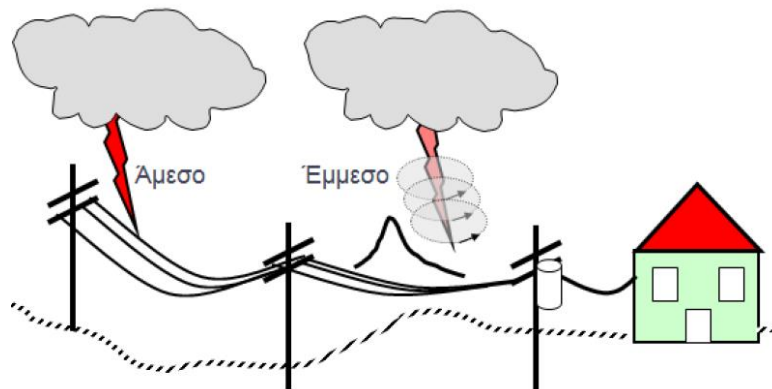
A) Μεταβατικά φαινόμενα στα συστήματα ισχύος

Αυτά κατηγοριοποιούνται σε μεταβάσεις που σχετίζονται με:

- Σοβαρές διαταραχές στα συστήματα ισχύος λόγω αποσύνδεσης στοιχείων του δικτύου, όπως η συστοιχία πυκνωτών.
- Τοπική αποσύνδεση φορτίων ή αλλαγές στα φορτία του δικτύου διανομής ισχύος.
- Κυκλώματα που βρίσκονται σε συντονισμό και περιλαμβάνουν διακοπτικές συσκευές, όπως θυρίστορ.
- Διάφορα σφάλματα του συστήματος, όπως βραχυκυκλώματα και σφάλματα τόξου στο σύστημα γείωσης της εγκατάστασης.

B) Κεραυνικά πλήγματα

Οι κυριότεροι μηχανισμοί με τους οποίους παράγονται υπερτάσεις λόγω κεραυνικών πληγμάτων παρουσιάζονται στο ακόλουθο Σχήμα 3-14 και είναι οι εξής:



ΣΧΗΜΑ 3-14: Υπερτάσεις λόγω κεραυνικού πλήγματος^[24]

- Άμεσο κεραυνικό πλήγμα σε ένα εξωτερικό κύκλωμα, το οποίο εισάγει υψηλά ρεύματα παράγοντας τάσεις, είτε διαρρέοντας την αντίσταση της γης, είτε την εμπέδηση του εξωτερικού κυκλώματος
- Έμμεσο κεραυνικό πλήγμα (πλήγμα ανάμεσα ή εντός των νεφών ή σε κοντινά αντικείμενα που παράγει ηλεκτρομαγνητικά πεδία) το οποίο επάγει τάσεις/ρεύματα στους αγωγούς εντός ή εκτός του κτηρίου.

- Ροή ρεύματος εντός της γης ως αποτέλεσμα κοντινών άμεσων εκφορτίσεων συζευγμένων στο κοινό μονοπάτι γης του συστήματος γείωσης της εγκατάστασης.

Η ραγδαία αλλαγή της τάσης ή του ρεύματος ως αποτέλεσμα του χειρισμού μίας συσκευής αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές στον πλησίον εξοπλισμό [21].

3.2.2 Προσομοίωση των μεταβάσεων

Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας δοκιμής είναι τέτοια ώστε να προσομοιώνουν τα παραπάνω φαινόμενα όσο το δυνατόν καλύτερα.

Αν η πηγή της παρεμβολής βρίσκεται στο ίδιο κύκλωμα, για παράδειγμα στο δίκτυο παροχής ισχύος (άμεση σύζευξη), η γεννήτρια προσομοιώνει μια πηγή χαμηλής εμπέδησης στις θύρες του δοκιμίου.

Αν η πηγή βρίσκεται έξω του κυκλώματος του δοκιμίου, (έμμεση σύζευξη), τότε η γεννήτρια προσομοιώνει μία πηγή υψηλότερης εμπέδησης [23].

3.2.3 Επίπεδα δοκιμών

Τα επίπεδα δοκιμών πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με τις συνθήκες εγκατάστασης. Οι κλάσεις των εγκαταστάσεων παρουσιάζονται στο παράρτημα Β.

Επίπεδο	Τάση ανοικτού κυκλώματος $\pm 10\%$ kV
1	0.5
2	1.0
3	2.0
4	4.0
X	Ειδικό (ανάλογα με το δοκίμιο)

Σημείωση: Το επίπεδο X μπορεί να είναι οποιοδήποτε επίπεδο, μεγαλύτερο, μικρότερο ή ανάμεσα στα άνωθεν επίπεδα. Αυτό είναι δυνατό να προσδιοριστεί από τις προδιαγραφές του εξοπλισμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-15: Επίπεδα δοκιμών^[22]

3.2.4 Εξοπλισμός δοκιμών

Το Πρότυπο καθορίζει δύο είδη γεννητριών συνδυασμού κυμάτων. Κάθε μία από αυτές έχει ξεχωριστές εφαρμογές, ανάλογα με τον τύπο της θύρας που εξετάζεται. Η γεννήτρια 10/700μs χρησιμοποιείται για τη δοκιμή σε θύρες που προορίζονται για τη σύνδεση συμμετρικών γραμμών επικοινωνίας. Η γεννήτρια 1,2/50μs χρησιμοποιείται σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις και ειδικότερα, στις δοκιμές θυρών που προορίζονται για γραμμές ισχύος και συνδέσεις σήματος μικρών αποστάσεων [23].

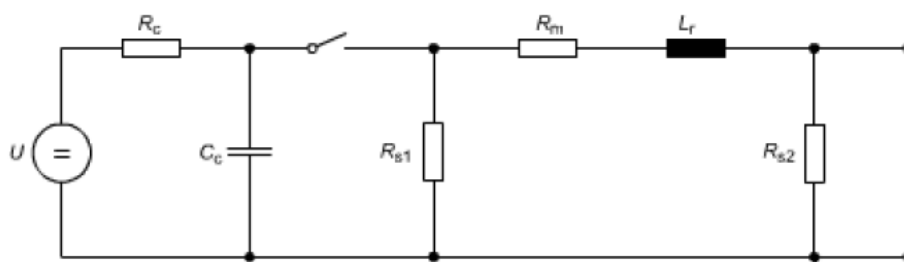
3.2.4.1 Γεννήτρια συνδυασμού κυμάτων 1,2/50μs

Σύμφωνα με το Πρότυπο, οι κυματομορφές εξόδου πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές στο σημείο που εφαρμόζονται στο δοκίμιο. Οι κυματομορφές καθορίζονται σύμφωνα με την τάση ανοιχτοκύκλωσης και το ρεύμα βραχυκυκλώματος, συνεπώς μετρώνται με το δοκίμιο αποσυνδεδεμένο.

Η συγκεκριμένη γεννήτρια προορίζεται να παράγει υπερτάσεις με:

- χρόνο μετώπου ανοιχτοκύκλωσης 1,2μs
- χρόνο ημίσεος εύρους ανοιχτοκύκλωσης 50μs
- χρόνο μετώπου βραχυκυκλώματος 8μs
- χρόνο ημίσεος εύρους βραχυκυκλώματος 20μs

Ένα απλοποιημένο κυκλωματικό διάγραμμα της γεννήτριας δίνεται στο Σχήμα 3-16. Οι τιμές των στοιχείων R_{S1} , R_{S2} , R_m , L_r και C_c επιλέγονται έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει υπερτάσεις 1,2/50μs (σε συνθήκες ανοιχτοκύκλωσης) και 8/20μs (σε συνθήκες βραχυκυκλώματος) [23].



ΣΧΗΜΑ 3-16: Απλοποιημένο κύκλωμα της γεννήτρια 1,2/50μs^[23]

U: πηγή υψηλής τάσης, R_c: αντίσταση φόρτισης, C_c: πυκνωτής αποθήκευσης ενέργειας,
 R_s: αντίσταση διαμόρφωσης διάρκειας παλμού, R_m: αντίσταση προσαρμογής εμπέδησης,
 L_r: πηνίο διαμόρφωσης χρόνου ανόδου

Χαρακτηριστικά της γεννήτριας

Πολικότητα	Θετική και αρνητική
Μετατόπιση φάσεως	Μεταξύ 0° και 360° σχετικά με τη φάση της γραμμής εισόδου (a.c. τάση) με το δοκίμιο, με ανοχή $\pm 10^\circ$
Επανάληψη δοκιμής	Μία ανά λεπτό ή γρηγορότερα
Μέγιστη τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος	Προσαρμοζόμενη από 0.5kV στο απαιτούμενο επίπεδο δοκιμής
Κυματομορφή υπέρτασης	Βλέπε Πίνακα 3.18 και Σχήμα 3.20
Ακρίβεια τάσης εξόδου	Βλέπε Πίνακα 3.19
Μέγιστο ρεύμα εξόδου βραχυκύκλωσης	Εξαρτάται από τη ρύθμιση του μέγιστου της τάσης (βλ. Βλέπε Πίνακα 3.18 και Πίνακα 3.19)
Κυματομορφή υπερέντασης	Βλέπε Πίνακα 3.18 και Σχήμα 3.21
Ακρίβεια ρεύματος εξόδου	Βλέπε Πίνακα 3.19
Ενεργός τιμή εμπέδησης εξόδου	$2 \pm 10\%$

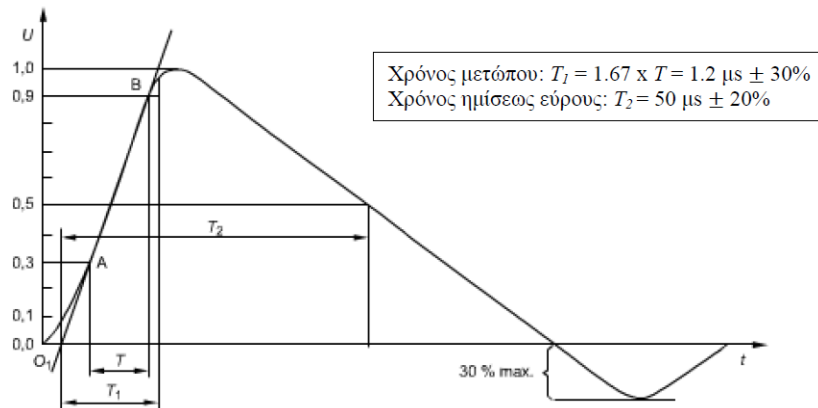
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-17 Χαρακτηριστικά γεννήτριας 1,2/50μs^[22]

Προσδιορισμός	Σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 60060-1		Σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 60469-1	
	Χρόνος μετώπου μs	Χρόνος ημίσεως εύρους μs	Χρόνος ανόδου (10% - 90%) μs	Χρόνος διάρκειας (50% - 50%) μs
Τάση ανοικτού κυκλώματος	$1.2 \pm 30\%$	$50 \pm 20\%$	$1 \pm 30\%$	$50 \pm 20\%$
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	$8 \pm 20\%$	$20 \pm 20\%$	$6.4 \pm 20\%$	$16 \pm 20\%$

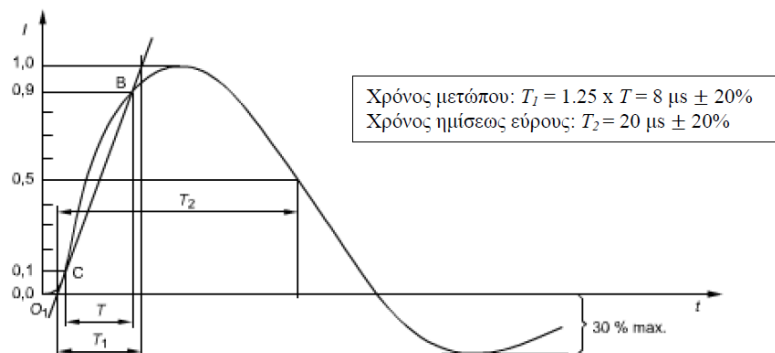
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-18: Παράμετροι της κυματομορφής 1,2/50μs^[22]

Μέγιστο τάσης ανοικτού κυκλώματος $\pm 10\%$	Μέγιστο ρεύματος βραχυκύκλωσης $\pm 10\%$
0.5 kV	0.25 kA
1 kV	0.5 kA
2 kV	1.0 kA
4 kV	2.0 kA

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-19: Σχέση μεταξύ του μεγίστου της τάσης ανοιχτοκύκλωσης και του μεγίστου του ρεύματος βραχυκυκλώματος.^[22]



ΣΧΗΜΑ 3-20: Κυματομορφή τάσης ανοιχτοκύκλωσης (1,2/50μs) στην έξοδο της γεννήτριας χωρίς τη σύνδεση CDN.^[22]



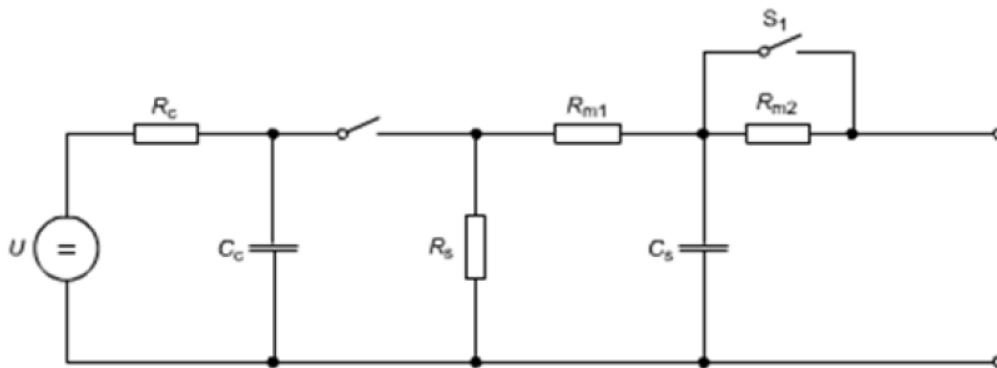
ΣΧΗΜΑ 3-21: Κυματομορφή ρεύματος βραχυκυκλώματος (8/20μs) στην έξοδο της γεννήτριας χωρίς τη σύνδεση CDN.^[22]

3.2.4.2 Γεννήτρια συνδυασμού κυμάτων 10/700μs

Η συγκεκριμένη γεννήτρια προορίζεται να παράγει υπερτάσεις με:

- χρόνο μετώπου ανοιχτοκύκλωσης 10μs
- χρόνο ημίσεος εύρους ανοιχτοκύκλωσης 700μs
- χρόνο μετώπου βραχυκυκλώματος 5μs
- χρόνο ημίσεος εύρους βραχυκυκλώματος 320μs

Ένα απλοποιημένο κυκλωματικό διάγραμμα της γεννήτριας δίνεται στο Σχήμα 3-22 [23]:



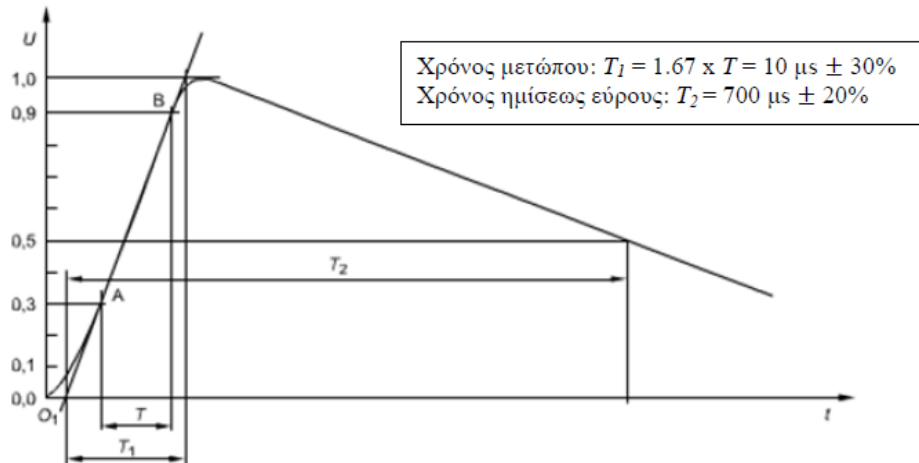
ΣΧΗΜΑ 3-22: Απλοποιημένο κύκλωμα της γεννήτριας 10/700μs^[23]

U: πηγή υψηλής τάσης, R_c: αντίσταση φόρτισης, C_c: πυκνωτής αποθήκευσης ενέργειας, R_s: αντίσταση διαμόρφωσης διάρκειας παλμού, R_m: αντίσταση προσαρμογής εμπέδησης, C_s: πυκνωτής διαμόρφωσης χρόνου ανόδου, S₁: διακόπτης (κλειστός όταν γίνεται χρήση εξωτερικών αντιστάσεων προσαρμογής)

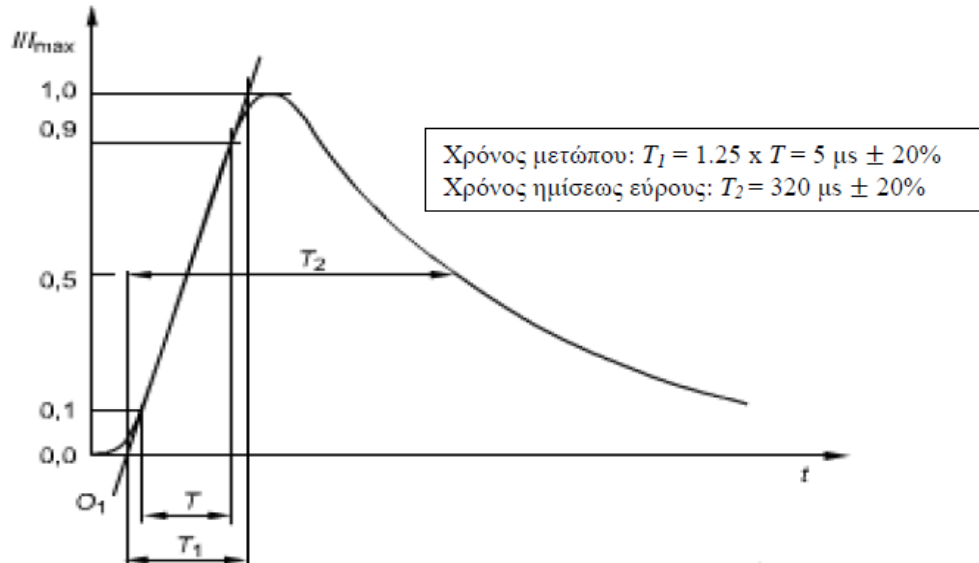
Χαρακτηριστικά της γεννήτριας

Πολικότητα	Θετική και αρνητική
Επανάληψη δοκιμής	Μία ανά λεπτό ή γρηγορότερα
Μέγιστη τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος	Προσαρμοζόμενη από 0.5kV στο απαιτούμενο επίπεδο δοκιμής
Κυματομορφή υπέρτασης	Βλέπε Πίνακα 3.26 και Σχήμα 3.24
Ακρίβεια τάσης εξόδου	Βλέπε Πίνακα 3.27
Μέγιστο ρεύμα εξόδου βραχυκύκλωσης	Εξαρτάται από τη ρύθμιση του μέγιστου της τάσης (βλ. Βλέπε Πίνακα 3. 6 και Πίνακα 3.27)
Ακρίβεια ρεύματος εξόδου	Βλέπε Πίνακα 3.27
Ενεργός τιμή εμπέδησης εξόδου	40±10%

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-23 Χαρακτηριστικά γεννήτριας 10/700μs^[22]



ΣΧΗΜΑ 3-24 Κυματομορφή τάσης ανοιχτοκύκλωσης (10/700µs)^[22]



ΣΧΗΜΑ 3-25: Κυματομορφή ρεύματος βραχυκυκλώματος (5/320µs)^[22]

Προσδιορισμός	Σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 60060-1 και τη σειρά ITU-T K		Σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 60469-1	
	Χρόνος μετώπου µs	Χρόνος ημίσεως εύρους µs	Χρόνος ανόδου (10% -90%) µs	Χρόνος διάρκειας (50% - 50%) Ms
Τάση ανοικτού κυκλώματος	10 ± 30 %	700 ± 20 %	6.5 ± 30 %	700 ± 20 %
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	5 ± 20 %	320 ± 20 %	4 ± 20 %	300 ± 20 %

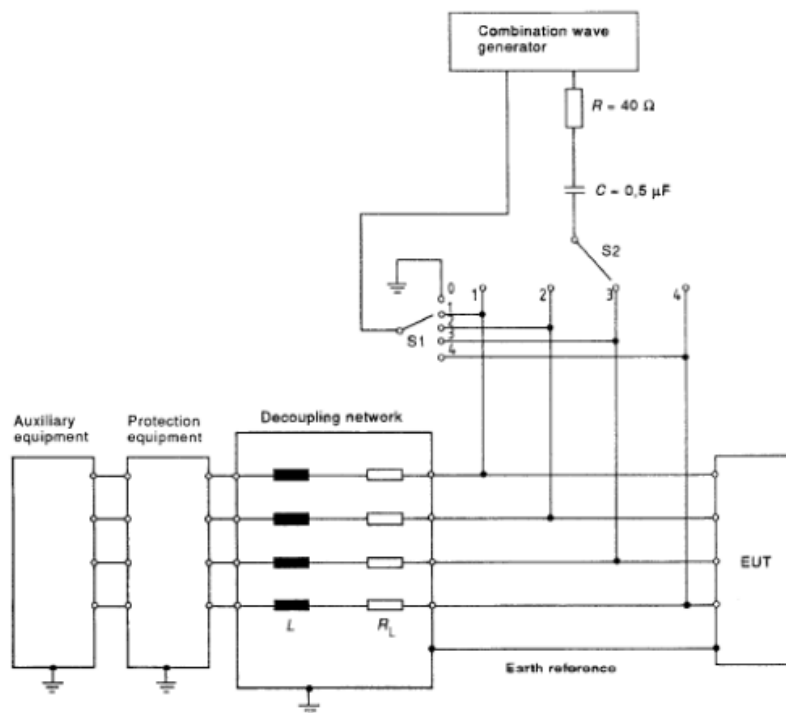
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-26: Παράμετροι κυματομορφής (10/700µs – 5/320µs)^[22]

Μέγιστο τάσης ανοικτού κυκλώματος $\pm 10\%$	Μέγιστο ρεύματος βραχυκύκλωσης $\pm 10\%$
0.5 kV	12.5 kA
1 kV	25 kA
2 kV	50 kA
4 kV	100 kA

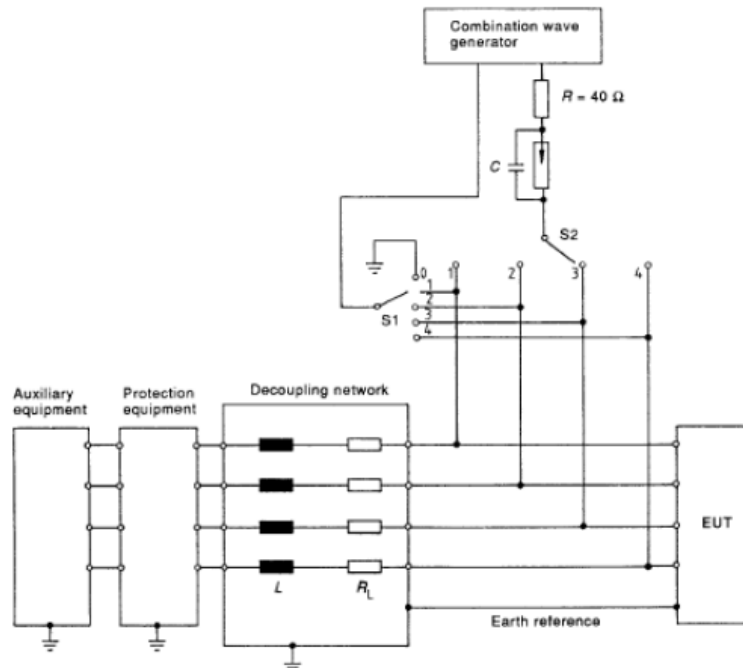
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-27: Μέγιστες τιμές τάσης ανοιχτοκύκλωσης και ρεύματος βραχυκύκλωσης.^[22]

3.2.4.3 Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης (CDN) για δοκιμές σε θύρες σήματος/δεδομένων/τηλεπικοινωνιών

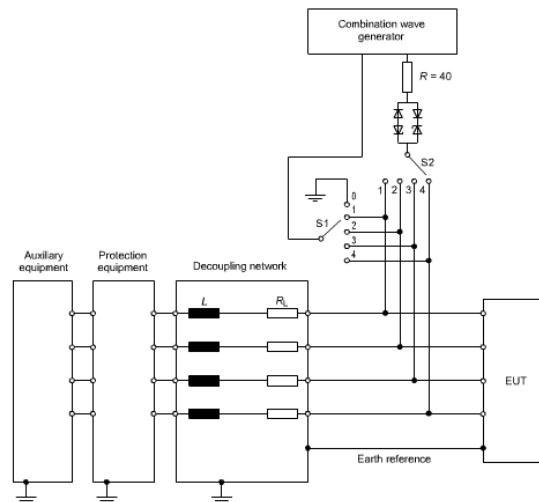
Στο Πρότυπο IEC 61000-4-5 η εμφάνιση μεγάλων τάσεων και ρευμάτων οδηγεί στο διαχωρισμό των διατάξεων σύζευξης και απόζευξης ανάλογα με τον τύπο γραμμής που εξετάζεται. Τα παρακάτω σχήματα παρουσιάζουν τις κυκλωματικές διατάξεις που προτείνονται στο Πρότυπο για κάθε τύπο γραμμής υπό εξέταση [23]:



ΣΧΗΜΑ 3-28: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής τριφασικού δοκιμίου για μη θωρακισμένες ασύμμετρες διασυνδέσεις γραμμών. Σύζευξη γραμμής – γραμμής και γραμμής – γης, μέσω χωρητικότητων.^[23]



ΣΧΗΜΑ 3-29: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής τριφασικού δοκιμίου για μη θωρακισμένες ασύμμετρες διασυνδέσεις γραμμών. Σύζευξη γραμμής – γραμμής και γραμμής – γης, μέσω απαγωγών υπερτάσεων^[23]



ΣΧΗΜΑ 3-30: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής τριφασικού δοκιμίου για μη θωρακισμένες ασύμμετρες διασυνδέσεις γραμμών. Σύζευξη γραμμής – γραμμής και γραμμής – γης, μέσω Clamper (κύκλωμα διόδων)^[23]

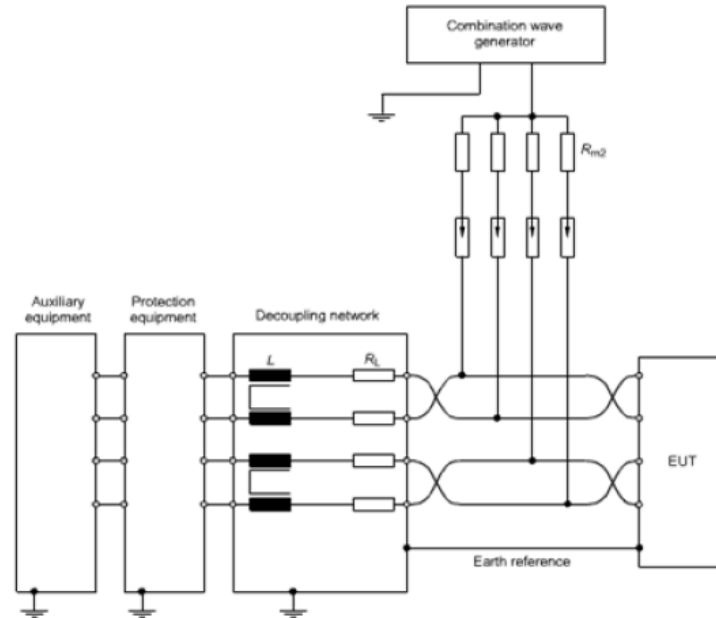
Στα Σχήματα 3.28 - 3.30 ισχύουν:

1) Διακόπτης $S1$

- Γραμμή – Γείωση: θέση 0
- Γραμμή – Γραμμή: θέσεις 1 έως 4

2) Διακόπτης S2

- Κατά τη διάρκεια των δοκιμών θέσεων 1 έως 4, αλλά όχι στην ίδια θέση με τον Διακόπτη S1
- $L = 20 \text{ mH}$, R_L : αντιπροσωπεύει το ωμικό μέρος της αυτεπαγωγής L



ΣΧΗΜΑ 3-31: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής τριφασικού δοκιμίου για μη θωρακισμένες συμμετρικές διασυνδέσεις γραμμών (γραμμές επικοινωνίας). Σύζευξη γραμμών – γης, μέσω απαγωγέων υπερτάσεων^[23]

Υπολογισμός της R_{m2} όταν χρησιμοποιείται η γεννήτρια 1.2/50 μs

Παράδειγμα για $n = 4$:

$$R_{m2} = 4 \times 40 = 160 \text{ (μέγιστη } 250)\Omega$$

Υπολογισμός της R_{m2} όταν χρησιμοποιείται η γεννήτρια 10/700 μs

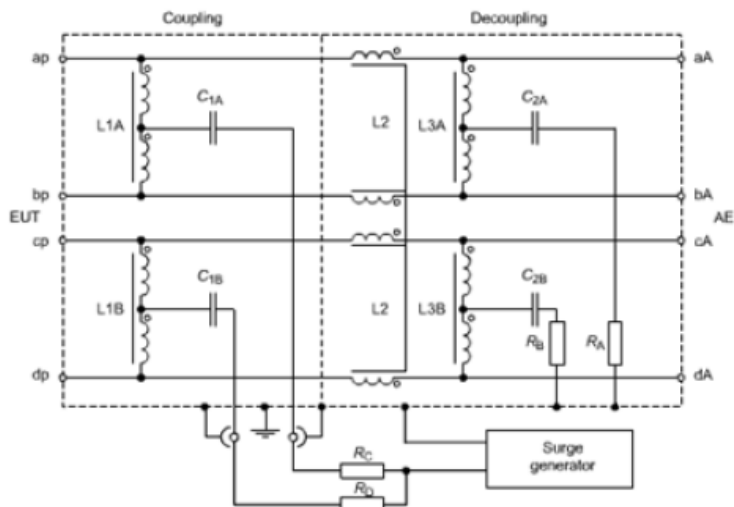
Παράδειγμα για $n = 4$:

$$R_{m2} = 4 \times 25 = 100 \text{ (μέγιστη } 250)\Omega$$

$$L = 20 \text{ mH}$$

R_L : η τιμή της εξαρτάται από την εξασθένηση του σήματος μετάδοσης.

Σημείωση: Οι απαγωγείς είναι δυνατό να αντικατασταθούν με clamper όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.30.



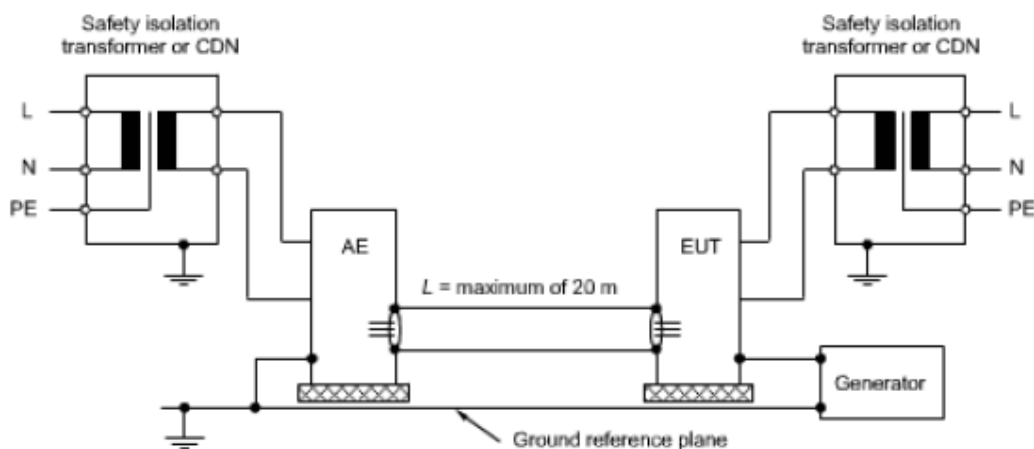
ΣΧΗΜΑ 3-32: Παράδειγμα διάταξης CDN για συμμετρικές, μεγάλης ταχύτητας, γραμμές επικοινωνίας με χρήση υπερτάσεων 1.2/50μs.^[23]

Σημείωση 1: Η αυτεπαγωγή L2 πρέπει να είναι αντισταθμισμένο στραγγαλιστικό πηνίο ρεύματος τεσσάρων σπειρών και να έχει μικρή ωμική εμπέδηση.

Σημείωση 2: Οι αντιστάσεις RA και RB πρέπει έχουν μικρή τιμή για να αποφευχθούν ταλαντώσεις.

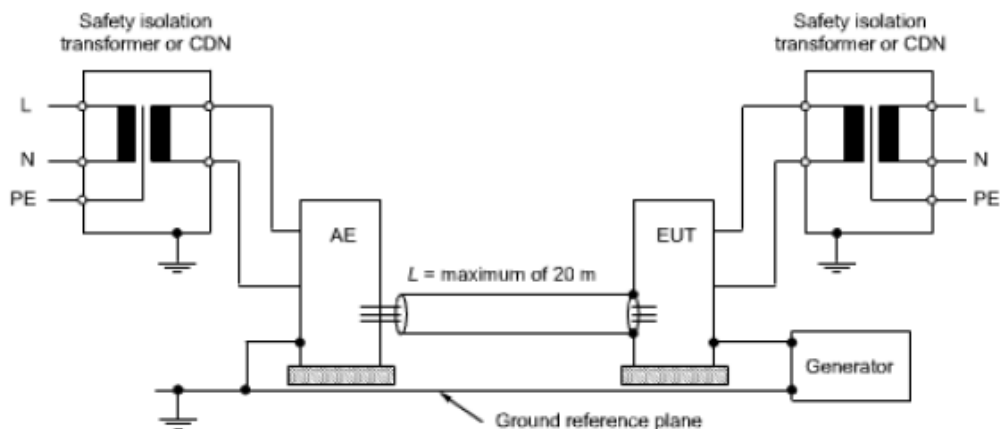
Σημείωση 3: Οι αντιστάσεις RC και RD πρέπει να είναι αντιστάσεις μόνωσης.

Σημείωση 4: Η διάταξη αυτή δεν συνίσταται να χρησιμοποιείται για την κυματομορφή 10/700μs γιατί τα πηνία πιθανόν να κορεστούν.



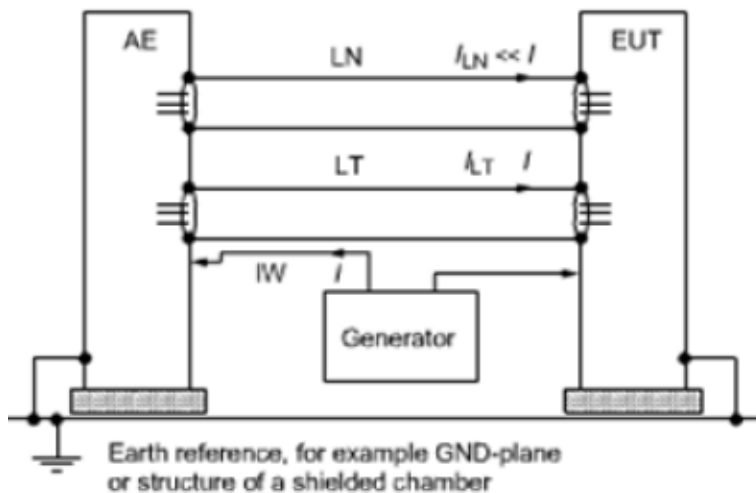
ΣΧΗΜΑ 3-33: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής που εφαρμόζεται σε θωρακισμένες γραμμές^[23]

Σημείωση: Το παράδειγμα αυτής της διάταξης εφαρμόζεται επίσης και σε τροφοδοτούμενα δοκίμια από d.c. τάση.



ΣΧΗΜΑ 3-34: Παράδειγμα διάταξης δοκιμής που εφαρμόζεται σε θωρακισμένες γραμμές γειωμένες μόνο στο ένα άκρο^[23]

Σημείωση: Το παράδειγμα αυτής της διάταξης εφαρμόζεται επίσης και σε τροφοδοτούμενα δοκίμια από d.c. τάση.



ΣΧΗΜΑ 3-35: Μέθοδος σύζευξης και διάταξη δοκιμής που εφαρμόζεται σε θωρακισμένες γραμμές, και συγκεκριμένα σε πολλαπλές θωρακισμένες καλωδιακές συνδέσεις^[23]

LN: Σήμα της γραμμής διασύνδεσης που θα εξετασθεί

LT: Σήμα της γραμμής διασύνδεσης που δεν θα εξετασθεί

IW: Αγωγός έγχυσης (injection wire)

Σημείωση: Το παράδειγμα αυτής της διάταξης εφαρμόζεται επίσης και σε τροφοδοτούμενα δοκίμια από d.c. τάση.

Με βάση τα παραπάνω σχήματα, θα δοθούν στην ενότητα που ακολουθεί λεπτομέρειες για την κάθε διάταξη.

A) Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης για γραμμές διασύνδεσης

Η μέθοδος σύζευξης πρέπει να επιλέγεται ως μία συνάρτηση των κυκλωμάτων και των συνθηκών λειτουργίας. Αυτό καθορίζεται στις προδιαγραφές του προϊόντος.

Δοκιμές με τη χρήση CDN με χωρητική σύζευξη μπορεί να αποφέρουν διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με τη σύζευξη μέσω απαγωγέων υπερτάσεων. Αν προτείνεται μία συγκεκριμένη μέθοδος, αυτή πρέπει να αναφέρεται στις προδιαγραφές του προϊόντος, όπως επίσης και στην αναφορά της δοκιμής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση συμμετρικών σημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν πηνία αντιστάθμισης ρεύματος στο δίκτυο απόζευξης [23].

i) CDNs με την χρήση χωρητικοτήτων

Η χωρητική σύζευξη είναι η προτεινόμενη μέθοδος για μη θωρακισμένα, μη συμμετρικά κυκλώματα εισόδου/εξόδου, με την προϋπόθεση ότι διατηρείται η ορθή λειτουργία της γραμμής. Το Σχήμα 3-28 παρουσιάζει ένα παράδειγμα της συγκεκριμένης μεθόδου.

Προτεινόμενα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- Στοιχείο σύζευξης: $R=40\Omega$, $C=0,5\mu F$
- Πηνία απόζευξης: $L=20mH$

ii) CDNs με την χρήση συσκευών clamp (αρπαγής)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η χωρητική σύζευξη λόγω λειτουργικών προβλημάτων που προκαλούνται από τη σύνδεση χωρητικοτήτων στο δοκίμιο. Κάποιες clamping συσκευές έχουν χαμηλή παρασιτική χωρητικότητα και επιτρέπουν τη σύνδεση σε πολλούς τύπους γραμμών εισόδου/εξόδου.

Όταν η σύζευξη πραγματοποιείται με clampers (κυκλώματα διόδων), ο πυκνωτής του Σχήματος 3-28 αντικαθίσταται από μία clamping συσκευή ή κύκλωμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-30. Η τάση αρπαγής της συσκευής πρέπει να επιλέγεται όσο το δυνατόν

χαμηλότερη, αλλά ψηλότερη από τη μέγιστη τάση λειτουργίας της γραμμής που εξετάζεται.

Προτεινόμενα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- Στοιχείο σύζευξης: $R=40\Omega$ + την εμπέδηση της επιλεγμένης clamping συσκευής
- Πηνία απόζευξης: $L=20\text{mH}$

Η μορφή του παλμού στην έξοδο προς το δοκίμιο της clamping συσκευής εξαρτάται από το πλάτος του παλμού και τα χαρακτηριστικά της clamping συσκευής, συνεπώς δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν τιμές της κυματομορφής και ανοχές.

iii) CDNs με την χρήση απαγωγέων υπερτάσεων (gas arrestors)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η χωρητική σύζευξη λόγω λειτουργικών προβλημάτων που προκαλούνται από τη σύνδεση χωρητικότητας στο δοκίμιο. Οι απαγωγείς υπερτάσεων έχουν χαμηλή παρασιτική χωρητικότητα και επιτρέπουν τη σύνδεση σε πολλούς τύπους γραμμών εισόδου/εξόδου. Ωστόσο εμφανίζουν υψηλή τάση ανάφλεξης που επηρεάζει αισθητά την κυματομορφή της συζευγμένης υπέρτασης.

Το Σχήμα 3-29 παρουσιάζει ένα παράδειγμα της συγκεκριμένης μεθόδου. Η τάση λειτουργίας του απαγωγέα πρέπει να επιλέγεται όσο το δυνατόν χαμηλότερη, αλλά ψηλότερη από τη μέγιστη τάση λειτουργίας της γραμμής που εξετάζεται.

Προτεινόμενα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- Στοιχείο σύζευξης: $R=40\Omega$ + την εμπέδηση του απαγωγέα
- Πηνία απόζευξης: $L=20\text{mH}$

Η μορφή του παλμού στην έξοδο προς το δοκίμιο του απαγωγέα εξαρτάται από το πλάτος του παλμού και τα χαρακτηριστικά του απαγωγέα, συνεπώς δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν τιμές της κυματομορφής και ανοχές.

Σημείωση: Οι μέθοδοι ii, iii χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με μεγάλο ρυθμό μεταφοράς σήματος.

B) Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης με την χρήση απαγωγέων σε συμμετρικές γραμμές

Η σύζευξη μέσω απαγωγέων είναι η προτεινόμενη μέθοδος σύζευξης για μη θωρακισμένα, συμμετρικά κυκλώματα (επικοινωνίες), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-31.

Το δίκτυο σύζευξης είναι επίσης υπεύθυνο για το διαχωρισμό του ρεύματος υπέρτασης σε πολλαπλά ζεύγη σε καλώδια πολλαπλών αγωγών.

Συνεπώς, η αντίσταση R_{m2} στο δίκτυο σύζευξης πρέπει να είναι, για n αγωγούς, $n \times 40\Omega$ (για $n \geq 2$). Η R_{m2} δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 250Ω .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1: για $1,2/50\mu\text{s}$ υπερτάσεις: $n=4$, $R_{m2} = 4 \times 40\Omega$. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και την εμπέδηση της γεννήτριας η τελική τιμή είναι περίπου 42Ω .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: για $10/700\mu\text{s}$ υπερτάσεις: $n=4$, $R_{m2} = 4 \times 25\Omega$. Αθροίζοντας και την εμπέδηση R_{m1} (15Ω) της γεννήτριας η τελική τιμή είναι περίπου 40Ω , όσο ο διακόπτης S1 στην γεννήτρια είναι κλειστός.

Προτεινόμενα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- Στοιχείο σύζευξης: R_{m2} + την εμπέδηση του απαγωγέα
- Πηνία απόζευξης: $L=20\text{mH}$

Η μορφή του παλμού στην έξοδο προς το δοκίμιο του απαγωγέα εξαρτάται από το πλάτος του παλμού και τα χαρακτηριστικά του απαγωγέα, συνεπώς δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν τιμές της κυματομορφής και ανοχές [23].

Σημείωση: Η γραμμή διασύνδεσης μεταξύ του δοκιμίου και του CDN δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2m σε μήκος.

Γ) Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης για γραμμές επικοινωνίας μεγάλων ταχυτήτων

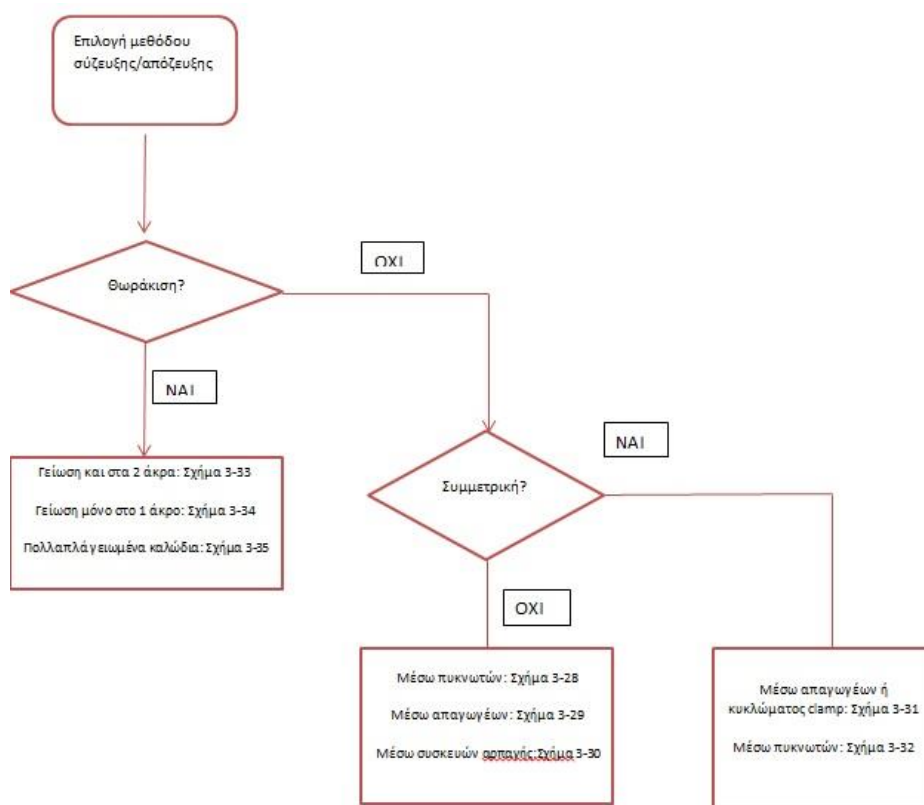
Λόγω υλικών περιορισμών, τα περισσότερα CDN δεν μπορούν να διαχειριστούν συχνότητες μεγαλύτερες από τα 100KHz . Σε περιπτώσεις όπου δεν διατίθεται το απαιτούμενο CDN (Σχήμα 3-32), οι υπερτάσεις εφαρμόζονται απευθείας στην θύρα δεδομένων υψηλών ταχυτήτων του δοκιμίου.

Μετά τη δοκιμή, πρέπει να επαληθευτεί η ορθή λειτουργία της θύρας, ενώ το δοκίμιο πρέπει να παραμείνει σε λειτουργία με τη θύρα αποσυνδεδεμένη.

Σημείωση: Σε περιπτώσεις θωρακισμένων γραμμών δεν είναι δυνατή η χρήση δικτύων σύζευξης/απόζευξης και η εφαρμογή της τάσης γίνεται κατευθείαν στην υπό εξέταση θύρα. Τα Σχήματα 3-33, 3-34 και 3-35 περιγράφουν τις διαδικασίες δοκιμής σε αυτές τις περιπτώσεις.

Συνοψίζοντας, παρακάτω παρατίθεται ένα διάγραμμα ροής για την επιλογή του κατάλληλου δικτύου σύζευξης/απόζευξης σε γραμμές σήματος/δεδομένων/επικοινωνιών.

Η επιλογή στηρίζεται στη θωράκιση ή μη των γραμμών και στον τρόπο που μεταφέρονται τα δεδομένα (συμμετρικά ή μη συμμετρικά) [23].



ΣΧΗΜΑ 3-36: Flow-chart για την επιλογή του CDN σε θύρες σήματος/δεδομένων/επικοινωνιών^[23]

3.3 Πρότυπο IEC 61000-4-6 ed3.0 2008-10

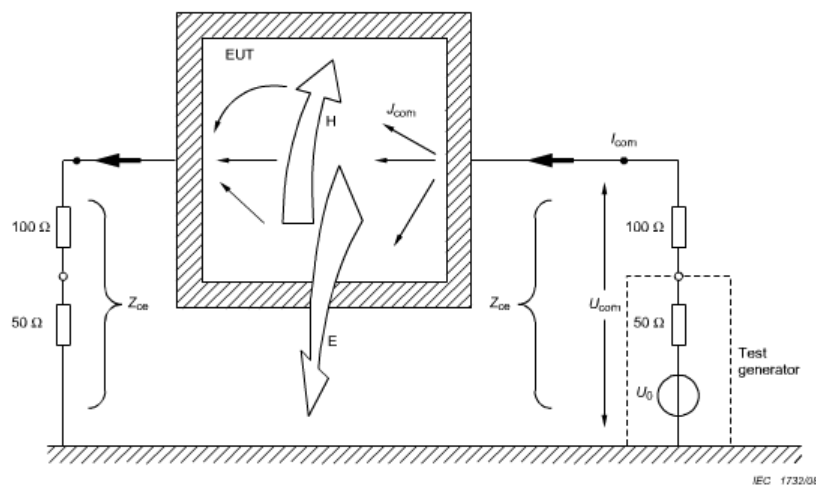
Στόχος του συγκεκριμένου Προτύπου [25] είναι να εδραιώσει μία ενιαία βάση αναφοράς για την αξιολόγηση του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όταν αυτός υπόκειται

σε επαγόμενες διαταραχές λόγω RF (radio-frequency) πεδίων στο εύρος συχνοτήτων 9KHz έως 80MHz. Εξοπλισμοί που δεν διαθέτουν ούτε ένα καλώδιο με το οποίο θα μπορούσε να επιτευχθεί η σύζευξη του εξοπλισμού με τα RF πεδία εξαιρούνται από το Πρότυπο.

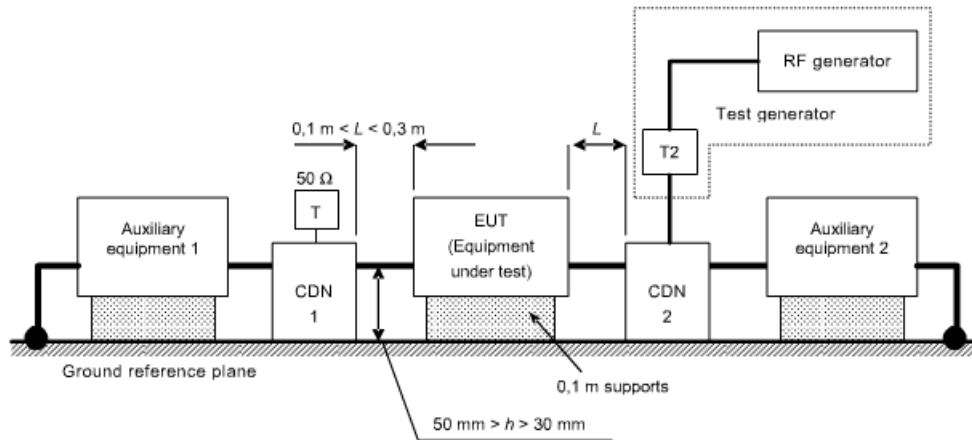
3.3.1 Γενικά

Η πηγή της διαταραχής που καλύπτεται από το συγκεκριμένο Πρότυπο είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, προερχόμενο από εκούσιους RF πομπούς., το οποίο μπορεί να δρα σε όλο το μήκος των καλωδίων που είναι συνδεδεμένο στο εγκατεστημένο εξοπλισμό. Τα εισερχόμενα και εξερχόμενα καλώδια συμπεριφέρονται ως παθητικές κεραιές λήψης λόγω του μήκους τους, το οποίο μπορεί να είναι αρκετά μήκη κύματος.

Ανάμεσα σε αυτά τα δίκτυα καλωδίων, ο εξοπλισμός εκτίθεται σε ρεύματα που ρέουν "μέσω" του εξοπλισμού. Τα καλωδιακά συστήματα που είναι συνδεδεμένα στον εξοπλισμό θεωρείται ότι βρίσκονται σε συντονισμό και συνεπώς αναπαριστώνται μέσω συσκευών σύζευξης και απόζευξης που έχουν κοινή εμπέδηση 150Ω αναφορικά με το GRP. Το δοκίμιο εξετάζεται συνδέοντάς το μεταξύ 2 συνδέσεων με κοινή εμπέδηση 150Ω : η πρώτη παρέχει την RF πηγή ενώ η δεύτερη ένα μονοπάτι επιστροφής του ρεύματος. Τα δύο πεδία στα οποία υπόκειται το δοκίμιο (ηλεκτρικό E και μαγνητικό H) παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-37 ενώ το Σχήμα 3-38 αναπαριστά τη μέθοδο δοκιμής με την χρήση συσκευών σύζευξης και απόζευξης [25].



ΣΧΗΜΑ 3-37: Διάγραμμα ΗΜ πεδίων στο δοκίμιο λόγω των κοινών ρευμάτων των καλωδίων^[25]



ΣΧΗΜΑ 3-38: Δοκιμή ατρωσίας σε επαγόμενες διαταραχές RF^[25]

3.3.2 Επίπεδα δοκιμών

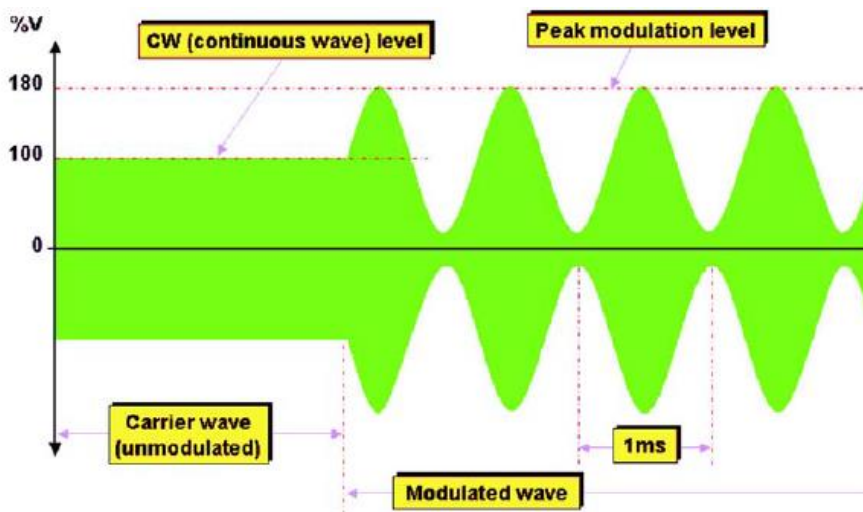
Για το εύρος συχνοτήτων 9KHz έως 150KHz δεν απαιτούνται δοκιμές.

Εύρος συχνοτήτων 150KHz -80MHz		
Επίπεδο	Επίπεδο τάσης (e.m.f.)	
	U ₀ dB(μV)	U ₀ V
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ^a	Ειδικό	
^a X: είναι ένα οποιοδήποτε επίπεδο, το οποίο προσδιορίζεται από τις προδιαγραφές του εξοπλισμού		

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-39: Επίπεδα δοκιμών^[25]

Στον παραπάνω πίνακα δίνονται τα r.m.s. επίπεδα τάσης ανοιχτοκύκλωσης του μη διαμορφωμένου σήματος παρεμβολής. Αυτό το σήμα διαμορφώνεται κατά πλάτος 80%

με ένα ημιτονικό σήμα 1 KHz ώστε να προσομοιώνει πραγματικές διαταραχές. Το Σχήμα 3-40 που ακολουθεί παρουσιάζει τη συγκεκριμένη διαδικασία [25].

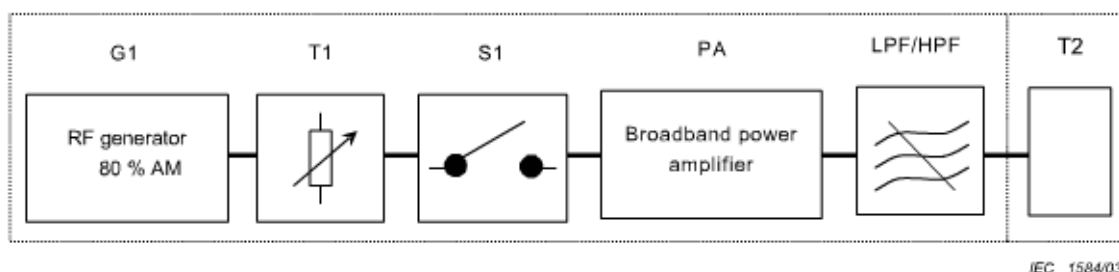


ΣΧΗΜΑ 3-40: Το Πρότυπο IEC 61000-4-6 καθορίζει επίπεδα δοκιμών για το μη διαμορφωμένο κύμα, έτσι για παράδειγμα σε μία δοκιμή με 10V rms τάση η peak-to-peak τάση είναι 50.9V^[26]

3.3.3 Εξοπλισμός δοκιμών

3.3.3.1 Γεννήτρια δοκιμών

Η γεννήτρια δοκιμών περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό και τα εξαρτημένα για την παροχή της θύρας εισόδου κάθε συσκευής σύζευξης με το παρεμβάλλον σήμα στο απαιτούμενο επίπεδο σήματος και στο απαιτούμενο σημείο. Μια τυπική διάταξη αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία, τα οποία μπορεί να είναι ξεχωριστά ή ενσωματωμένα σε ένα ή περισσότερα όργανα δοκιμών. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται και στο Σχήμα 3-41 [25].



ΣΧΗΜΑ 3-41: Διάταξη γεννήτριας δοκιμών^[25]

- RF γεννήτρια, G1, ικανή να καλύψει το εύρος συχνοτήτων που απαιτείται και να διαμορφωθεί κατά πλάτος από ένα ημιτονικό κύμα 1 KHz με βάθος διαμόρφωσης 80%. Απαραίτητος είναι επίσης και ο χειροκίνητος έλεγχος (συχνότητα, πλάτος, δείκτης διαμόρφωσης) ή στις περιπτώσεις των RF synthesizers, αυτοί πρέπει να μπορούν να προγραμματιστούν με μέγεθος βήματος, σε σχέση με τη συχνότητα, και χρόνους παραμονής.
- Συσκευή εξασθένησης (attenuator), T1, (τυπικά 0dB ... 40dB) με επαρκή διατίμηση συχνότητας για τον έλεγχο του επιπέδου εξόδου της πηγής της παρεμβολής. Μπορεί να περιλαμβάνεται στην γεννήτρια, αλλά είναι προαιρετική.
- RF διακόπτης, S1, με τον οποίο μπορεί να διακοπεί η παροχή του σήματος παρεμβολής για τη μέτρηση της ατρωσίας του δοκιμίου. Μπορεί να περιλαμβάνεται στη γεννήτρια, αλλά είναι προαιρετικός.
- Ευρυζωνικός ενισχυτής ισχύος, PA, μπορεί να είναι απαραίτητος για την ενίσχυση του σήματος αν η ισχύς εξόδου της RF γεννήτριας δεν είναι επαρκής.
- Βαθυπερατά φίλτρα, (LPF), και/ή υψιπερατά φίλτρα (HPF), τα οποία μπορεί να είναι απαραίτητα για την αποφυγή παρεμβολών λόγω αρμονικών κάποιων δοκιμίων, π.χ. RF δέκτες. Όταν απαιτείται πρέπει να τοποθετηθούν ανάμεσα στον ενισχυτή PA και τη συσκευή εξασθένηση T2.
- Συσκευή εξασθένησης, T2, ($Z_0=50\Omega$) με επαρκή διατίμηση ισχύος και είναι απαραίτητη για να περιορίσει την αναντιστοιχία από τον ενισχυτή ισχύος στη συσκευή σύζευξης.

Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Εμπέδηση εξόδου	50Ω
Αρμονικές και παραμόρφωση	Κάθε ανεπιθύμητη φασματική γραμμή πρέπει να είναι κατά τουλάχιστον 15dB χαμηλότερα από το επίπεδο φέροντος
Διαμόρφωση κατά πλάτος	Εσωτερικά ή εξωτερικά· 80% ± 5% σε βάθος· 1 KHz ± 10% ημιτονικό σήμα

Επίπεδο εξόδου	Επαρκώς υψηλό ώστε καλύπτει το επίπεδο δοκιμής
-----------------------	--

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-42: Χαρακτηριστικά της γεννήτριας δοκιμών^[25]

3.3.3.2 Συσκευές σύζευξης και απόζευξης

Συσκευές σύζευξης και απόζευξης πρέπει να χρησιμοποιούνται για την κατάλληλη σύζευξη του σήματος παρεμβολής (σε όλο το εύρος συχνοτήτων, με καθορισμένη κοινή εμπέδηση στη θύρα του δοκιμίου) στα διάφορα καλώδια που είναι συνδεδεμένα στο δοκίμιο και για την αποτροπή των σημάτων δοκιμής να επηρεάσουν τις υπόλοιπες συσκευές και συστήματα που δεν είναι υπό δοκιμή [25].

Αυτές οι συσκευές μπορούν να συνδυαστούν σε ένα δίκτυο (CDN), με παραμέτρους όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-43.

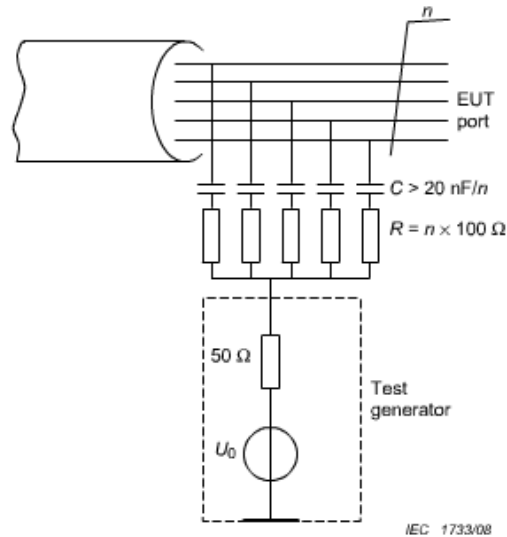
	Εύρος συχνοτήτων	
Παράμετρος	0,15MHz-26MHz	26MHz-80MHz
$ Z_{ce} $	150Ω ± 20Ω	150Ω + 60Ω -45Ω

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-43: Παράμετροι του συνδυασμού συσκευής σύζευξης και απόζευξης

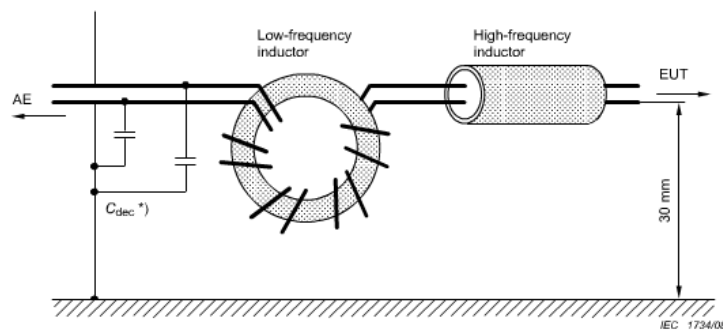
A) Δίκτυα σύζευξης/απόζευξης (CDNs)

Αυτά τα δίκτυα περιλαμβάνουν τα κυκλώματα σύζευξης και απόζευξης σε ένα κουτί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένα μη θωρακισμένα καλώδια. Πχ. CDN – M1, CDN- T2. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων δικτύων δίνονται στα Σχήματα 3-44, 3-45.

Πιο συγκεκριμένα στο Σχήμα 3-44 παρουσιάζεται ο τρόπος σύζευξης σε μη θωρακισμένα καλώδια με την χρήση αντιστάσεων και πυκνωτών, ενώ στο Σχήμα 3-45 παρουσιάζεται ο τρόπος απόζευξης με την χρήση πηνίων [25].



ΣΧΗΜΑ 3-44: Σύζευξη σε μη θωρακισμένα καλώδια^[25]



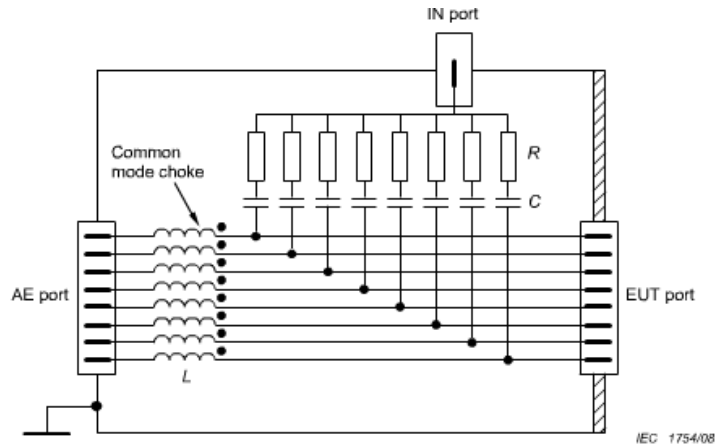
ΣΧΗΜΑ 3-45: Αρχές απόζευξης^[25]

i) CDNs για μη θωρακισμένες ισορροπημένες γραμμές

Για τη σύζευξη και απόζευξη σημάτων παρεμβολής σε ένα μη θωρακισμένο καλώδιο με ισορροπημένες γραμμές, ένα από τα CDN-T2, CDN-T4 ή CDN-T8 πρέπει να χρησιμοποιηθεί:

- CDN-T2 για καλώδιο με 1 συμμετρικό ζεύγος (2 σύρματα)
- CDN-T4 για καλώδιο με 2 συμμετρικά ζεύγη (4 σύρματα)
- CDN-T8 για καλώδιο με 4 συμμετρικά ζεύγη (8 σύρματα)

Στο Σχήμα 3-46 παρουσιάζεται η διάταξη ενός CDN-T8, το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε καλώδια UTP (Ethernet)

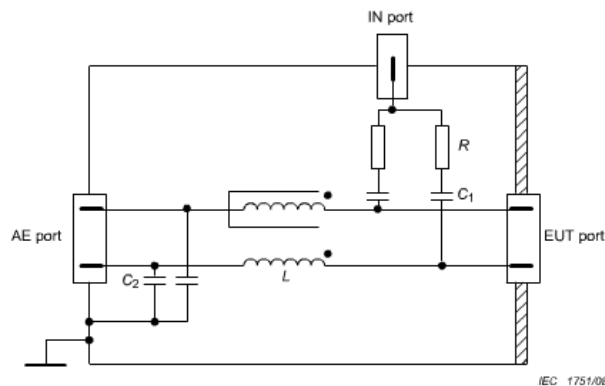


C (typ) = 2,2 nF
 R = 800 Ω
 $L \gg 280 \mu\text{H}$ at 150 kHz

ΣΧΗΜΑ 3-46: CDN-T8 για μη θωρακισμένα ισορροπημένη ζεύγη^[25]

ii) Σύζευξη και απόζευξη σε μη θωρακισμένες και μη ισορροπημένες γραμμές

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται CDN για καλώδιο με 1 ζεύγος, όπως περιγράφεται στο Σχήμα 3-47.



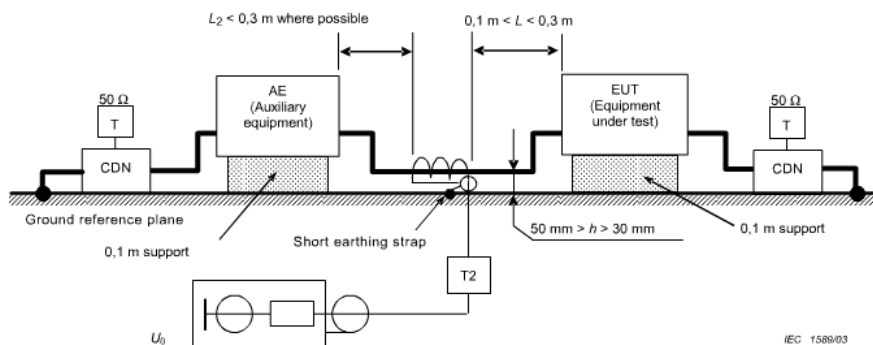
C_1 (typ) = 10 nF
 C_2 (typ) = 47 nF
 R = 200 Ω
 $L \geq 280 \mu\text{H}$ at 150 kHz

ΣΧΗΜΑ 3-47: CDN-AF2 για μη θωρακισμένες, μη ισορροπημένες γραμμές^[25]

B) Συσσκευές έγχυσης μέσω αρπαγής (Clamp injection devices)

Σε αυτές τις συσκευές, οι λειτουργίες σύζευξης και απόζευξης διαχωρίζονται. Η σύζευξη πραγματοποιείται με τη συσκευή αρπαγής, ενώ η κοινή εμπέδηση και η

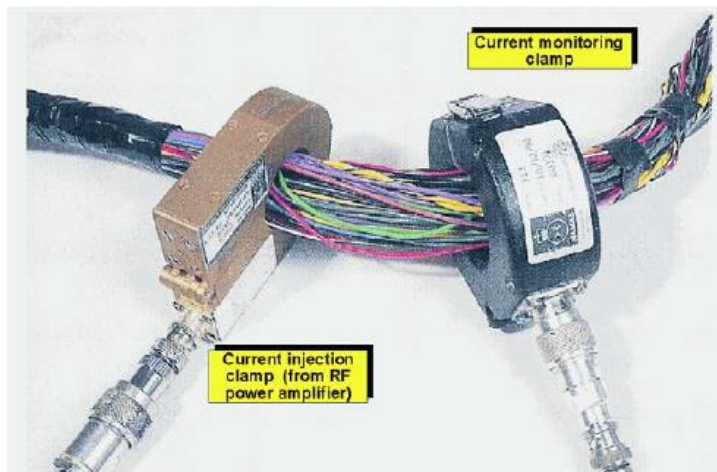
απόζευξη πραγματοποιούνται στο βοηθητικό εξοπλισμό. Συνεπώς, ο βοηθητικός εξοπλισμός γίνεται κομμάτι των συσκευών σύζευξης και απόζευξης (Σχήμα 3-48). Οδηγίες για την κατάλληλη εφαρμογή αυτών των συσκευών δίνονται σε επόμενη ενότητα [25].



ΣΧΗΜΑ 3-48: Σύζευξη και απόζευξη με τη μέθοδο της έγχυσης μέσω αρπαγής^[25]

i) Clamp ρεύματος

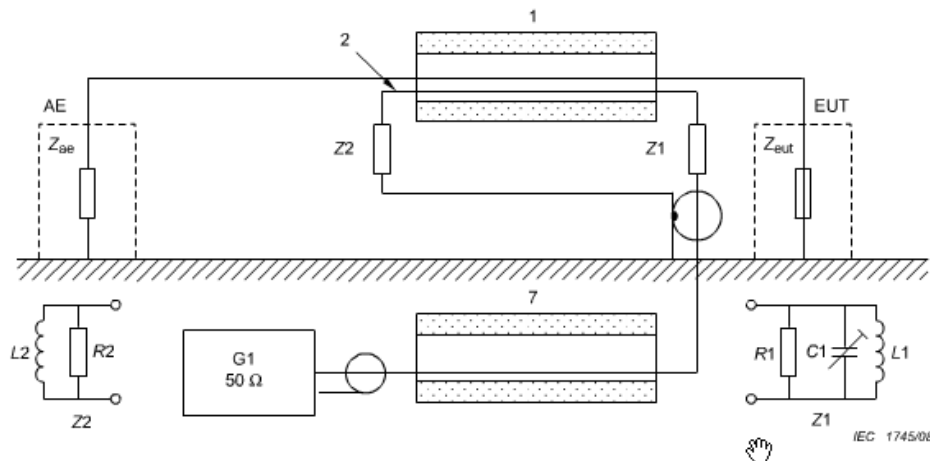
Αυτή η συσκευή (Σχήμα 3-49) εγκαθιστά μια επαγωγική σύζευξη στο καλώδιο που είναι συνδεδεμένο στο δοκίμιο. Για παράδειγμα, με μία αναλογία 5:1, η τροποποιημένη σε σειρά κοινή εμπέδηση μπορεί να αμεληθεί λαμβάνοντας υπ' όψιν την 150Ω εμπέδηση του βοηθητικού εξοπλισμού. Σε αυτήν την περίπτωση, η εμπέδηση εξόδου (50Ω) της γεννήτριας δοκιμών γίνεται 2Ω.



ΣΧΗΜΑ 3-49: Clamp ρεύματος^[26]

ii) EM clamp

Το EM clamp (Σχήμα 3-50) εγκαθιστά χωρητική και επαγωγική σύζευξη στο καλώδιο που είναι συνδεδεμένο στο δοκίμιο.



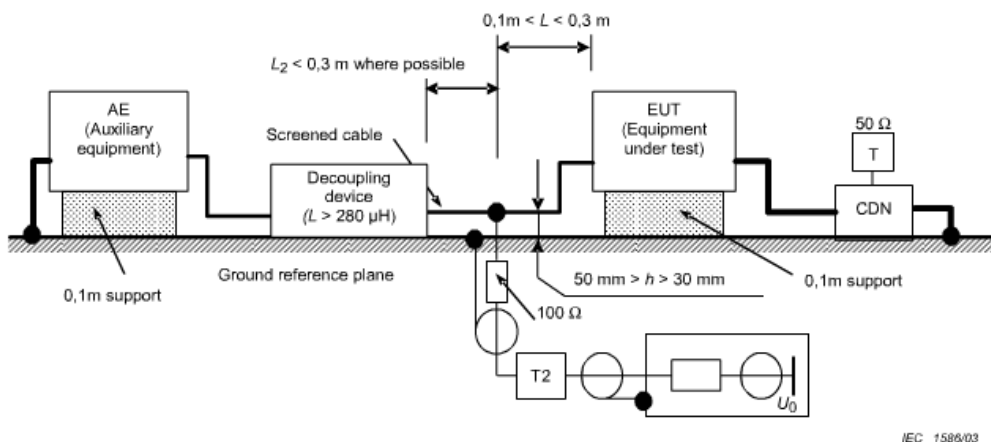
Components:

- 1 Ferrite tube (clamp) length 0,6 m, \varnothing 20 mm, consisting of 10 rings, 4C65 ($\mu = 100$) at the EUT side and 26 rings 3C11 ($\mu = 4\ 300$) at AE side
- 2 Semi cylinder of copper foil
- 7 Ferrite tube ($\mu = 100$) included in the EM clamp construction
- Z1, Z2 built in to optimize the frequency response and directivity
- G1 Test generator

ΣΧΗΜΑ 3-50: Διάταξη EM clamp^[25]

Γ) Συσκευές άμεσης έγχυσης

Το σήμα παρεμβολής, που εξέρχεται από τη γεννήτρια δοκιμών, εγχύεται στα θωρακισμένα ή ομοαξονικά καλώδια μέσω ενός αντιστάτη 100Ω. Ανάμεσα στο βοηθητικό εξοπλισμό και το σημείο έγχυσης, πρέπει να εισαχθεί ένα κύκλωμα απόζευξης όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο έγχυσης (Σχήμα 3-51). Για την αύξηση της απόζευξης και την σταθεροποίηση του κυκλώματος, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση με τη γη, από τη θωράκιση της συσκευής έγχυσης στο GRP. Η σύνδεση γίνεται στην πλευρά του βοηθητικού εξοπλισμού της συσκευής. Σε συγκεκριμένες απλές διατάξεις θωρακισμένων καλωδίων, το κύκλωμα απόζευξης μαζί με τον αντιστάτη 100Ω μπορούν να συνδυαστούν σε ένα κουτί, δημιουργώντας ένα CDN [25].



ΣΧΗΜΑ 3-51: Μέθοδος άμεσης έγχυσης σε θωρακισμένα καλώδια^[25]

Δ) Δίκτυα απόζευξης

Συνήθως, το δίκτυο απόζευξης περιλαμβάνει πηνία για τη δημιουργία υψηλής εμπέδησης στο εύρος συχνοτήτων. Αυτό καθορίζεται από το υλικό του φερριτή που χρησιμοποιείται, ενώ επίσης απαιτείται μια επαγωγή τουλάχιστον 250μH στα 150KHz. Η επαγωγική ηλεκτρική αντίσταση πρέπει να παραμένει υψηλή, $\geq 260\Omega$ ως τα 26MHz και $\geq 150\Omega$ μετά τα 26MHz. Η επαγωγή μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω ενός αριθμού στροφών σε τοροειδή φερριτών (Σχήμα 3-45) είτε με την χρήση τοροειδών φερριτών στο καλώδιο.

Τα δίκτυα απόζευξης πρέπει να χρησιμοποιούνται σε όλα τα καλώδια που δεν είναι υπό δοκιμή, αλλά είναι συνδεδεμένα στο δοκίμιο και/ή στο βοηθητικό εξοπλισμό [25].

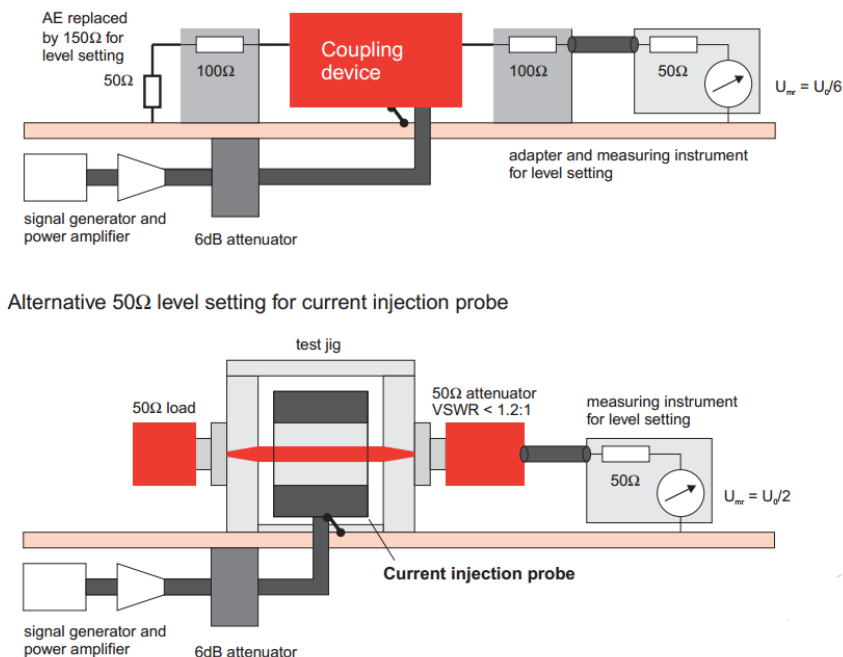
3.3.3.3 Διακρίβωση του επιπέδου έγχυσης

Στην αγορά διατίθενται δύο βασικά εργαλεία διακρίβωσης (jigs), ένα για το CDN ή το EM Clamp και ένα για τον αισθητήρα ρεύματος. Ο σκοπός, και στις δύο περιπτώσεις, είναι ο τερματισμός της συσκευής σύζευξης με μία γνωστή εμπέδηση και η μέτρηση του επιπέδου τάσης σε αυτή. Η ισχύς που απαιτείται για να προκύψει το ίδιο επίπεδο τάσης επαναλαμβάνεται στη συνέχεια στην κανονική δοκιμή. Για το 150Ω σύστημα το απαιτούμενο επίπεδο είναι $V_{\text{stress}}/6$, ή ($V_{\text{stress}}-15,6\text{dB}$). Για το 50Ω σύστημα πρέπει να είναι $V_{\text{stress}}/2$, ή ($V_{\text{stress}}-6\text{dB}$). Ο παράγοντας 2 είναι απαραίτητος διότι η αρχική τάση

δίνεται σε τιμή ανοιχτοκύκλωσης και ο παράγοντας 3 στο 150Ω σύστημα είναι απαραίτητος λόγω του διαιρέτη.

Και στις δύο περιπτώσεις το επίπεδο τάσης μπορεί να μετρηθεί με οποιαδήποτε RF συσκευή μέτρησης(RF βολτόμετρο ή αναλυτής φάσματος). Το μειονέκτημα στη χρήση ευρυζωνικού οργάνου (αναλυτής φάσματος) είναι η παρεμβολή αρμονικών στα επίπεδα δοκιμών.

Η διάταξη διακρίβωσης που καθορίζεται από το Πρότυπο παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί [27]:



ΣΧΗΜΑ 3-52: Διάταξη διακρίβωσης του επιπέδου έγχυσης^[27]

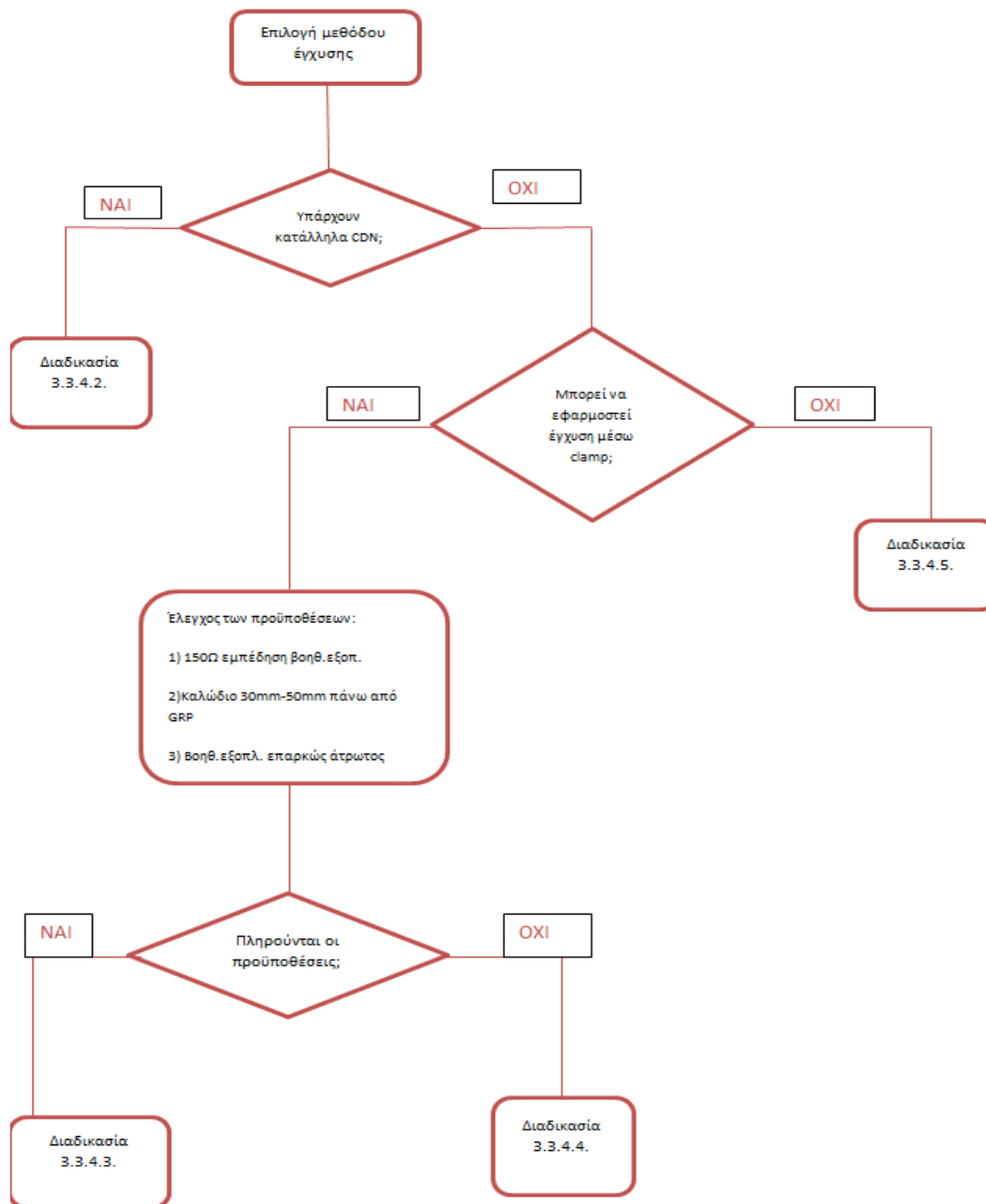
3.3.4 Διατάξεις δοκιμών για επιτραπέζιο και επιδαπέδιο εξοπλισμό

Το δοκίμιο τοποθετείται πάνω σε ένα μονωτικό στήριγμα ύψους 0,1m πάνω από το GRP. Όλα τα καλώδια που εξέρχονται του δοκιμίου πρέπει να στηρίζονται σε ύψος τουλάχιστον 30mm πάνω από το GRP. Σε περιπτώσεις που το δοκίμιο χρειάζεται κάποιο βοηθητικό στήριγμα ή διάταξη, αυτό πρέπει να είναι κατασκευασμένο από μη μεταλλικό, μη αγώγιμο υλικό. Η γείωση του εξοπλισμού πρέπει να είναι σύμφωνη με τις οδηγίες εγκατάστασης του κατασκευαστή.

Όταν απαιτείται η χρήση συσκευών σύζευξης και/ή απόζευξης αυτές πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση 0,1m-0,3m από το δοκίμιο [25].

3.3.4.1 Κανόνες για την επιλογή μεθόδου έγχυσης και σημείων δοκιμής

Η επιλογή της μεθόδου έγχυσης γίνεται σύμφωνα με το διάγραμμα ροής που ακολουθεί.



ΣΧΗΜΑ 3-53: Κανόνες για την επιλογή μεθόδου έγχυσης^[25]

Στην περίπτωση που πολλαπλά καλώδια, εξερχόμενα από το δοκίμιο, βρίσκονται σε κοντινή απόσταση σε μήκος παραπάνω από 10m ή είναι δρομολογημένα από το δοκίμιο στο βοηθητικό εξοπλισμό μέσω καλωδιακής σωλήνωσης, αυτά πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ένα καλώδιο.

Σε κάθε δοκιμή, απαιτούνται μόνο δύο δίκτυα 150Ω. Το δίκτυο που χρησιμοποιείται για την έγχυση του σήματος δοκιμής, μπορεί να μετακινείται ανάμεσα στις διάφορες θύρες υπό δοκιμή. Όταν ένα CDN αφαιρείται από μία θύρα μπορεί να αντικατασταθεί από ένα δίκτυο απόζευξης. Σε περίπτωση που το δοκίμιο διαθέτει πολλές ίδιες θύρες, τουλάχιστον μία από αυτές πρέπει να επιλεγεί για δοκιμή ώστε να εξασφαλιστεί ότι όλοι οι διαφορετικοί τύποι θυρών έχουν καλυφθεί [25].

3.3.4.2 Διαδικασία για την εφαρμογή της έγχυσης μέσω CDN (Σχήμα 3-38)

Όταν γίνεται εφαρμογή της έγχυσης μέσω CDN, πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα [25]:

- Αν ο βοηθητικός εξοπλισμός τοποθετείται πάνω από το GRP, αυτός πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 0,1m πάνω από το GRP.
- Ένα CDN πρέπει να είναι συνδεδεμένο στην υπό δοκιμή θύρα και ένα CDN με αντίσταση τερματισμού 50Ω πρέπει να είναι συνδεδεμένο σε μία άλλη θύρα. Δίκτυα απόζευξης πρέπει να εγκαθίστανται σε όλες τις υπόλοιπες θύρες που είναι συνδεδεμένες με καλώδια. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μόνο μία διαδρομή τερματισμένη με 150Ω σε κάθε άκρο.
- Το CDN που τερματίζεται πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με την επόμενη προτεραιότητα:
 - 1) CDN-M1 για σύνδεση με το τερματικό της γης
 - 2) CDN-S_n (n=1,2,3...), όποιο βρίσκεται πλησιέστερα στο σημείο έγχυσης
 - 3) CDN-M2, CDN-M3, CDN-M4 ή CDN-M5 για τη θύρα παροχής ισχύος
 - 4) Άλλο CDN που να βρίσκεται πλησιέστερα στο σημείο έγχυσης
- Αν το δοκίμιο έχει μόνο μία θύρα, αυτή συνδέεται στο CDN που χρησιμοποιείται για την έγχυση.

- Αν τουλάχιστον ένας βοηθητικός εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος στο δοκίμιο και μόνο ένα CDN μπορεί να συνδεθεί στο δοκίμιο, μία θύρα του βοηθητικού εξοπλισμού πρέπει να συνδεθεί σε ένα CDN τερματισμένο με 50Ω αντίσταση σύμφωνα με την παραπάνω προτεραιότητα και όλες οι υπόλοιπες συνδέσεις του βοηθητικού εξοπλισμού πρέπει να αποζευχθούν.

3.3.4.3 Διαδικασία έγχυσης μέσω clamp όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις κοινής εμπέδησης (Σχήμα 3-48)

Όταν γίνεται χρήση αυτής της μεθόδου, η διάταξη του βοηθητικού εξοπλισμού πρέπει να παρουσιάζει την κοινή εμπέδηση που απαιτείται στη ενότητα 3.3.3.2. Για την καλύτερη προσέγγιση της κοινής εμπέδησης πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα [25]:

- Κάθε βοηθητικός εξοπλισμός πρέπει να τοποθετείται πάνω σε μονωτικό στήριγμα 0,1m πάνω από το GRP.
- Ένα δίκτυο απόζευξης πρέπει να εγκαθίσταται σε κάθε καλώδιο ανάμεσα στο δοκίμιο και το βοηθητικό εξοπλισμό, εκτός του υπό δοκιμή καλωδίου.
- Όλα τα υπόλοιπα καλώδια του βοηθητικού εξοπλισμού πρέπει να είναι συνδεδεμένα σε δίκτυα απόζευξης σε απόσταση μικρότερη των 0,3m από το βοηθητικό εξοπλισμό.
- Όλα τα καλώδια πρέπει να μην είναι διπλωμένα ή μπερδεμένα και να βρίσκονται σε ύψος 30mm-50mm πάνω από το GRP.
- Στο ένα άκρο του καλωδίου υπό δοκιμή τοποθετείται το δοκίμιο και στο άλλο ο βοηθητικός εξοπλισμός. Πολλαπλά CDN μπορούν να είναι συνδεδεμένα στο δοκίμιο ή στο βοηθητικό εξοπλισμό, αλλά μόνο ένα πρέπει να τερματίζεται με 50Ω αντίσταση.
- Όταν γίνεται χρήση πολλαπλών clamp, η έγχυση πραγματοποιείται σε κάθε καλώδιο ξεχωριστά, ενώ τα υπό δοκιμή καλώδια που δεν εξετάζονται εκείνη τη στιγμή πρέπει να συνδέονται σε δίκτυα απόζευξης.[25]

3.3.4.4 Διαδικασία έγχυσης μέσω clamp όταν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις κοινής εμπέδησης

Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι απαραίτητο η κοινή εμπέδηση του βοηθητικού εξοπλισμού να είναι μικρότερη ή ίση με την κοινή εμπέδηση της θύρας του δοκιμίου που εξετάζεται. Σε αντίθετη περίπτωση, πρέπει να ληφθούν μέτρα (π.χ. με την χρήση ενός CDN-M1 ή ενός αντιστάτη 150Ω από το βοηθητικό εξοπλισμό προς τη γη) στη θύρα του βοηθητικού εξοπλισμού ώστε να εξασφαλίζεται αυτή η προϋπόθεση και να αποφεύγονται συντονισμοί. Σε αυτήν την διαδικασία οι μόνες διαφορές σε σχέση με τη διαδικασία 3.3.4.3. είναι οι ακόλουθες [25]:

- Το δοκίμιο και κάθε βοηθητικός εξοπλισμός πρέπει να αναπαριστούν τις συνθήκες λειτουργικής εγκατάστασης όσο το δυνατόν καλύτερα, για παράδειγμα το δοκίμιο πρέπει να είναι συνδεδεμένο με το GRP ή να τοποθετείται πάνω σε ένα μονωτικό στήριγμα.
- Με την χρήση ενός επιπλέον αισθητήρα ρεύματος, τοποθετημένη ανάμεσα στο clamp έγχυσης και το δοκίμιο, το παραγόμενο ρεύμα πρέπει να παρακολουθείται. Αν αυτό το ρεύμα ξεπεράσει την τιμή I_{max} που δίνεται παρακάτω, το επίπεδο τάσης της γεννήτριας δοκιμών πρέπει να μειωθεί ώστε η μετρούμενη τιμή του ρεύματος να είναι ίση με το I_{max} .

$$I_{max} = U_o / 150\Omega$$

Το τροποποιημένο επίπεδο τάσης θα πρέπει να καταγραφεί στην αναφορά της δοκιμής [25].

3.3.4.5 Διαδικασία άμεσης έγχυσης (Σχήμα 3-51)

Όταν εφαρμόζεται η συγκεκριμένη μέθοδος σε θωρακισμένα καλώδια πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα [25]:

- Το δοκίμιο πρέπει να τοποθετείται πάνω σε μονωτικό στήριγμα ύψους 0,1m πάνω από το GRP.
- Στο καλώδιο υπό δοκιμή, ένα δίκτυο απόζευξης πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα στο σημείο έγχυσης και το βοηθητικό εξοπλισμό, όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο

σημείο έγχυσης. Μία δεύτερη θύρα πρέπει να συνδέεται με μία αντίσταση 150Ω (CDN με τερματισμό 50Ω). Αυτή η θύρα επιλέγεται σύμφωνα με την προτεραιότητα που αναφέρθηκε στο 3.3.4.2. Σε όλα τα υπόλοιπα καλώδια του δοκιμίου πρέπει να είναι εγκατεστημένα δίκτυα απόζευξης.

- Το σημείο έγχυσης πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 0,1m-0,3m από τη γεωμετρική προβολή του δοκιμίου στο GRP.
- Το σήμα δοκιμής πρέπει να εγχύεται απευθείας στη θωράκιση του καλωδίου μέσω ενός αντιστάτη 100Ω [25].

Σημείωση1: Σε περίπτωση δοκιμίου αποτελούμενο από πολλαπλές μονάδες η επιθυμητή μέθοδος δοκιμής είναι να αντιμετωπίζεται κάθε μονάδα που δεν εξετάζεται ως βοηθητικός εξοπλισμός.

Σημείωση2: Το GRP πρέπει να:

- Είναι κατά 0,2m μεγαλύτερο από το δοκίμιο και κάθε συσκευή σύζευξης ή βοηθητικό εξοπλισμό.
- Είναι κατασκευασμένο από χαλκό, αλουμίνιο ή ατσάλι.
- Συνδέεται στην τοπική γείωση.

3.4 Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09

Στόχος του συγκεκριμένου Προτύπου [28] είναι να καθιερώσει ενιαίες προϋποθέσεις για τα επίπεδα ράδιο-παρεμβολών των εξοπλισμών στους οποίους αναφέρεται το Πρότυπο, να καθορίσει τα όρια των παρεμβολών, να περιγράψει μεθόδους μέτρησης και να τυποποιήσει τις συνθήκες λειτουργίας και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, στο CISPR 22 μελετάται ο εξοπλισμός πληροφορικής (ITE), όπως για παράδειγμα εξοπλισμός επεξεργασίας δεδομένων και τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός.

3.4.1 Κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού πληροφορικής (ITE)

A)ITE κλάσης B

Αυτός ο εξοπλισμός προορίζεται κυρίως για χρήση στο οικιακό περιβάλλον και περιλαμβάνει [28]:

- Εξοπλισμό χωρίς συγκεκριμένο τόπο χρήσης, για παράδειγμα φορητό εξοπλισμό που τροφοδοτείται με ενσωματωμένες μπαταρίες.
- Τερματικό εξοπλισμό τηλεπικοινωνιών που τροφοδοτείται από ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο.
- Ηλεκτρονικούς υπολογιστές και το βοηθητικό εξοπλισμό που είναι συνδεδεμένος σε αυτούς.

B)ITE κλάσης A

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τον υπόλοιπο εξοπλισμό πληροφορικής που ικανοποιεί τα όρια ITE κλάσης A, αλλά όχι και τα όρια ITE κλάσης B. Αυτός ο εξοπλισμός μπορεί να πωλείται μόνο εάν συνοδεύεται με μία ένδειξη προειδοποίησης ότι μπορεί να προκαλέσει ραδιό-παρεμβολές [28].

3.4.2 Όρια για τις επαγόμενες κοινές (ασύμμετρου τύπου) διαταραχές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τα όρια αυτά στο εύρος συχνοτήτων 150KHz-30MHz για τις δύο κλάσεις εξοπλισμού και αναφέρονται στις τιμές quasi-peak και average που μετρούνται με τα αντίστοιχα όργανα που θα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα [28].

Εύρος συχνοτήτων MHz	Όρια τάσης dB (μV)		Όρια ρεύματος dB (μA)	
	Quasi-peak	Average	Quasi-peak	Average
0,15 έως 0,50	97 έως 87	84 έως 74	53 έως 43	40 έως 30
0,50 έως 30	87	74	43	30

Σημείωση 1: Τα όρια μειώνονται γραμμικά με το λογάριθμο της συχνότητας στο εύρος 0,15MHz έως 0,5MHz.

Σημείωση 2: Τα όρια ρεύματος και τάσης προϋποθέτουν την χρήση δικτύου σταθεροποίησης της εμπέδησης (ISN), το οποίο παρέχει μια κοινή εμπέδηση 150Ω στην τηλεπικοινωνιακή θύρα υπό δοκιμή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-54: Όρια για τις επαγόμενες κοινές (ασύμμετρου τύπου) διαταραχές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες στο εύρος συχνοτήτων 0,15MHz έως 30MHz για εξοπλισμό A κλάσης.^[28]

Εύρος συχνοτήτων MHz	Όρια τάσης dB (μV)		Όρια ρεύματος dB (μA)	
	Quasi-peak	Average	Quasi-peak	Average
0,15 έως 0,50	84 έως 74	74 έως 64	40 έως 30	30 έως 20
0,50 έως 30	74	64	30	20

Σημείωση 1: Τα όρια μειώνονται γραμμικά με το λογάριθμο της συχνότητας στο εύρος 0,15MHz έως 0,5MHz.

Σημείωση 2: Τα όρια ρεύματος και τάσης προϋποθέτουν την χρήση δικτύου σταθεροποίησης της εμπέδησης (ISN), το οποίο παρέχει μια κοινή εμπέδηση 150Ω στην τηλεπικοινωνιακή θύρα υπό δοκιμή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-55: Όρια για τις επαγόμενες κοινές (ασύμμετρου τύπου) διαταραχές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες στο εύρος συχνοτήτων 0,15MHz έως 30MHz για εξοπλισμό B κλάσης. ^[28]

3.4.3 Όρια για τις ακτινοβολούμενες διαταραχές

A) Όρια κάτω από το 1GHz

Το δοκίμιο πρέπει να πληρεί τα όρια που παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες μετρούμενο σε μία απόσταση R σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται στην ενότητα 3.4.6 [28].

Εύρος συχνοτήτων MHz	Όρια quasi-peak dB (μV/m)
30 έως 230	40
230 έως 1000	47

Σημείωση 1: Το χαμηλό όριο πρέπει να αναφέρεται στη συχνότητα μετάβασης.

Σημείωση 2: Πρόσθετες διατάξεις μπορεί να απαιτούνται σε περίπτωση που εμφανίζονται παρεμβολές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-56: Όρια ακτινοβολούμενων διαταραχών εξοπλισμού A κλάσης σε απόσταση μέτρησης 10m

Εύρος συχνοτήτων MHz	Όρια quasi-peak dB ($\mu\text{V/m}$)
30 έως 230	30
230 έως 1000	37

Σημείωση 1: Το χαμηλό όριο πρέπει να αναφέρεται στη συχνότητα μετάβασης.

Σημείωση 2: Πρόσθετες διατάξεις μπορεί να απαιτούνται σε περίπτωση που εμφανίζονται παρεμβολές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-57: Όρια ακτινοβολούμενων διαταραχών εξοπλισμού Β κλάσης σε απόσταση μέτρησης 10m

Β) Όρια πάνω από το 1GHz

Το δοκίμιο πρέπει να πληρεί τα όρια που παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται στην ενότητα 3.4.6. και την ειδική διαδικασία δοκιμής που συνοδεύει τους πίνακες [28]:

Εύρος συχνοτήτων GHz	Όριο average dB ($\mu\text{V/m}$)	Όριο peak dB ($\mu\text{V/m}$)
1 έως 3	56	76
3 έως 6	60	80

Σημείωση : Το χαμηλό όριο πρέπει να αναφέρεται στη συχνότητα μετάβασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-58: Όρια ακτινοβολούμενων διαταραχών εξοπλισμού Α κλάσης σε απόσταση μέτρησης 3m

Εύρος συχνοτήτων GHz	Όριο average dB ($\mu\text{V/m}$)	Όριο peak dB ($\mu\text{V/m}$)
1 έως 3	50	70
3 έως 6	54	74

Σημείωση : Το χαμηλό όριο πρέπει να αναφέρεται στη συχνότητα μετάβασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-59: Όρια ακτινοβολούμενων διαταραχών εξοπλισμού Β κλάσης σε απόσταση μέτρησης 3m

Ειδική διαδικασία δοκιμής

Ως μεγαλύτερη εσωτερική πηγή ενός δοκιμίου ορίζεται η μεγαλύτερη συχνότητα που παράγεται ή χρησιμοποιείται στο δοκίμιο [28].

- Αν η μεγαλύτερη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μικρότερη από 108 MHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι το 1 GHz.
- Αν η μεγαλύτερη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεταξύ 108 MHz και 500 MHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι τα 2 GHz.
- Αν η μεγαλύτερη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεταξύ 500 MHz και 1 GHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι τα 5 GHz.
- Αν η μεγαλύτερη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεγαλύτερη από 1 GHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι το πενταπλάσιο της μεγαλύτερης συχνότητας ή μέχρι τα 6 GHz.

3.4.4 Συνθήκες μέτρησης

3.4.4.1 Περιβάλλον θόρυβος

Ο χώρος των δοκιμών πρέπει να επιτρέπει τον διαχωρισμό των διαταραχών που προέρχονται από το δοκίμιο από τον περιβάλλοντα θόρυβο. Για την ορθή διεξαγωγή της δοκιμής πρέπει να πληρούνται οι 2 ακόλουθες προϋποθέσεις [28]:

i) Το επίπεδο του περιβάλλοντος θορύβου να είναι κατά τουλάχιστον 6dB χαμηλότερο από το επίπεδο του αθροίσματος της διαταραχής της πηγής και του περιβάλλοντος θορύβου.

ii) Το επίπεδο του περιβάλλοντος θορύβου να είναι κατά τουλάχιστον 4,8dB χαμηλότερο από το καθορισμένο όριο.

3.4.4.2 Γενική διάταξη

Εκτός και αν καθορίζεται διαφορετικά από το Πρότυπο, το δοκίμιο πρέπει να εγκαθίσταται και να διατάσσεται με τρόπο που να συνάδει με τυπικές εφαρμογές. Σε περίπτωση που ο κατασκευαστής έχει προσκομίσει οδηγίες για την προτεινόμενη εγκατάσταση, αυτές πρέπει να ακολουθούνται. Τουλάχιστον μία θύρα του δοκιμίου

πρέπει να είναι συνδεδεμένη με κάποιο καλώδιο ή συσκευή και όπου είναι πρακτικό, κάθε καλώδιο πρέπει να είναι τερματισμένο με μία συσκευή, τυπική για πραγματική χρήση.

Σε περιπτώσεις όπου το δοκίμιο διαθέτει πολλαπλές θύρες του ίδιου τύπου, τα επιπρόσθετα καλώδια διασύνδεσης δεν πρέπει να επηρεάζουν τα επίπεδα εκπομπών. Τα κριτήρια επιλογής της διάταξης και του φορτίου των θυρών πρέπει να περιλαμβάνονται στην αναφορά δοκιμής.

Το είδος και το μήκος των καλωδίων διασύνδεσης πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εκάστοτε εξοπλισμού. Σε περίπτωση που το μήκος των καλωδίων ποικίλει, επιλέγεται το μήκος που προκαλεί τη μέγιστη διαταραχή, ενώ εάν γίνεται χρήση θωρακισμένων ή ειδικών καλωδίων, αυτό θα πρέπει να σημειώνεται στο εγχειρίδιο οδηγιών του εξοπλισμού. Τα επιπλέον μήκη των καλωδίων πρέπει να διπλώνονται ως προς το κέντρο του καλωδίου, δημιουργώντας δέσμες μήκους 30cm-40cm. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε στην αναφορά δοκιμής θα πρέπει να σημειώνεται η τελική διάταξη του καλωδίου.

Ένα σύστημα που αποτελείται από πολλαπλές ξεχωριστές μονάδες, πρέπει να ρυθμίζεται ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό μιας τυπικής εγκατάστασης. Τα κριτήρια επιλογής των μονάδων θα πρέπει να καταγράφονται στην αναφορά δοκιμής.

Σε περίπτωση που η τυπική λειτουργία του δοκιμίου απαιτεί τη σύνδεση του με βοηθητικό εξοπλισμό, θα πρέπει εξασφαλίζεται η δυνατότητα αναγνώρισης και απομόνωσης της επίδρασης του βοηθητικού εξοπλισμού στη διαδικασία των μετρήσεων.

Προσδιορισμός της διάταξης μέγιστης εκπομπής

Με την αρχική δοκιμή θα πρέπει να αναγνωριστεί η συχνότητα που παράγει την υψηλότερη διαταραχή αναφορικά με το όριο. Η διαδικασία αυτή πρέπει να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια τυπικής λειτουργίας του δοκιμίου και με τα καλώδια τοποθετημένα στις τυπικές θέσεις δοκιμής μελετώντας τις διαταραχές σε διαφορετικές κρίσιμες συχνότητες. Έτσι αναγνωρίζονται η συχνότητα μέγιστης εκπομπής, το αντίστοιχο καλώδιο, η αντίστοιχη διάταξη του δοκιμίου και η λειτουργία του. Στη

συνέχεια πραγματοποιούνται οι τελικές μετρήσεις σύμφωνα με τις ενότητες 3.4.5 και 3.4.6 [28].

3.4.4.3 Διάταξη δοκιμίου

Η θέση του δοκιμίου σε σχέση με το GRP πρέπει να αντιπροσωπεύει τη θέση του στην τυπική του λειτουργία. Συνεπώς, ο επιδαπέδιος εξοπλισμός τοποθετείται πάνω στο GRP (μονωμένο από αυτό) και ο επιτραπέζιος πάνω σε σένα μη αγώγιμο τραπέζι.

Εξοπλισμοί σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε τοίχους πρέπει να εξετάζονται ως επιτραπέζια δοκίμια. Σε περιπτώσεις συνδυασμού των παραπάνω διατάξεων, χρησιμοποιείται η διάταξη που αντίστοιχη στην πιο συνηθισμένη χρήση.

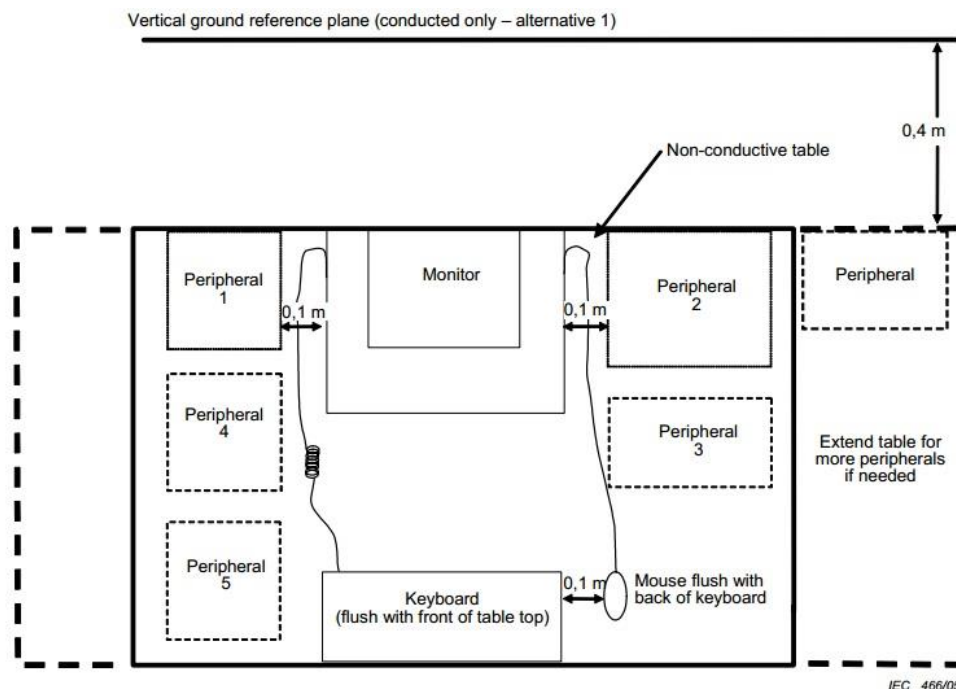
Τα άκρα των καλωδίων σήματος που είναι συνδεδεμένα στο δοκίμιο, αλλά όχι σε κάποιο ISN πρέπει να τερματίζονται. Τηλεπικοινωνιακά καλώδια ή υπόλοιπες συνδέσεις σε σχετικό εξοπλισμό πρέπει να δρομολογούνται προς το σημείο που εξέρχονται του χώρου δοκιμής.

Ο βοηθητικός εξοπλισμός θα πρέπει να εγκαθίσταται σύμφωνα με τη διαδικασία που εφαρμόστηκε και στο δοκίμιο [28].

A) Επιτραπέζια διάταξη

Ο εξοπλισμός που προορίζεται για επιτραπέζια χρήση πρέπει να τοποθετείται πάνω σε ένα μη αγώγιμο τραπέζι με διαστάσεις 1,5m x 1,0m ή μεγαλύτερο ανάλογα με τις οριζόντιες διαστάσεις του δοκιμίου.

Όλες οι μονάδες του εξοπλισμού που διαμορφώνουν το σύστημα υπό δοκιμή πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο διατεταγμένες ώστε να έχουν απόσταση 0,1m μεταξύ τους (Σχήμα 3-60). Στις περιπτώσεις που οι μονάδες είναι κανονικά στοιβαγμένες, τότε αυτές θα πρέπει να τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη στο πίσω μέρος της διάταξης (θέσεις 1 και 2 στο Σχήμα 3-60). Ιδεατά, το πίσω μέρος της διάταξης θα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στην άκρη του τραπεζιού.



NOTES:

1. For conducted emission measurements, mains power is provided via an AMN.
2. Cables have been removed for clarity (except where shown).

ΣΧΗΜΑ 3-60: Διάταξη δοκιμής για επιτραπέζιο εξοπλισμό^[28]

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των μονάδων πρέπει να κρέμονται στο πίσω μέρος του τραπεζιού. Αν κάποιο καλώδιο κρέμεται σε απόσταση μικρότερη από 0,4m από το οριζόντιο επίπεδο γης (ή δάπεδο), το επιπλέον μήκος θα πρέπει να διπλώνεται ως προς το κέντρο του καλωδίου σε μία δέσμη με μήκος μικρότερο από 0,4m.

Η διάταξη των εξωτερικών μονάδων παροχής ισχύος πρέπει να είναι ως εξής:

i) Αν το καλώδιο εισόδου της εξωτερικής μονάδας έχει μήκος μεγαλύτερο από 0,8m τότε η εξωτερική μονάδα πρέπει να τοποθετείται πάνω στο τραπέζι σε μία απόσταση 0,1m από τις υπόλοιπες μονάδες.

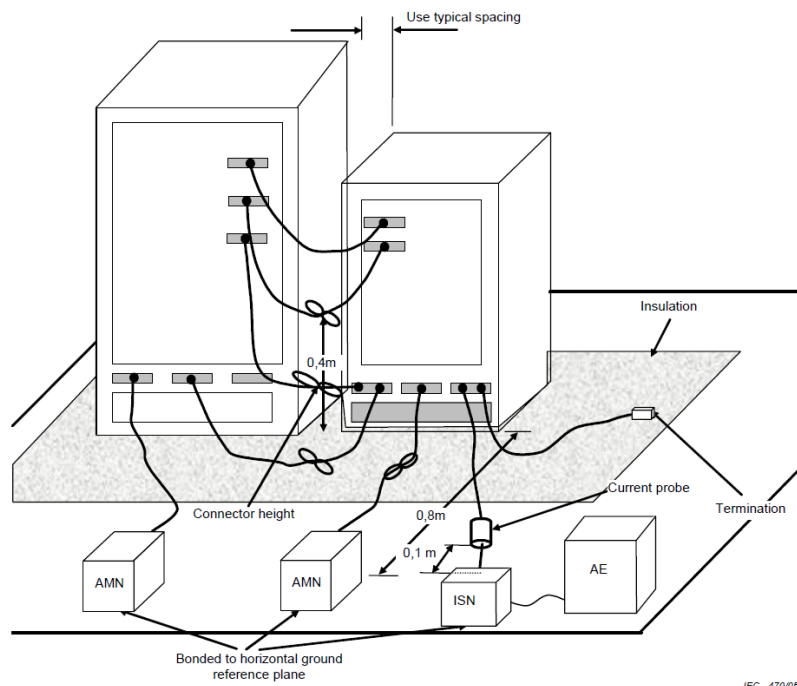
ii) Αν το καλώδιο εισόδου της εξωτερικής μονάδας έχει μήκος μικρότερο από 0,8m τότε η εξωτερική μονάδα τοποθετείται σε τέτοιο ύψος πάνω από το GRP ώστε το καλώδιο ισχύος να είναι πλήρως παρατεταμένο καθέτως.

iii) Αν η εξωτερική μονάδα ισχύος είναι ενσωματωμένη στη υποδοχή ισχύος, τότε πρέπει να τοποθετείται πάνω στο τραπέζι, ενώ ένα καλώδιο επιμήκυνσης πρέπει να τη συνδέει με την πηγή ισχύος [28].

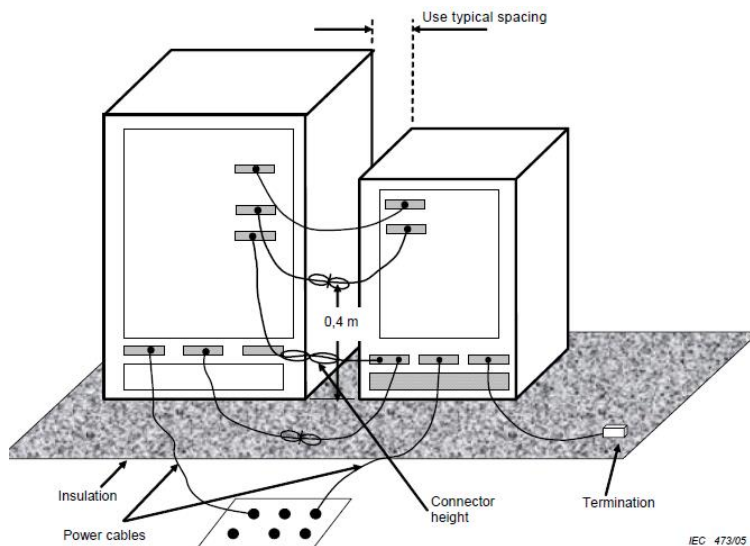
B) Επιδαπέδια διάταξη

Το δοκίμιο τοποθετείται σε ένα οριζόντιο GRP πάνω σε ένα μονωτικό στήριγμα 15cm. Τα καλώδια πρέπει να είναι μονωμένα από το οριζόντιο GRP (κατά 15cm). Σε περίπτωση που ο εξοπλισμός απαιτεί ειδική σύνδεση γείωσης, αυτή πρέπει να γίνεται μέσω του GRP.

Τα καλώδια διασύνδεσης θα πρέπει να κρέμονται στο GRP αλλά να είναι μονωμένα από αυτό. Το επιπλέον μήκος των καλωδίων θα πρέπει να διπλώνεται ως προς το κέντρο του καλωδίου σε δέσμες με μέγιστο μήκος 0,4m. Αυτές οι δέσμες πρέπει να τοποθετούνται είτε 0,4m πάνω από το οριζόντιο GRP είτε στο ύψος του σημείου διασύνδεσης αν αυτό βρίσκεται εντός 0,4m από το GRP. Τα Σχήματα 3-61 και 3-62 παρουσιάζουν παραδείγματα της επιδαπέδιας διάταξης [28].



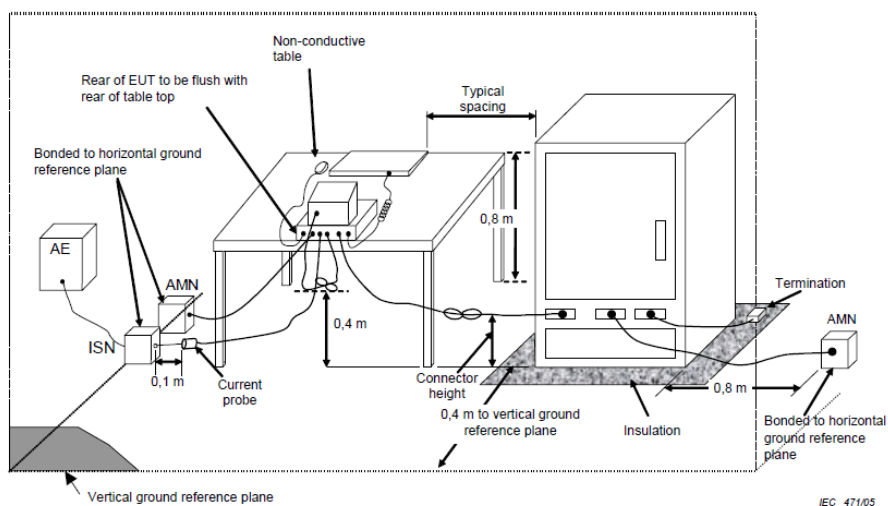
ΣΧΗΜΑ 3-61: Επιδαπέδια διάταξη (μέτρηση επαγόμενων διαταραχών) [28]



ΣΧΗΜΑ 3-62: Επιδαπέδια διάταξη (μέτρηση ακτινοβολούμενων διαταραχών) [28]

Γ) Συνδυασμός επιτραπέζιας και επιδαπέδιας διάταξης

Εκτός από τις απαιτήσεις των παραπάνω διατάξεων (A,B) στη συγκεκριμένη διάταξη απαιτούνται τα εξής: Το επιπλέον μήκος των καλωδίων διασύνδεσης μιας επιτραπέζιας μονάδας με μία επιδαπέδια θα πρέπει να διπλώνεται ως προς το κέντρο του καλωδίου σε δέσμες με μέγιστο μήκος 0,4m. Αυτές οι δέσμες πρέπει να τοποθετούνται είτε 0,4m πάνω από το οριζόντιο GRP είτε στο ύψος του σημείου διασύνδεσης αν αυτό βρίσκεται εντός 0,4m από το GRP (Σχήμα 3-63) [28].



ΣΧΗΜΑ 3-63: Διάταξη δοκιμής για συνδυασμό εξοπλισμών (μέτρηση επαγόμενων διαταραχών) [28]

3.4.4.4 Λειτουργία του δοκιμίου

Οι συνθήκες λειτουργίας του δοκιμίου πρέπει να καθορίζονται από τον κατασκευαστή σύμφωνα με την τυπική χρήση του λαμβάνοντας υπ' όψιν το αναμενόμενο μέγιστο επίπεδο εκπομπών. Η λειτουργία του δοκιμίου καθώς και τα κριτήρια επιλογής των συνθηκών πρέπει να καταγράφονται στην αναφορά δοκιμής. Το δοκίμιο θα πρέπει να λειτουργεί με την ονομαστική τάση λειτουργία τους και με τις τυπικές συνθήκες φορτίου (ηλεκτρικού ή μηχανικού). Πραγματικά φορτία πρέπει να χρησιμοποιούνται, όταν είναι εφικτό. Τα προγράμματα δοκιμής πρέπει να εξασφαλίζουν ότι τα διάφορα μέρη του συστήματος λειτουργούν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός όλων των διαταραχών του συστήματος [28].

3.4.5 Μέθοδοι μέτρησης των επαγόμενων διαταραχών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

Σκοπός των συγκεκριμένων δοκιμών είναι η μέτρηση των κοινών διαταραχών (διαταραχών κοινού τύπου) στις τηλεπικοινωνιακές θύρες του δοκιμίου. Το επιθυμητό σήμα μπορεί να συνεισφέρει σε αυτές τις κοινές διαταραχές, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στο στάδιο σχεδίασης του προϊόντος. Η διεξαγωγή των μετρήσεων πραγματοποιείται με την χρήση ISN με διαμήκεις απώλειες μετατροπής (LCL) που ορίζονται στην ενότητα 3.4.5.4. Όταν δεν είναι διαθέσιμο ένα ISN γίνεται χρήση του αισθητήρα ρεύματος και του αισθητήρα τάσης σύμφωνα με την ενότητα 3.4.5.5 [28].

3.4.5.1 Όργανα μέτρησης

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με την χρήση μετρητών quasi-peak και average και η διεξαγωγή τους προτείνεται από το Πρότυπο να γίνεται σε θωρακισμένο περιβάλλον. Σε αρκετές περιπτώσεις οι δύο μετρητές είναι ενσωματωμένοι σε ένα δέκτη. Για τη μείωση του χρόνου δοκιμής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μετρητής κορυφών αντί των δύο μετρητών. Ωστόσο σε περίπτωση αμφισβήτησης των αποτελεσμάτων, μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι μετρήσεις που έγιναν με τους quasi-peak και average μετρητές.

Τα χαρακτηριστικά του quasi-peak δέκτη πρέπει να είναι σύμφωνα με την ενότητα 4 του Προτύπου CISPR 16-1-1.

Οι δέκτες που περιέχουν average μετρητές πρέπει να συμβαδίζουν με την ενότητα 6 του Προτύπου CISPR 16-1-1 και να έχουν εύρος 6dB σύμφωνα με την ενότητα 4 του ίδιου Προτύπου.

Οι δέκτες που περιέχουν μετρητές κορυφών (peak detectors) πρέπει να συμβαδίζουν με την ενότητα 5 του Προτύπου CISPR 16-1-1 και να έχουν εύρος 6dB σύμφωνα με την ενότητα 4 του ίδιου Προτύπου [28].

3.4.5.2 Τεχνητό δίκτυο ισχύος (Artificial mains network-AMN)

Ένα AMN απαιτείται για την παροχή μίας καθορισμένης εμπέδησης σε υψηλές συχνότητες κατά μήκος της τροφοδοσίας ισχύος στο σημείο μέτρησης της τερματικής τάσης, ενώ ταυτόχρονα παρέχει δυνατότητα απομόνωσης του κυκλώματος υπό δοκιμή από τον περιβάλλοντα θόρυβο των γραμμών ισχύος.

Ένα τυπικό παράδειγμα ενός AMN με ονομαστική εμπέδηση $50\Omega/50\mu\text{H}$ ή $50\Omega/50\mu\text{H}+5\Omega$ περιγράφεται στην ενότητα 4.3 του Προτύπου CISPR 16-1-2 [28].

3.4.5.3 Επίπεδο αναφοράς γης (GRP)

Ένα κάθετο ή οριζόντιο GRP πρέπει να εκτείνεται κατά τουλάχιστον 0,5m πέραν της προβολής του δοκιμίου, ωστόσο πρέπει να έχει ελάχιστες διαστάσεις 2m x 2m.

Το σημείο αναφοράς γης του AMN και του ISN(δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης) πρέπει να συνδέεται στο GRP μέσω ενός αγωγού με το μικρότερο δυνατό μήκος [28].

3.4.5.4 Δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN)

Η τάση ισχύος πρέπει να παρέχεται στο δοκίμιο μέσω ενός AMN. Η εκτίμηση των διαταραχών ρεύματος και τάσης κοινού τύπου σε τηλεπικοινωνιακές θύρες που προορίζονται για σύνδεση με μη θωρακισμένα ισορροπημένα ζεύγη πρέπει να διεξάγεται με τη θύρα συνδεδεμένη μέσω ενός καλωδίου στο ISN, έτσι το ISN καθορίζει την κοινή εμπέδηση τερματισμού που βλέπει η τηλεπικοινωνιακή θύρα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το ISN πρέπει να επιτρέπει την ορθή λειτουργία του δοκιμίου και γι' αυτό το λόγο πρέπει να παρεμβάλλεται στο καλώδιο σήματος ανάμεσα στο δοκίμιο και το βοηθητικό εξοπλισμό ή το φορτίο που απαιτείται για την εξέτασή του.

Μέχρι στιγμής δεν έχει υπάρξει η δυνατότητα καθορισμού ενός ISN που να είναι εφαρμόσιμο σε όλες τις περιπτώσεις τηλεπικοινωνιακών θυρών και αυτό οφείλεται στο ότι η κατασκευή ενός ISN στηρίζεται στην διάταξη της εκάστοτε θύρας υπό δοκιμή. Μέχρι να καθοριστεί ένα κατάλληλο ISN για μη ισορροπημένα καλώδια και θωρακισμένα ή μη καλώδια με περισσότερα από 4 ισορροπημένα ζεύγη, επιτρέπεται η σύνδεση των συγκεκριμένων καλωδίων απευθείας στο βοηθητικό εξοπλισμό.

Όταν γίνεται χρήση του αισθητήρα ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης της στο μετρούμενο καλώδιο χωρίς την αποσύνδεση του καλωδίου. Ο αισθητήρα ρεύματος θα πρέπει να έχει μία ομοιόμορφη απόκριση συχνότητας χωρίς συντονισμούς και να λειτουργεί χωρίς φαινόμενα κορεσμού προκαλούμενα από τα ρεύματα λειτουργίας. Η σύνδεση της στο καλώδιο πρέπει να γίνεται σε απόσταση 0,1m από το ISN και η εμπέδηση της να έχει μέγιστη τιμή 1Ω.

Το ISN, συμπεριλαμβανομένων όλων των εξαρτημάτων για τη σύνδεσή του με το δοκίμιο και το βοηθητικό εξοπλισμό πρέπει να διαθέτει τις ακόλουθες ιδιότητες [28]:

- i) Η κοινή εμπέδηση τερματισμού στο εύρος συχνοτήτων 0,15MHz έως 30MHz πρέπει να είναι $150\Omega \pm 20\Omega$ και η γωνία φάσης $0^\circ \pm 20^\circ$.
- ii) Το ISN πρέπει να παρέχει επαρκή απομόνωση ενάντια στις διαταραχές του βοηθητικού εξοπλισμού ή του φορτίου που είναι συνδεδεμένο στη τηλεπικοινωνιακή θύρα υπό δοκιμή. Η απόσβεση του ISN, για τις κοινού-τύπου διαταραχές ρεύματος και τάσης προερχόμενες από το βοηθητικό εξοπλισμό, πρέπει να είναι τέτοια ώστε το μετρούμενο από το δέκτη επίπεδο να είναι κατά τουλάχιστον 10dB χαμηλότερο από το σχετικό όριο διαταραχών.

Η προτεινόμενη απομόνωση είναι:

- 150KHz έως 1,5MHz → 35dB έως 55dB, αυξανόμενο γραμμικά με το λογάριθμο της συχνότητας
- 1,5MHz έως 30MHz → 55dB

iii) ISN για μετρήσεις σε θύρες που προορίζονται για σύνδεση με μη θωρακισμένα καλώδια ισορροπημένων ζευγών κατηγορίας 6 (ή καλύτερης).

Η διαμήκης απώλεια μετατροπής (LCL) σε συχνότητα f (MHz) ορίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{LCL(dB)} = 75 - 10\log_{10}[1+(f/5)^2] \text{ dB}$$

($\pm 3\text{dB}$ για $f < 2\text{MHz}$, $-3\text{dB}/+6\text{dB}$ για $2\text{MHz} < f < 30\text{MHz}$)

iv) ISN για μετρήσεις σε θύρες που προορίζονται για σύνδεση με μη θωρακισμένα καλώδια ισορροπημένων ζευγών κατηγορίας 5 (ή καλύτερης).

Η διαμήκης απώλεια μετατροπής (LCL) σε συχνότητα f (MHz) ορίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{LCL(dB)} = 65 - 10\log_{10}[1+(f/5)^2] \text{ dB}$$

($\pm 3\text{dB}$ για $f < 2\text{MHz}$, $-3\text{dB}/+4,5\text{dB}$ για $2\text{MHz} < f < 30\text{MHz}$)

v) ISN για μετρήσεις σε θύρες που προορίζονται για σύνδεση με μη θωρακισμένα καλώδια ισορροπημένων ζευγών κατηγορίας 3 (ή καλύτερης).

Η διαμήκης απώλεια μετατροπής (LCL) σε συχνότητα f (MHz) ορίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{LCL(dB)} = 55 - 10\log_{10}[1+(f/5)^2] \text{ dB } (\pm 3\text{dB})$$

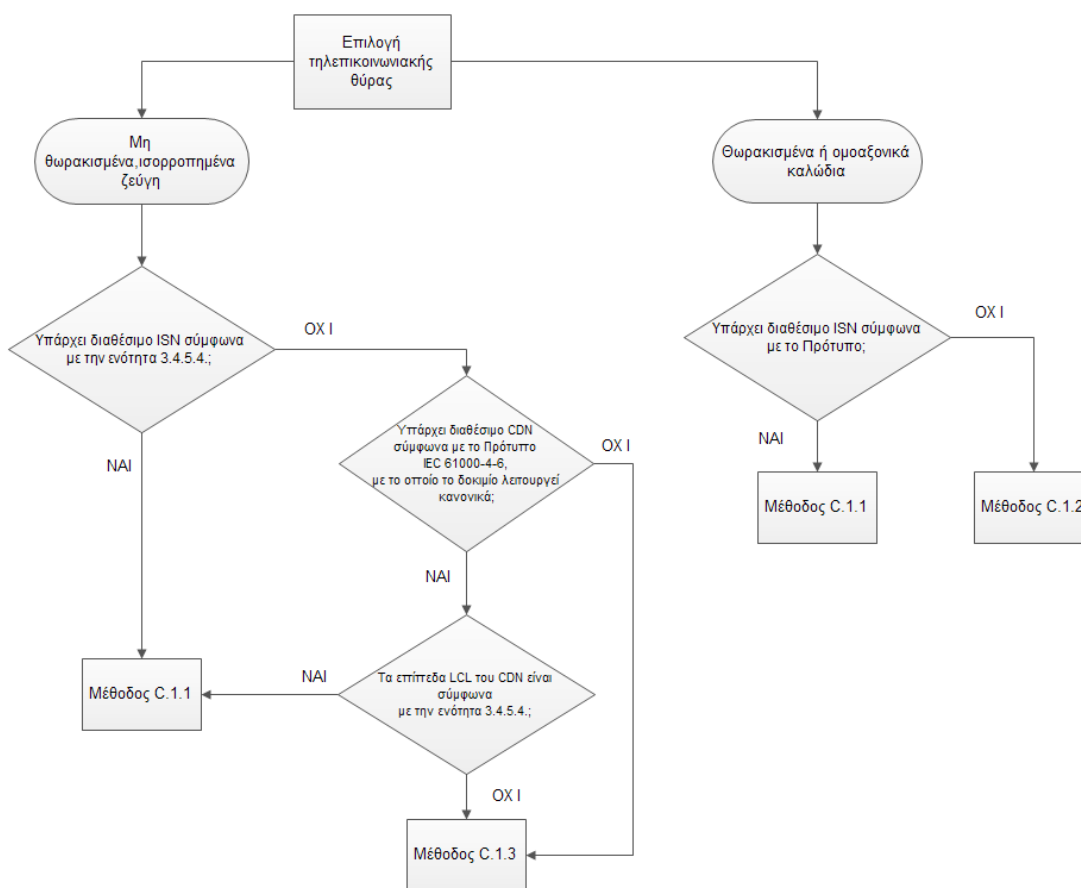
vi) Η παραμόρφωση απόσβεσης ή άλλη αλλοίωση της ποιότητας στο εύρος συχνοτήτων του επιθυμητού σήματος λόγω της παρουσίας του ISN δεν πρέπει να επηρεάζει την ορθή λειτουργία του δοκιμίου.

vii) Ο παράγοντας διαίρεσης τάσης ορίζεται ως εξής:

voltage division factor = $20\log_{10} |V_{cm}|/|V_{mp}|$ dB, όπου V_{cm} είναι η κοινή τάση που εμφανίζεται στην κοινή εμπέδηση που παρουσιάζεται στο δοκίμιο από το ISN και V_{mp} είναι η μετρούμενη τάση στη θύρα. Ο παράγοντας διαίρεσης τάσης πρέπει να αθροιστεί με το μετρούμενη τάση στη θύρα υπό δοκιμή και το αποτέλεσμα να συγκριθεί με τα όρια που περιγράφονται στους πίνακες της ενότητας 3.4.3. Η ακρίβεια του παράγοντα διαίρεσης τάσης πρέπει να είναι $\pm 1\text{dB}$.

3.4.5.5 Μέτρηση σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

Το δοκίμιο πρέπει να τοποθετείται σύμφωνα με τα Σχήματα 3-60 έως 3-63. Για τη λήψη αξιόπιστων μετρήσεων εκπομπών αντιπροσωπευτικών της χρήσης του LAN (local area network) απαιτείται μόνο η δημιουργία συνθηκών χρήσης του LAN κατά 10% και η διατήρηση αυτού του επιπέδου για 250ms. Το περιεχόμενο των δεδομένων δοκιμής πρέπει να περιλαμβάνει περιοδικά και ψευδό-τυχαία μηνύματα ώστε να γίνεται σωστή προσομοίωση της μετάδοσης δεδομένων. Αν το δίκτυο διατηρεί τη μετάδοση σε ανενεργές περιόδους, μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν και σε αυτές. Το παρακάτω διάγραμμα ροής παρουσιάζει τα προϊόντα και τις μεθόδους που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση [29]:

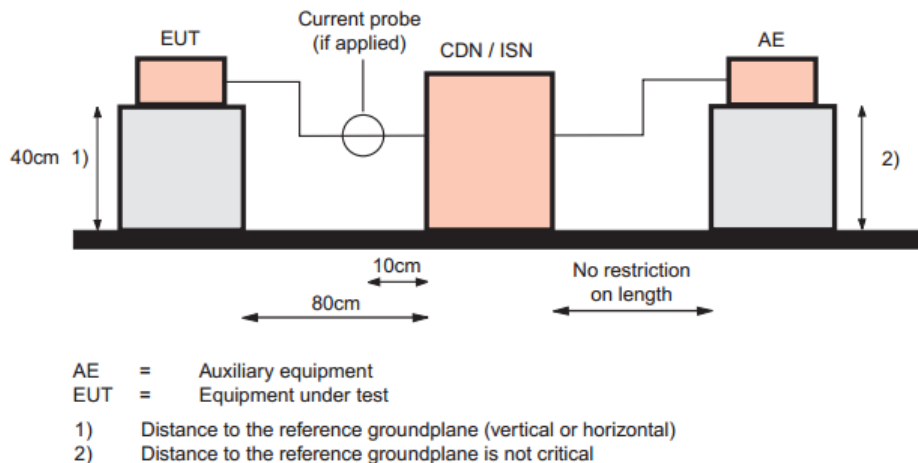


ΣΧΗΜΑ 3-64: Διάγραμμα ροής για τον καθορισμό των μεθόδων δοκιμής για τηλεπικοινωνιακές θύρες^[29]

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις μεθόδους που περιγράφονται στο διάγραμμα ροής.

A) Χρήση CDNs σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-6 ως CDN/ISNs (Μέθοδος C1.1)

- Το CDN/ISN συνδέεται απευθείας στο επίπεδο αναφοράς γης (GRP).
- Αν γίνεται μέτρηση τάσης, αυτή μετράται στη θύρα μέτρησης του CDN/ISN, διορθώνεται με την άθροιση του παράγοντα διαίρεσης τάσης και συγκρίνεται με τα όρια που αναφέραμε παραπάνω.
- Αν γίνεται μέτρηση ρεύματος, αυτό μετράται με τον αισθητήρα ρεύματος (current probe) και συγκρίνεται με τα όρια που αναφέραμε παραπάνω.
- Δεν είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται το όριο τάσης και ρεύματος αν χρησιμοποιείται CDN/ISN. Κατά τη διάρκεια μέτρησης του ρεύματος πρέπει να είναι συνδεδεμένο στη μετρούμενη θύρα ένα φορτίο 50Ω [29].

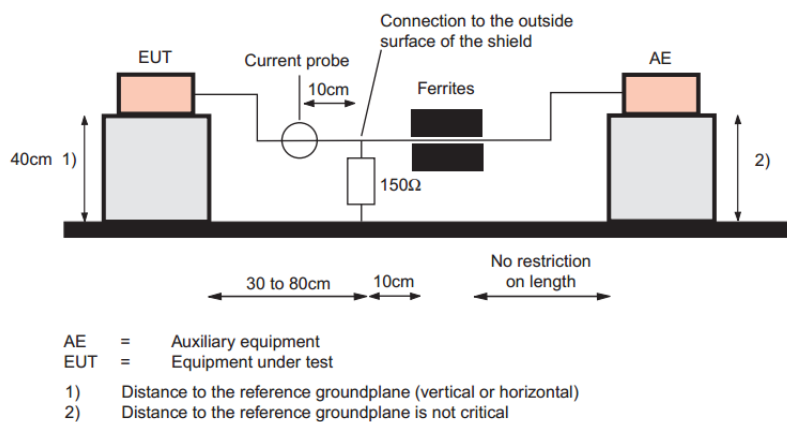


ΣΧΗΜΑ 3-65: Μέθοδος μέτρησης διαταραχών μέσω CDN/ISNs^[29]

B) Χρήση φορτίου 150Ω στην εξωτερική επιφάνεια της θωράκισης (Μέθοδος C1.2)

- Η μόνωση διασπάται και συνδέεται ένας αντιστάτης 150Ω από την εξωτερική επιφάνεια της θωράκισης στη γη.
- Εφαρμόζεται σωλήνας ή clamp φερριτών μεταξύ της σύνδεσης των 150Ω και του βοηθητικού εξοπλισμού.

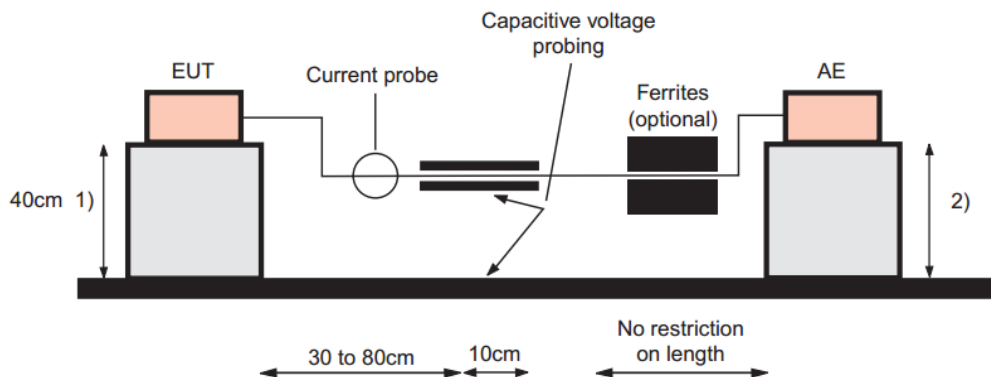
- Η μέτρηση του ρεύματος γίνεται με την χρήση αισθητήρα ρεύματος και στη συνέχεια το αποτέλεσμα συγκρίνεται με τα όρια του ρεύματος. Η κοινή εμπέδηση στο δεξί μέρος του αντιστάτη των 150Ω πρέπει να επαρκώς μεγάλη ώστε να μην επηρεάζεται η μέτρηση.
- Η μέτρηση της τάσης είναι εφικτή είτε με την τοποθέτηση παράλληλα προς τον αντιστάτη των 150Ω ενός αισθητήρα υψηλής εμπέδησης είτε με την χρήση ενός μετατροπέα 50Ω σε 150Ω, εφαρμόζοντας τον κατάλληλο παράγοντα διόρθωσης (9,6dB στην περίπτωση του 50Ω σε 150Ω μετατροπέα) [29].



ΣΧΗΜΑ 3-66: Μέθοδος μέτρησης διαταραχών μέσω φορτίου 150Ω στην εξωτερική επιφάνεια της θωράκισης^[29]

Γ) Χρήση συνδυασμού αισθητήρα ρεύματος και αισθητήρα χωρητικής τάσης (Μέθοδος C1.3)

- Η μέτρηση του ρεύματος γίνεται με τον αισθητήρα ρεύματος.
- Η μέτρηση της τάσης γίνεται μέσω ενός χωρητικού αισθητήρα (μέγεθος του χωρητικού clamp >50cm σε μήκος, εμπέδηση του probe τάσης >1MΩ σε παραλληλία με έναν πυκνωτή <5pF).
- Η μετρούμενη τάση συγκρίνεται με το όριο τάσης.
- Το μετρούμενο ρεύμα συγκρίνεται με το όριο ρεύματος.
- Το δοκίμιο πρέπει να πληρεί και τα δύο όρια [29].



ΣΧΗΜΑ 3-67: Μέθοδος μέτρησης διαταραχών με χρήση συνδυασμού αισθητήρα ρεύματος και χωρητικού αισθητήρα τάσης^[29]

Δ) Μέτρηση κοινής εμπέδησης καλωδίου, φερριτών και βοηθητικού εξοπλισμού

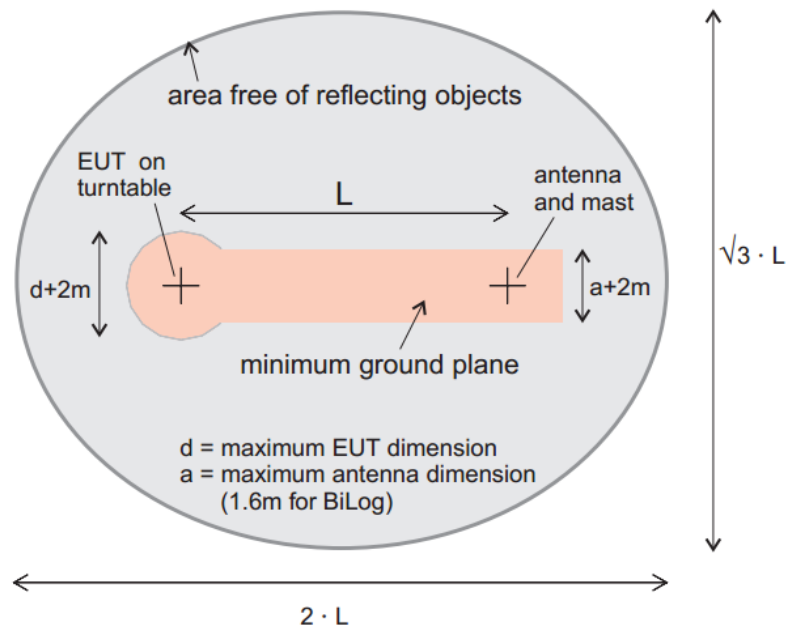
- Ρυθμίζεται η “οδήγηση” και το σύστημα μέτρησης αισθητήρα 50Ω. Εισάγεται τάση οδήγησης (V1) από τη γεννήτρια σήματος στον αισθητήρα “οδήγησης” και καταγράφεται το παραγόμενο ρεύμα (I1) στον αισθητήρα μέτρησης
- Το καλώδιο αποσυνδέεται από το δοκίμιο και συνδέεται με τη γείωση του δοκιμίου
- Εφαρμογή της ίδιας τάσης οδήγησης (V1) στο καλώδιο με τον ίδιο αισθητήρα “οδήγησης”
- Μέτρηση του ρεύματος με τον ίδιο αισθητήρα μέτρησης και υπολογισμός της κοινής εμπέδησης του καλωδίου, φερριτών και βοηθητικού εξοπλισμού μέσω σύγκρισης του ρεύματος (I2), που μετρήθηκε από τον αισθητήρα μέτρησης με αυτό του πρώτου βήματος (κοινή εμπέδηση = $50 \times I1/I2$)

Για παράδειγμα, αν το I2 είναι ίσο με το μισό του I1 τότε η κοινή εμπέδηση είναι 100Ω [29].

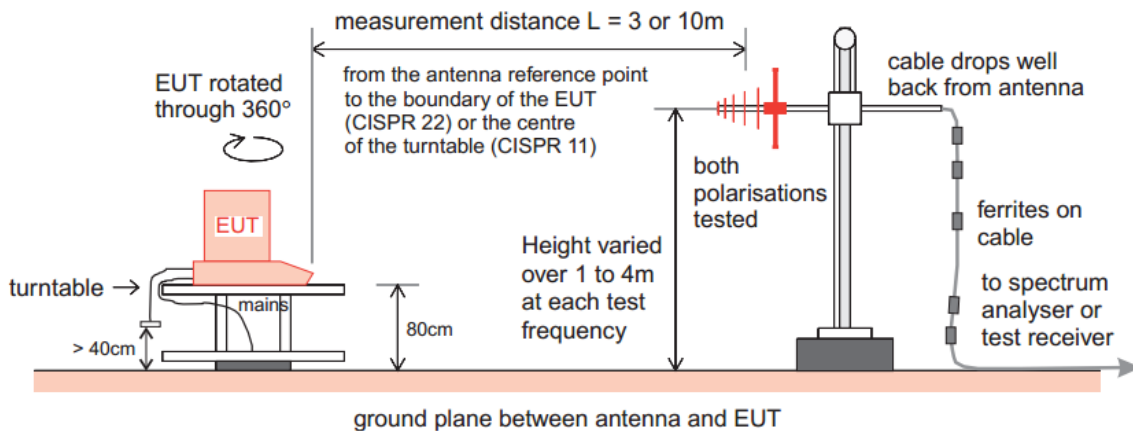
3.4.6. Δοκιμές μέτρησης ακτινοβολούμενων διαταραχών

3.4.6.1. Χώρος διεξαγωγής δοκιμών

Η τυπική μέτρηση ακτινοβολούμενων διαταραχών διεξάγεται σύμφωνα με το Πρότυπο CISPR 22 σε έναν ανοιχτό χώρο δοκιμών (open area test site-OATS). Μια τέτοια διάταξη παρουσιάζεται στα Σχήματα 3-69 και 3-70 που ακολουθούν:



ΣΧΗΜΑ 3-69: Διάγραμμα των ελάχιστων διαστάσεων ενός ανοιχτού χώρου διεξαγωγής δοκιμών^[29]



ΣΧΗΜΑ 3-70: Διάταξη ενός ανοιχτού χώρου διεξαγωγής δοκιμών^[29]

Το ελάχιστο επίπεδο γης που παρουσιάζεται στο Πρότυπο πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν μόνο ενδεικτικά, οι πραγματικές διαστάσεις του OATS είναι αυτές που έχουν προκύψει από τη διαδικασία κανονικοποιημένης εξασθένησης του χώρου (NSA) όπως αναλύεται στην ενότητα 3.4.6.3. Εξίσου σημαντική είναι και η εξασφάλιση ότι ο χώρος είναι ελεύθερος από εμπόδια.

Η ελλειπτική διάταξη του Σχήματος 3-69 είναι υπολογισμένη σε ιδεατές συνθήκες και εξασφαλίζει ότι μία αντανάκλαση από μια τέλεια ανακλαστική επιφάνεια τοποθετημένη στα όρια της διάταξης προκαλεί λιγότερο από 6dB απόκλιση στην εξασθένηση του χώρου. Ωστόσο, δεν πρέπει η δοκιμή να στηρίζεται μόνο στο Σχήμα 3-69 διότι μόνο μία NSA μέτρηση μπορεί να επαληθεύσει την καταλληλότητα ενός χώρου.

Το επίπεδο γης (ground plane) είναι απαραίτητο για την συστηματοποίηση των αντανάκλασεων από την επιφάνεια του δαπέδου, ενώ η σάρωση ύψους της κεραίας αντιμετωπίζει όλα τα άκυρα αποτελέσματα που προκύπτουν λόγω της παρουσίας του επιπέδου γης. Η σάρωση ύψους δεν προορίζεται για τη μέτρηση των εκπομπών του δοκιμίου στην κάθετη διεύθυνση, μόνο το οριζόντιο επίπεδο των εκπομπών εξετάζεται στα Πρότυπα CISPR.

Το πάχος του επιπέδου γης πρέπει να είναι ίσο με $0,15 \lambda$ (το μήκος κύματος της υψηλότερης συχνότητας που εξετάζεται) [4,5cm στο 1GHz] για ένα χώρο 3m ή 0,28λ (8,4cm) για ένα χώρο 10m και το υλικό κατασκευής του να είναι αλουμίνιο ή γαλβανιζέ λαμαρίνα [29].

3.4.6.2. Κεραίες, καλώδια και ευαισθησία συστήματος

Η κεραία είναι ένας μετατροπέας της ποσότητας ενός πεδίου προς μέτρηση σε τάση εισόδου στο δέκτη μέτρησης. Στα Πρότυπα CISPR μετράται το διάνυσμα ηλεκτρικού πεδίου πάνω από τα 30MHz.

Το κύριο χαρακτηριστικό κάθε κεραίας μέτρησης είναι ο "παράγοντας κεραίας" της (antenna factor-AF). Αυτό ο παράγοντας είναι μία παράμετρος εξαρτώμενη από τη συχνότητα, που μετατρέπει τη μετρούμενη τάση στα τερματικά της κεραίας στην ισχύ του πεδίου που είναι τοποθετημένη. Μια σημαντική υπόθεση στην βαθμονόμηση του AF είναι ότι κεραία είναι τοποθετημένη σε ελεύθερο χώρο εντός του μακρινού πεδίου της πηγής, έτσι ώστε το πεδίο να είναι ομοιόμορφο γύρω από τη κεραία. Αυτή η υπόθεση είναι συχνά αμφισβητήσιμη στις δοκιμές EMC και ειδικότερα στις περιπτώσεις που οι μετρήσεις γίνονται σε απόσταση 3m και κοντά στο επίπεδο γης. Σε αυτές τις συνθήκες ο παράγοντας κεραίας αποκλίνει από την τιμή ελεύθερου χώρου. Ωστόσο επειδή ο βασικός

σχεδιασμός της κεραίας και η γεωμετρία των δοκιμών είναι τυποποιημένη, όλοι οι χώροι δοκιμών υπόκεινται σε παρόμοια φαινόμενα.

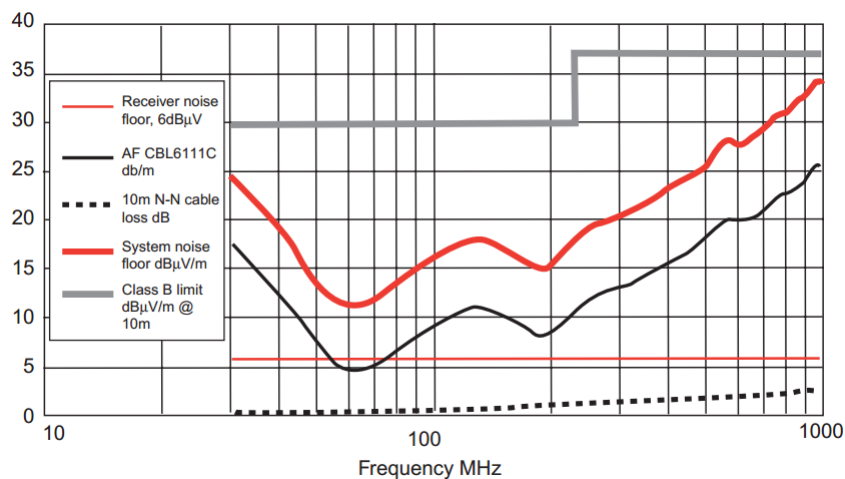
Η εξίσωση που υπολογίζει τη μετρούμενη ισχύ του πεδίου είναι η ακόλουθη:

$$E \text{ (dBV/m)} = V \text{ (dBV)} + AF \text{ (dB/m)} + A \text{ (dB)}$$

Όπου: V είναι η τάση στο δέκτη μέτρησης, AF είναι ο παράγοντας κεραίας και A είναι το σύνολο όλων των απωλειών και κερδών στο μονοπάτι ανάμεσα στην κεραία και το δέκτη.

Οι απώλειες των καλωδίων L είναι συνήθως ο κυρίαρχος παράγοντας της παραμέτρου A , όμως σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται προενισχυτής ή rad απόσβεσης το κέρδος ή οι απώλειες του συγκεκριμένου εξαρτήματος πρέπει να αθροίζονται στο A . Οι παράμετροι A και AF εξαρτώνται από τη συχνότητα και οι τιμές τους συνοψίζονται και χρησιμοποιούνται στο λογισμικό της δοκιμής.

Ένα παράδειγμα σύνοψης όλων αυτών των παραμέτρων δίνεται στο Σχήμα 3-71, το οποίο παρουσιάζει το συνολικό επίπεδο θορύβου όπως αυτό προκύπτει από το επίπεδο θορύβου του δέκτη τροποποιημένο από τις τυπικές παραμέτρους της κεραίας και τις απώλειες. Η τιμή του επιπέδου θορύβου του δέκτη καθορίζεται στα 6 dBμV, η οποία είναι μια τιμή κάτω από την οποία ο θόρυβος επηρεάζει την ακρίβεια των μετρήσεων κατά περισσότερο από 1dB [29].

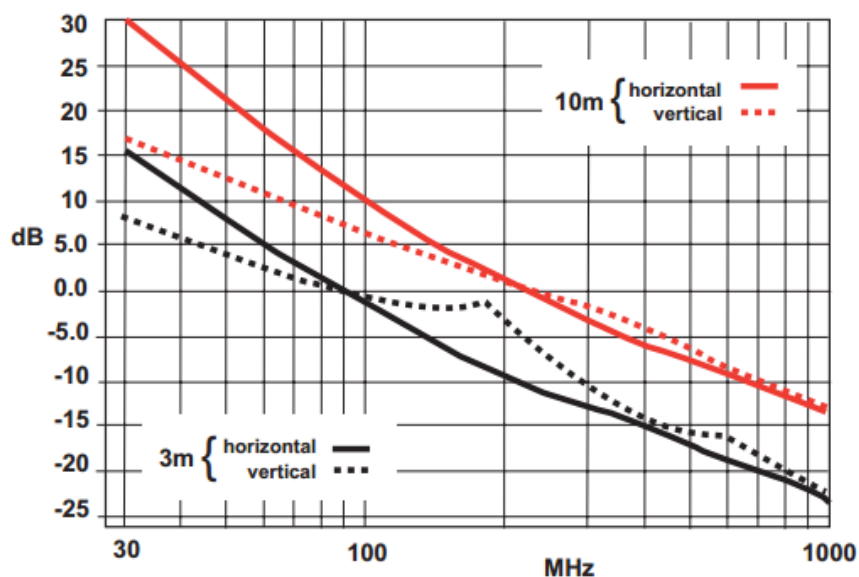


ΣΧΗΜΑ 3-71: Παράγοντες κεραίας και απώλειες καλωδίων σε ένα τυπικό σύστημα δοκιμής^[29]

3.4.6.3 Κανονικοποιημένη εξασθένηση χώρου (NSA)

Το κύριο χαρακτηριστικό ενός χώρου δοκιμών ακτινοβολούμενων εκπομπών είναι η κανονικοποιημένη εξασθένησή του (NSA). Ως εξασθένηση ενός χώρου ορίζεται η ελάχιστη απώλεια παρεμβολής ανάμεσα στα τερματικά δύο κεραιών, ταιριασμένων όσον αφορά την πόλωση, σε ένα χώρο δοκιμών, όταν η μία κεραία σαρώνεται σε ένα καθορισμένο εύρος ύψους. Αυτή η διαδικασία δίνει μία τιμή εξασθένησης σε dB για κάθε συχνότητα που πραγματοποιείται η μέτρηση. Οι παράγοντες κεραιάς του πομπού και του δέκτη αφαιρούνται από αυτήν την τιμή ώστε να προκύψει η τελική τιμή εξασθένησης του χώρου (NSA), η οποία χαρακτηρίζει την επίδοση του χώρου χωρίς καμία σχέση με τις κεραιές και τον εξοπλισμό.

Το Σχήμα 3-72 παρουσιάζει τις θεωρητικές τιμές NSA στις περιπτώσεις χώρων 3m και 10m αντίστοιχα και για τα δύο είδη πόλωσης. Αυτές οι τιμές υπολογίζονται στα Πρότυπα CISPR 16-1, CISPR 22, EN 50147-2 και ANSI C63.4. Κοινή προϋπόθεση σε όλα αυτά τα Πρότυπα είναι ότι η επιτρεπόμενη απόκλιση αυτών των τιμών δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $\pm 4\text{dB}$.

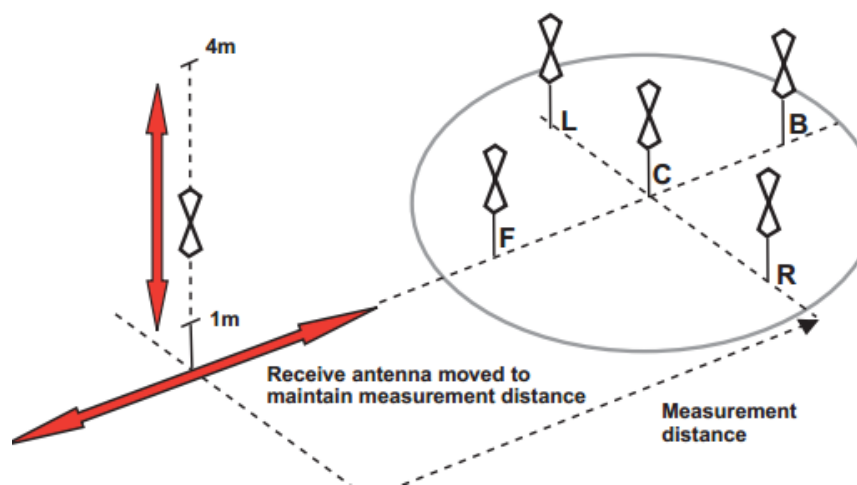


ΣΧΗΜΑ 3-72: Θεωρητικές τιμές NSA^[29]

Η μέτρηση μια μοναδικής θέσης NSA είναι ικανοποιητική για έναν ανοιχτό χώρο δοκιμών, αλλά δεν επαρκεί στο να λαμβάνει υπ' όψιν της όλες τις αντανάκλασεις από τη

δομή ενός θαλάμου. Αυτές οι αντανακλάσεις προκαλούν σοβαρές αποκλίσεις στις απώλειες μεταξύ δύο οποιωνδήποτε μονοπατιών εντός του θαλάμου με αποτέλεσμα να προκύπτουν διαφορετικές καμπύλες NSA από διαφορετικές τοποθεσίες. Παρόλο που η κεραία λήψης μπορεί να είναι τοποθετημένη σε μια σταθερή θέση, το δοκίμιο θα καταλαμβάνει γενικά το μεγαλύτερο μέρος του θαλάμου. Για τη ρεαλιστική μέτρηση της επίδοσης ενός θαλάμου, πρέπει να ελέγχεται η NSA σε όλο το χώρο του θαλάμου.

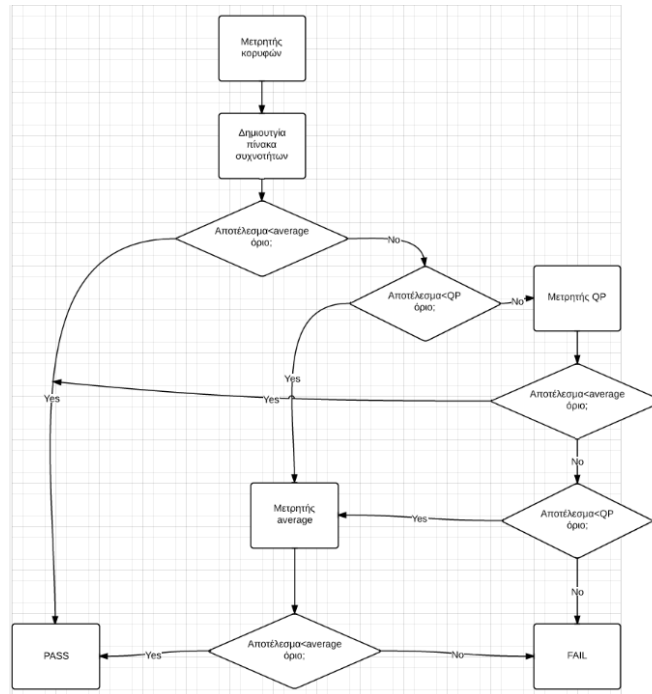
Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος έχει καθιερωθεί μία μέθοδος δοκιμής NSA του θαλάμου, όπου η κεραία εκπομπής τοποθετείται σε 5 διαφορετικά σημεία ενός χώρου που ισοδυναμεί με τον όγκο του μεγαλύτερου δοκιμίου όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-73. Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο πραγματοποιούνται 5 σαρώσεις NSA, οι οποίες πρέπει να πληρούν τα κριτήρια ώστε να είναι αποδεκτός ο θάλαμος. Επειδή οι τιμές εξασθένησης του χώρου στηρίζονται ιδιαίτερα στην απόσταση, η κεραία λήψης πρέπει να μετακινείται ώστε να διατηρείται η σωστή απόσταση μέτρησης σε κάθε περίπτωση [29].



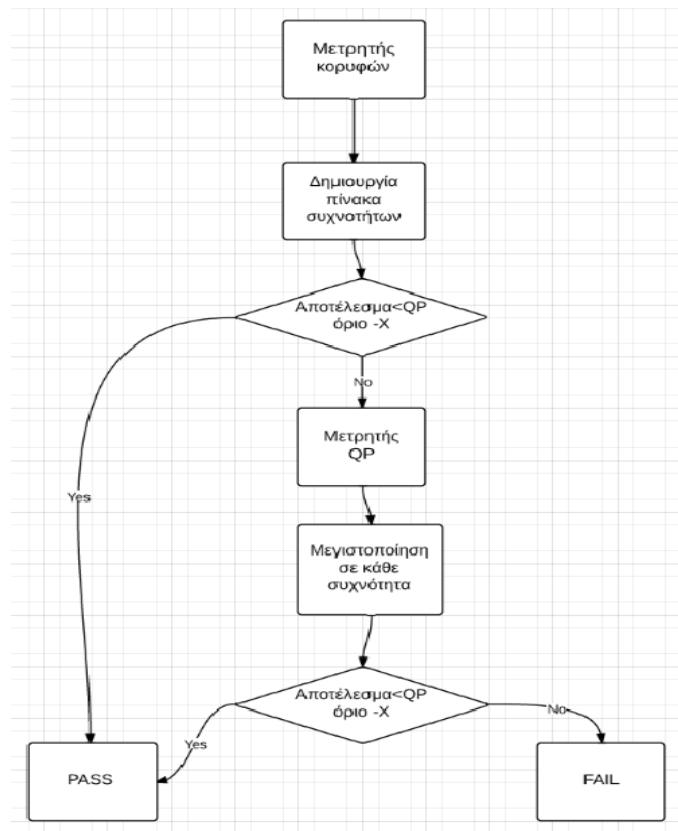
ΣΧΗΜΑ 3-73: Μέθοδος ελέγχου NSA σε θαλάμους^[29]

3.4.7 Διαγράμματα ροής μετρήσεων και αξιολόγηση της μέτρησης

Η διαδικασία των μετρήσεων που πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού δοκιμών ακολουθεί τα διαγράμματα ροής που παρουσιάζονται στα Σχήματα 3-74 και 3-75:



ΣΧΗΜΑ 3-74: Διαδικασία μετρήσεων επαγόμενων διαταραχών



ΣΧΗΜΑ 3-75: Διαδικασία μετρήσεων ακτινοβολούμενων διαταραχών

Κεφάλαιο 4

Διεξαγωγή δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

4.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν αναλυτικά οι διαδικασίες διεξαγωγής των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. Στο Παράρτημα Γ περιγράφονται αναλυτικότερα οι τρόποι ρύθμισης των παραμέτρων των γεννητριών που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές σύμφωνα με τα Πρότυπα IEC 61000-4-4 και IEC 61000-4-5.

4.2 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04)

Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διαθέτει δύο γεννήτριες για τη διεξαγωγή των συγκεκριμένων δοκιμών, την PNW 2225 η οποία συνδέεται με τη βασική μονάδα NSG 2050 (βλ. Παράρτημα Γ) και την TRA3000.

4.2.1 Εξοπλισμός για τη διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2225

Η συγκεκριμένη διάταξη αποτελείται από τον ακόλουθο εξοπλισμό:

i) Γεννήτρια παρασίτων PNW 2225

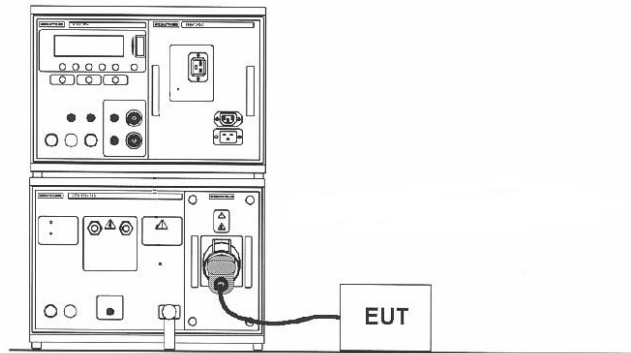
Η συσκευή PNW 2225 για γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα προσομοιώνει παράσιτα όπως αυτά που παράγονται από επαφές διακοπών επαγωγικών φορτίων, ασφάλειες, ρελέ, κ.τ.λ. [33].

ii) Βασική μονάδα NSG 2050

Η βασική μονάδα NSG 2050 συνδέεται με τη γεννήτρια PNW 2225 και χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση των παραμέτρων των παλμών που εφαρμόζονται στο δοκίμιο [32].

iii) Συσκευή σύζευξης στο δίκτυο CDN 131

Η συσκευή σύζευξης στο δίκτυο τύπου CDN 131/151 εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών στην κύρια παροχή για τη διάταξη της δοκιμής. Είναι συμβατή με τα ακόλουθα πρότυπα και συστάσεις: EN 61000-4-5 (IEC 1000-4-5, IEC 801-5), prEN 50082, ANSI-IEEE C62.41, VDE 0109, κτλ. Το CDN 131/151 αυτόματα αναγνωρίζεται από το NSG 2050. Ο τρόπος σύζευξης και η παροχή στο δοκίμιο μπορούν να καθορισθούν άμεσα από το πληκτρολόγιο και τον περιστροφικό διακόπτη (16) του NSG 2050 ή από λογισμικό WIN. Στις δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του δοκιμίου και όχι για τη σύζευξη των παλμών [32].



ΣΧΗΜΑ 4-1: Σύνδεση δοκιμίου με CDN 131^[32]

iv) Χωρητικό clamp σύζευξης (CDN 125)

Το χωρητικό clamp σύζευξης (CDN 125) εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών στις τηλεπικοινωνιακές γραμμές σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4 [31].



ΣΧΗΜΑ 4-2: Χωρητικό clamp σύζευξης^[31]

- (1) Ομοαξονική έξοδος για σύνδεση με τη γεννήτρια παλμών.
- (2) Υπό δοκιμή καλώδιο

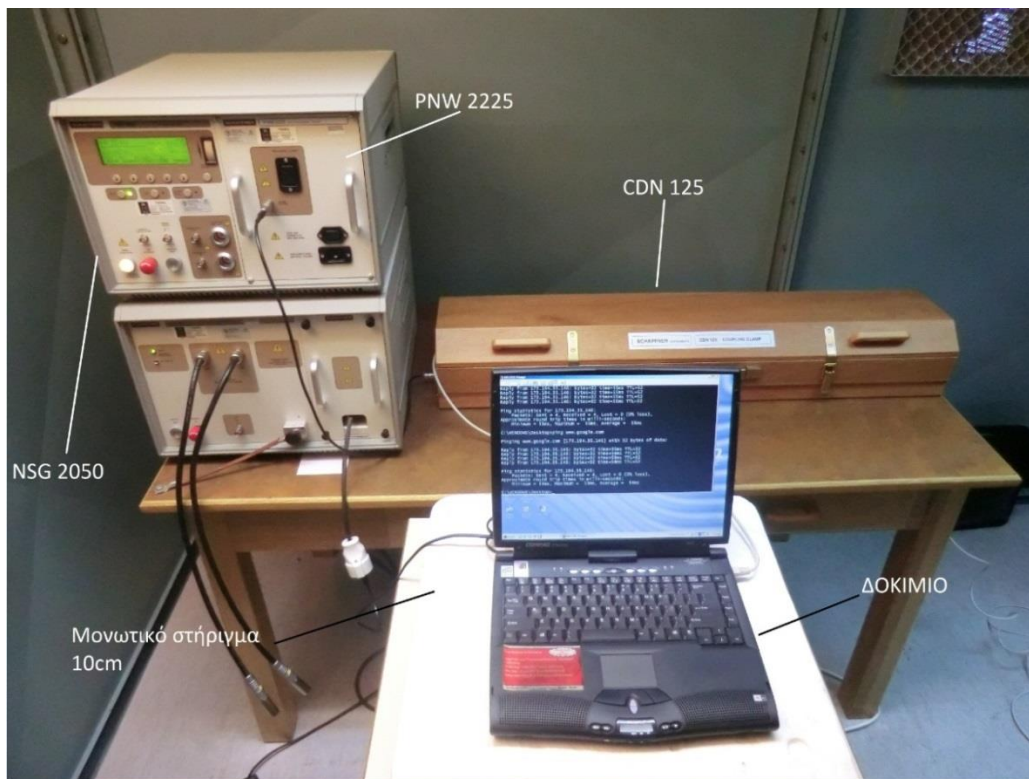
4.2.2 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2225

Η διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών με την PNW 2225 είναι η εξής [31]:

1. Καταγράφουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία δοκιμής στο πρωτόκολλο.
2. Τοποθετούμε τη γεννήτρια παρασίτων PNW 2225 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
3. Τοποθετούμε το δοκίμιο πάνω σε μονωτικό υλικό πάχους 10cm.
4. Συνδέουμε το δοκίμιο στο ρευματοδότη που διαθέτει γι' αυτό το σκοπό το CDN 131/151. Το καλώδιο τοποθετείται πάνω στο μονωτικό υλικό πάχους 10cm. Σε περίπτωση που το καλώδιο έχει μεγάλο μήκος, αυτό πρέπει να διπλώνεται σε δέσμη.
5. Τοποθετούμε το χωρητικό clamp σύζευξης στο δάπεδο ή στο τραπέζι (όχι πάνω σε μονωτικό στήριγμα). Το επίπεδο στο οποίο είναι τοποθετημένο το clamp πρέπει να εκτείνεται κατά 10cm πέραν του clamp σε όλες τις κατευθύνσεις.
6. Ανοίγουμε το clamp και τοποθετούμε το υπό δοκιμή καλώδιο, το οποίο στη συνέχεια συνδέεται στην αντίστοιχη θύρα του δοκιμίου. Τα καλώδια πρέπει να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε το μήκος καλωδίου από το άκρο του clamp έως το δοκίμιο να μην ξεπερνά το 1m.
7. Συνδέουμε τη γεννήτρια PNW 2225 με το χωρητικό clamp σύζευξης-CDN 125 (PULSE OUTPUT και Ομοαξονική έξοδος για τη σύνδεση με γεννήτρια παλμών(1) αντίστοιχα).
8. Συνδέουμε στην τροφοδοσία και ανοίγουμε τον εξοπλισμό.
9. Ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής (Pulse, Voltage, Coupling, EUT-P, Phase, Repetition, Polarity, Διάρκεια δοκιμής, αριθμός spikes και Frequency) σύμφωνα με τις οδηγίες του Παραρτήματος Γ.
10. Ανοίγουμε το δοκίμιο και φροντίζουμε να δουλεύει με το συνήθη τρόπο.
11. Πατάμε το RUN (11). Το μπουτόν RUN (11) αρχίζει τότε να αναβοσβήνει, και η δοκιμή ξεκινά.

12. Εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να σταματήσει η δοκιμή, πατάμε το STOP (10). Επίσης, για άμεση διακοπή της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της λειτουργίας της γεννήτριας, πατάμε το EMERGENCY OFF στο CDN 131/151 ή το OFF HV AND EUT (2) στο NSG 2050.
13. Η δοκιμή τερματίζεται μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος που ορίσαμε αρχικά. Πατάμε το POWER (1).
14. Μετά το πέρας της δοκιμής σημειώνεται στο πρωτόκολλο της δοκιμής το κριτήριο που ικανοποιείται.
15. Κλείνουμε τον εξοπλισμό και τον αποσυνδέουμε από την τροφοδοσία.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της δοκιμής με τη γεννήτρια PNW 2225:



ΣΧΗΜΑ 4-3: Διάταξη δοκιμής με τη γεννήτρια PNW 2225^[31]

4.2.3 Εξοπλισμός για τη διεξαγωγή δοκιμών με την TRA3000

i) Γεννήτρια παρασίτων EXT-TRA3000 F

Η μονάδα EXT-TRA3000 F για γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα βρίσκεται εντός της συσκευής TRA3000 και προσομοιώνει παράσιτα όπως αυτά που παράγονται από επαφές διακοπών επαγωγικών φορτίων, ασφάλειες, ρελέ, κ.λπ. [34].

ii) Γεννήτρια TRA3000

Η συσκευή TRA3000 περιέχει μονοφασικό δίκτυο σύζευξης/απόζευξης, το οποίο επιτρέπει υπέρθεση των μεταβατικών φαινομένων σε μια γραμμή τροφοδοσίας. Όλα τα μεταβατικά φαινόμενα παράγονται στην ίδια έξοδο τροφοδοσίας στην οποία θα συνδεθεί η υπό δοκιμή συσκευή. Επιπλέον, επιτρέπει την αυτόματη μεταγωγή των διαδρομών σύζευξης και τον προγραμματισμό μεγάλου εύρους ακολουθιών δοκιμής [34].

iv) Χωρητικό clamp σύζευξης (CDN 125)

Το χωρητικό clamp σύζευξης (CDN 125) εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών στις τηλεπικοινωνιακές γραμμές σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4 (Σχήμα 4-2).

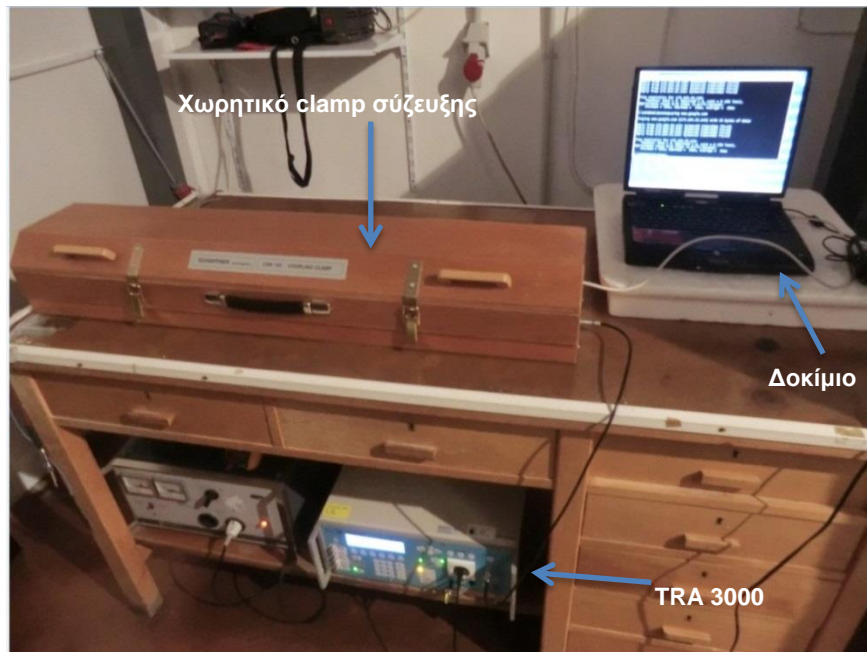
4.2.4 Διεξαγωγή δοκιμών με την TRA3000

Η διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών με την TRA3000 είναι η εξής [31]:

1. Καταγράφουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής στο πρωτόκολλο.
2. Τοποθετούμε το δοκίμιο πάνω σε μονωτικό υλικό πάχους 10cm.
3. Συνδέουμε το δοκίμιο στο ρευματοδότη που διαθέτει γι' αυτό το σκοπό η συσκευή TRA3000. Το καλώδιο τοποθετείται πάνω στο μονωτικό υλικό πάχους 10cm. Σε περίπτωση που το καλώδιο έχει μεγάλο μήκος, αυτό πρέπει να διπλώνεται σε δέσμη.
4. Τοποθετούμε το χωρητικό clamp σύζευξης στο δάπεδο ή στο τραπέζι (όχι πάνω σε μονωτικό στήριγμα). Το επίπεδο στο οποίο είναι τοποθετημένο το clamp πρέπει να εκτείνεται κατά 10cm πέραν του clamp σε όλες τις κατευθύνσεις.
5. Ανοίγουμε το clamp και τοποθετούμε το υπό δοκιμή καλώδιο, το οποίο στη συνέχεια συνδέεται στην αντίστοιχη θύρα του δοκιμίου. Τα καλώδια πρέπει να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε το μήκος καλωδίου από το άκρο του clamp έως το δοκίμιο να μην ξεπερνά το 1m.

6. Συνδέουμε τη συσκευή TRA3000 με το χωρητικό clamp σύζευξης-CDN 126 (IMPULSE OUTPUT(27) και Ομοαξονική έξοδος για τη σύνδεση με γεννήτρια παλμών(1) αντίστοιχα).
7. Συνδέουμε στην τροφοδοσία και ανοίγουμε τη συσκευή TRA3000.
8. Ανοίγουμε το δοκίμιο και φροντίζουμε να δουλεύει με το συνήθη τρόπο (πατάμε EUT POWER 1).
9. Πατάμε το RUN (19). Το μπουτόν RUN (19) τότε ανάβει, και η δοκιμή ξεκινά.
10. Ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής (Vpeak, Coupling, EUT-P, Phase, Repetition, Polarity, Διάρκεια δοκιμής, αριθμός spikes και Frequency) σύμφωνα με τις οδηγίες του Παραρτήματος Γ.
11. Εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να σταματήσει η δοκιμή, πατάμε το RUN (19).
12. Η δοκιμή τερματίζεται μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος που ορίσαμε αρχικά.
13. Μετά το πέρας της δοκιμής σημειώνεται στο πρωτόκολλο της δοκιμής το κριτήριο που ικανοποιείται. Στη συνέχεια κλείνουμε τη συσκευή και την αποσυνδέουμε από την τροφοδοσία.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της δοκιμής με τη γεννήτρια TRA3000:



ΣΧΗΜΑ 4-4: Διάταξη δοκιμής με τη γεννήτρια TRA3000^[31]

4.3 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11)

Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διαθέτει δύο γεννήτριες για τη διεξαγωγή των συγκεκριμένων δοκιμών, την PNW 2050 και την PNW 2051 οι οποίες συνδέονται με τη βασική μονάδα NSG 2050 (βλ. Παράρτημα Γ).

4.3.1 Εξοπλισμός

Η συγκεκριμένη διάταξη αποτελείται από τον ακόλουθο εξοπλισμό:

i) Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050

Η γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050 έχει τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικών παλμών τάσης της μορφής 1,2/50μs με πλάτος 200V έως και 6,6kV, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτοκύκλωσης, και τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικού ρεύματος της μορφής 8/20μs με πλάτος έως και 3,3kA, όταν βρίσκεται σε κατάσταση βραχυκύκλωσης. Ο χειρισμός της γεννήτριας γίνεται μέσω της βασικής μονάδας NSG 2050 [36].

ii) Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051

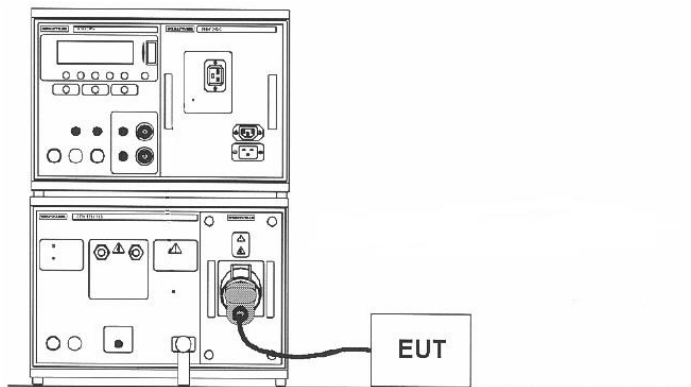
Η γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 έχει τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικών παλμών τάσης της μορφής 0,5/700μs ή 10/700μs με πλάτος 200V έως και 6,6kV, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτοκύκλωσης, και τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικού ρεύματος εύρους 13,3A-440A σε εμπέδηση 15Ω και εύρους 5A-165A σε εμπέδηση 40Ω, όταν βρίσκεται σε κατάσταση βραχυκύκλωσης. Ο χειρισμός της γεννήτριας γίνεται μέσω της βασικής μονάδας NSG 2050 [37].

iii) Βασική μονάδα NSG 2050

Η βασική μονάδα NSG 2050 συνδέεται με τη γεννήτρια PNW 2225 και χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση των παραμέτρων των παλμών που εφαρμόζονται στο δοκίμιο.

iv) Συσκευή σύζευξης στο δίκτυο CDN 131

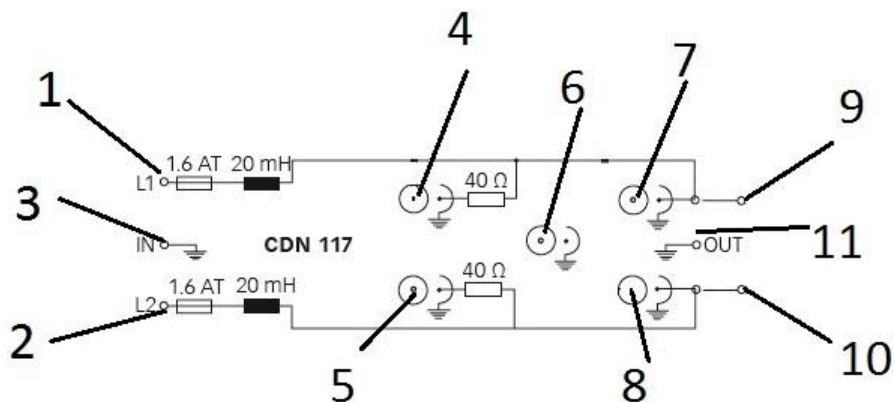
Η συσκευή σύζευξης στο δίκτυο τύπου CDN 131/151 εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών στην κύρια παροχή για τη διάταξη της δοκιμής. Είναι συμβατή με τα ακόλουθα πρότυπα και συστάσεις: EN 61000-4-5 (IEC 1000-4-5, IEC 801-5), prEN 50082, ANSI-IEEE C62.41, VDE 0109, κτλ. Το CDN 131/151 αυτόματα αναγνωρίζεται από το NSG 2050. Ο τρόπος σύζευξης και η παροχή στο δοκίμιο μπορούν να καθορισθούν άμεσα από το πληκτρολόγιο και τον περιστροφικό διακόπτη (16) του NSG 2050 ή από λογισμικό WIN. Στις δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του δοκιμίου και όχι για τη σύζευξη των παλμών.



ΣΧΗΜΑ 4-5: Σύνδεση δοκιμίου με CDN 131^[32]

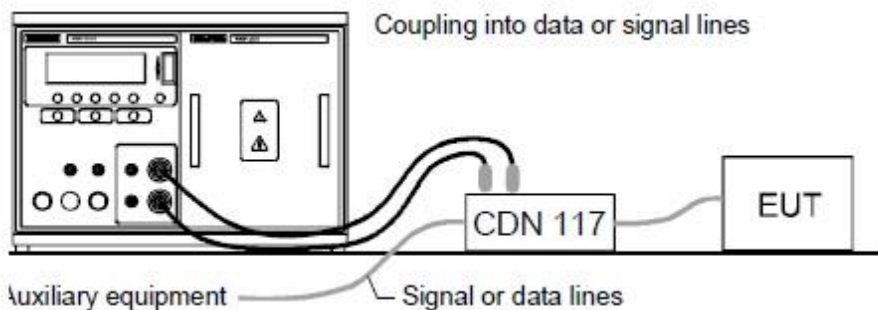
v) Συσκευή σύζευξης για γραμμές σήματος, δεδομένων και ελέγχου CDN 117

Η συσκευή σύζευξης τύπου CDN 117 εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών σε γραμμές σήματος, δεδομένων και ελέγχου και είναι συμβατή με τις απαιτήσεις των ακόλουθων Προτύπων και συστάσεων: IEC 1000-4-5, EN 61000-4-5, prEN 50082-2, κ.τ.λ. Συνοδεύεται με τους παρακάτω τρεις προσαρμογείς σύζευξης: 1) INA 170: απαγωγέας υπέρτασης με τάση trip 90V (gas arrestor/spark gap device) 2) INA 171: πυκνωτής 0,1μF σε παραλληλία με απαγωγέα υπέρτασης με τάση trip 90V 3) INA 174: πυκνωτής 0,5μF. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται το CDN 117, με όλες τις υποδοχές του, και μία σχηματική διάταξη σύνδεσης του CDN 117 με την γεννήτρια PNW 2050 και τη βασική μονάδα NSG 2050 [38].



ΣΧΗΜΑ 4-6: CDN 117^[38]

- (1) Υποδοχή γραμμής L1 (σύνδεση με βοηθητικό εξοπλισμό)
- (2) Υποδοχή γραμμής L2 (σύνδεση με βοηθητικό εξοπλισμό)
- (3) Υποδοχή γείωσης σε περίπτωση που το CDN 117 δεν είναι τοποθετημένο σε γειωμένη επιφάνεια
- (4) Υποδοχή L1 για σύνδεση της γραμμής L1 με την έξοδο HIGH της γεννήτριας.
- (5) Υποδοχή L2 για σύνδεση της γραμμής L2 με την έξοδο HIGH της γεννήτριας.
- (6) Υποδοχή γείωσης για σύνδεση με την έξοδο LOW της γεννήτριας παλμών κατά τη διεξαγωγή δοκιμών γραμμής-γείωσης
- (7) Υποδοχή L1 για σύνδεση της γραμμής L1 με την έξοδο LOW της γεννήτριας.
- (8) Υποδοχή L2 για σύνδεση της γραμμής L2 με την έξοδο LOW της γεννήτριας.
- (9) Υποδοχή γραμμής L1 (σύνδεση με το δοκίμιο)
- (10) Υποδοχή γραμμής L2 (σύνδεση με το δοκίμιο)
- (11) Έξοδος γείωσης.

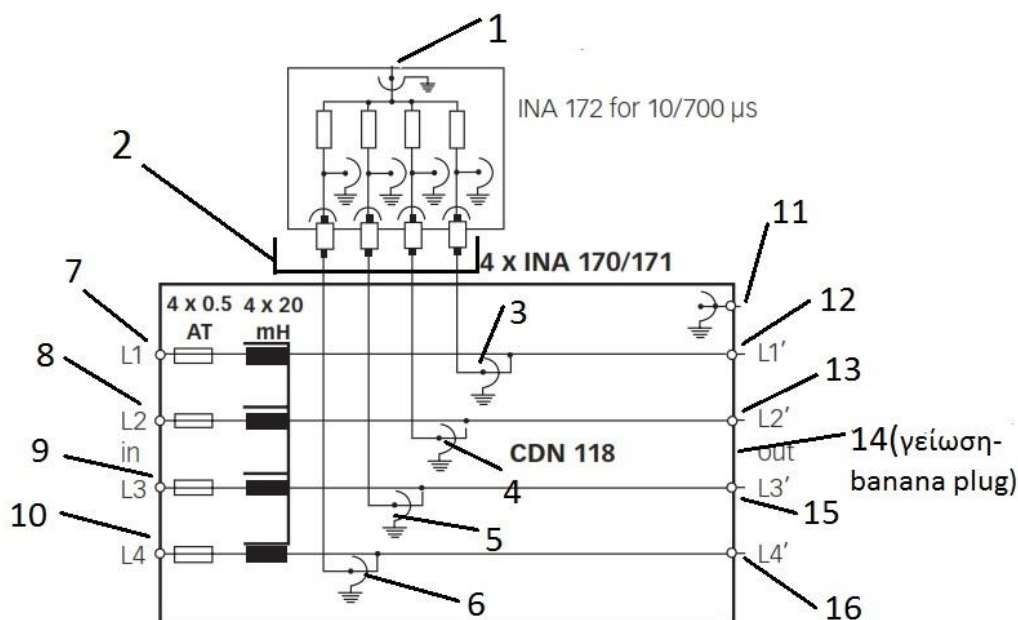


ΣΧΗΜΑ 4-7: Σχηματική διάταξη σύνδεσης CDN 117 με PNW 2050 και NSG 2050^[38]

vi) Συσκευή σύζευξης για 4 τηλεπικοινωνιακές γραμμές CDN 118

Η συσκευή σύζευξης τύπου CDN 118 εξυπηρετεί τη σύζευξη των παλμών σε τηλεπικοινωνιακές γραμμές και είναι συμβατή με τις απαιτήσεις των ακόλουθων Προτύπων και συστάσεων: IEC 1000-4-5, EN 61000-4-5, κ.τ.λ. Συνοδεύεται με τους παρακάτω προσαρμογείς σύζευξης [38]:

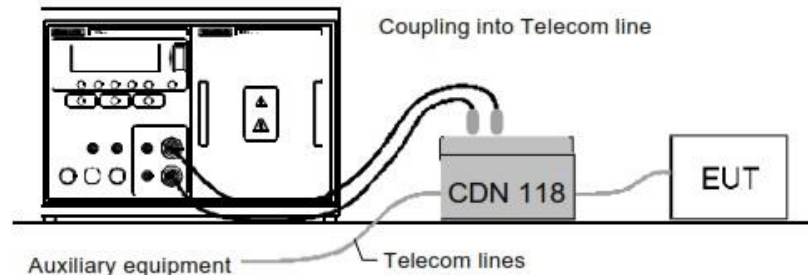
- i) INA 172, δίκτυο αντιστάσεων $4 \times 100\Omega$, 6W
- ii) INA 175, δίκτυο αντιστάσεων $4 \times 160\Omega$, 6W
- iii) INA 170: απαγωγέας υπέρτασης με τάση trip 90V (gas arrestor/spark gap device)
- iv) INA 171: πυκνωτής $0,1\mu\text{F}$ σε παραλληλία με απαγωγέα υπέρτασης με τάση trip
- v) INA 173, προσαρμογέας βραχυκύκλωσης



ΣΧΗΜΑ 4-8: CDN 118^[38]

- (1) Υποδοχή για σύνδεση του INA 172 με την έξοδο HIGH της γεννήτριας παλμών
- (2) Στις συγκεκριμένες υποδοχές συνδέονται 4 προσαρμογείς INA 170 (για συχνότητες σήματος πάνω από 5KHz) ή 4 προσαρμογείς INA 171 (για συχνότητες σήματος μικρότερες των 5KHz).
- (3)-(6) Υποδοχές σύνδεσης του CDN 118 με τους 4 προσαρμογείς(2) του INA 172
- (7)-(10) Υποδοχές σύνδεσης των 4 γραμμών του βοηθητικού εξοπλισμού

- (11) Υποδοχή για σύνδεση του CDN 118 με την έξοδο LOW της γεννήτριας παλμών
- (12),(13),(15),(16) Υποδοχές για σύνδεση των 4 γραμμών με το δοκίμιο
- (14) Έξοδος γείωσης



ΣΧΗΜΑ 4-9: Σχηματική διάταξη σύνδεσης CDN 118 με PNW 2051 και NSG 2050^[38]

4.3.2 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2050

Η διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών με την PNW 2050 είναι η εξής [35]:

1. Καταγράφουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής στο πρωτόκολλο.
2. Τοποθετούμε τη γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
3. Συνδέουμε το δοκίμιο στο ρευματοδότη που διαθέτει για αυτό το σκοπό το CDN 131/151.
4. Συνδέουμε το NSG 2050 με το CDN 117. Αρχικά συνδέουμε στην υποδοχή (4) του CDN 117 τον πυκνωτή INA 174 που διατίθεται μαζί με το CDN 117. Με τα δύο καλώδια που διαθέτει το CDN 117 για το συγκεκριμένο σκοπό συνδέουμε την έξοδο Output HIGH(7) του NSG 2050 στον πυκνωτή INA 174 και την έξοδο Output LOW(6) του NSG 2050 στην υποδοχή (6) του CDN 117.
5. Στις υποδοχές L1(1), L2(2) του CDN 117 συνδέουμε μέσω κατάλληλων μετατροπέων/επαφών τις υπό δοκιμή γραμμές σήματος, δεδομένων ή ελέγχου που εξέρχονται του βοηθητικού εξοπλισμού.
6. Στις υποδοχές OUT(9),(10) του CDN 117 συνδέουμε μέσω κατάλληλων μετατροπέων/επαφών τα καλώδια σήματος, δεδομένων ή ελέγχου, τα οποία στη συνέχεια συνδέονται στην υπό δοκιμή θύρα του δοκιμίου.
7. Συνδέουμε στην τροφοδοσία τον εξοπλισμό

Για δοκιμή γραμμή L1-γείωση (PE):

8. Ανοίγουμε τον εξοπλισμό.
9. Ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής (Pulse, Level, Coupling[οποιαδήποτε επιλογή], EUT-P) σύμφωνα με τις οδηγίες του Παραρτήματος Γ.
10. Ανοίγουμε το δοκίμιο και φροντίζουμε να δουλεύει με το συνήθη τρόπο.
11. Πατάμε το RUN (11). Το μπουτόν RUN (11) αρχίζει τότε να αναβοσβήνει, και η δοκιμή έχει ξεκινήσει.
12. Εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να σταματήσει η δοκιμή, πατάμε το STOP (10). Επίσης, για άμεση διακοπή της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της λειτουργίας της γεννήτριας, πατάμε το EMERGENCY OFF στο CDN 131/151 ή το OFF HV AND EUT (2) στο NSG 2050.
13. Η δοκιμή τερματίζεται μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος που ορίσαμε αρχικά, θέτοντας τιμές στις παραμέτρους number of pulses και repetition. Ισχύει για τη χρονική διάρκεια της δοκιμής: (test time) = (repetition) * (number of pulses). Πατάμε το POWER (1).
14. Κλείνουμε το διακόπτη (22) στο πίσω μέρος του NSG 2050, καθώς και τον αντίστοιχο διακόπτη στο πίσω μέρος του CDN 131/151.

Για δοκιμή γραμμή L2-γείωση (PE):

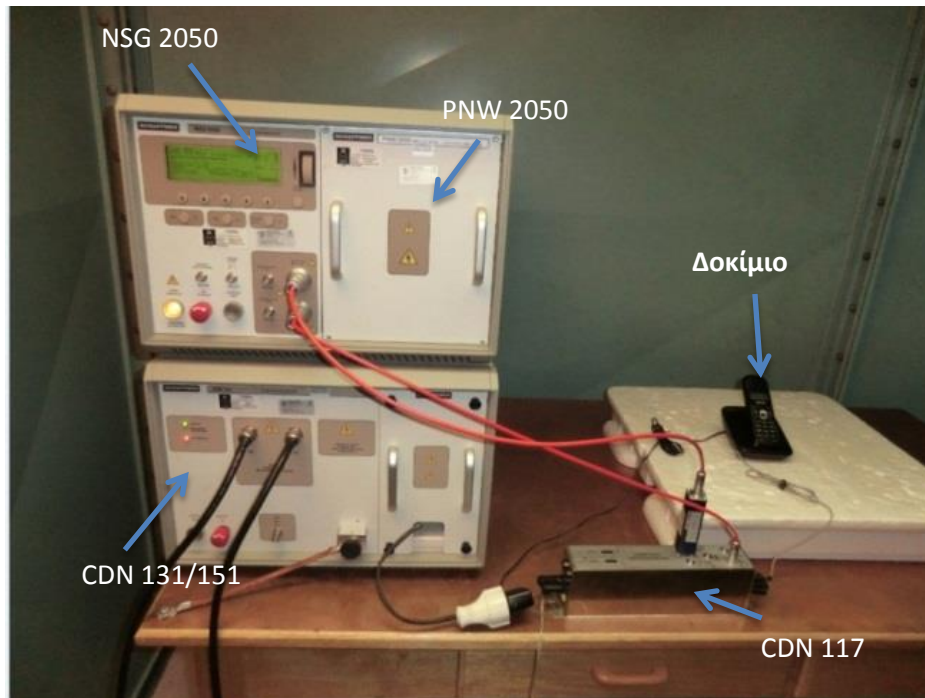
15. Αποσυνδέουμε τον πυκνωτή INA 174 (μαζί με το καλώδιο που τον συνδέει με την έξοδο Output HIGH(7) του NSG 2050) και τον συνδέουμε στην υποδοχή (5) του CDN 117.
16. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 8-14.

Για δοκιμή γραμμή L1-γραμμή L2:

17. Αποσυνδέουμε τον μετατροπέα INA 174 (μαζί με το καλώδιο που το συνδέει με την έξοδο Output HIGH(7) του NSG 2050) και τον συνδέουμε στην υποδοχή (4) του CDN 117. Στη συνέχεια αποσυνδέουμε το καλώδιο που είναι συνδεδεμένο στην υποδοχή(6) του CDN 117 (χωρίς να το αποσυνδέσουμε από την έξοδο Output LOW του NSG 2050) και το συνδέουμε στην υποδοχή (8) του CDN 117.
18. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 8-14.

19. Μετά το πέρας των δοκιμών σημειώνεται στο πρωτόκολλο της δοκιμής το κριτήριο που ικανοποιείται.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της δοκιμής με τη γεννήτρια PNW 2050:



ΣΧΗΜΑ 4-10: Διάταξη δοκιμής με PNW 2050 (IEC 61000-4-5)^[35]

4.3.3 Διεξαγωγή δοκιμών με την PNW 2051

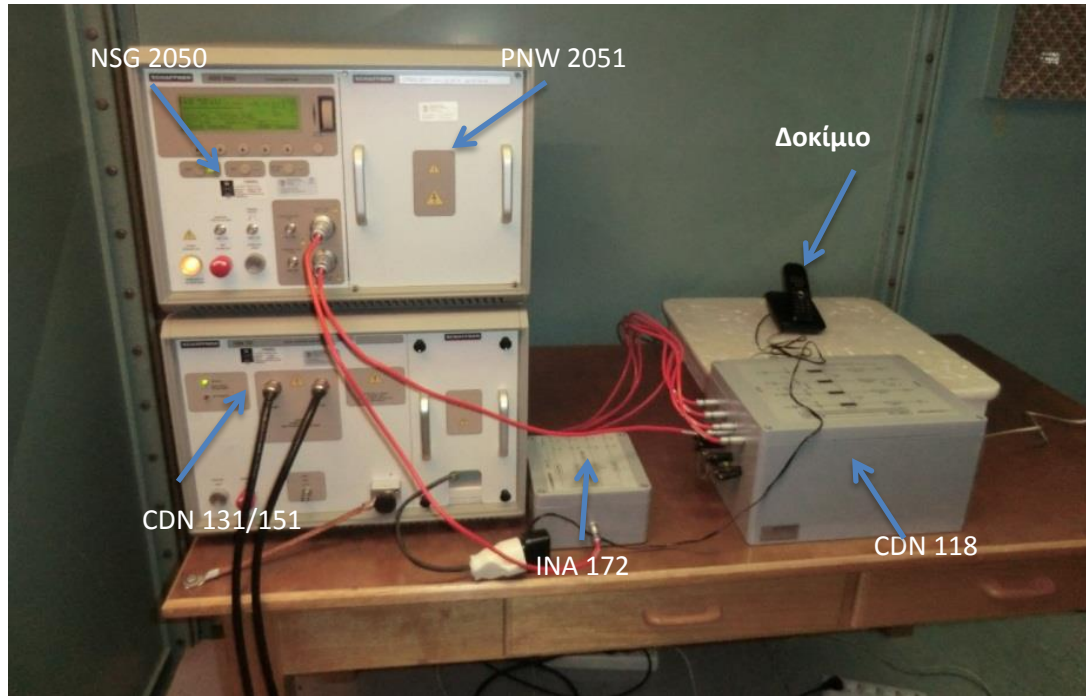
Η διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών με την PNW 2051 είναι η εξής [35]:

1. Καταγράφουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής στο πρωτόκολλο.
2. Τοποθετούμε τη γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
3. Τοποθετούμε το δοκίμιο πάνω σε μονωτικό υλικό πάχους 10cm.
4. Συνδέουμε το δοκίμιο στο ρευματοδότη που διαθέτει για αυτό το σκοπό το CDN 131/151.
5. Η παροχή των παλμών στο δικτύωμα σύζευξης (CDN 118) γίνεται με τη σύνδεση (μέσω των κατάλληλων ομοαξονικών καλωδίων που διαθέτει το CDN 118) της εξόδου Output HIGH(7) της βασικής μονάδας NSG 2050 στην υποδοχή (1) του

- προσαρμογέα INA 172 (βλ. Σχήμα 4-8) και τη σύνδεση της εξόδου Output LOW(6) της βασικής μονάδας NSG 2050 στην υποδοχή (11) του δικτύματος σύζευξης CDN 118.
6. Στις 4 υποδοχές(2) του προσαρμογέα INA 172 συνδέονται οι 4 προσαρμογείς INA 171 ή 170 που διατίθενται με το CDN 118. Στη συνέχεια αυτοί οι προσαρμογείς συνδέονται, μέσω των ομοαξονικών καλωδίων που διαθέτει για το συγκεκριμένο σκοπό το CDN 118, στις υποδοχές (3)-(6) του δικτύματος σύζευξης CDN 118.
 7. Στις υποδοχές (7)-(10) του CDN 118 συνδέουμε μέσω κατάλληλων μετατροπέων/επαφών τις υπό δοκιμή τηλεπικοινωνιακές γραμμές που εξέρχονται του βοηθητικού εξοπλισμού.
 8. Στις υποδοχές (12), (13), (15), (16) του CDN 118 συνδέουμε μέσω κατάλληλων μετατροπέων/επαφών τα καλώδια των τηλεπικοινωνιακών γραμμών, τα οποία στη συνέχεια συνδέονται στην υπό δοκιμή θύρα του δοκιμίου.
 9. Συνδέουμε στην τροφοδοσία το CDN 131/151. Πρέπει ο αντίστοιχος ρευματοδότης να μην συνδέεται με το ρελέ διαφυγής του πίνακα, γιατί το ρεύμα διαρροής θα προκαλεί το κλείσιμό του (μέσω του ρελέ διαφυγής).
 10. Συνδέουμε στην τροφοδοσία τον εξοπλισμό και τον ανοίγουμε.
 11. Ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής (Pulse, Level, EUT-P) σύμφωνα με τις οδηγίες του Παραρτήματος Γ.
 12. Ανοίγουμε το δοκίμιο και φροντίζουμε να δουλεύει με το συνήθη τρόπο.
 13. Πατάμε το RUN (11). Το μπουτόν RUN (11) αρχίζει τότε να αναβοσβήνει, και η δοκιμή έχει ξεκινήσει.
 14. Εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να σταματήσει η δοκιμή, πατάμε το STOP (10). Επίσης, για άμεση διακοπή της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της λειτουργίας της γεννήτριας, πατάμε το EMERGENCY OFF στο CDN 131/151 ή το OFF HV AND EUT (2) στο NSG 2050.
 15. Η δοκιμή τερματίζεται μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος που ορίσαμε αρχικά, θέτοντας τιμές στις παραμέτρους number of pulses και repetition. Ισχύει για τη χρονική διάρκεια της δοκιμής: $(\text{test time}) = (\text{repetition}) * (\text{number of pulses})$. Πατάμε το POWER (1).

16. Μετά το πέρας της δοκιμής σημειώνεται στο πρωτόκολλο της δοκιμής το κριτήριο που ικανοποιείται. Τέλος κλείνουμε τον εξοπλισμό και τον αποσυνδέουμε από την τροφοδοσία.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της δοκιμής με τη γεννήτρια PNW 2051:



ΣΧΗΜΑ 4-11: Διάταξη δοκιμής με PNW 2051 (IEC 61000-4-5)^[35]

4.4 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-6 Ed. 3.0 (2008-10)

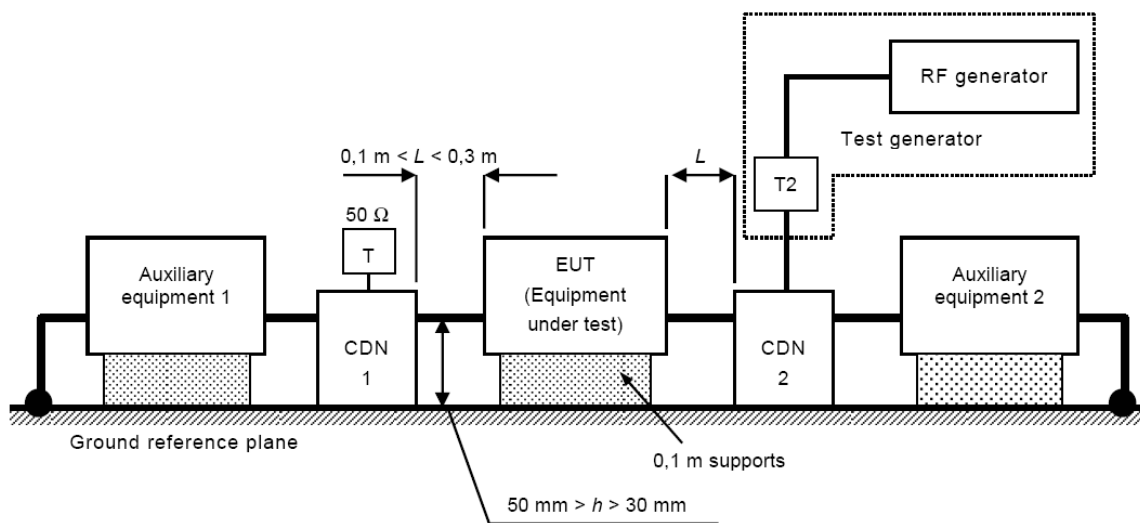
Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διαθέτει για τη συγκεκριμένη δοκιμή τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- i) Γεννήτρια Rohde Schwarz SMB 100A [40]
- ii) Ενισχυτής Frankonia FLL-75 [41]
- iii) Δικτυώματα σύζευξης και απόζευξης (CDN – Coupling and Decoupling network):
 - MEB M3: για τρεις γραμμές ισχύος (κύριες) χωρίς θωράκιση (μονοφασική τροφοδοσία)

- Schaffner CDN/ISN T400 [42]: για σύνδεση με γραμμή Ethernet (RJ-45 υποδοχή) και με γραμμή τηλεφώνου (RJ-11 υποδοχή). Για τις αντίστοιχες συνδέσεις διατίθενται μετατροπείς με διαφορετικές τιμές LCL, ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου (κατηγορία 5 ή 3) και το είδος του δικτύου:
 - α) AD T444 Cat.5 και AD T444 Cat 3: σύνδεση σε δίκτυο Ethernet(10BaseT, 100BaseT)
 - β) AD T411 Cat 5 και AD T411 Cat 3: σύνδεση σε δίκτυο τηλεφώνου
- iv) Ηλεκτρονικός Υπολογιστής με εγκατεστημένο το πρόγραμμα “CD-LAB_RF-LAB” v. 5.008 [43]

4.4.1 Τοποθέτηση δοκιμίου

Το δικτύωμα σύζευξης/απόζευξης και το δοκίμιο μαζί με το βοηθητικό εξοπλισμό πρέπει να είναι τοποθετημένα πάνω σε γειωμένη επιφάνεια. Το δοκίμιο και ο βοηθητικός εξοπλισμός (εκτός από το CDN) πρέπει να τοποθετηθούν σε μονωτικό υλικό ύψους 10cm πάνω από τη γειωμένη επιφάνεια και να **απέχουν τουλάχιστον 50cm από κάθε μεταλλικό στοιχείο**. Όλα τα σχετικά καλώδια πρέπει να συνδεθούν με τα κατάλληλα δικτυώματα σύζευξης/απόζευξης σε απόσταση μεταξύ 10cm και 30cm από το δοκίμιο (Σχήμα 4-12). **Η απόσταση (ύψος) των καλωδίων πάνω από τη γειωμένη επιφάνεια πρέπει να είναι μεταξύ 3cm και 5cm** [39].



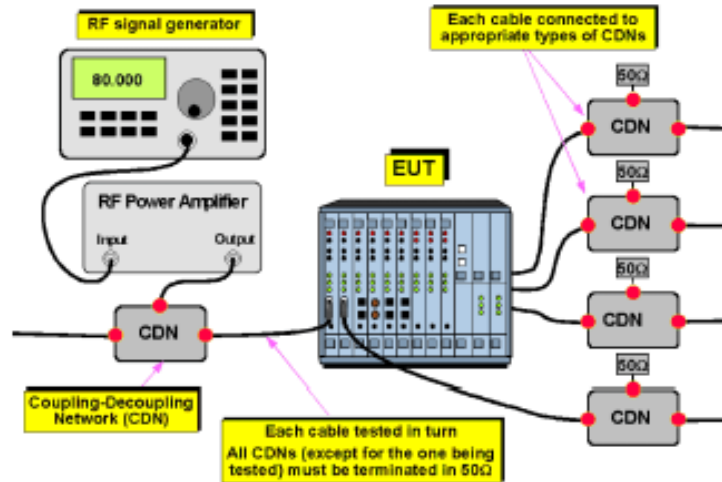
ΣΧΗΜΑ 4-12: Διάγραμμα της συνδεσμολογίας^[25]

4.4.2 Διαδικασία δοκιμής

Η διαδικασία διεξαγωγής δοκιμών είναι η εξής [39]:

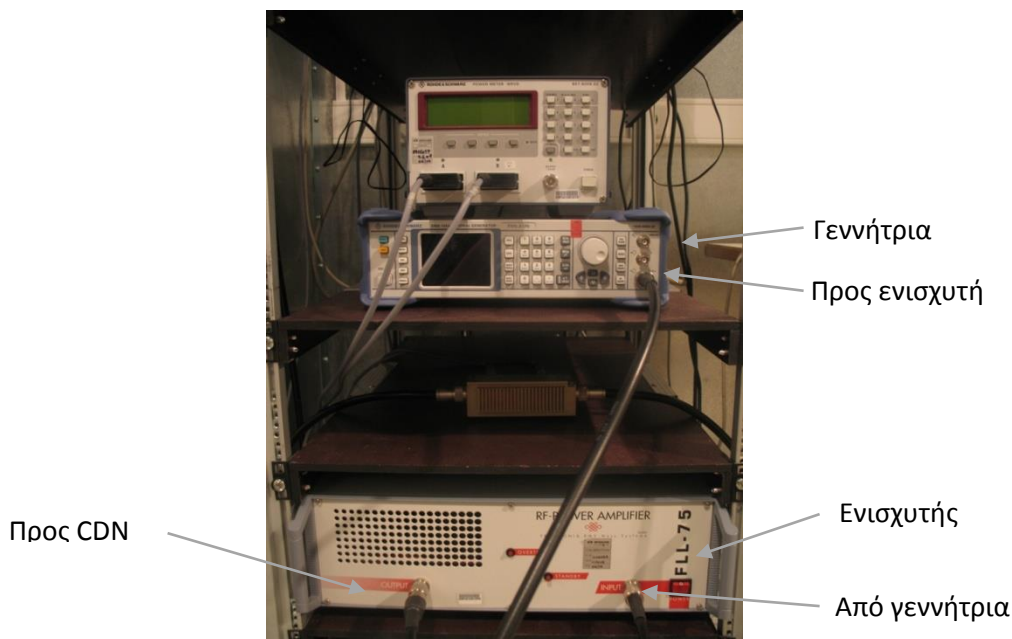
1. Στο πρωτόκολλο της δοκιμής σημειώνονται οι συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής.
2. Πραγματοποιούμε την εξής συνδεσμολογία (Σχήμα 4-14):
 - Η έξοδος της γεννήτριας Rohde Schwartz SMB 100A συνδέεται στην είσοδο του ενισχυτή FLL-75.
 - Η έξοδος του ενισχυτή συνδέεται στην ομοαξονική είσοδο του CDN/ISN T400.
 - Στους ακροδέκτες EUT του CDN/ISN T400 συνδέεται μέσω του κατάλληλου μετατροπέα ένα καλώδιο Ethernet ή τηλεφώνου (ανάλογα με τον τύπο της θύρας που εξετάζεται). Το συγκεκριμένο καλώδιο συνδέεται με την αντίστοιχη υπό δοκιμή θύρα του καλωδίου.
 - Στους ακροδέκτες AE του CDN/ISN T400 συνδέεται μέσω του κατάλληλου μετατροπέα το καλώδιο Ethernet ή τηλεφώνου (ανάλογα με τον τύπο της θύρας που εξετάζεται) που εξέρχεται από το βοηθητικό εξοπλισμό. Συνήθως ο βοηθητικός εξοπλισμός είναι ένα router/υποδοχή τηλεφώνου που βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το χώρο δοκιμών και συνδέεται με το CDN/ISN T400 μέσω ενός καλωδίου μεγάλου μήκους.
 - Για την ηλεκτρική τροφοδοσία του δοκιμίου χρησιμοποιείται κατάλληλο CDN (π.χ. CDN Type:M3).
 - Η ομοαξονική έξοδος του CDN Type:M3 τερματίζεται με ένα φορτίο 50Ω.
 - Στους ακροδέκτες EUT του CDN Type:M3 συνδέεται ένα καλώδιο (φάση, ουδέτερος και γείωση). Το συγκεκριμένο καλώδιο συνδέεται με το καλώδιο τροφοδοσίας του δοκιμίου.
 - Στους ακροδέκτες AE του CDN Type:M3 συνδέεται ένα καλώδιο, μέσω του οποίου το CDN συνδέεται στην ηλεκτρική τροφοδοσία.
 - Το τραπέζι μέσω κατάλληλου εύκαμπτου αγωγού συνδέεται στη γείωση του θαλάμου.

Σημείωση: Σε περίπτωση που κάποιο δοκίμιο έχει πολλά καλώδια, τότε πρέπει να συνδέονται όλα με τα κατάλληλα CDNs και να τερματίζουν σε φορτίο 50Ω, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-13.



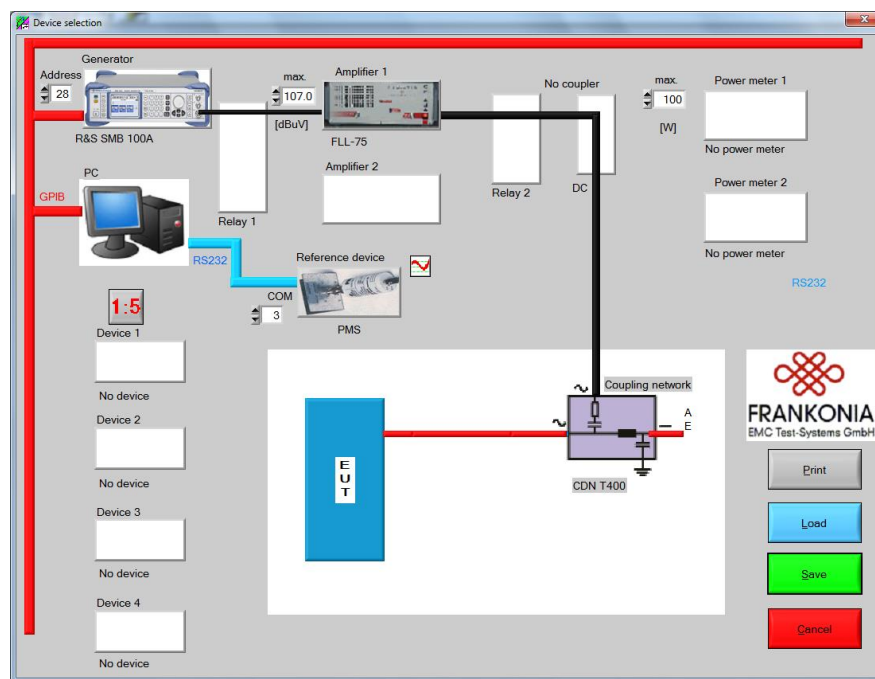
ΣΧΗΜΑ 4-13: Πειραματική διάταξη στην περίπτωση που το δοκίμιο έχει πολλά καλώδια^[39]

3. Ελέγχουμε τη διάταξη.
4. Συνδέουμε το CDN Type:M3 στην ηλεκτρική τροφοδοσία.
5. Ελέγχουμε αν το δοκίμιο λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής πρέπει να εξασφαλίζεται η μέγιστη καταπόνηση του δοκιμίου μέσω της υπό δοκιμής θύρας.
6. Συνδέουμε τη γεννήτρια, τον ενισχυτή και τον υπολογιστή στην ηλεκτρική τροφοδοσία.



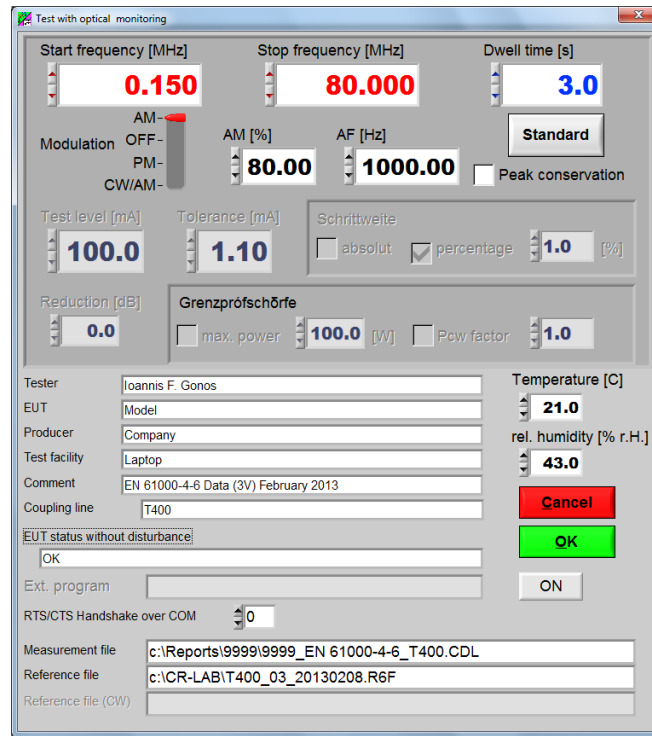
ΣΧΗΜΑ 4-14: Συνδεσμολογία του εξοπλισμού^[39]

7. Ανοίγουμε τους διακόπτες στις συσκευές με την εξής σειρά:
 - i. Ηλεκτρονικός υπολογιστής
 - ii. Γεννήτρια
 - iii. Ενισχυτής (**Προσοχή! Πρέπει πάντα να ανοίγει μετά τη γεννήτρια**)
8. Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα “CD-LAB_RF-LAB” και επιλέγουμε “Start CD-LAB”.
9. Ελέγχουμε αν η συνδεσμολογία της δοκιμής είναι η σωστή. Ένα απλοποιημένο διάγραμμα της συνδεσμολογίας για τη δοκιμή φαίνεται στο Σχήμα 4-15.



ΣΧΗΜΑ 4-15: Απλοποιημένο διάγραμμα της συνδεσμολογίας του εξοπλισμού^[39]

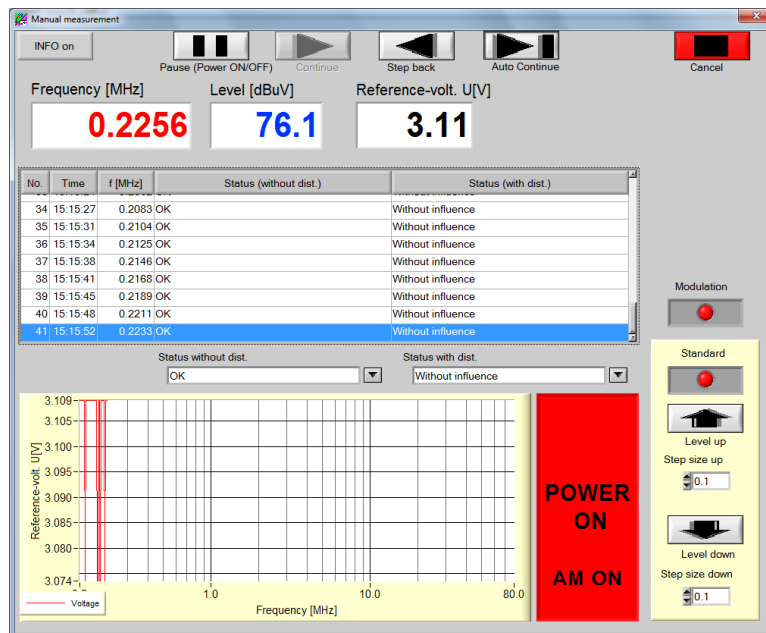
10. Στο menu “Testing” του προγράμματος επιλέγουμε “with optical EUT-checking” και εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 4-16. Σε αυτό το μενού καθορίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής, το Reference File που θα χρησιμοποιήσουμε ανάλογα με τον τύπο του CDN της δοκιμής, καθώς και το Measurement File (το αρχείο στο οποίο θα καταγραφεί η δοκιμή).



ΣΧΗΜΑ 4-16: Οθόνη Test with optical monitoring^[39]

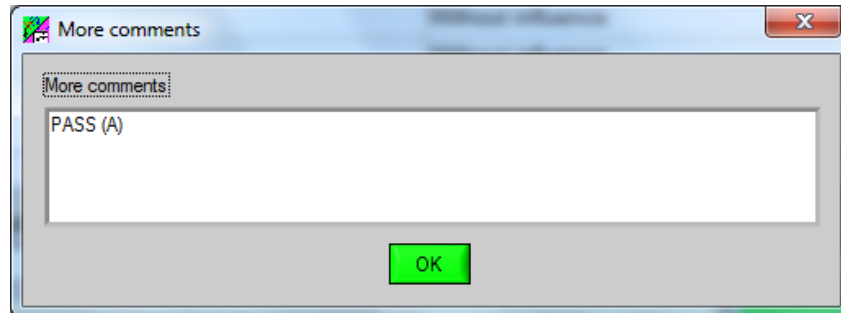
11. Πατάμε OK.

12. Ανοίγει το menu “Manual measurement” και πατάμε το “Auto Continue” (Με το “Continue” προχωράει μόνο κατά ένα βήμα).



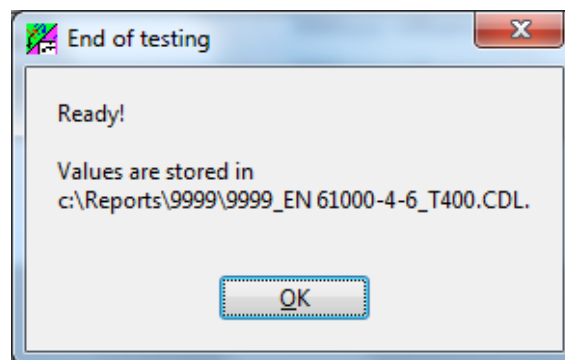
ΣΧΗΜΑ 4-17: Οθόνη manual monitoring (χειροκίνητης παρακολούθησης)^[39]

13. Όταν ολοκληρωθεί η δοκιμή, εμφανίζεται το παράθυρο “More comments”, στο οποίο μπορούν να γραφούν διάφορα σχόλια (π.χ. το αποτέλεσμα της δοκιμής και το κριτήριο που ικανοποιείται).



ΣΧΗΜΑ 4-18: Οθόνη εισαγωγής επιπρόσθετων σχολίων^[39]

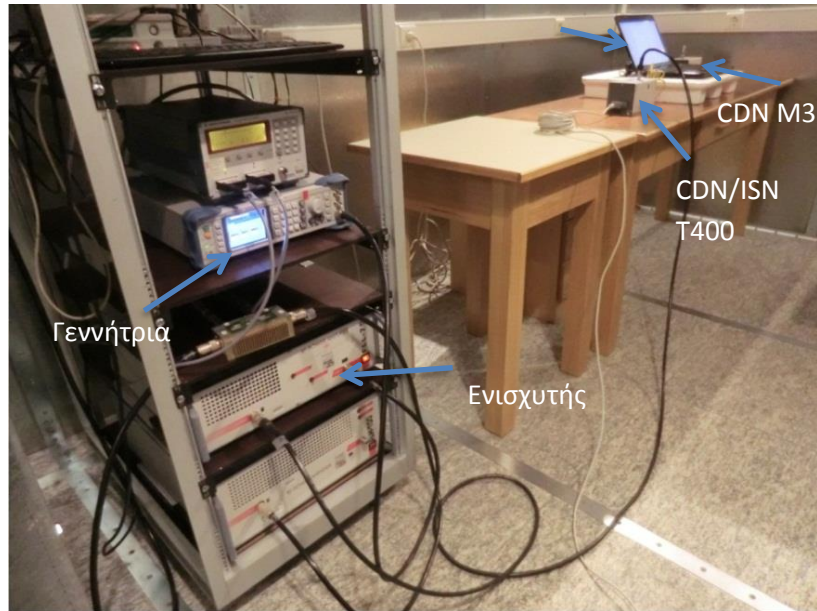
14. Πατάμε OK.
15. Εμφανίζεται το εξής μήνυμα (το “ Αριθμός πιστοποιητικού _EN 61000-4-6_T400” είναι το επιλεγμένο όνομα του αρχείου):



ΣΧΗΜΑ 4-19: Μήνυμα περάτωσης δοκιμής^[39]

16. Μετά το πέρας της δοκιμής κλείνουμε τους διακόπτες ON/OFF των οργάνων με την εξής σειρά:
- i) Ενισχυτής (**Προσοχή! Πρέπει πάντα να κλείνει πριν τη γεννήτρια**)
 - ii) Γεννήτρια
 - iii) Ηλεκτρονικός υπολογιστής

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της δοκιμής:



ΣΧΗΜΑ 4-20: Διάταξη δοκιμής^[39]

4.5 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09 (επαγόμενες διαταραχές)

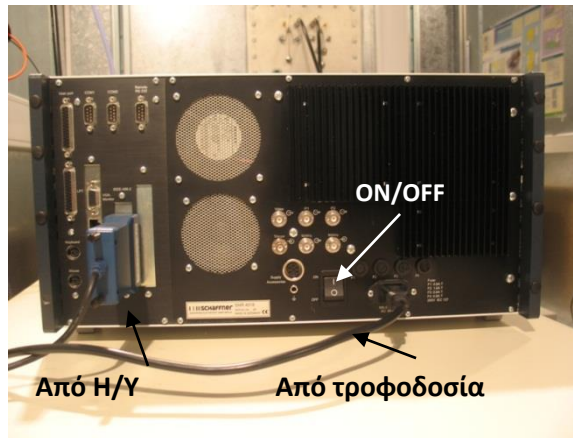
Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διαθέτει για τη συγκεκριμένη δοκιμή τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Μετρητικός δέκτης, Measuring Receiver SCHAFFNER SMR 4518 (9kHz-18GHz) [45]
- Τεχνητό δίκτυο τροφοδοσίας, Four Line V-Network SCHAFFNER NNB42
- Δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης, ISN T400 SCHAFFNER [42] για σύνδεση με γραμμή Ethernet (RJ-45 υποδοχή) και με γραμμή τηλεφώνου (RJ-11 υποδοχή). Για τις αντίστοιχες συνδέσεις διατίθενται μετατροπείς με διαφορετικές τιμές LCL, ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου (κατηγορία 5 ή 3) και το είδος του δικτύου:
 - i) AD T444 Cat 5 και AD T444 Cat 3: σύνδεση σε δίκτυο Ethernet
 - ii) AD T411 Cat 5 και AD T411 Cat 3: σύνδεση σε δίκτυο τηλεφώνου
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, με το πρόγραμμα “Compliance 5 Emissions” [46]
- Ομοαξονικό καλώδιο μήκους 4m S.N. 08060402
- Ξύλινο τραπέζι

4.5.1 Προετοιμασία εξοπλισμού για δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

Η προετοιμασία του εξοπλισμού πραγματοποιείται ως εξής [44]:

1. Συνδέουμε το μετρητικό δέκτη (receiver) με τον Η/Υ μέσω καλωδίου, η μία άκρη του οποίου συνδέεται στη USB θύρα του Η/Υ και η άλλη, μέσω GPIB κάρτας, με τον μετρητικό δέκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-21.



(α)

(β)

ΣΧΗΜΑ 4-21: Σύνδεση μετρητικού δέκτη με τον Η/Υ^[44]

2. Το καλώδιο τροφοδοσίας του υπό δοκιμή εξοπλισμού συνδέεται στο δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου στους κατάλληλους ακροδέκτες όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-22α.



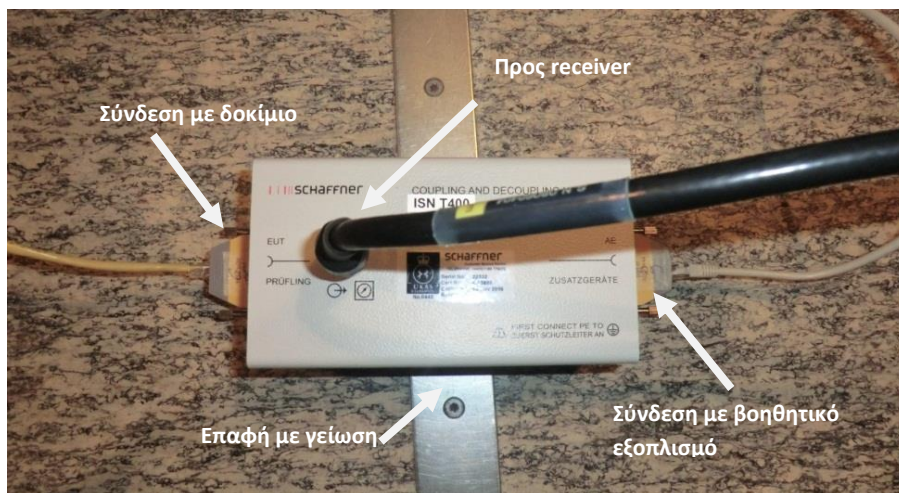
(α)

(β)

ΣΧΗΜΑ 4-22 α) Εμπρόσθια όψη του δικτύματος του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN)^[44]

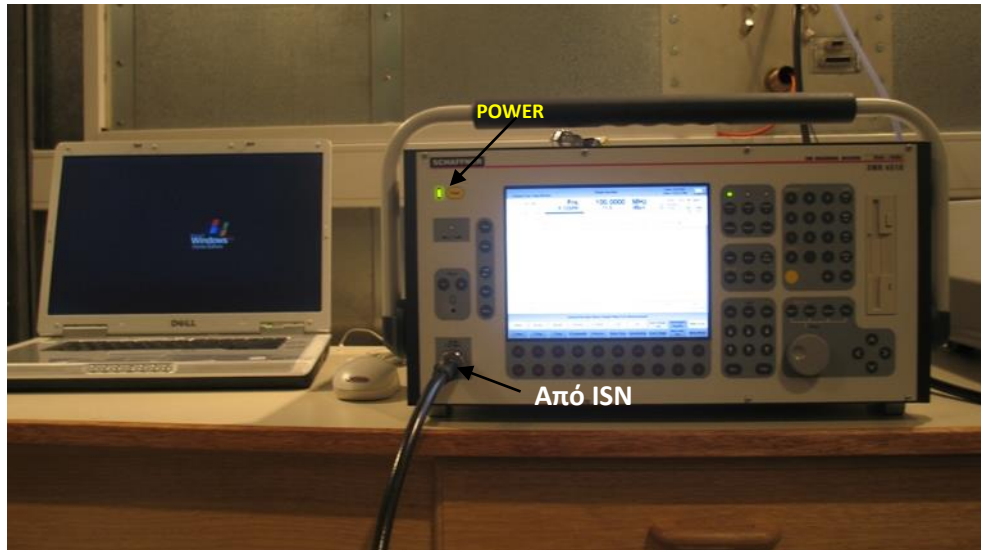
β) Πίσω όψη του δικτύματος του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN)

3. Το δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου συνδέεται με τα κατάλληλα καλώδια τροφοδοσίας και γειώνεται κατάλληλα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4-22β.
4. Το δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN-T400) τοποθετείται στο δάπεδο και γειώνεται κατάλληλα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4-23.



ΣΧΗΜΑ 4-23: Δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN)^[44]

5. Στους ακροδέκτες EUT του δικτύου σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN-T400) συνδέεται μέσω του κατάλληλου μετατροπέα ένα καλώδιο Ethernet ή τηλεφώνου (ανάλογα με τον τύπο της θύρας που εξετάζεται) όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-23. Το συγκεκριμένο καλώδιο συνδέεται με την αντίστοιχη υπό δοκιμή θύρα του δοκιμίου.
6. Στους ακροδέκτες AE του δικτύου σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN-T400) συνδέεται μέσω του κατάλληλου μετατροπέα το καλώδιο Ethernet ή τηλεφώνου (ανάλογα με τον τύπο της θύρας που εξετάζεται) που εξέρχεται από το βοηθητικό εξοπλισμό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-23. Συνήθως ο βοηθητικός εξοπλισμός είναι ένα router/υποδοχή τηλεφώνου που βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το χώρο δοκιμών και συνδέεται με το δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN-T400) μέσω ενός καλωδίου μεγάλου μήκους.
7. Η απόσταση μεταξύ του δοκιμίου και της κοντινότερης επιφάνειας του δικτύου σταθεροποίησης εμπέδησης θα πρέπει να είναι 0,8m (Σχήμα 3-63).
8. Με τη βοήθεια του ομοαξονικού καλωδίου συνδέεται ο μετρητικός δέκτης (receiver) με το δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN-T400), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-24.



ΣΧΗΜΑ 4-24: Σύνδεση μετρητικού δέκτη (receiver) με το δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης^[44]

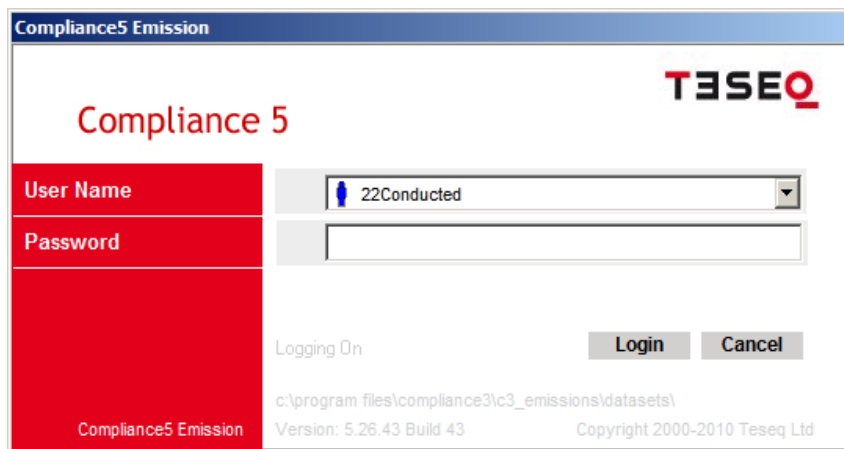
9. Ελέγχουμε ότι έχουν γίνει σωστά όλες οι συνδέσεις.
10. Κλείνουμε και ασφαλίζουμε την πόρτα του ανηχωϊκού θαλάμου.
11. Ανοίγουμε τους διακόπτες στις συσκευές:
 - i. Ηλεκτρονικός υπολογιστής
 - ii. Δοκίμιο
 - iii. Μετρητικός δέκτης (receiver). Πρώτα το κομβίο ON/OFF στο πίσω μέρος της συσκευής και μετά πατάμε το POWER στο μπροστινό μέρος της συσκευής. Αφήνουμε τη συσκευή αναμμένη για 30 min πριν τον έλεγχο.
 - iv. Διενεργείται αυτο-διακρίβωση του μετρητικού δέκτη, με τον εξής τρόπο. Πιέζουμε την ένδειξη Cal, και από τις επιλογές Calibrate short | Calibrate Total, που εμφανίζονται επιλέγουμε τη δεύτερη πιέζοντας το αντίστοιχο βελάκι.
 - v. Φωτογραφίζουμε την πειραματική διάταξη και το δοκίμιο.

4.5.2 Διαδικασία μέτρησης για δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες

Η διαδικασία διεξαγωγής της μέτρησης είναι η εξής [44]:

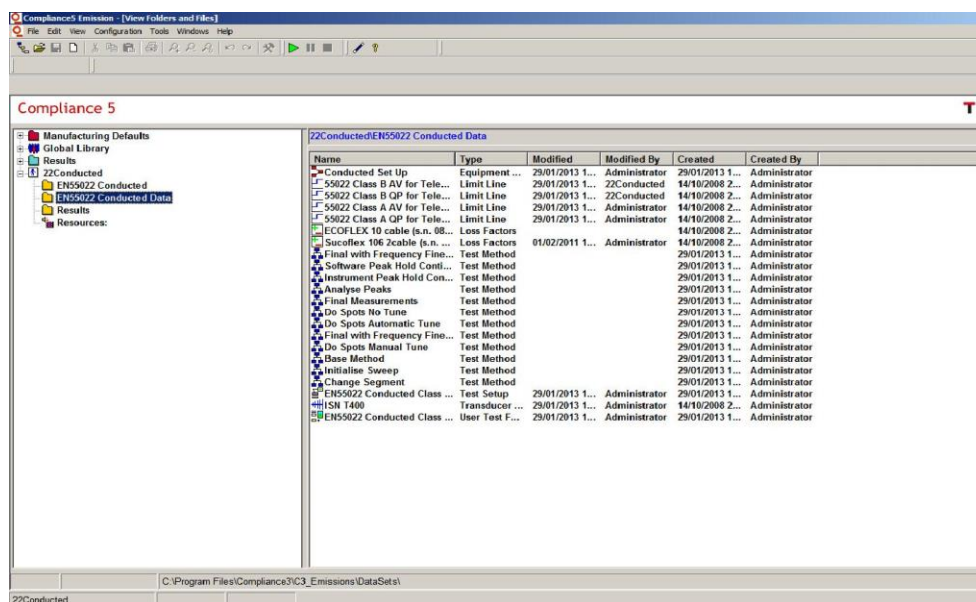
1. Στο πρωτόκολλο της δοκιμής - μέτρησης σημειώνουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής.

2. Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα “Emissions” και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο διαλόγου, όπου ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει τον κωδικό του (password) για να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα.



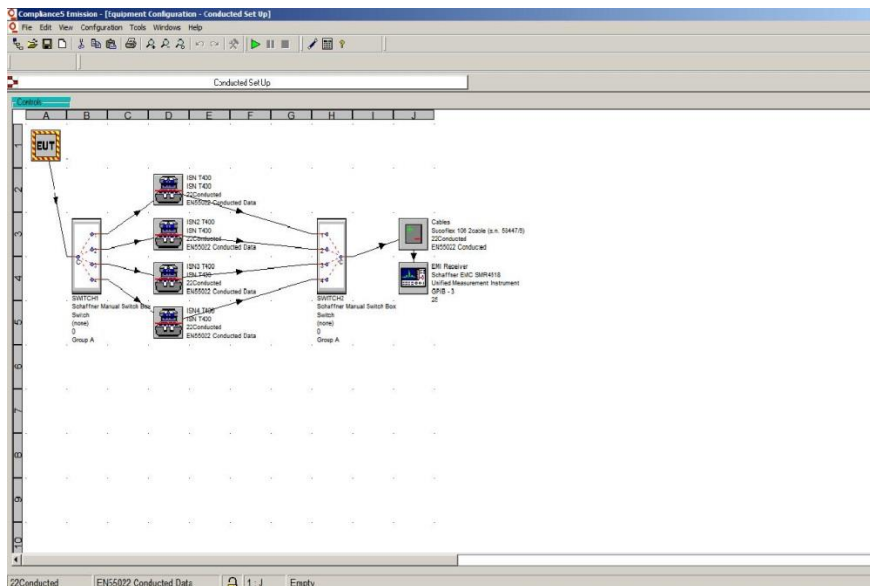
ΣΧΗΜΑ 4-25: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission^[44]

3. Κατά την είσοδο στο πρόγραμμα εμφανίζεται το κάτωθι παράθυρο (Σχήμα 4-26), όπου ο κάθε χρήστης μπορεί να δει ποιες δοκιμές μπορεί να διενεργήσει.




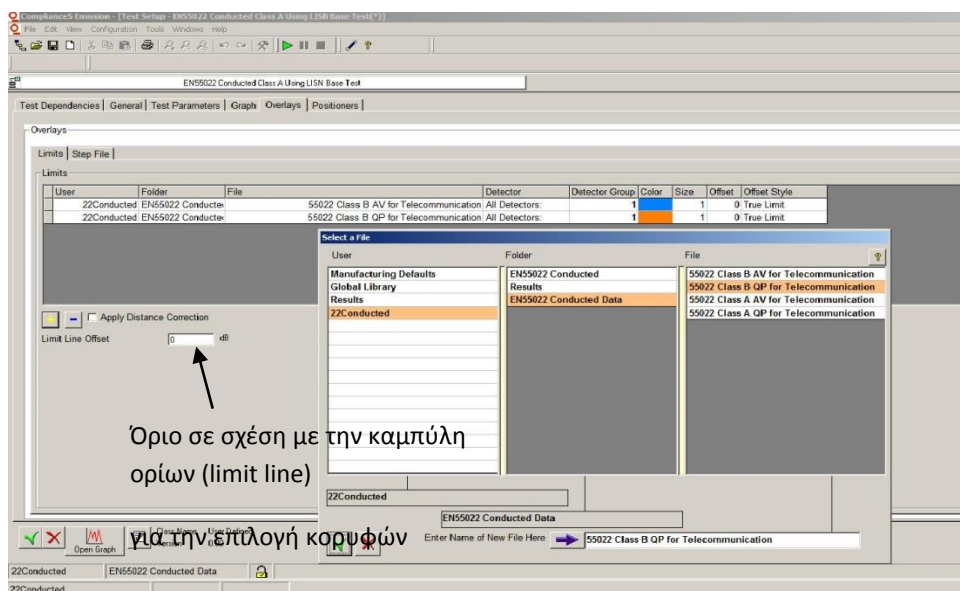
ΣΧΗΜΑ 4-26: Το παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission^[44]

4. Ανοίγουμε το **22Conducted**→**EN55022 Conducted Data**→**Conducted Set up** και ελέγχουμε την συνδεσμολογία της δοκιμής και την εισαγωγή των τελευταίων αρχείων διακριβώσεων του εξοπλισμού.



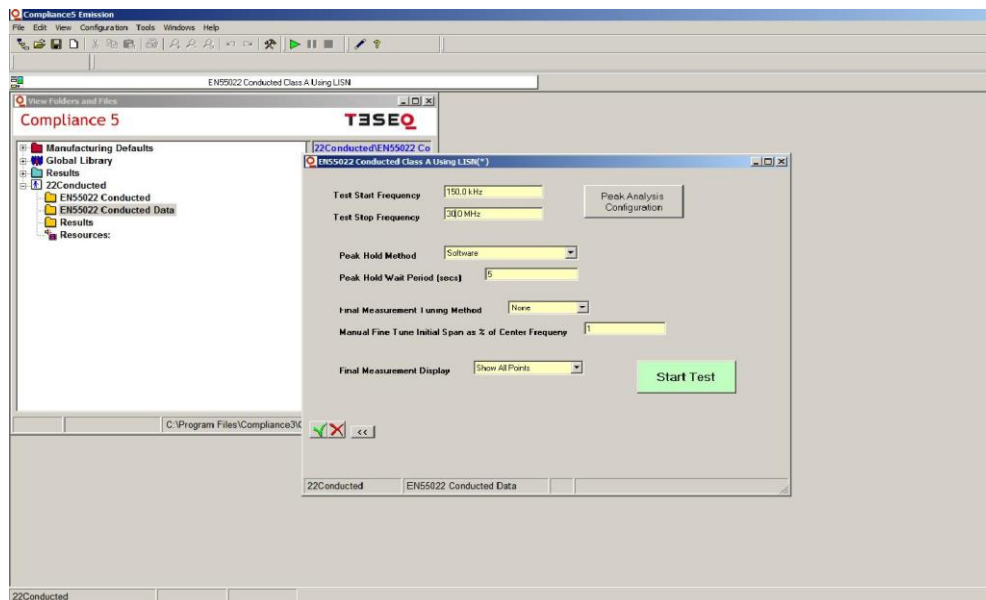
ΣΧΗΜΑ 4-27: Συνδεσμολογία δοκιμής αγόμενων ραδιοδιαταραχών^[44]

5. Σε περίπτωση που θέλουμε να ορίσουμε την κατάλληλη καμπύλη ορίων για τη δοκιμή, μας δίνεται η δυνατότητα στην καρτέλα **Overlays**. Προς επίτευξη τούτου πατάμε το εικονίδιο . Τότε ανοίγει το παράθυρο του Σχήματος 4-28, στο οποίο επιλέγοντας διαδοχικά τους φακέλους **22Conducted**→ **EN55022 Conducted Data**, βρίσκουμε τις επιλογές των καμπυλών των ορίων που διατίθενται και επιλέγουμε αυτές που εμπίπτει το δοκίμιό μας.



ΣΧΗΜΑ 4-28: Επιλογή καμπύλης ορίων^[44]

6. Επιλέγοντας **”EN55022 Conducted A Using LISN. User Test Form”** ανοίγει το παράθυρο του Σχήματος 4-29, στο οποίο αφού ελέγξουμε ότι οι ρυθμίσεις είναι σωστές, επιλέγουμε **“Start Test”**. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μέτρησης το δοκίμιο λειτουργεί με τον τρόπο που έχει περιγράψει ο κατασκευαστής του.

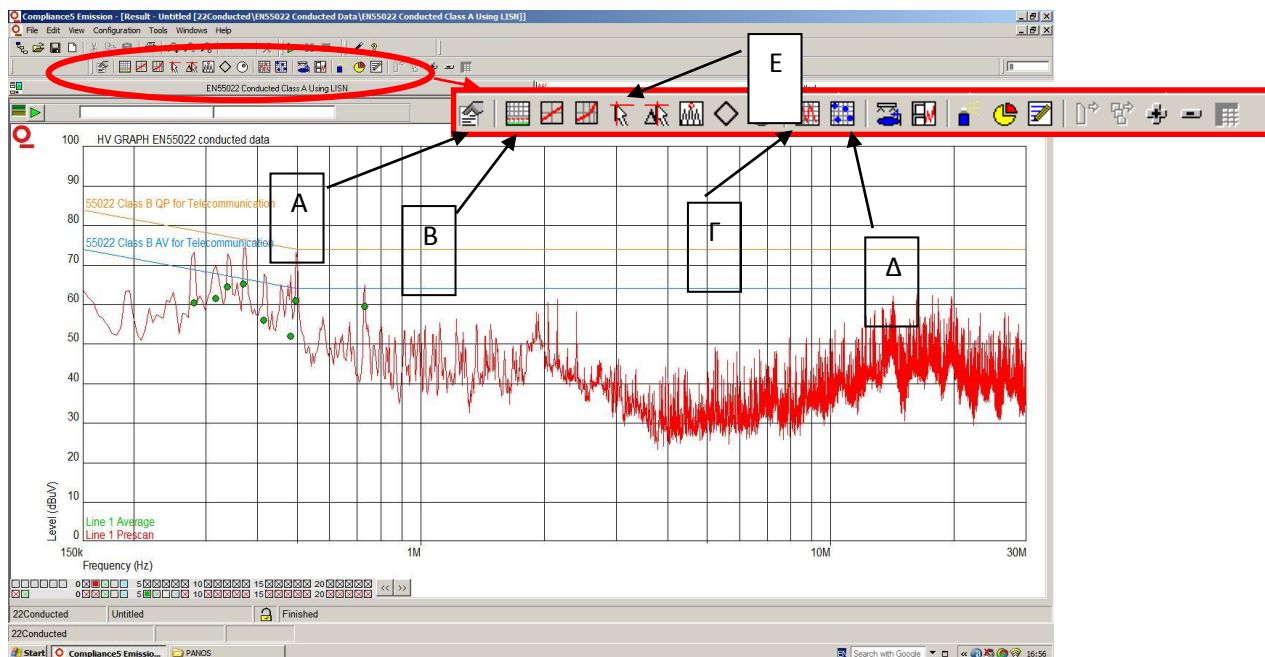


ΣΧΗΜΑ 4-29: Οθόνη που εμφανίζεται με την έναρξη της σάρωσης^[44]

7. Στο παράθυρο **“How many lines?”** ορίζουμε τον αριθμό των γραμμών που θα ελεγχθούν. Σε περίπτωση ελέγχου πολλαπλών γραμμών, θα πρέπει μετά το πέρας κάθε ελέγχου το ομοαξονικό καλώδιο μέτρησης να αποσυνδέεται από το ISN της γραμμής που ελέγχθηκε (με αντικατάστασή του με φορτίο 50Ω) και να συνδέεται στο ISN της επόμενης γραμμής προς δοκιμή.

Σημείωση: Πριν την επιβεβαίωση των γραμμών που θα ελεγχθούν πρέπει να εξασφαλιστεί η χρήση κατά 10% της θύρας υπό δοκιμή. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση κατάλληλου λογισμικού (π.χ. στην περίπτωση μίας θύρας Ethernet που συνδέεται σε δίκτυο 100Mbps θα πρέπει καθ'όλη τη διάρκεια της δοκιμής να γίνεται μεταφορά δεδομένων με ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης 1,2 megabytes/sec).

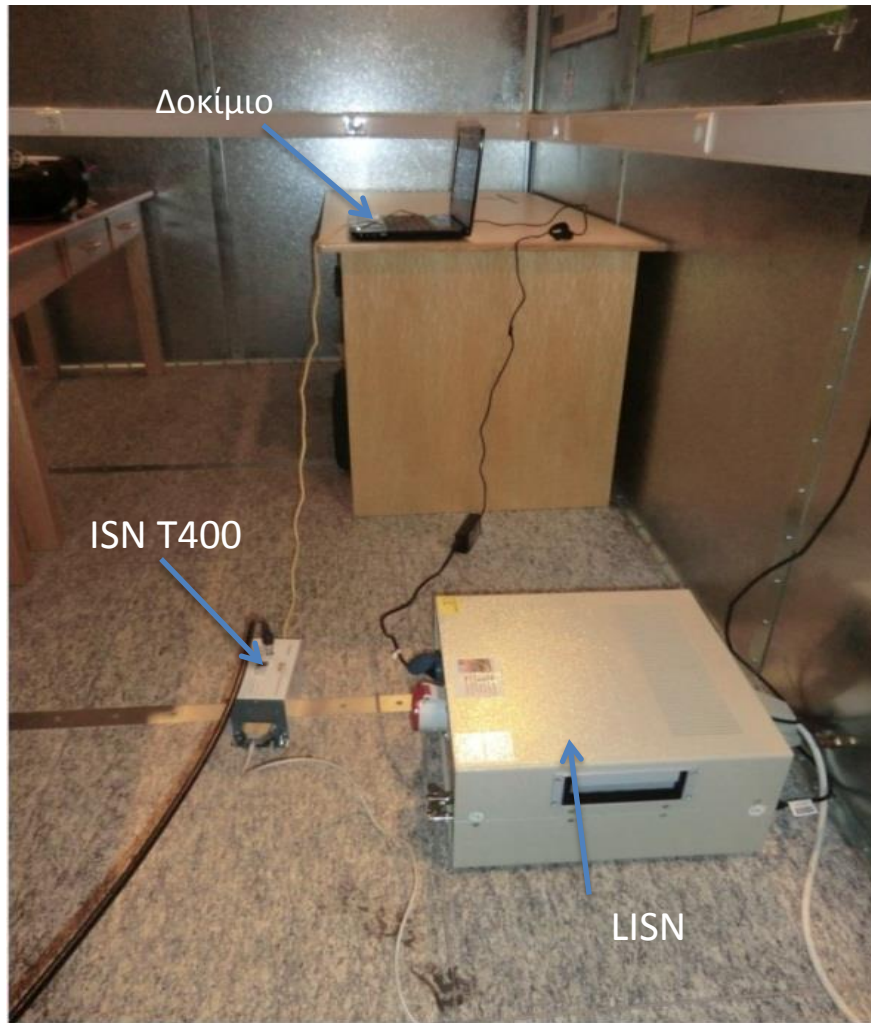
8. Εμφανίζεται ένα παράθυρο (Σχήμα 4-30), στο οποίο υπάρχει το τελικό αποτέλεσμα της δοκιμής. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται το αποτέλεσμα μίας δοκιμής. Η συνεχόμενη γραμμή αποτελεί το όριο, που ορίζει το Πρότυπο για το δοκίμιο. Έτσι, γίνεται ευκολότερα αντιληπτό αν το δοκίμιο περνά τη δοκιμή ή όχι.



ΣΧΗΜΑ 4-30 Παράθυρο αποτελεσμάτων σάρωσης^[44]

9. Για την μορφοποίηση της καμπύλης του αποτελέσματος της μέτρησης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις ρυθμίσεις A, B, Γ, Δ, E που παρουσιάζονται στο παραπάνω σχήμα.
10. Μετά το πέρας των μετρήσεων καταγράφουμε στους αντίστοιχους πίνακες του πρωτοκόλλου μέτρησης τις μεγαλύτερες τιμές διαταραχών, όπως εμφανίζονται στο αναδυόμενο παράθυρο-λίστα του λογισμικού (“QP” και “AVERAGE CISPR”).
11. Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας κλείνουμε το δοκίμιο, το αποσυνδέουμε από το δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN) και το δίκτυο σταθεροποίησης εμπέδησης (ISN) και αποσυνδέουμε το LISN από την τροφοδοσία. Κλείνουμε το μετρητικό δέκτη (receiver), πρώτα από το κουμπί Power και μετά κλείνουμε το διακόπτη ON/OFF.
Προσοχή! Αφού αποσυνδέσουμε από τον μετρητικό δέκτη το ομοαξονικό καλώδιο θα πρέπει να τοποθετήσουμε στη θέση του φορτίο.
12. Κλείνουμε τέλος τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της μέτρησης:



ΣΧΗΜΑ 4-31: Διάταξη δοκιμής^[44]

4.6 Διεξαγωγή δοκιμών σε τηλεπικοινωνιακές θύρες σύμφωνα με το Πρότυπο CISPR 22 ed.6.0 2008-09 (ακτινοβολούμενες διαταραχές)

Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. διαθέτει για τη συγκεκριμένη δοκιμή τον ακόλουθο εξοπλισμό:

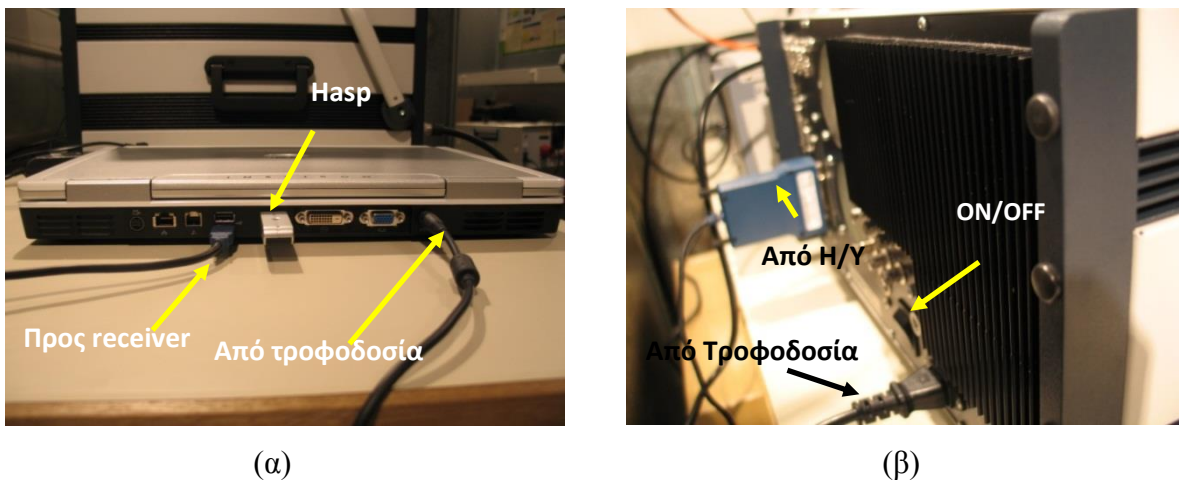
- Ανηχοϊκός θάλαμος
- Μετρητικός δέκτης SCHAFFNER, SMR 4518, Measuring Receiver [45]
- Κεραία (SCHAFFNER, CBL 6111D, Bilog Antenna, 30MHz-1GHz) [48]
- Κεραία (SCHAFFNER, BHA 9118, Horn Antenna, 1GHz -18GHz) [49]

- Τραπέζι με μη μεταλλικά μέρη.
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής με το πρόγραμμα “Compliance 5 Emission”
- Καλώδιο, με ακροδέκτες USB – GPIB.
- Δύο ομοαξονικά καλώδια Sucoflex 106 με s.n.40297/6 και s.n.58447/6

4.6.1 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου

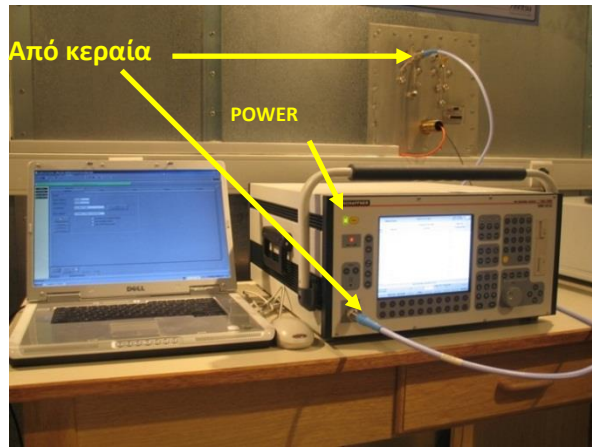
Η προετοιμασία του εξοπλισμού πραγματοποιείται ως εξής [47]:

1. Για μετρήσεις έως 1GHz αφαιρούνται οι πλάκες φερρίτη, που τυχόν είναι τοποθετημένες στο πάτωμα του ανηχωϊκού θαλάμου και τοποθετείται το τραπέζι και η κεραία (SCHAFFNER / CBL 6111D) στις θέσεις τους. Για μετρήσεις άνω του 1GHz τοποθετούνται οι πλάκες φερρίτη στο δάπεδο και χρησιμοποιείται η κεραία (SCHAFFNER / BHA 9118).
2. Συνδέουμε το μετρητικό δέκτη (receiver) με τον Η/Υ μέσω καλωδίου, η μία άκρη του οποίου συνδέεται στη USB θύρα του Η/Υ και η άλλη, μέσω GPIB κάρτας, με τον μετρητικό δέκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-32.



ΣΧΗΜΑ 4-32: Σύνδεση μετρητικού δέκτη με τον Η/Υ^[47]

3. Συνδέονται ο μετρητικός δέκτης (receiver) με την κεραία μέσω των υποδοχών μεταξύ θαλάμου ελέγχου και θαλάμου δοκιμών με τη βοήθεια κατάλληλων ομοαξονικών καλωδίων (Sucoflex 106), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-33α.



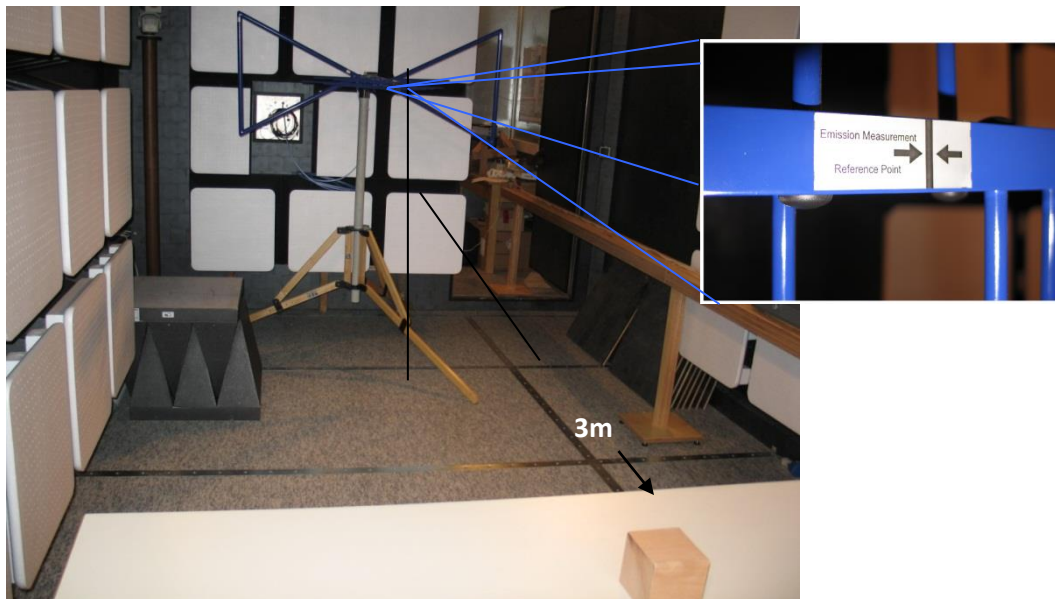
(α)



(β)

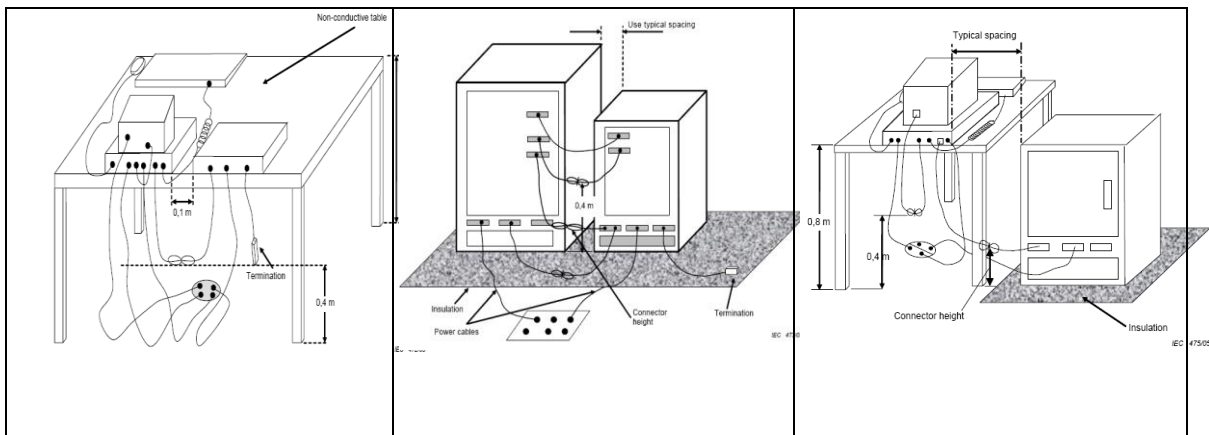
ΣΧΗΜΑ 4-33: Σύνδεση του μετρητικού δέκτη (receiver) με την κεραία^[47]

4. Η συσκευή που πρόκειται να δοκιμαστεί τοποθετείται σε ένα μη μεταλλικό τραπέζι που απέχει τουλάχιστον 40 cm από άλλα μεταλλικά αντικείμενα. Η κεραία (βλ. Σχ. 4-33β) οφείλει να βρίσκεται σε απόσταση 3 μέτρων από το δοκίμιο. Η κεραία τοποθετείται σε ύψος 1,50 m. Το πλησιέστερο στην κεραία σημείο του δοκιμίου και το ορισμένο στην κεραία σημείο συνιστούν τα άκρα του ευθύγραμμου τμήματος με μήκος 3 μέτρα (βλ. Σχήμα 4-34).



ΣΧΗΜΑ 4-34: Διάταξη κεραίας – δοκιμίου^[47]

5. Το δοκίμιο πρέπει να τοποθετηθεί και να τεθεί σε λειτουργία σύμφωνα με τις παραγράφους 8 και 10 του προτύπου CISPR 22, και η διάταξη πρέπει να ακολουθεί τις διατάξεις των Σχημάτων 10, 11, 13 του προτύπου, για εξοπλισμό επιτραπέζιο ή επιδαπέδιο, και εξοπλισμό με επιτραπέζια και επιδαπέδια μέρη αντίστοιχα.



ΣΧΗΜΑ 4-35: Τα Σχήματα (Figures) 10, 11, 13 του προτύπου CISPR 22^[47]

6. Κλείνουμε και ασφαλίζουμε την πόρτα του ανηχοϊκού θαλάμου.

Γενικά, τα σήματα που προέρχονται από το περιβάλλον δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα όρια. Πάντως σε κάποιες συχνότητες τα εκπεμπόμενα σήματα από το ΕΤΠ μπορεί να είναι αδύνατον να μετρηθούν λόγω εκπεμπομένων πεδίων θορύβου τα οποία παράγονται από συσκευές στην κοντινή περιοχή, ή φυσικές πηγές. Σε τέτοια περίπτωση που τα πεδία από το περιβάλλον είναι υψηλά, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα όπως αυτά περιγράφονται στην παράγραφο 10.7 του προτύπου CISPR 22.

7. Ανοίγουμε τους διακόπτες στις συσκευές:

- i) Ηλεκτρονικός υπολογιστής.
- ii) Δοκίμιο.
- iii) Μετρητικός δέκτης (receiver). Πρώτα το κομβίο ON/OFF στο πίσω μέρος της συσκευής και μετά πατάμε το POWER στο μπροστινό μέρος της συσκευής. Αφήνουμε τη συσκευή αναμμένη για 30 min πριν τον έλεγχο.
- iv) Διενεργείται αυτο-διακρίβωση του μετρητικού δέκτη, με τον εξής τρόπο. Πιέζουμε την ένδειξη Cal, και από τις επιλογές Calibrate short | Calibrate Total, που εμφανίζονται επιλέγουμε τη δεύτερη πιέζοντας το αντίστοιχο βελάκι.
- v) Φωτογραφίζουμε την πειραματική διάταξη και το δοκίμιο

8. Εάν η μέγιστη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μικρότερη από 108MHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μόνο μέχρι το 1GHz.

Εάν η μέγιστη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεταξύ 108MHz και 500MHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι τα 2GHz.

Εάν η μέγιστη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεταξύ 500MHz και 1GHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι τα 5GHz.

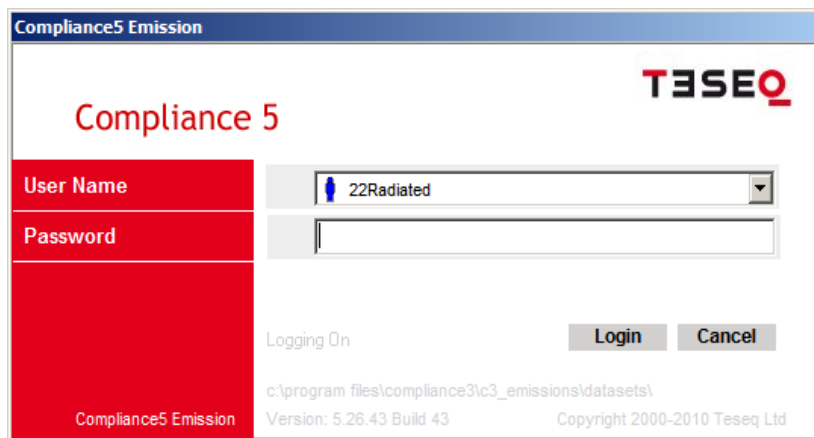
Εάν η μέγιστη συχνότητα των εσωτερικών πηγών του δοκιμίου είναι μεγαλύτερη από 1GHz, η μέτρηση πρέπει να γίνει μέχρι τα 6GHz ή το 5πλάσιο της μέγιστης συχνότητας, αναλόγως με το ποια από τις δύο συχνότητες είναι μικρότερη.

Ως μέγιστη εσωτερική πηγή ενός δοκιμίου ορίζεται η μέγιστη συχνότητα στην οποία λειτουργεί ή η μέγιστη συχνότητα που παράγεται ή χρησιμοποιείται εντός του ΕΤΠ.

4.6.2 Διαδικασία μέτρησης έως 1GHz

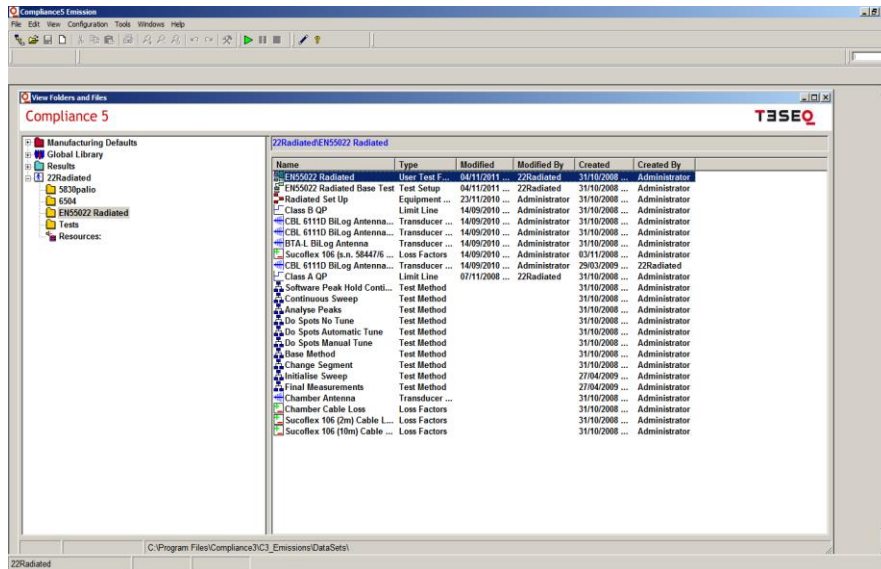
Η διαδικασία διεξαγωγής της μέτρησης είναι η εξής [47]:

1. Στο πρωτόκολλο της δοκιμής - μέτρησης σημειώνουμε τις συνθήκες και τα στοιχεία της δοκιμής:
2. Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα “Emission” και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο διαλόγου (Σχήμα 4-36), όπου ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει τον κωδικό του (password) για να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα.



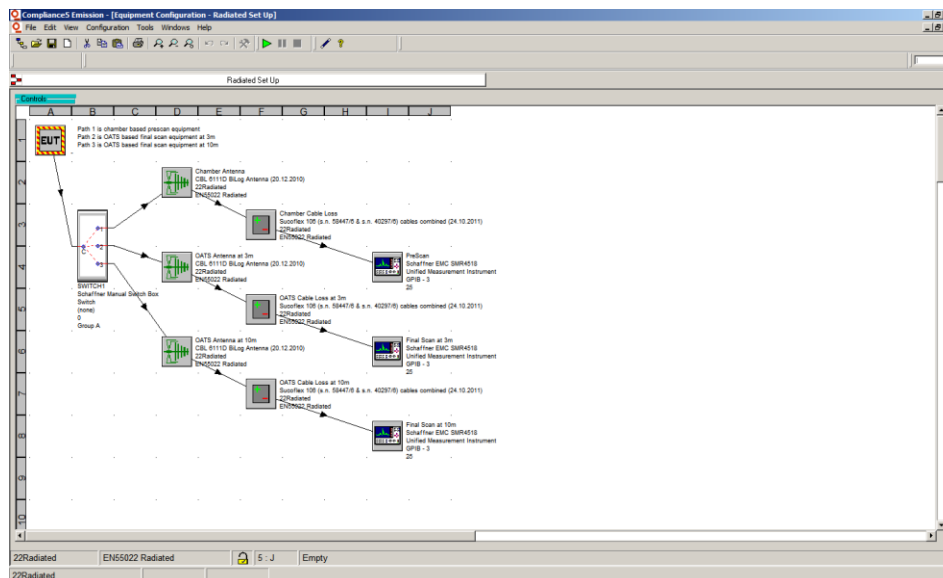
ΣΧΗΜΑ 4-36: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission^[47]

- Κατά την είσοδο στο πρόγραμμα εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 4-37, όπου ο κάθε χρήστης επιλέγοντας το φάκελό του μπορεί να δει ποιες δοκιμές μπορεί να διενεργήσει.




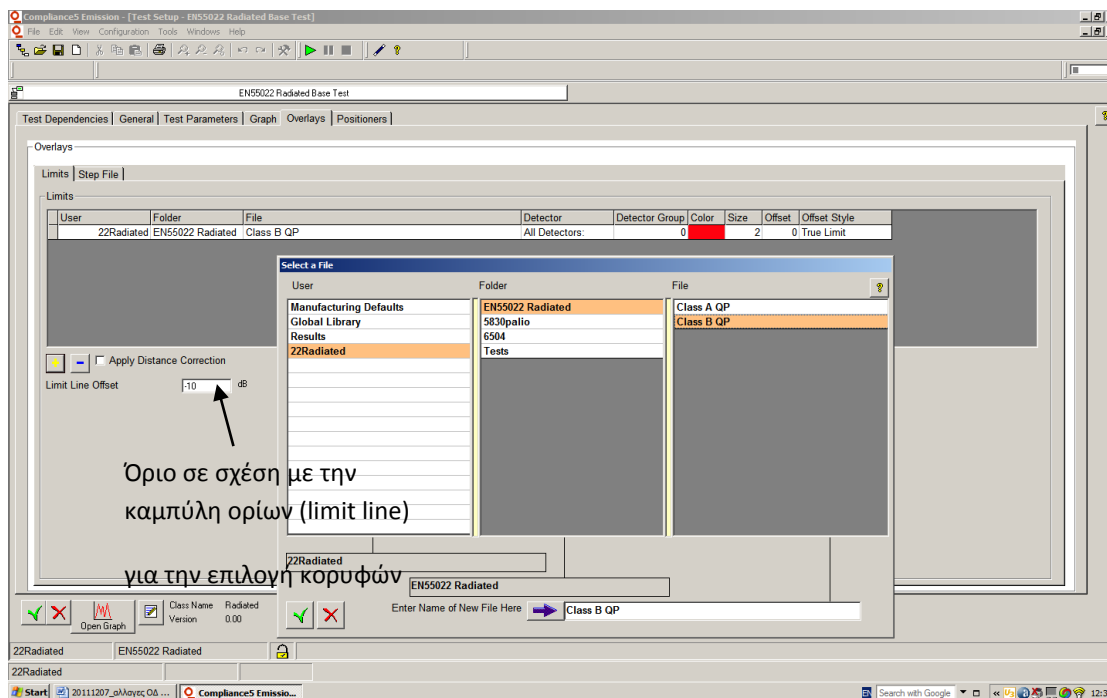
ΣΧΗΜΑ 4-37: Το πρώτο παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission^[47]

- Ανοίγουμε το **22Radiated > EN55022 Radiated > Radiated Setup** και ελέγχουμε την συνδεσμολογία της δοκιμής και την εισαγωγή των τελευταίων αρχείων διακριβώσεων του εξοπλισμού.




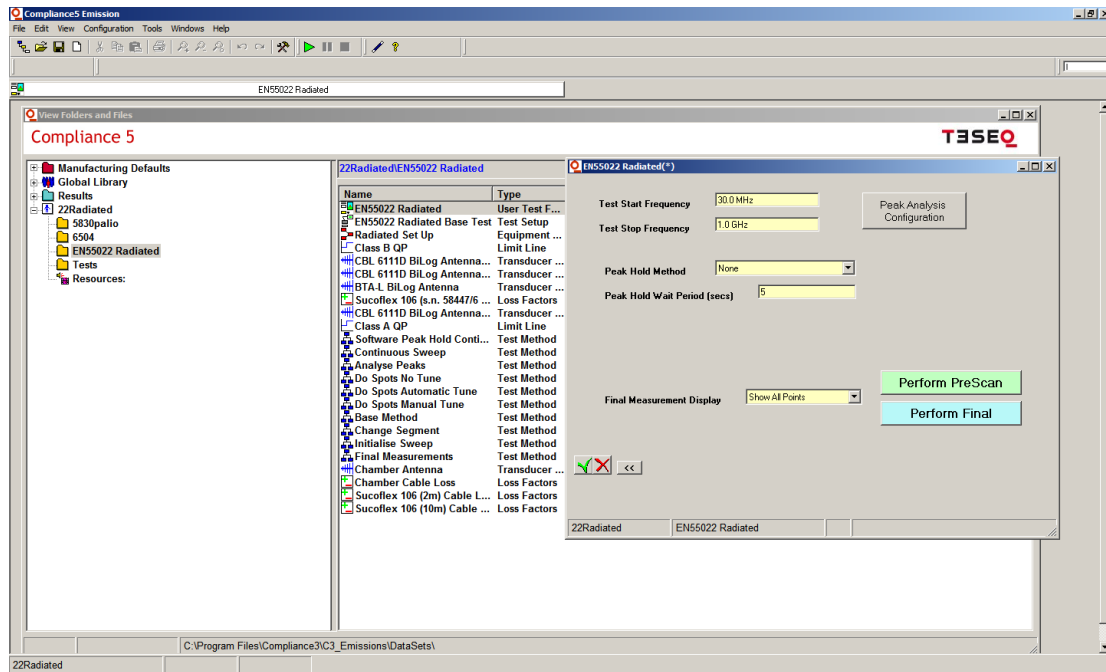
ΣΧΗΜΑ 4-38: Συνδεσμολογία δοκιμής ακτινοβολούμενων διαταραχών^[47]

4. Σε περίπτωση που θέλουμε να ορίσουμε την κατάλληλη καμπύλη ορίων για τη δοκιμή, μας δίνεται η δυνατότητα στην καρτέλα **Overlays**. Προς επίτευξη τούτου πατάμε το εικονίδιο . Τότε ανοίγει το παράθυρο του Σχήματος 4-39 στο οποίο επιλέγοντας διαδοχικά τους φακέλους **22Radiated**> **EN55022 Radiated** > **Class B QP**, βρισκουμε τις επιλογές ορίων που διατίθενται.




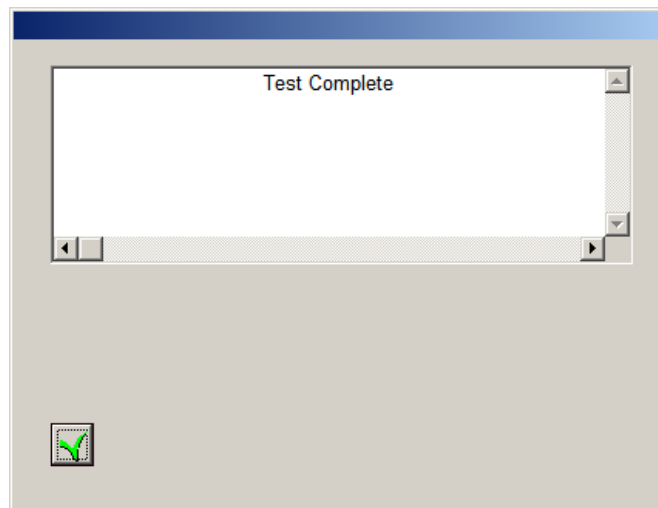
ΣΧΗΜΑ 4-39: Επιλογή καμπύλης ορίων^[47]

5. Κλείνουμε την προηγούμενη καρτέλα πατώντας το κομβίο , με το οποίο και αποθηκεύονται οι αλλαγές μας.
6. Για να αρχίσουμε τη διαδικασία της δοκιμής ανοίγουμε το **22Radiated**> **EN55022 Radiated** > **Radiated EN55022 (Type: User Test Form)**.
7. Οι συχνότητες έναρξης και λήξης της δοκιμής επιλέγονται, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, 30.0 M και 1.0 G αντίστοιχα. Έπειτα επιλέγουμε **Perform PreScan** (Σχήμα 4-40).



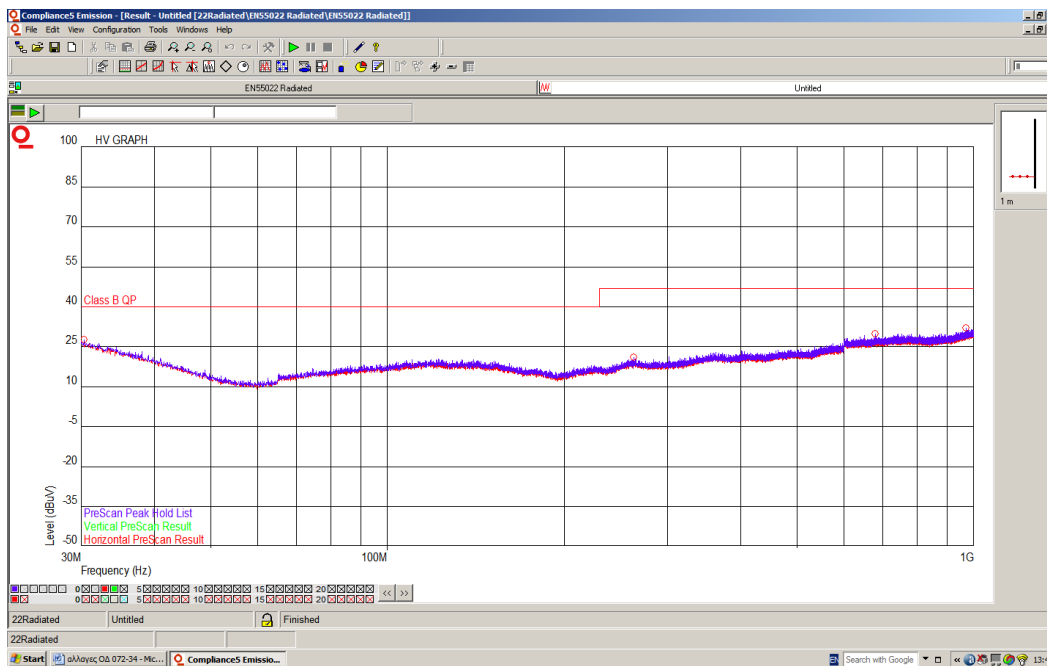
ΣΧΗΜΑ 4-40: Παράθυρο που εμφανίζεται για την έναρξη της σάρωσης^[47]

8. Ολοκληρώνεται το pre-scanning για την κεραία και εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 4-41 και πατάμε το κομβίο .



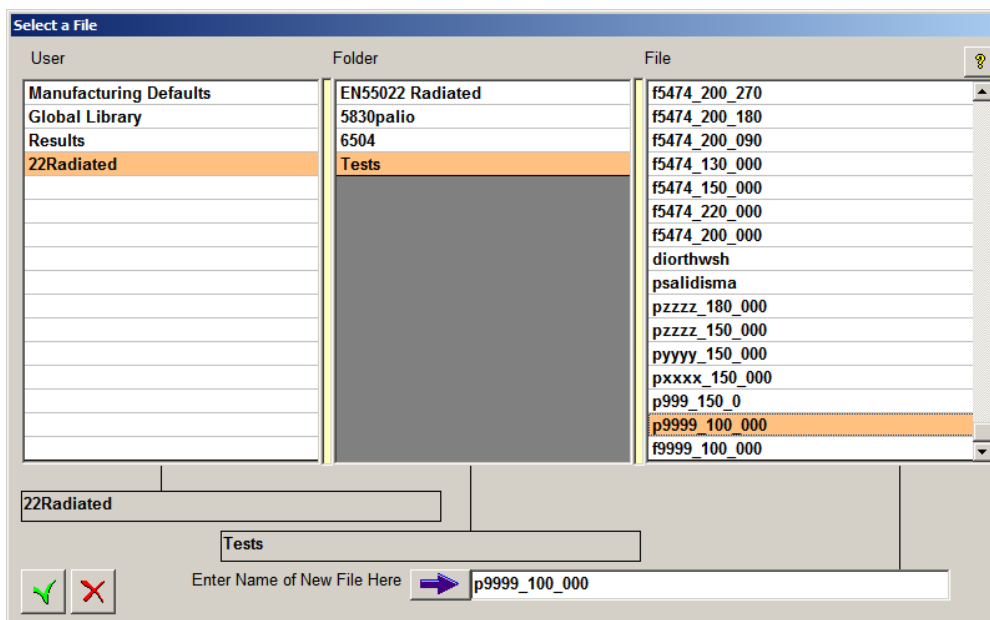
ΣΧΗΜΑ 4-41: Ολοκλήρωση pre-scanning^[47]

9. Μετά την ολοκλήρωση του pre-scanning εμφανίζεται το γράφημα του Σχήματος 4-42:



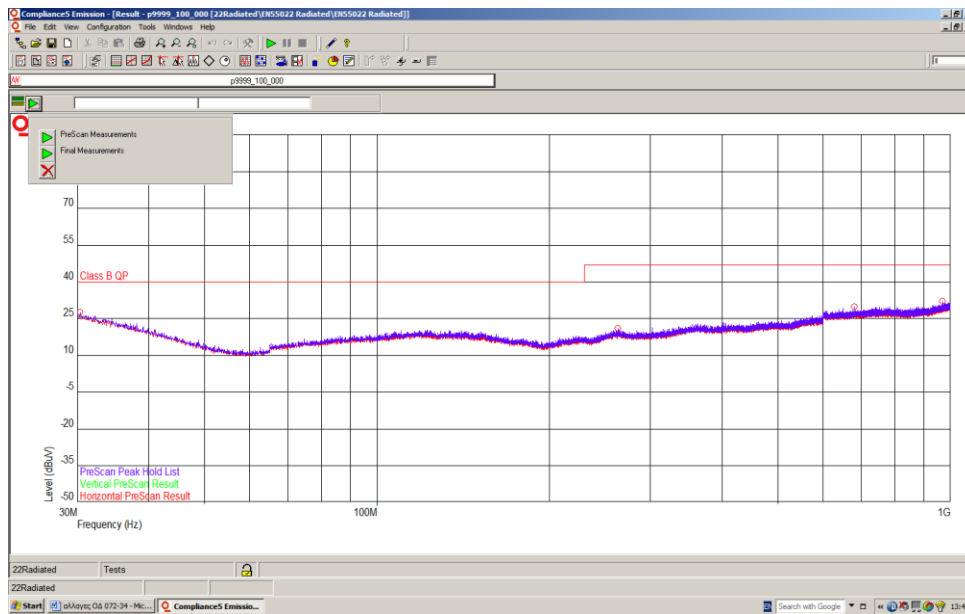
ΣΧΗΜΑ 4-42: Παράθυρο αποτελεσμάτων του pre-scanning^[47]

14. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αποθηκεύσουμε τη δοκιμή στο φάκελο **22Radiated** > **Tests** επιλέγοντας **File>Save As**.



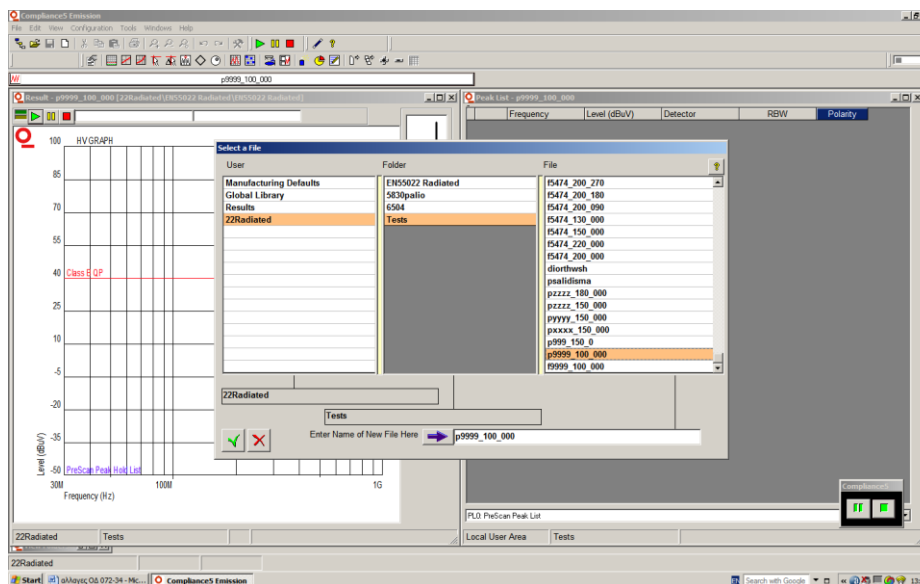
ΣΧΗΜΑ 4-43: Παράθυρο αποθήκευσης αποτελεσμάτων του pre-scanning^[47]

15. Για την τελική σάρωση (Final Scan) του PreScan αρχείου που έχει αποθηκευθεί στη διαδρομή **22Radiated > Tests**, επιλέγουμε **Final Measurements** στο παράθυρο του Σχήματος 4-44 που εμφανίζεται.



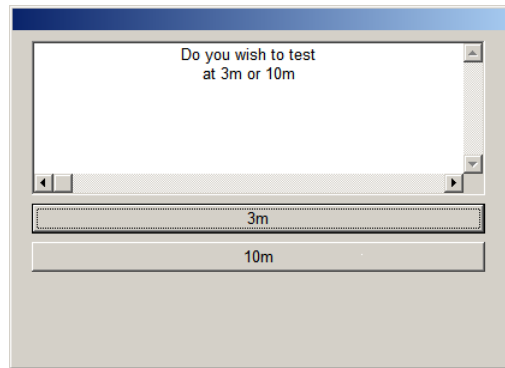
ΣΧΗΜΑ 4-44: Παράθυρο έναρξης της τελικής σάρωσης^[47]

16. Ακολούθως εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 4-45, όπου επιβεβαιώνουμε σε ποιο Pre Scan αρχείο θα γίνει η τελική σάρωση.



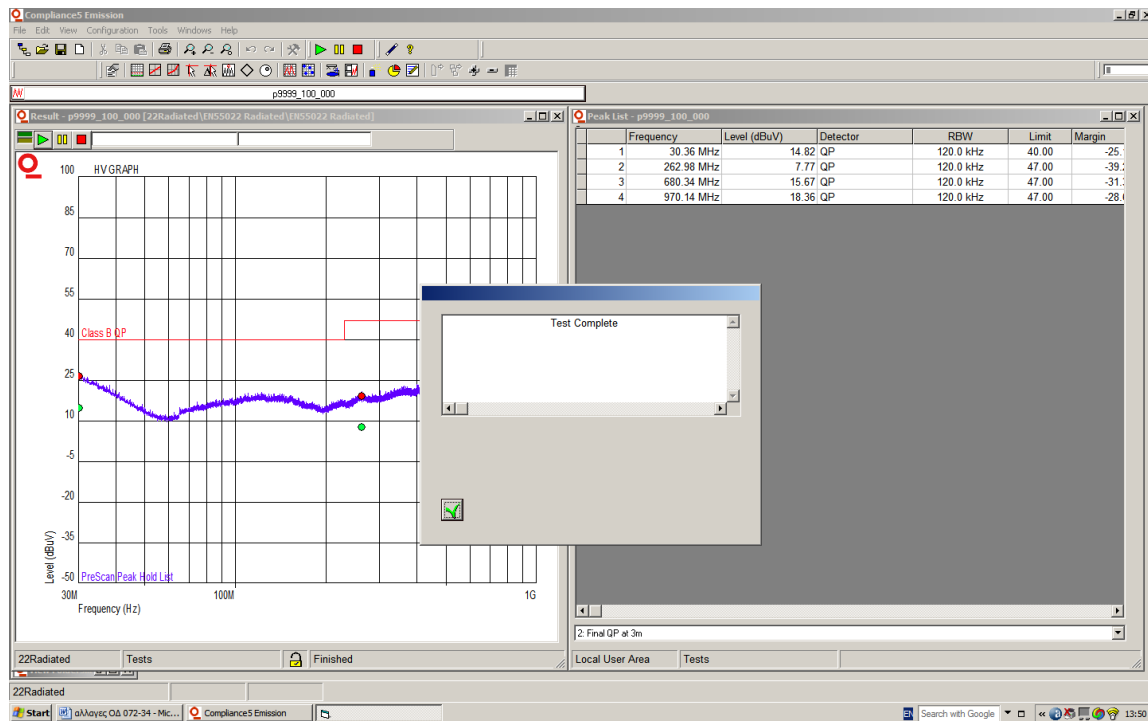
ΣΧΗΜΑ 4-45: Παράθυρο επιλογής αρχείου στο οποίο θα διενεργηθεί η τελική σάρωση^[47]

17. Στο παράθυρο του Σχήματος 4-46 που εμφανίζεται επιλέγουμε 3m.




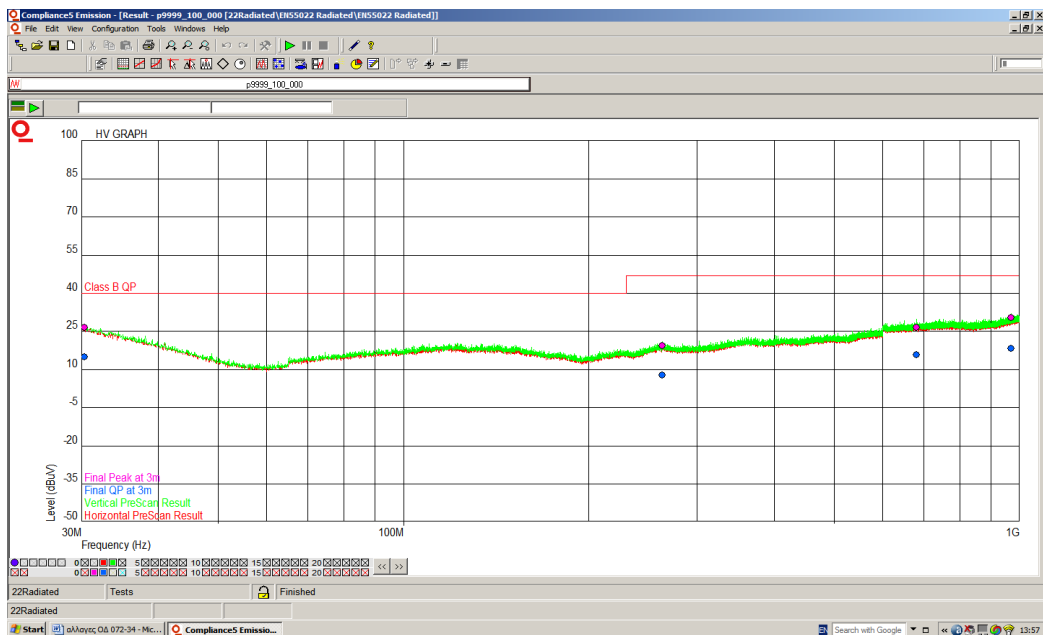
ΣΧΗΜΑ 4-46: Παράθυρο επιλογής απόστασης κεραίας-δοκιμίου στο οποίο θα διενεργηθεί η τελική σάρωση^[47]

18. Μετά το πέρας της σάρωσης των επιλεγμένων κορυφών ενδιαφέροντος εμφανίζεται η οθόνη του Σχήματος 4-47.



ΣΧΗΜΑ 4-47: Παράθυρο ολοκλήρωσης της τελικής σάρωσης^[47]

19. Πατώντας το κομβίο  εμφανίζεται το γράφημα της τελικής σάρωσης του Σχήματος 4-48.



ΣΧΗΜΑ 4-48: Παράθυρο αποτελεσμάτων της τελικής σάρωσης^[47]

20. Κατά τη διάρκεια των παραπάνω μετρήσεων καταγράφουμε στο πρωτόκολλο τις μεγαλύτερες διαταραχές όπως αυτές εμφανίζονται στο αναδυόμενο παράθυρο – λίστα του λογισμικού (“PreScan Peak List” και “Final QP at 3m”).

21. Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας **αποσυνδέουμε το δοκίμιο από την τροφοδοσία**. Κλείνουμε το μετρητικό δέκτη (receiver), πρώτα από το κουμπί Power και μετά κλείνουμε το διακόπτη ON/OFF. **Προσοχή! Αφού αποσυνδέσουμε από τον μετρητικό δέκτη το ομοαξονικό καλώδιο θα πρέπει να τοποθετήσουμε στη θέση του φορτίο**. Κλείνουμε τέλος τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

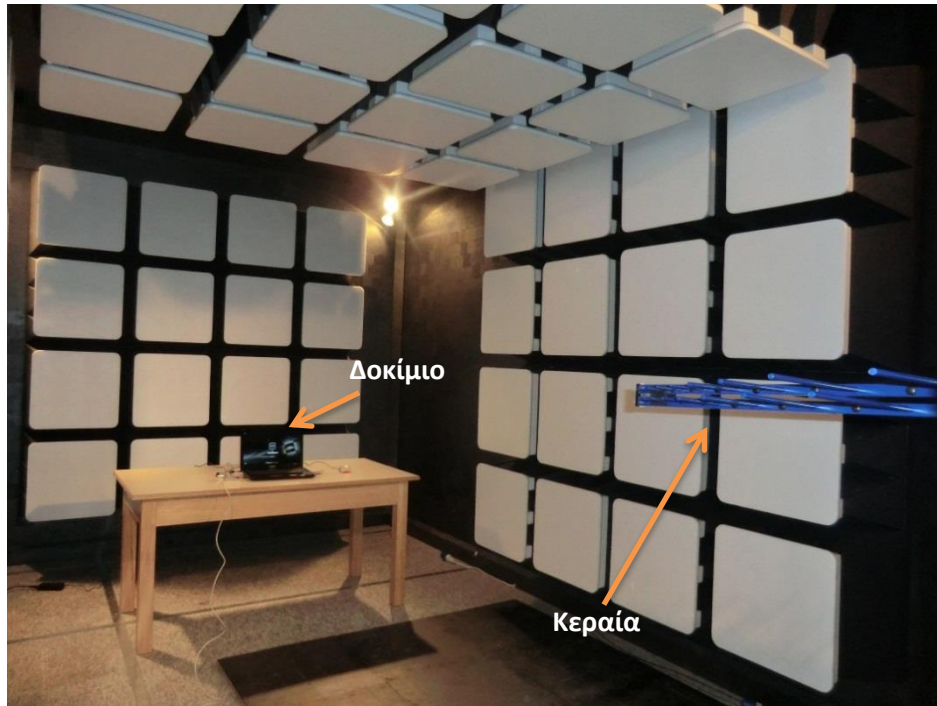
4.6.3 Διαδικασία μέτρησης ≥ 1 GHz^[47]

Η διαδικασία μέτρησης για συχνότητες μεγαλύτερες του 1GHz είναι όμοια με αυτήν που περιγράφεται στην ενότητα 4.6.2, για συχνότητες κάτω από 1GHz, με τις εξής αλλαγές [47]:

- Χρησιμοποιείται η κεραία (SCHAFFNER / BHA 9118, Horn Antenna).
- Χρησιμοποιείται η αντίστοιχη καμπύλη ορίων.

- Τοποθετούνται οι πλάκες φερριτίτη και οι απορροφητικοί κώνοι στο δάπεδο.

Η παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζει τη συνολική διάταξη της διεξαγωγής της μέτρησης:



ΣΧΗΜΑ 4-49: Διάταξη μέτρησης^[47]

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και μελλοντικές μελέτες

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε τηλεπικοινωνιακές θύρες με βάση τη διεθνή σειρά Προτύπων IEC 61000-4-x και το Πρότυπο CISPR 22. Οι συγκεκριμένες δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. και οδήγησαν στη σύνταξη αναλυτικών οδηγιών διεξαγωγής τους, απαραίτητων σε κάθε εργαστήριο μελέτης ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Η επιλογή των περιπτώσεων και των διατάξεων που μελετήθηκαν βασίστηκε στη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων, ενώ ταυτόχρονα έγινε προσπάθεια να καλυφθούν τα πιο διαδεδομένα είδη σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών γραμμών. Ως αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μελέτης πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες ενέργειες για την αγορά από το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του αναγκαίου, για τη βέλτιστη διεξαγωγή των δοκιμών, εξοπλισμού.

Λόγω των ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων της σημερινής εποχής, οι βάσεις για τη μελέτη της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας πρέπει να τροποποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τεχνολογίες που αυτήν την χρονική περίοδο χρησιμοποιούνται ευρέως, τεχνολογίες που σε σύντομο χρονικό διάστημα είτε θα βελτιωθούν είτε θα αντικατασταθούν. Η διεξαγωγή των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας βασισμένες σε μελλοντικές τεχνολογίες αποτελεί μια σημαντική επέκταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η επιλογή των διατάξεων που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο των δοκιμών εξαρτάται από τον εξοπλισμό που είναι διαθέσιμος σε κάθε εργαστήριο. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός σταδιακά εμπλουτίζεται και βελτιώνεται, δημιουργώντας έτσι την ανάγκη αναθεώρησης των οδηγιών διεξαγωγής των δοκιμών. Συνεπώς, μια μελλοντική διπλωματική εργασία μπορεί να πραγματεύεται διατάξεις, οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να μελετηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία, αλλά θα

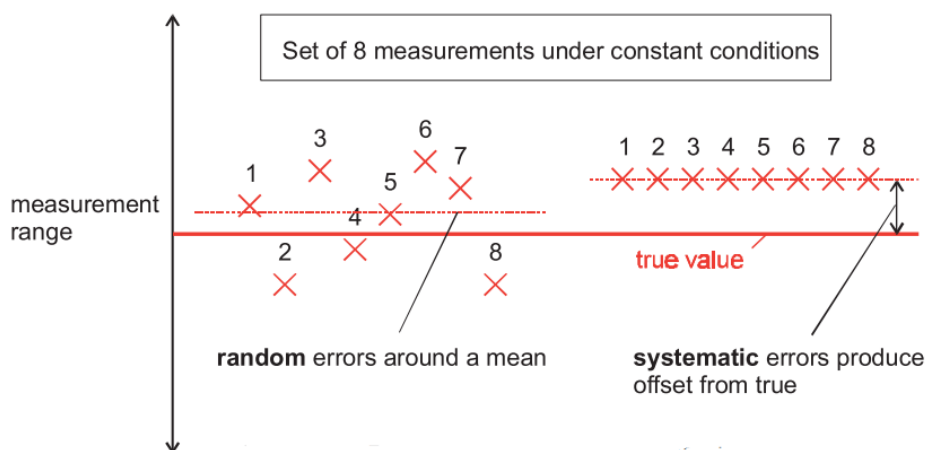
είναι διαθέσιμες προς μελέτη με την χρήση του εξοπλισμού που θα αγορασθεί από το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων.

Αναπόσπαστο κομμάτι των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας αποτελεί η διακρίβωση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Λόγω της πληθώρας των περιπτώσεων στις δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες, η διακρίβωση των συγκεκριμένων εξαρτημάτων μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής μελέτης. Τέλος, μελλοντικά θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων κάθε δοκιμής και διακρίβωσης με άλλα εργαστήρια στα πλαίσια της αναπαραγωγιμότητας, της επαναληψιμότητας και των διεργαστηριακών δοκιμών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Αβεβαιότητα μετρήσεων στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

Σε κάθε μέθοδο μέτρησης, υπάρχουν συνήθως αρκετές πηγές αβεβαιότητας. Κάθε πηγή πρέπει να αναλυθεί, να της δοθεί μία τιμή και στη συνέχεια να γίνει άθροιση όλων αυτών των τιμών με κατάλληλο τρόπο ώστε να προκύψει η ολική αβεβαιότητα. Γενικά, η πηγή ενός σφάλματος μπορεί να είναι είτε τυχαία είτε συστηματική, η αβεβαιότητα προκύπτει άμεσα από τα τυχαία σφάλματα, ενώ από τα συστηματικά προκύπτει αν δεν είναι επαρκώς διορθωμένα.



ΣΧΗΜΑ Α-1 Τυχαία και συστηματικά σφάλματα^[30]

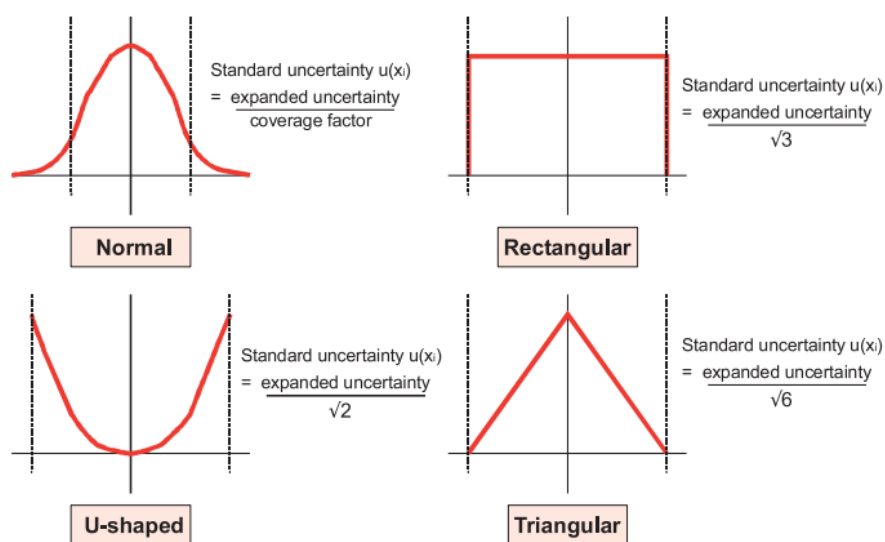
Όταν μία μέτρηση διεξάγεται υπό σταθερές συνθήκες, **τυχαία σφάλματα** – για παράδειγμα, θόρυβος σε μία DC τάση- επηρεάζουν τη μετρούμενη τιμή. Μία σειρά όμοιων μετρήσεων παράγει μία διασπορά τιμών γύρω από μία μέση τιμή. Τα τυχαία σφάλματα δεν μπορούν να διορθωθούν, όμως η αύξηση του αριθμού των παρατηρήσεων και ο καθορισμός της μέσης τιμής μπορεί να μειώσει την αβεβαιότητα που προκαλούν.

Κατά τη διάρκεια μίας μέτρησης υπό σταθερές συνθήκες εμφανίζονται **συστηματικά σφάλματα** όταν μία δεδομένη ποσότητα, που παραμένει αμετάβλητη, επηρεάζει το αποτέλεσμα –όπως το σφάλμα βαθμονόμησης. Τα σφάλματα αυτά εισάγουν ένα offset

μεταξύ της πραγματικής μετρούμενης τιμής και της μέσης τιμής. Υπάρχει δυνατότητα να μειωθούν αυτά τα φαινόμενα με την εφαρμογή ενός παράγοντα διόρθωσης στα δεδομένα εφόσον το σφάλμα είναι σταθερό και γνωστό.

Για τον καθορισμό της τυπικής αβεβαιότητας (**standard uncertainty**), η οποία προκύπτει από τον τύπο $u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_i(y)^2}$ είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της κατανομής πιθανότητας κάθε κατηγορίας σφαλμάτων. Όσον αφορά της δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας οι σχετικές κατανομές πιθανότητας είναι:

- **Κανονική:** αβεβαιότητες προερχόμενες από πολλαπλές συνεισφορές, π.χ. αβεβαιότητες βαθμονόμησης
- **Ορθογώνια:** ίση πιθανότητα της πραγματικής τιμής να βρίσκεται ανάμεσα σε 2 όρια, π.χ. προδιαγραφές κατασκευαστή
- **Μορφής U:** εφαρμόζεται για την αναντιστοιχία της αβεβαιότητας, όταν η πιθανότητα της πραγματικής τιμής να βρίσκεται κοντά στη μετρούμενη είναι μικρή
- **Τριγωνική:** η πιθανότητα της πραγματικής τιμής να βρίσκεται σε ένα σημείο μεταξύ 2 ορίων αυξάνεται ομοιόμορφα από 0 στα άκρα ως το μέγιστο στο κέντρο, πρέπει να εφαρμόζεται όταν η πλειονότητα των τιμών ανάμεσα στα όρια βρίσκεται γύρω από ένα κεντρικό σημείο



ΣΧΗΜΑ Α-2 Κατανομές πιθανότητας^[30]

Στην τελική αναφορά δοκιμών η συνολική αβεβαιότητα (**expanded uncertainty**) της μέτρησης μπορεί να καταγραφεί στην εξής μορφή:

$$\text{Μετρούμενη τιμή } x \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$\text{Συνολική αβεβαιότητα μέτρησης } \pm y \text{ dB}$$

Η συνολική αβεβαιότητα μέτρησης προκύπτει από την τυπική αβεβαιότητα πολλαπλασιασμένη με έναν παράγοντα επικάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης περίπου 95%.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες αβεβαιοτήτων για τα Πρότυπα IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6 και CISPR 22 για τις διαφορετικές διατάξεις των δοκιμών [30].

Σημείωση: Για τα δύο πρώτα Πρότυπα, τα οποία αναφέρονται σε δοκιμές με μεταβατικά φαινόμενα, ο πίνακας αβεβαιοτήτων στηρίζεται στη ανοχή των παραμέτρων της γεννήτριας μιας και είναι αδύνατο να αναλυθεί η αλληλεπίδραση των διαφόρων παραμέτρων χρόνου και πλάτους με τέτοιο τρόπο ώστε να προκύψει η συνολική αβεβαιότητα.

EFT Burst

EFT Burst measurement					
Applied level		+1 kV			
	Standard requirement	Cal cert value	Calibration uncertainty	Check	
V_{PK} (V)	\pm Tol %	10		3	
	Min	0.9		1.00	OK
	Nominal	1	1.03		
	Max	1.1		1.06	OK
t_r (ns)	\pm Tol %	30		5	
	Min	3.5		5.32	OK
	Nominal	5	5.6		
	Max	6.5		5.88	OK
t_{50} (ns)	\pm Tol %	30		3	
	Min	35		61.60	OK
	Nominal	50	63.5		
	Max	65		65.41	NOT OK
F_{rep} (kHz)	\pm Tol %	20		2	
	Min	4		4.80	OK
	Nominal	5	4.9		
	Max	6		5.00	OK

ΠΙΝΑΚΑΣ Α-3 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο IEC 61000-4-4^[30]

Surge

Surge measurement (1.2/50 μ s V, 8/20 μ s I)				
Applied level		+1 kV		
	Standard requirement	Cal cert value	Calibration uncertainty	Check
V_{PK-OC} (V)	\pm Tol %	10		3
	Min	0.9		0.96
	Nominal	1	0.99	
	Max	1.1		1.02
t_{front} (μ s)	\pm Tol %	30		3
	Min	0.84		1.02
	Nominal	1.2	1.05	
	Max	1.56		1.08
t_{50} (μ s)	\pm Tol %	20		3
	Min	40		55.29
	Nominal	50	57	
	Max	60		58.71
I_{PK-SC} (A)	\pm Tol %	10		3
	Min	450		470.45
	Nominal	500	485	
	Max	550		499.55
t_{front} (μ s)	\pm Tol %	20		3
	Min	6.4		7.08
	Nominal	8	7.3	
	Max	9.6		7.52
t_{50} (μ s)	\pm Tol %	20		3
	Min	16		21.34
	Nominal	20	22	
	Max	24		22.66

ΠΙΝΑΚΑΣ Α-4 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο IEC 61000-4-5^[30]

Conducted RF immunity (CDN)

Conducted immunity measurement 150kHz – 80MHz using CDN							
Contribution	Value	Prob. dist.	Divisor	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$		
1 Voltage level monitor	0.40 dB	Normal	2.000	0.200	0.040		
2 50-to-150 ohm adaptor	0.10 dB	Rectangular	1.732	0.058	0.003		
3 Voltage level setting window	0.50 dB	Rectangular	1.732	0.289	0.083		
4 Signal source drift	0.20 dB	Rectangular	1.732	0.115	0.013		
5 Amplifier harmonics	0.50 dB	Rectangular	1.732	0.289	0.083		
6 Effect of layout variations	0.80 dB	Rectangular	1.732	0.462	0.213		
7 Mismatch: CDN to voltage monitor	-1.230 dB	U-shaped	1.414	-0.869	0.756		
	Voltmeter VRC					0.20	
	CDN + adaptor VRC					0.66	
8 Mismatch: Amplifier to CDN	-1.160 dB	U-shaped	1.414	-0.820	0.673		
	Amplifier VRC					0.50	
	CDN + 6dB attenuator VRC					0.25	
9 Measurement system repeatability	0.50 dB	Normal (1)	1.000	0.500	0.250		
				$u_c(y)$	$\Sigma u_i(y)^2$		
10 Combined standard uncertainty		Normal		1.454	2.115		
Expanded uncertainty		Normal, k = 1.64		2.39			

To be entered
 Calculated

Test level multiplier for 95% confidence	Antilog(2.39dB/20)	1.316
Revised test level	For:	
	3 V	3.95 V
	10 V	13.16 V

ΠΙΝΑΚΑΣ Α-5 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο IEC 61000-4-6 με χρήση CDN^[30]

Conducted RF immunity (EM-clamp)

Conducted immunity measurement 150kHz – 80MHz using EM-clamp						
Contribution	Value	Prob. dist.	Divisor	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$	
1 Voltage level monitor	0.40 dB	Normal	2.000	0.200	0.040	
2 50-to-150 ohm adaptor	0.10 dB	Rectangular	1.732	0.058	0.003	
3 Voltage level setting window	0.50 dB	Rectangular	1.732	0.289	0.083	
4 Signal source drift	0.20 dB	Rectangular	1.732	0.115	0.013	
5 Amplifier harmonics	0.70 dB	Rectangular	1.732	0.404	0.163	
6 Effect of AE impedance	1.00 dB	Rectangular	1.732	0.577	0.333	
7 Effect of layout variations	2.00 dB	Rectangular	1.732	1.155	1.333	
8 Mismatch: Clamp to monitor	-1.412 dB	U-shaped	1.414	-0.998	0.996	
Voltmeter VRC	0.20					
Clamp VRC	0.75					
9 Mismatch: Amplifier to Clamp	-0.819 dB	U-shaped	1.414	-0.579	0.336	
Amplifier VRC	0.50					
Clamp + 6dB attenuator VRC	0.18					
10 Measurement system repeatability	0.50 dB	Normal (1)	1.000	0.500	0.250	
				$u_c(y)$	$\Sigma u_i(y)^2$	
11 Combined standard uncertainty	dB	Normal		1.885	3.552	
Expanded uncertainty	dB	Normal, k = 1.64		3.09		

To be entered
Calculated

Test level multiplier for 95% confidence	Antilog(3.09dB/20)	1.427
Revised test level	For: 3V	4.28 V
	10V	14.27 V

ΠΙΝΑΚΑΣ Α-6 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο IEC 61000-4-6 με χρήση EM-Clamp^[30]

Radiated tests

Radiated measurement 30MHz – 1GHz at 10m						
Contribution	Value	Prob. dist.	Divisor	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$	
1 Receiver reading	0.10 dB	Rectangular	1.732	0.058	0.003	
2 Cable loss	0.10 dB	Normal	2.000	0.050	0.003	
3 Receiver sinewave accuracy	1.00 dB	Normal	2.000	0.500	0.250	
4 Receiver pulse amplitude	1.50 dB	Rectangular	1.732	0.866	0.750	
5 Receiver pulse repetition rate	1.50 dB	Rectangular	1.732	0.866	0.750	
6 Noise floor proximity	0.50 dB	Normal	2.000	0.250	0.063	
7 Antenna factor calibration	2.00 dB	Normal	2.000	1.000	1.000	
8 Antenna directivity	0.50 dB	Rectangular	1.732	0.289	0.083	
9 Antenna factor height dependence	2.00 dB	Rectangular	1.732	1.155	1.333	
10 Antenna phase centre variation	0.30 dB	Rectangular	1.732	0.173	0.030	
11 Antenna factor freq interpolation	0.25 dB	Rectangular	1.732	0.144	0.021	
12 Cross polarisation and balance	0.90 dB	Rectangular	1.732	0.520	0.270	
13 Measurement distance variation	0.20 dB	Rectangular	1.732	0.115	0.013	
14 Site imperfections	4.00 dB	Triangular	2.449	1.633	2.667	
15 Frequency step error	0.00 dB	Rectangular	1.732	0.000	0.000	
16 Mismatch	-2.734 dB	U-shaped	1.414	-1.933	3.736	
Receiver VRC	0.33					
Antenna VRC	0.82					
17 Measurement system repeatability	1.00 dB	Normal (1)	1.000	1.000	1.000	
				$u_c(y)$	$\Sigma u_i(y)^2$	
18 Combined standard uncertainty	dB	Normal		3.460	11.972	
Expanded uncertainty	dB	Normal, k = 2.0		6.92		

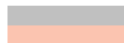
To be entered
Calculated

ΠΙΝΑΚΑΣ Α-7 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο CISPR 22 (επαγόμενες διαταραχές)^[30]

Conducted tests

Conducted measurement 150kHz-30MHz, 50Ω 50□H LISN						
	Contribution	Value	Prob. dist.	Divisor	$u_i(y)$	$u_i(y)^2$
1	Receiver reading	0.10 dB	Rectangular	1.732	0.058	0.003
2	LISN-receiver attenuation	0.10 dB	Normal	2.000	0.050	0.003
3	LISN voltage division factor	0.20 dB	Normal	2.000	0.100	0.010
4	Receiver sinewave accuracy	1.00 dB	Normal	2.000	0.500	0.250
5	Receiver pulse amplitude	1.50 dB	Rectangular	1.732	0.866	0.750
6	Receiver pulse repetition rate	1.50 dB	Rectangular	1.732	0.866	0.750
7	Noise floor proximity	0.00 dB	Rectangular	1.732	0.000	0.000
8	Frequency step error	0.25 dB	Rectangular	1.732	0.144	0.021
9	LISN impedance	2.70 dB	Triangular	2.449	1.102	1.215
10	Mismatch	-0.734 dB	U-shaped	1.414	-0.519	0.269
	Receiver VRC	0.09				
	LISN VRC	0.90				
11	Measurement system repeatability	0.50 dB	Normal (1)	1.000	0.500	0.250
					$u_c(y)$	$\Sigma u_i(y)^2$
12	Combined standard uncertainty		Normal		1.876	3.521
	Expanded uncertainty		Normal, k = 2.0		3.75	

To be entered
Calculated



ΠΙΝΑΚΑΣ Α-8 Πίνακας αβεβαιοτήτων για το Πρότυπο CISPR 22 (ακτινοβολούμενες διαταραχές) ^[30]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Επιλογή επιπέδων δοκιμής

B.1. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-4 Ed.3.0 (2012-04)

Πριν προχωρήσουμε στην παράθεση των κατηγοριών επιλογής κάθε επιπέδου δοκιμής, αξίζει να αναφέρουμε ότι για δοκιμή θυρών εισόδου/εξόδου, ελέγχου, σήματος και δεδομένων στο δοκίμιο, πρέπει να χρησιμοποιείται η μισή τιμή της τάσης δοκιμής που εφαρμόζεται στην τροφοδοσία.

Σύμφωνα με τις συνηθέστερες μεθόδους εγκατάστασης, τα συνιστώμενα επίπεδα δοκιμών επιλογής για δοκιμές γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ηλεκτρομαγνητικού περιβάλλοντος, είναι τα εξής [20]:

α) Επίπεδο 1: Καλά προστατευόμενο περιβάλλον.

Το περιβάλλον έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- περιορισμός όλων των γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων σε κυκλώματα ελέγχου και παροχής ισχύος.
- πλήρης διαχωρισμός μεταξύ γραμμών παροχής ισχύος (a.c. και d.c.) και ελέγχου, και κυκλωμάτων μέτρησης που προέρχονται από άλλα περιβάλλοντα που ανήκουν σε υψηλότερα επίπεδα δυσμείνειας.
- θωρακισμένα καλώδια παροχής ισχύος με τις θωρακίσεις γειωμένες και στα δύο άκρα πάνω στο επίπεδο αναφοράς γης της εγκατάστασης, και παροχή ισχύος προστατευόμενη μέσω φίλτρων.

Η αίθουσα υπολογιστών είναι ένα χαρακτηριστικό δείγμα αυτού του περιβάλλοντος. Η εφαρμογή του συγκεκριμένου επιπέδου σε δοκιμή συσκευών περιορίζεται σε κυκλώματα

παροχής ισχύος για δοκιμές τύπου, και σε κυκλώματα γείωσης και περιβλήματος εξοπλισμών για δοκιμές μετά την εγκατάσταση.

β) Επίπεδο 2: Προστατευόμενο περιβάλλον.

Το περιβάλλον έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- μερικός περιορισμός των γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων σε κυκλώματα ελέγχου και παροχής ισχύος που χειρίζονται μόνο με ρελέ.
- επαρκής διαχωρισμός των βιομηχανικών κυκλωμάτων που ανήκουν σε βιομηχανικό περιβάλλον από άλλα κυκλώματα που σχετίζονται με περιβάλλοντα υψηλότερων επιπέδων δυσμένειας.
- φυσικός διαχωρισμός των μη θωρακισμένων καλωδίων παροχής ισχύος και ελέγχου από καλώδια σήματος και επικοινωνίας.

Η αίθουσα ελέγχου βιομηχανικών και ηλεκτρικών εργοστασίων είναι χαρακτηριστικό δείγμα αυτού του περιβάλλοντος.

γ) Επίπεδο 3: Τυπικό βιομηχανικό περιβάλλον.

Το περιβάλλον έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- πλήρης απουσία περιορισμού των γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων σε κυκλώματα ελέγχου και παροχής ισχύος που χειρίζονται μόνο με ρελέ.
- ανεπαρκής διαχωρισμός των βιομηχανικών κυκλωμάτων από άλλα κυκλώματα που σχετίζονται με περιβάλλοντα υψηλότερων επιπέδων δυσμένειας.
- ειδικά καλώδια γραμμών παροχής, ελέγχου, σήματος και επικοινωνίας.
- ανεπαρκής διαχωρισμός μεταξύ καλωδίων παροχής ισχύος, ελέγχου, σήματος και επικοινωνίας.
- διαθεσιμότητα συστήματος γείωσης με αγωγίμους σωλήνες, αγωγούς γείωσης σε σχάρα καλωδίων (συνδεδεμένων στο σύστημα προστασίας γείωσης) και με πλέγμα γείωσης.

Η περιοχή εξοπλισμού βιομηχανικών διαδικασιών είναι χαρακτηριστικό δείγμα αυτού του περιβάλλοντος.

δ) Επίπεδο 4: Δυσμενές βιομηχανικό περιβάλλον.

Το περιβάλλον έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- πλήρης απουσία περιορισμού των γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και απότομων εκφορτίσεων σε κυκλώματα ελέγχου και παροχής ισχύος που χειρίζονται με ρελέ και αγωγούς.
- πλήρης απουσία διαχωρισμού των βιομηχανικών κυκλωμάτων που ανήκουν σε δυσμενές βιομηχανικό περιβάλλον από άλλα κυκλώματα που σχετίζονται με περιβάλλοντα υψηλότερων επιπέδων δυσμέλειας.
- πλήρης απουσία διαχωρισμού μεταξύ καλωδίων παροχής ισχύος, ελέγχου, σήματος και επικοινωνίας.
- χρήση πολύκλωνων καλωδίων μαζί σε γραμμές ελέγχου και σήματος.

Η εξωτερική περιοχή εξοπλισμού βιομηχανικών διαδικασιών όπου καμία συγκεκριμένη πρακτική εγκατάστασης δεν τέθηκε σε εφαρμογή, εργοστάσια ηλεκτρισμού, δωμάτια με ρελέ σε ανοικτό περιβάλλον υποσταθμών υψηλής τάσης και υποσταθμοί με μόνωση αερίου μέχρι 500 kV τάσης λειτουργίας είναι χαρακτηριστικό δείγμα αυτού του περιβάλλοντος.

ε) Επίπεδο X: Ειδικό περιβάλλον

Ο μικρός ή μεγάλος ηλεκτρομαγνητικός διαχωρισμός των πηγών παρεμβολής από κυκλώματα, καλώδια, γραμμές εξοπλισμού κτλ, και η ποιότητα των εγκαταστάσεων μπορούν να καταστήσουν αναγκαία τη χρήση υψηλότερης ή χαμηλότερης περιβαλλοντικής στάθμης από εκείνες που δίνονται παραπάνω. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι γραμμές συσκευής μιας υψηλότερης στάθμης μπορούν να διεισδύουν σε περιβάλλον χαμηλότερης δυσμέλειας.

B.2. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-5 Ed.2.0 (2005-11)

Η επιλογή των επιπέδων δοκιμής πρέπει να ακολουθεί τις συνθήκες εγκατάστασης. Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από τα Πρότυπα του προϊόντος, ο Πίνακας Β-1 πρέπει να χρησιμοποιείται μαζί με τις πληροφορίες που δίνονται πιο κάτω [23]:

α) Κλάση 0: Καλά προστατευόμενο ηλεκτρικό περιβάλλον, συχνά σε ειδικό δωμάτιο.

Όλα τα εισερχόμενα καλώδια πρέπει να προμηθεύονται με προστασία υπερτάσεων (βασική και δευτερεύουσα). Οι μονάδες του ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι διασυνδεδεμένες με ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα γείωσης, το οποίο δεν επηρεάζεται σημαντικά από την εγκατάσταση ισχύος και τους κεραυνούς.

Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός έχει μια ειδική παροχή ισχύος και η τιμή της υπέρτασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25V.

β) Κλάση 1: Μερικώς προστατευόμενο ηλεκτρικό περιβάλλον.

Όλα τα εισερχόμενα καλώδια στο δωμάτιο πρέπει να προμηθεύονται με προστασία υπερτάσεων (βασική). Οι μονάδες του ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι καλά διασυνδεδεμένες με ένα δίκτυο γείωσης, το οποίο δεν επηρεάζεται σημαντικά από την εγκατάσταση ισχύος και τους κεραυνούς.

Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός έχει τη δική του παροχή ισχύος, εντελώς διαχωρισμένη από άλλους εξοπλισμούς.

Εναλλαγές λειτουργιών μπορούν να δημιουργήσουν τάσεις παρεμβολής εντός του δωματίου.

Η τιμή της υπέρτασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 V.

γ) Κλάση 2: Ηλεκτρικό περιβάλλον όπου τα καλώδια είναι καλά διαχωρισμένα.

Η εγκατάσταση είναι γειωμένη μέσω ξεχωριστής σύνδεσης στο σύστημα γείωσης της εγκατάστασης παροχής ισχύος, η οποία μπορεί να υπόκειται σε τάσεις παρεμβολής που δημιουργούνται από την ίδια την εγκατάσταση ή από κεραυνούς. Η παροχή ισχύος του ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι διαχωρισμένη από άλλα κυκλώματα, συνήθως μέσω ενός ειδικού μετασχηματιστή για παροχή ισχύος.

Στην εγκατάσταση υπάρχουν μη προστατευμένα κυκλώματα, αλλά καλά διαχωρισμένα και σε περιορισμένο αριθμό.

Η τιμή της υπέρτασης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 kV.

δ) Κλάση 3: Ηλεκτρικό περιβάλλον όπου τα καλώδια λειτουργούν παράλληλα.

Η εγκατάσταση είναι γειωμένη στο κοινό σύστημα γείωσης της εγκατάστασης τροφοδοσίας η οποία μπορεί να υπόκειται σε τάσεις παρεμβολής που δημιουργούνται από την ίδια την εγκατάσταση ή από κεραυνούς.

Σφάλματα γείωσης, λειτουργίες χειρισμού και κεραυνοί στην εγκατάσταση παροχής ισχύος μπορούν να προκαλέσουν ρεύματα που να δημιουργήσουν τάσεις παρεμβολής, με σχετικά μεγάλο πλάτος, στο σύστημα γείωσης. Ο προστατευμένος ηλεκτρονικός εξοπλισμός και λιγότερο ευαίσθητος ηλεκτρικός εξοπλισμός είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο δίκτυο παροχής ισχύος. Τα καλώδια διασυνδέσεων μπορούν να είναι μερικώς εξωτερικά καλώδια, αλλά κοντά στο δίκτυο γείωσης. Στην εγκατάσταση υπάρχουν επαγωγικά φορτία και συνήθως δεν υπάρχει διαχωρισμός των καλωδίων διαφορετικού πεδίου. Η τιμή της υπέρτασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 kV.

ε) Κλάση 4: Ηλεκτρικό περιβάλλον όπου οι διασυνδέσεις λειτουργούν ως εξωτερικά καλώδια μαζί με τα καλώδια παροχής ισχύος, και καλώδια χρησιμοποιούνται και για ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Η εγκατάσταση είναι γειωμένη στο σύστημα γείωσης της εγκατάστασης παροχής ισχύος, η οποία μπορεί να υπόκειται σε τάσεις παρεμβολής που δημιουργούνται από την ίδια την εγκατάσταση ή από κεραυνούς.

Σφάλματα γείωσης, λειτουργίες χειρισμού και κεραυνοί στην εγκατάσταση παροχής ισχύος μπορούν να προκαλέσουν ρεύματα εύρους kA που να δημιουργήσουν τάσεις παρεμβολής, με σχετικά μεγάλο πλάτος, στο σύστημα γείωσης. Το δίκτυο παροχής ισχύος μπορεί να είναι το ίδιο και για τον ηλεκτρονικό και για τον άλλο ηλεκτρικό εξοπλισμό. Τα καλώδια διασυνδέσεων λειτουργούν ως εξωτερικά καλώδια, ακόμα και σε υψηλής τάσης εξοπλισμό.

Μια ειδική περίπτωση αυτής της κλάσης περιβάλλοντος είναι όταν ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο τηλεπικοινωνίας εντός πυκνοκατοικημένης περιοχής. Δεν υπάρχει συστηματικώς κατασκευασμένο δίκτυο γείωσης έξω από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό, και το σύστημα γείωσης περιλαμβάνει μόνο σωλήνες-αγωγούς, καλώδια κτλ.

Η τιμή της υπέρτασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4 kV.

στ) Κλάση 5: Ηλεκτρικό περιβάλλον για ηλεκτρονικό εξοπλισμό συνδεδεμένο σε καλώδια επικοινωνιών και εναέριες γραμμές παροχής ισχύος σε μη πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Όλα αυτά τα καλώδια και οι γραμμές προμηθεύονται με προστασία υπερτάσεων (βασική). Έξω από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό δεν υπάρχει εκτενή σύστημα γείωσης (εκτεθειμένο εργοστάσιο). Οι τάσεις παρεμβολής λόγω σφαλμάτων γείωσης (ρεύματα μέχρι 10 kA) και κεραυνοί (ρεύματα μέχρι 100 kA) μπορούν να είναι εξαιρετικά υψηλές.

Οι απαιτήσεις για αυτή την κλάση καλύπτονται από το επίπεδο δοκιμής 4.

ζ) Κλάση x: Ειδικές καταστάσεις που καθορίζονται από τις προδιαγραφές του προϊόντος.

Οι υπερτάσεις (και οι γεννήτριες) που σχετίζονται με τις διαφορετικές κλάσεις είναι οι ακόλουθες:

- Κλάση 1 έως 4: 1.2/50 μ s (8/20 μ s).
- Κλάση 5: 1.2/50 μ s (8/20 μ s) για θύρες γραμμών τροφοδοσίας και σήματα κυκλωμάτων/γραμμών μικρής απόστασης.
- Κλάση 1 έως 5: 10/700 μ s (5/320 μ s) για συμμετρικές γραμμές επικοινωνίας.

Κλάση εγκατάστασης	Επίπεδα δοκιμής (kV)											
	Τροφοδοσία AC και a.c. εισόδου/εξόδου άμεσα συνδεδεμένο στο κυρίως δίκτυο τροφοδότησης. Μέθοδος σύζευξης		Τροφοδοσία AC και a.c. εισόδου/εξόδου όχι άμεσα συνδεδεμένο στο κυρίως δίκτυο τροφοδότησης. Μέθοδος σύζευξης		Τροφοδοσία DC και d.c. εισόδου/εξόδου άμεσα συνδεδεμένο. Μέθοδος σύζευξης		Μη συμμετρικά κυκλώματα/γραμμές λειτουργίας ΔΖ. Μέθοδος σύζευξης		Συμμετρικά κυκλώματα/γραμμές λειτουργίας ΔΖ. Μέθοδος σύζευξης		Θωρακισμένες γραμμές εισόδου/εξόδου και επικοινωνίας Ζ. Μέθοδος σύζευξης	
	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γη Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γη Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γη Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γη Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Όλες οι γραμμές – Γη Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γραμμή Δ.Ε. ^H	Γραμμή – Γη Δ.Ε. ^H
0												
1	Δ.Ε. ^H	0.5	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	0.5	Δ.Ε. ^H	0.5	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H
2	0.5	1.0	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	Δ.Ε. ^H	0.5	1.0	Δ.Ε. ^H	1.0	Δ.Ε. ^H	0.5
3	1.0	2.0	1.0 ^E	2.0 ^{B,E}	1.0 ^E	2.0 ^{B,E}	1.0 ^F	2.0 ^{B,F}	Δ.Ε. ^H	2.0 ^{B,F}	Δ.Ε. ^H	2.0 ^F
4	2.0	4.0 ^B	2.0 ^E	4.0 ^{B,E}	2.0 ^E	4.0 ^{B,E}	2.0 ^F	4.0 ^{B,F}	Δ.Ε. ^H	2.0 ^{B,F}	Δ.Ε. ^H	4.0 ^F
5	A	A	2.0	4.0 ^B	2.0	4.0 ^B	2.0	4.0 ^B	Δ.Ε. ^H	4.0 ^B	Δ.Ε. ^H	4.0 ^F

^A Εξαρτάται από την κλάση του τοπικού συστήματος τροφοδοσίας.
^B Κανονική δοκιμή με βασική προστασία.
^F Το επίπεδο δοκιμής μπορεί να είναι χαμηλότερο κατά ένα επίπεδο αν το μήκος του καλωδίου είναι μικρότερο ή ίσο από 10 m.
^G Καμία δοκιμή δεν συνίσταται σε συνδέσεις δεδομένων που προορίζονται για καλώδια μικρότερα από 10 m.
^E Εάν η προστασία καθορίζεται ξεχωριστά από τη συσκευή υπό δοκιμή, το επίπεδο δοκιμής πρέπει να αντιστοιχεί στο επίπεδο προστασίας όταν η προστασία δεν είναι στη θέση της.
^Z Γραμμές επικοινωνίας υψηλών ταχυτήτων μπορούν να περιλαμβάνουν μη συμμετρικές, συμμετρικές, θωρακισμένες γραμμές εισόδου/εξόδου και/ή επικοινωνίας.
^H Δεν Εφαρμόζεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β-1 Επιλογή των επιπέδων δοκιμής^[22]

B.3. Επιλογή επιπέδων δοκιμής στο Πρότυπο IEC 61000-4-6 ed3.0 (2008-10)

Τα επίπεδα δοκιμών πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με το περιβάλλον ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στο οποίο το δοκίμιο και τα καλώδια εκτίθενται όταν τελικά εγκατασταθούν. Οι συνέπειες της αποτυχίας πρέπει να λαμβάνονται υπ’ όψιν κατά την επιλογή του επιπέδου δοκιμής που θα χρησιμοποιηθεί [25].

Εάν το δοκίμιο πρόκειται να εγκατασταθεί σε λίγους χώρους, τότε η επίβλεψη των τοπικών RF πηγών, επιτρέπει έναν υπολογισμό της πεδιακής ισχύος που είναι πιθανό να αντιμετωπίσουμε. Εάν η ισχύς των πηγών δεν είναι γνωστή, ίσως είναι μετρήσιμη η πραγματική πεδιακή ισχύ στην τοποθεσία που εξετάζεται.

Κλάση 1: Περιβάλλον χαμηλής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Συνηθισμένο επίπεδο όπου τοποθετούνται οι ραδιοτηλεοπτικοί σταθμοί σε απόσταση μεγαλύτερη του ενός χιλιομέτρου και συνηθισμένο επίπεδο για χαμηλής ισχύος πομποδέκτες.

Κλάση 2: Περιβάλλον μέτριας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Χρησιμοποιούνται χαμηλής ισχύος φορητοί πομποδέκτες (συνήθως λιγότερο από 1W), αλλά με περιορισμούς στη χρήση σε κοντινή απόσταση από το δοκίμιο. Ένα τυπικό εμπορικό περιβάλλον

Κλάση 3: Περιβάλλον έντονης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Φορητοί πομποδέκτες (2W και περισσότερο) χρησιμοποιούνται σε σχετικά κοντινή απόσταση από το δοκίμιο, αλλά όχι μικρότερη από ένα μέτρο. Πομποί μετάδοσης υψηλής ισχύος και εξοπλισμός ISM, ενδέχεται να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από το δοκίμιο. Ένα τυπικό βιομηχανικό περιβάλλον.

Κλάση X: Είναι ένα ελεύθερο επίπεδο το οποίο προσδιορίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τα πρότυπα του εκάστοτε εξοπλισμού.

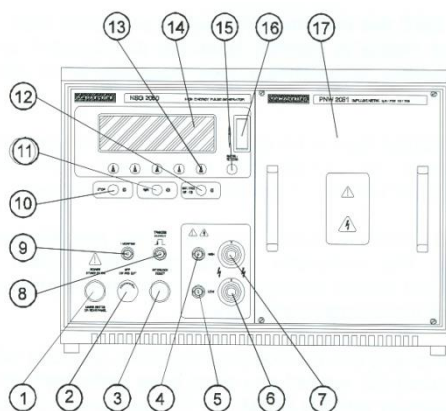
Τα περιγραφόμενα επίπεδα δοκιμών είναι τυπικές τιμές, οι οποίες σπάνια ξεπερνιούνται στις περιγραφόμενες τοποθεσίες. Σε μερικές τοποθεσίες αυτές οι τιμές ξεπερνιούνται π.χ. σε περίπτωση που βρίσκονται πολύ κοντά πομποί υψηλής ισχύος ή παρουσίας εξοπλισμού ISM στο ίδιο κτήριο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ίσως είναι προτιμότερο να θωρακιστεί ο χώρος και να φιλτραριστούν τα σύρματα σήματος και ισχύος στον εξοπλισμό από το να κατασκευαστεί όλος ο εξοπλισμός, ώστε να είναι άτρωτος σε αυτά τα επίπεδα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ρύθμιση παραμέτρων των γεννητριών PNW 2225-2050-2051 και TRA 3000

Γ.1 Κεντρική μονάδα NSG 2050

Γ.1.1 Εμπρόσθιο μέρος



ΣΧΗΜΑ Γ-1: Εμπρόσθιο μέρος κεντρικής μονάδας NSG 2050^[32]

(1) Μπουτόν POWER.

Αφού πατήσουμε τον κύριο διακόπτη (22), ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος της γεννήτριας, και τεθεί η γεννήτρια σε κατάσταση αναμονής *STAND BY*, το μπουτόν *POWER* ανάβει. Περιμένουμε 10 sec για να πραγματοποιηθεί ο αυτοέλεγχος (*self test*) και πατάμε το μπουτόν *POWER* για τη μετάβαση από την κατάσταση *STAND BY* σε *ON*.

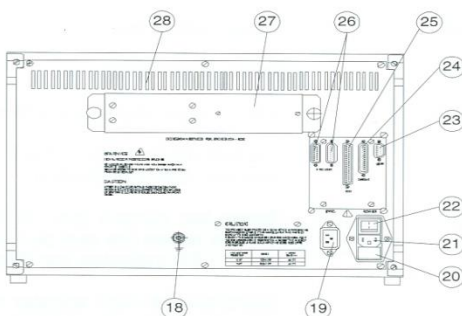
(2) Μπουτόν *EMERGENCY OFF*. Έχει τη λειτουργία άμεσης διακοπής της τροφοδοσίας του δοκιμίου. Θέτει τη γεννήτρια παλμών στην κατάσταση *STOP*. Επίσης, ανοίγει το *Interlock*.

(3) Μπουτόν *Interlock reset*. Μηδενίζει τις ρυθμίσεις όταν έχει «σκανδαλισθεί» (*triggered*) το *Interlock*.

- (4) Έξοδος για ομοαξονικό καλώδιο Monitor output, HIGH. 1:1000 voltage monitor, μεγάλη εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας.
- (5) Έξοδος για ομοαξονικό καλώδιο Monitor output, LOW. 1:1000 voltage monitor, μικρή εσωτερική αντίσταση γεννήτριας.
- Οι έξοδοι (4) και (5) είναι μόνο για σκοπούς επιτήρησης και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για διακρίβωση ή μετρήσεις. Τα σήματα τα προερχόμενα από αυτές τις εξόδους υφίστανται εξασθένιση 1000:1, έτσι ώστε να μπορεί να παρατηρηθεί ο παλμός σε παλμογράφο.*
- (6) Output LOW. Έξοδος παλμού, low.
- (7) Output HIGH. Έξοδος παλμού, high.
- (8) Trigger output. Έξοδος σήματος σκανδαλισμού παλμογράφου.
- 30ms περίπου πριν από κάθε παλμό παράγεται ένα σήμα σκανδαλισμού 5V (μεγάλης σύνθετης αντίστασης) εύρους 100 ms περίπου.*
- (9) I-monitor. Έξοδος για ομοαξονικό καλώδιο καταγραφής σε παλμογράφο της κυματομορφής του ρεύματος με εξωτερικό τερματισμό αντίσταση 50Ω, έτσι ώστε το 1V να αντιστοιχεί σε 200A.
- (10) Μπουτόν STOP. Διακόπτει την τρέχουσα δοκιμή, κλείνει την YT και μηδενίζει το χρονομετρητή της δοκιμής. Το πράσινο φως δείχνει την κατάσταση STOP.
- (11) Μπουτόν RUN. Ανοίγει την υψηλή τάση και, μόλις η γεννήτρια φτάσει το επιθυμητό επίπεδο της τάσης, ξεκινά τη δοκιμή για τη διάρκεια που καθορίζεται από τον χρονομετρητή Test time. Το κόκκινο φως RUN δείχνει την κατάσταση RUN.
- (12) Μπουτόν Ext. Trigger HV-ON. Το εξωτερικό σήμα σκανδαλισμού (trigger) ενεργοποιείται εντός χρόνου λίγων δευτερολέπτων μετά το πάτημα αυτού του μπουτόν.
- (13) Μπουτόν λειτουργίας. Με αυτά τα 5 μπουτόν εμφανίζονται στην οθόνη και επιλέγονται οι επιθυμητές παράμετροι για τη διεξαγωγή του ελέγχου.
- (14) Οθόνη προβολής. Εμφανίζει τιμές μεταβλητών και μηνύματα του συστήματος.
- (15) Μπουτόν ENTER. Τερματίζει κάθε εισαγωγή δεδομένων και ενεργοποιεί την επιλεγμένη λειτουργία. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα επιστροφής στο βασικό μενού.
- (16) Περιστροφικός διακόπτης. Χρησιμοποιείται για την αλλαγή των επιλεγμένων παραμέτρων.

- (17) Θέση για την τοποθέτηση της κατάλληλης γεννήτριας PNW 2225 ή PNW 2050. Για τη διεξαγωγή της δοκιμής, σύμφωνα με το πρότυπο EN 61000-4-4, χρησιμοποιείται η γεννήτρια PNW 2225.

Γ.1.2 Πίσω μέρος



ΣΧΗΜΑ Γ-2: Πίσω μέρος κεντρικής μονάδας NSG 2050^[32]

- (18) Σημείο σύνδεσης γης.
- (19) Υποδοχή εισόδου συγχρονισμού.
- (20) Επιλογέας τάσης με ρευματολήπτη για την παροχή ισχύος.
- (21) Κύρια υποδοχή εισόδου για την παροχή ισχύος στη γεννήτρια.
- (22) Κύριος διακόπτης.
- (23) Κανάλι χρήστη, User. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως: είσοδος προς την οθόνη του υπό έλεγχο εξοπλισμού, είσοδος για εξωτερικό σήμα σκανδαλισμού (trigger) μέσω σήματος συγχρονισμού, έξοδος για έτοιμο σήμα εξωτερικού σκανδαλισμού (trigger), έξοδος για σήμα τερματισμού του ελέγχου, είσοδος για ένδειξη της λειτουργίας του υπό έλεγχο εξοπλισμού.
- (24) Remote control connector (25-pin RS 232, DCE, without HW control lines 9600 baud, even parity, 2 stop bit).

Είναι εφικτός ο εκ του μακρόθεν έλεγχος της γεννήτριας από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω αυτής της σύνδεσης RS232. Λόγω των παλμών που δημιουργεί η γεννήτρια πρέπει να χρησιμοποιείται για τη σύνδεση οπτική ίνα, για να αποφευχθούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και επίσης για να είναι δυνατή η τοποθέτηση του υπολογιστή εκτός του κλωβού Faraday.

- (25) Connector για τον έλεγχο συσκευής εξωτερικής σύζευξης (CDN).

(26) Connector for interlock.

Η γεννήτρια διαθέτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα interlock σύμφωνα με τα πρότυπα ασφάλειας εξοπλισμού ελέγχου υψηλής τάσης. Αυτό το σύστημα έχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

Είσοδοι:

- Είσοδο για εξωτερική παρακολούθηση, π.χ. από ειδικά δίκτυα σύζευξης και περιοριστικές διατάξεις ελέγχου πρόσβασης
- Εσωτερικό διακόπτη «Emergency Off», ο οποίος ανοίγει το κύκλωμα interlock.

Έξοδοι:

- Κατάσταση λειτουργίας: Η γεννήτρια δεν μπορεί να ξεκινήσει στο «RUN» ή «EXT. TRIGGER HV ON» αν το κύκλωμα interlock δεν είναι κλειστό. Η λειτουργία STOP εφαρμόζει αν το interlock είναι ανοικτό, ενώ η γεννήτρια είναι στην κατάσταση RUN.
- EUT-Power: η παροχή του υπό έλεγχο εξοπλισμού δεν μπορεί να ανοίξει αν το interlock δεν είναι κλειστό. Η παροχή του υπό έλεγχο εξοπλισμού διακόπτεται αν το κύκλωμα interlock είναι ανοικτό, ενώ η παροχή είναι ON.
- Ενδεικτικές λυχνίες: η πράσινη λυχνία σβήνει και η κόκκινη ανάβει όταν το interlock είναι κλειστό.
- Οθόνη: ένα ανοικτό κύκλωμα interlock εμφανίζεται στην οθόνη με το σύμβολο ενός ανοικτού διακόπτη.
- Μηνύματα καταστάσεως στο remote control computer
- Έξοδο interlock για σύνδεση με εξοπλισμό άλλου συστήματος της σειράς ProfLine.

(27) Connector τερματισμού.

(28) Σχισμές εξαερισμού [32].

Γ.1.3 Γεννήτρια παρασίτων PNW 2225

Η συσκευή PNW 2225 [33] για γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή δοκιμών σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4 και προσομοιώνει παράσιτα όπως αυτά που παράγονται από επαφές διακοπών επαγωγικών

φορτίων, ασφάλειες, ρελέ, κ.τ.λ. Η συσκευή PNW 2225 συνδέεται με την κεντρική μονάδα NSG 2050 σύμφωνα με το σχήμα που ακολουθεί.



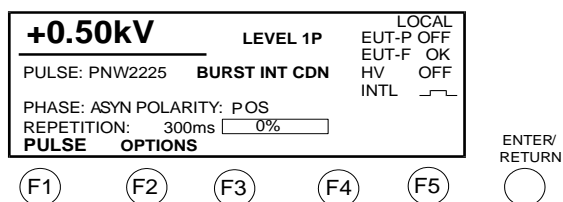
ΣΧΗΜΑ Γ-3: Γεννήτρια παρασίτων PNW 2225 και κεντρική μονάδα NSG 2050^[33]

Ρύθμιση παραμέτρων της PNW 2225 σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου IEC 61000-4-4:

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος ρύθμισης, μέσω της NSG 2050, των χαρακτηριστικών της ακολουθίας των παρασιτικών παλμών που θέλουμε να παράγει η γεννήτρια PNW 2225 κατά τη διάρκεια της δοκιμής:

A) Κύριο μενού

Μόλις συνδέσουμε το PNW 2225 και τη NSG 2050 εμφανίζεται στην οθόνη προβολής (14) το παρακάτω μενού:



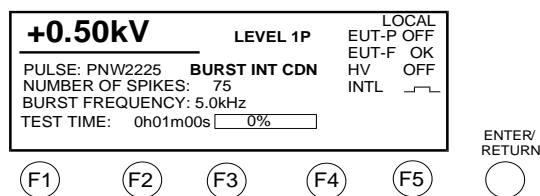
ΣΧΗΜΑ Γ-4: Οθόνη προβολής στο κύριο μενού^[33]

PULSE

Πατώντας το μπουτόν F1 επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος PULSE. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επιβεβαιώνεται πατώντας το μπουτόν ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι BURST INT CDN; BURST EXT CDN. Η γεννήτρια κατευθύνει τον παλμό είτε στο εσωτερικό μονοφασικό δίκτυο σύζευξης (BURST INT CDN), είτε σε εξωτερικό μονοφασικό δίκτυο σύζευξης (BURST EXT CDN). Αυτή η έξοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απευθείας σύζευξη μέσω ενός coupling clamp (CDN 126) ή μπορεί να συνδεθεί με εξωτερικό τριφασικό δικτύωμα (CDN 133, CCN 2000).

OPTIONS

Το παρακάτω μενού θα εμφανισθεί όταν πατήσουμε το μπουτόν F2.



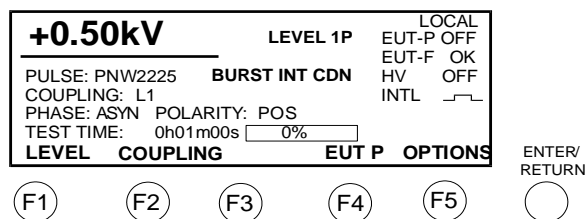
ΣΧΗΜΑ Γ-5: Οθόνη προβολής στο μενού OPTIONS^[33]

TIME

Ο χρόνος ελέγχου φαίνεται στην οθόνη με την πίεση του μπουτόν F1. Η απαιτούμενη τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16), και επικυρώνεται πατώντας το μπουτόν ENTER. Οι δυνατές επιλογές για τη διάρκεια του ελέγχου είναι 1...99999s σε βήματα του 1s (0h00m01s...27h46m39s).

ENTER/RETURN

Πιέζοντας το μπουτόν ENTER μία φορά επιστρέφουμε στο προηγούμενο μενού. Πιέζοντάς το ξανά, εμφανίζεται το παρακάτω μενού:



ΣΧΗΜΑ Γ-6: Οθόνη προβολής μετά την πίεση του μπουτόν ENTER^[33]

LEVEL

Πατώντας το μπουτόν F1 φαίνεται στην οθόνη το προεπιλεγμένο σύμφωνα με το πρότυπο επίπεδο, καθώς επίσης 8 επίπεδα χρήστη USER. Επιλέγουμε το επίπεδο που επιθυμούμε με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και το επιβεβαιώνουμε πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές επιπέδου είναι:

LEVEL 1P; LEVEL 1N; LEVEL 1A;

LEVEL 2P; LEVEL 2N; LEVEL 2A;

LEVEL 3P; LEVEL 3N; LEVEL 3A;

LEVEL 4P; LEVEL 4N; LEVEL 4A;

USER 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Η τιμή που θα επιλεγθεί για την τάση ελέγχου σύμφωνα με το πρότυπο, μπορεί να ρυθμιστεί επιλέγοντας LEVEL και έπειτα στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη (16). Η τάση εξόδου θα είναι η τιμή που φαίνεται στην οθόνη με την πολικότητα, όπου P θετική, N αρνητική και A εναλλασσόμενη. Τα επίπεδα της τάσης είναι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61000-4-4.

LEVEL	VOLTAGE	POLARITY	BURST FREQUENCY	SPIKES	TEST TIME
1P	0.50kV	Positive	5kHz	75	60s
1N	0.50kV	Negative	5kHz	75	60s
1A	0.50kV	Alternate	5kHz	75	30s Pos, 30s Neg

2P	1kV	Positive	5kHz	75	60s
2N	1kV	Negative	5kHz	75	60s
2A	1kV	Alternate	5kHz	75	30s Pos, 30s Neg
3P	2kV	Positive	5kHz	75	60s
3N	2kV	Negative	5kHz	75	60s
3A	2kV	Alternate	5kHz	75	30s Pos, 30s Neg
4P	4kV	Positive	2.5kHz	38	60s
4N	4kV	Negative	2.5kHz	38	60s
4A	4kV	Alternate	2.5kHz	38	30s Pos, 30s Neg

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-7: Επίπεδα τάσης σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-4^[33]

Στρέφοντας περαιτέρω τον περιστροφικό διακόπτη εμφανίζονται στην οθόνη οι χρήστες USER 1 έως 8. Είναι δυνατή η αλλαγή των παραμέτρων και η αποθήκευσή τους. Η παράμετρος VOLTAGE (μπουτόν F3) θα εμφανισθεί όταν επιλεγεί χρήστης USER και επιβεβαιωθεί με το πλήκτρο ENTER.

Σημείωση1: Μόνο όταν είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER και με την χρήση του μπουτόν OPTION είναι δυνατόν να αλλάξουν ο αριθμός, η φάση, ο χρόνος επανάληψης και η πολικότητα.

Σημείωση2: Σε δοκιμές σε τηλεπικοινωνιακές θύρες οι ρυθμίσεις της δοκιμής πραγματοποιούνται στην κατάσταση λειτουργίας USER.

COUPLING

Η γραμμή σύζευξης εμφανίζεται στην οθόνη με την πίεση του μπουτόν F2. Ανάλογα με τον παλμό που επιλέχθηκε, με τον περιστροφικό διακόπτη επιλέγεται η απαιτούμενη σύζευξη και επιβεβαιώνεται με το ENTER. Οι δυνατότητες σύζευξης είναι οι εξής:

- L1; N; PE;
- L1, N, PE
- OUT (χωρίς παλμό)

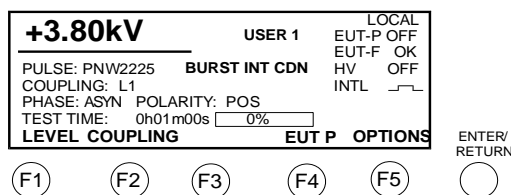
EUT-P

Το EUT-P προβάλλεται επιλεγμένο στην οθόνη όταν πιέσουμε το μπουτόν F4. Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επιβεβαιώνεται πατώντας ENTER. Η λειτουργία του είναι να θέτει το δοκίμιο εντός ή εκτός λειτουργίας, και οι δυνατές επιλογές είναι ON και OFF.

OPTIONS

Εμφανίζεται το κύριο μενού με την πίεση του μπουτόν F5 OPTIONS [33].

B) Το μενού USER



ΣΧΗΜΑ Γ-8: Οθόνη προβολής στο μενού USER^[33]

LEVEL

Πατώντας το μπουτόν F1 φαίνεται στην οθόνη το προεπιλεγμένο σύμφωνα με το πρότυπο επίπεδο, καθώς επίσης 8 επίπεδα χρήστη USER. Επιλέγουμε το επίπεδο που επιθυμούμε με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και το επιβεβαιώνουμε πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές επιπέδου είναι:

LEVEL 1P; LEVEL 1N; LEVEL 1A;

LEVEL 2P; LEVEL 2N; LEVEL 2A;

LEVEL 3P; LEVEL 3N; LEVEL 3A;

LEVEL 4P; LEVEL 4N; LEVEL 4A;

USER 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Η τιμή που θα επιλεγθεί για την τάση ελέγχου σύμφωνα με το πρότυπο, μπορεί να ρυθμιστεί επιλέγοντας LEVEL και έπειτα στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη (16).

Η τάση εξόδου θα είναι η τιμή που φαίνεται στην οθόνη με την πολικότητα, όπου P θετική, N αρνητική και A εναλλασσόμενη.

COUPLING

Η γραμμή σύζευξης εμφανίζεται στην οθόνη με την πίεση του μπουτόν F2. Ανάλογα με τον παλμό που επιλέχθηκε, με τον περιστροφικό διακόπτη επιλέγεται η απαιτούμενη σύζευξη και επιβεβαιώνεται με το ENTER. Οι δυνατότητες σύζευξης είναι οι εξής:

BURST INT CDN		
L1; N; PE;	L1, N, PE	OUT (χωρίς παλμό)

BURST EXT CDN (CDN 131/151)						
L1;	N;	PE;	L1, PE ;	L1, N;	N, PE;	L1, N, PE;

ΣΧΗΜΑ Γ-9: Δυνατότητες σύζευξης του παλμού^[33]

Η έγχυση των παρασίτων θα γίνει στην/ις επιλεγμένη/ες γραμμή/ές. Η ένδειξη EXT coupling εμφανίζεται αυτόματα στην οθόνη όταν συνδέεται κάποιο από τα CDN.

VOLTAGE

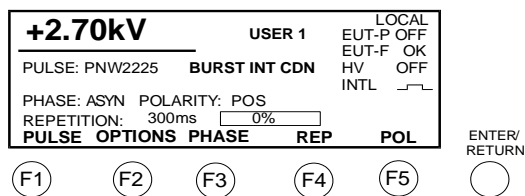
Μπορούμε να επιλέξουμε το επίπεδο (το οποίο φαίνεται στην οθόνη) πατώντας το μπουτόν F3 μόνο για κάποιον από τους οκτώ χρήστες (USER από 1 έως και 8). Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επιβεβαιώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές τιμές της τάσης εξόδου της γεννήτριας είναι από 200V έως και 4800V με βήματα των 10V. Η τιμή της τάσης εξόδου είναι δυνατόν να αλλάξει με τον περιστροφικό διακόπτη και κατά τη διάρκεια του ελέγχου.

EUT-P

Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν στην παράγραφο Α «Κύριο Μενού», στο τμήμα EUT-P.

OPTION

Η μετάβαση στο μενού OPTION γίνεται πατώντας το μπουτόν F5.



ΣΧΗΜΑ Γ-10: Οθόνη προβολής στο μενού OPTION^[33]

PULSE

Πατώντας το μπουτόν F1 επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος PULSE. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16), και επιβεβαιώνεται πατώντας το μπουτόν ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι BURST INT CDN; BURST EXT CDN. Η γεννήτρια κατευθύνει τον παλμό είτε στο εσωτερικό μονοφασικό δίκτυο σύζευξης (BURST INT CDN), είτε σε εξωτερικό μονοφασικό δίκτυο σύζευξης (BURST EXT CDN). Αυτή η έξοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απευθείας σύζευξη μέσω ενός coupling clamp (CDN 125) ή μπορεί να συνδεθεί με εξωτερικό τριφασικό δικτύωμα (CDN 133, CCN 2000).

PHASE

Η φάση εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F3. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Η έξοδος “Synch output” πρέπει να συνδεθεί με την είσοδο “Synch input” στο πίσω μέρος του NSG 2050. Οι δυνατές επιλογές είναι ASYN; $0^0 \dots 359^0$. Η γωνία αναφέρεται στη φασική γωνία της παροχής τάσης στο δοκίμιο. Στην ασύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται ανεξαρτήτως της φασικής γωνίας. Στη σύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται με συγκεκριμένη φασική γωνία. Αυτή η τιμή μπορεί να επιλεγθεί και να αλλάξει με τη χρήση του περιστροφικού διακόπτη και κατά τη διάρκεια του ελέγχου.

REPetition

Η περίοδος επανάληψης εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F4. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται με το ENTER. Με την παράμετρο repetition καθορίζουμε το χρονικό διάστημα (σε ms) μεταξύ

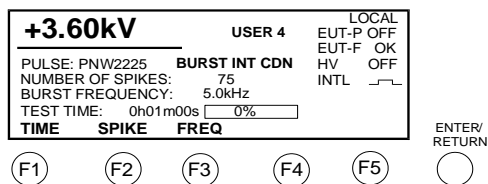
διαδοχικών παλμών. Οι δυνατές επιλογές είναι 20...99.999ms με βήματα 1ms. Μία συνεχής έγχυση παρασίτων θα συμβεί, αν η περίοδος επανάληψης είναι μικρότερη από το χρόνο διάρκειας της έγχυσης.

POLarity

Η πολικότητα εμφανίζεται στην οθόνη επιλεγμένη όταν πατήσουμε το μπουτόν F5. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι θετική (POSitive); αρνητική (NEGative); εναλλασσόμενη (ALternate). Η πολικότητα ελέγχει εάν ο παλμός που θα εφαρμοστεί είναι θετικός ή αρνητικός. Εάν επιλεγεί εναλλασσόμενη πολικότητα, τότε η δοκιμή θα διεξαχθεί χρησιμοποιώντας και τις δυο πολικότητες εναλλάξ, πρώτα τη θετική πολικότητα.

OPTION

Η μετάβαση στο υπό-μενού OPTION γίνεται πατώντας το μπουτόν F2.



ΣΧΗΜΑ Γ-11: Οθόνη προβολής στο υπο-μενού OPTION

TIME

Ο χρόνος διάρκειας του ελέγχου εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F1. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επιβεβαιώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές για τη διάρκεια του ελέγχου είναι 1...99999s σε βήματα του 1s (0h00m01s...27h46m39s).

SPIKE

Ο αριθμός των spikes εμφανίζεται επιλεγμένος στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F2. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επιβεβαιώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι 1...250 σε μονά βήματα.

FREQuency

Η συχνότητα εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F3. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επιβεβαιώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι 0,1...1000kHz σε βήματα του 0,1kHz μέχρι τα 10kHz, και σε βήματα του 1kHz από 10kHz ως 1000kHz. Η τιμή μπορεί να επιλεγεί και να αλλάξει κατά τη διάρκεια του ελέγχου.

Αποθήκευση ρυθμίσεων

Όλες οι παράμετροι, εκτός από το είδος της σύζευξης και τη σύνδεση του δοκιμίου με το δίκτυο, θα αποθηκευτούν αυτόματα μόλις πιάσουμε το ENTER ενώ είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER. Για λόγους ασφαλείας το δοκίμιο είναι πάντα εκτός λειτουργίας όταν η κύρια παροχή τεθεί εκτός [33].

Γ.1.4 Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050

Η γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050 [36] χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή δοκιμών σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-5 και έχει τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικών παλμών τάσης της μορφής 1,2/50μs με πλάτος 200V έως και 6,6kV, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτοκύκλωσης, και τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικού ρεύματος της μορφής 8/20μs με πλάτος έως και 3,3kA, όταν βρίσκεται σε κατάσταση βραχυκύκλωσης. Ο χειρισμός της γεννήτριας γίνεται μέσω της βασικής μονάδας NSG 2050.



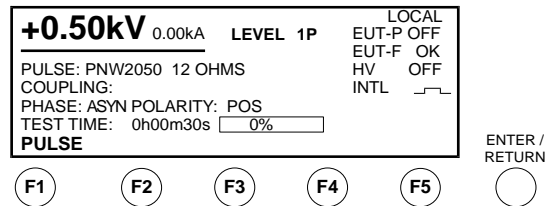
ΣΧΗΜΑ Γ-12: Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2050 και κεντρική μονάδα NSG 2050^[36]

Ρύθμιση παραμέτρων της PNW 2050 σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου IEC 61000-4-5

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος ρύθμισης, μέσω του NSG 2050, των χαρακτηριστικών της ακολουθίας των κρουστικών παλμών που θέλουμε να παράγει η γεννήτρια PNW 2050 κατά τη διάρκεια της δοκιμής:

A) Το μενού LEVEL

Μόλις ανοίξουμε το PNW 2050 και το NSG 2050 εμφανίζεται στην οθόνη προβολής (14) το παρακάτω μενού:



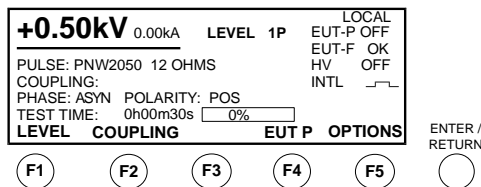
ΣΧΗΜΑ Γ-13: Οθόνη προβολής στο μενού LEVEL^[36]

PULSE

Πατώντας το μπουτόν F1 επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος PULSE. Με τη συγκεκριμένη παράμετρο μεταβάλλουμε την εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας, ανάλογα με το πρότυπο που θα ακολουθήσουμε στη δοκιμή. Οι δυνατές επιλογές είναι 2 Ohms; 12 Ohms; MAG FIELD. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επικυρώνεται πατώντας το μπουτόν ENTER/RETURN.

ENTER/RETURN

Το παρακάτω μενού εμφανίζεται πατώντας το μπουτόν ENTER.



ΣΧΗΜΑ Γ-14: Οθόνη προβολής μετά από την πίεση του μπουτόν ENTER^[36]

LEVEL

Το προεπιλεγμένο επίπεδο φαίνεται στην οθόνη πατώντας το μπουτόν F1, καθώς επίσης 8 επίπεδα χρήστη USER, στα οποία μπορούμε να έχουμε επιλέξει την εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας (2Ω ή 12Ω), την πολικότητα του παλμού και το πλάτος του παλμού. Επιλέγουμε το επίπεδο που επιθυμούμε με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και το επικυρώνουμε πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές επιπέδου είναι:

LEVEL 1P; LEVEL 1N; LEVEL 1A;

LEVEL 2P; LEVEL 2N; LEVEL 2A;

LEVEL 3P; LEVEL 3N; LEVEL 3A;

LEVEL 4P; LEVEL 4N; LEVEL 4A;

USER 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Κάθε επίπεδο ορίζει συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους της δοκιμής, όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

LEVEL	VOLTAGE	POLARITY	REPETITION	PHASE	NUMBER OF PULSES
1P	0.50kV	Positive	10s	Asynch.	5
1N	0.50kV	Negative	10s	Asynch.	5
1A	0.50kV	Alternate	10s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
2P	1kV	Positive	10s	Asynch.	5
2N	1kV	Negative	10s	Asynch.	5
2A	1kV	Alternate	10s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
3P	2kV	Positive	10s	Asynch.	5

3N	2kV	Negative	10s	Asynch.	5
3A	2kV	Alternate	10s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
4P	4kV	Positive	10s	Asynch.	5
4N	4kV	Negative	10s	Asynch.	5
4A	4kV	Alternate	10s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-15: Παράμετροι δοκιμής σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-5^[36]

Τα επίπεδα τάσης είναι σε συμφωνία με το πρότυπο IEC 61000-4-5. Για κάθε επίπεδο, η τάση εξόδου της γεννήτριας χαρακτηρίζεται από το πλάτος της (VOLTAGE), την πολικότητά της (POLARITY), το χρόνο επανάληψης (REPETITION), τη φάση σε σχέση με την ημιτονική τάση του δικτύου που τροφοδοτεί τη γεννήτρια (PHASE) και τον αριθμό των παλμών (NUMBER OF PULSES). Η πολικότητα μπορεί να είναι είτε θετική (Positive), είτε αρνητική (Negative), είτε εναλλασσόμενη (Alternate), και η φάση ασύγχρονη (Asynch.). Στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη (16) περισσότερο εμφανίζονται στην οθόνη οι επιλογές USER 1 έως 8. Εάν το επιθυμούμε επιλέγουμε USER και το επικυρώνουμε πατώντας το μπουτόν ENTER. Μόλις γίνει αυτό, επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος VOLTAGE (μπουτόν F3).

Σημείωση: Μόνο όταν είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER και με την χρήση των μπουτόν F1 έως και F5 είναι δυνατόν να αλλάξουν οι τιμές των παραμέτρων number, phase, repetition, polarity.

COUPLING

Η γραμμή σύζευξης επιλέγεται στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F2 και η συσκευή CDN 131/151 συνδεθεί με τη βασική μονάδα NSG 2050. Η επιθυμητή σύζευξη επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επικυρώνεται πατώντας το ENTER. Οι δυνατότητες επιλογής για το CDN 131 δίνονται παρακάτω:

- L1; N; PE

- L1; PE
- L1; N
- N; PE

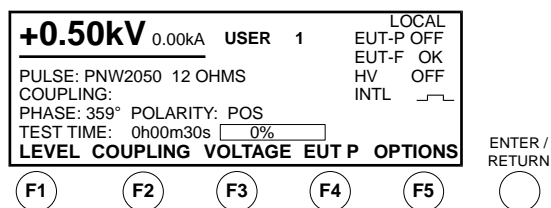
EUT-P

Το EUT-P προβάλλεται επιλεγμένο στην οθόνη όταν πιάσουμε το μπουτόν F4. Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Η λειτουργία του είναι να θέτει το δοκίμιο εντός ή εκτός λειτουργίας, και οι δυνατές επιλογές είναι ON και OFF.

OPTIONS

Το προηγούμενο μενού θα ξαναεμφανιστεί όταν πατήσουμε το μπουτόν F5 [36].

B) Το μενού USER



ΣΧΗΜΑ Γ-16: Οθόνη προβολής στο μενού USER^[36]

LEVEL

Το προεπιλεγμένο επίπεδο φαίνεται στην οθόνη όταν πιάσουμε το μπουτόν F1, καθώς επίσης και τα 8 επίπεδα χρήστη (USER), που αντιστοιχούν σε επίπεδα τάσης ανά αντίσταση γεννήτριας (2Ω, 12Ω). Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην παράγραφο Α, στο τμήμα LEVEL.

COUPLING

Η γραμμή σύζευξης επιλέγεται στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F2 και η συσκευή CDN 131/151 συνδεθεί με το NSG 2050. Η επιθυμητή σύζευξη επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας το ENTER. Οι δυνατές επιλογές για το CDN 131 δίνονται παρακάτω:

- L1; N; PE
- L1; PE
- L1; N
- N; PE

Ο κρουστικός παλμός θα εφαρμοστεί ανάμεσα στις γραμμές που θα επιλέξουμε μέσω της παραμέτρου COUPLING. Η επιλεγμένη σύζευξη ισχύει για όλες τις καταστάσεις λειτουργίας χρήστη, και επιπέδων.

VOLTAGE

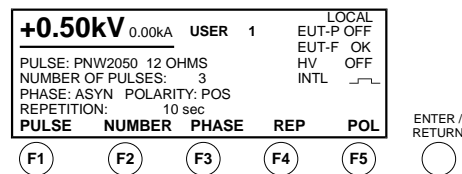
Μπορούμε να επιλέξουμε το επίπεδο (το οποίο φαίνεται στην οθόνη) πατώντας το μπουτόν F3 μόνο για κάποιον από τους οκτώ χρήστες (USER από 1 έως και 8). Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές τιμές της τάσης εξόδου της γεννήτριας είναι από 200V έως και 6,6kV με βήματα των 10V.

EUT-P

Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν στην παράγραφο Α, στο τμήμα EUT-P.

OPTION

Η μετάβαση στο υπο-μενού OPTION γίνεται πατώντας το μπουτόν F5. Αυτό το υπο-μενού είναι προσβάσιμο μόνο όταν έχουμε επιλέξει επίπεδο USER. Εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω μενού:



ΣΧΗΜΑ Γ-17: Οθόνη προβολής στο υπο-μενού OPTION^[36]

PULSE

Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν στην παράγραφο Α, τμήμα PULSE.

NUMBER

Ο τρέχων επιλεγμένος αριθμός των παλμών εμφανίζεται στην οθόνη όταν πιάσουμε το μπουτόν F2. Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Καθορίζουμε έτσι τον αριθμό των παλμών που θέλουμε να εφαρμοστούν στο δοκίμιο κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Οι δυνατές τιμές είναι 1...9999.

PHASE

Η φάση εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F4. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι ASYN; 0° ... 359° σε βήματα 1° μοίρας. Η γωνία αναφέρεται στη φασική γωνία της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της τάσης τροφοδοσίας του NSG 2050 (είσοδος συγχρονισμού (19)). Στην ασύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται ανεξάρτητα από την φασική γωνία. Στη σύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται με συγκεκριμένη φασική γωνία. Η φασική μετατόπιση στη σύγχρονη κατάσταση λειτουργίας του PNW 2050 μπορεί να κυμαίνεται έως και $\pm 25^{\circ}$ εξαιτίας της χρήσης μηχανικών ηλεκτρονόμων.

REPetition

Η περίοδος επανάληψης εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F4. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται με το ENTER. Με την παράμετρο repetition καθορίζουμε το χρονικό διάστημα (σε sec) μεταξύ διαδοχικών παλμών. Οι δυνατές επιλογές είναι 10...10.000sec με βήματα 1sec.

POLarity

Η πολικότητα εμφανίζεται στην οθόνη επιλεγμένη όταν πατήσουμε το μπουτόν F5. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι θετική (POSitive); αρνητική (NEGative); εναλλασσόμενη (ALternate). Η πολικότητα ελέγχει εάν ο παλμός που θα εφαρμοστεί είναι θετικός ή αρνητικός. Εάν επιλεγεί εναλλασσόμενη πολικότητα, τότε η δοκιμή θα διεξαχθεί

χρησιμοποιώντας και τις δυο πολικότητες εναλλάξ, πρώτα τη θετική πολικότητα. Εάν ο αριθμός των παλμών είναι περιττός, τότε οι παλμοί θετικής πολικότητας θα είναι κατά έναν περισσότεροι το πλήθος από τους παλμούς αρνητικής πολικότητας.

Αποθήκευση ρυθμίσεων

Όλες οι παράμετροι, εκτός από το είδος της σύζευξης και τη σύνδεση του δοκιμίου με το δίκτυο, θα αποθηκευτούν αυτόματα μόλις πιάσουμε το ENTER ενώ είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER. Για λόγους ασφαλείας το δοκίμιο είναι πάντα εκτός λειτουργίας όταν η κύρια παροχή τεθεί εκτός [36].

Γ.1.5 Γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051

Η γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 [37] έχει τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικών παλμών τάσης της μορφής 10/700μs με πλάτος 200V έως και 6,6kV, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτοκύκλωσης, και τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικού ρεύματος της μορφής 5/320μs με εύρος 13,3A-440A (15Ω εμπέδηση) και εύρος 5A-165A (40Ω εμπέδηση), όταν βρίσκεται σε κατάσταση βραχυκύκλωσης. Ο χειρισμός της γεννήτριας γίνεται μέσω της βασικής μονάδας NSG 2050.



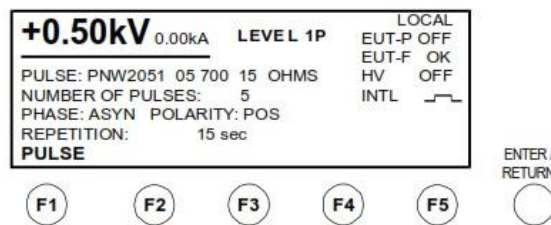
ΣΧΗΜΑ Γ-18: Γεννήτρια PNW 2051 και κεντρική μονάδα NSG 2050^[37]

Ρύθμιση παραμέτρων κρουστικών παλμών:

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος ρύθμισης, μέσω του NSG 2050, των χαρακτηριστικών της ακολουθίας των κρουστικών παλμών που θέλουμε να παράγει η γεννήτρια PNW 2051 κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

A) Το μενού LEVEL

Μόλις ανοίξουμε το PNW 2051 και το NSG 2050 εμφανίζεται στην οθόνη προβολής (14) το παρακάτω μενού:



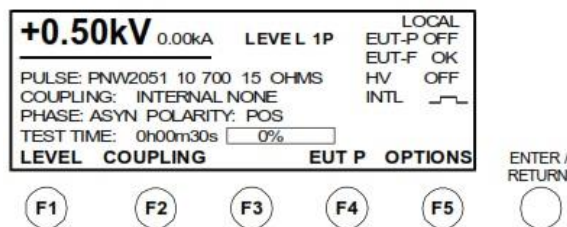
ΣΧΗΜΑ Γ-19: Οθόνη προβολής στο κύριο μενού^[37]

PULSE

Πατώντας το μπουτόν F1 επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος PULSE. Εμφανίζονται οι εξής 4 επιλογές: “0.5/700μs 15 Ohm”, “0.5/700μs 40 Ohm”, “10/700μs 15 Ohm”, “10/700μs 40 Ohm”. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη (16) ανάλογα με το ρυθμό ανόδου και την εσωτερική εμπέδηση που επιθυμούμε και επικυρώνεται πατώντας το μπουτόν ENTER/RETURN.

ENTER/RETURN

Το παρακάτω μενού εμφανίζεται πατώντας το μπουτόν ENTER.



ΣΧΗΜΑ Γ-20: Οθόνη προβολής στο μενού LEVEL

LEVEL

Το προεπιλεγμένο επίπεδο φαίνεται στην οθόνη πατώντας το μπουτόν F1, καθώς επίσης 8 επίπεδα χρήστη USER, στα οποία μπορούμε να έχουμε επιλέξει την πολικότητα του παλμού και το πλάτος του παλμού. Επιλέγουμε το επίπεδο που επιθυμούμε με τον περιστροφικό διακόπτη (16) και το επικυρώνουμε πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές επιπέδου είναι:

LEVEL 1P; LEVEL 1N; LEVEL 1A;

LEVEL 2P; LEVEL 2N; LEVEL 2A;

LEVEL 3P; LEVEL 3N; LEVEL 3A;

LEVEL 4P; LEVEL 4N; LEVEL 4A;

USER 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8

Κάθε επίπεδο ορίζει συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους της δοκιμής, όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

LEVEL	VOLTAGE	POLARITY	REPETITIVE	PHASE	NUMBER OF PULSES
1P	0.50kV	Positive	15s	Asynch.	5
1N	0.50kV	Negative	15s	Asynch.	5
1A	0.50kV	Alternate	15s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
2P	1kV	Positive	15s	Asynch.	5
2N	1kV	Negative	15s	Asynch.	5
2A	1kV	Alternate	15s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
3P	2kV	Positive	15s	Asynch.	5

3N	2kV	Negative	15s	Asynch.	5
3A	2kV	Alternate	15s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)
4P	4kV	Positive	15s	Asynch.	5
4N	4kV	Negative	15s	Asynch.	5
4A	4kV	Alternate	15s	Asynch.	5 (2 Pos; 3 Neg)

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ-21: Παράμετροι δοκιμής σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61000-4-5^[37]

Τα επίπεδα τάσης είναι σε συμφωνία με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 61000-4-5 (IEC 61000-4-5, 1000-4-5)/CCITT/NF C98-010.. Για κάθε επίπεδο, η τάση εξόδου της γεννήτριας χαρακτηρίζεται από το πλάτος της (VOLTAGE), την πολικότητά της (POLARITY), το χρόνο επανάληψης (REPETITION), τη φάση σε σχέση με την ημιτονική τάση του δικτύου που τροφοδοτεί τη γεννήτρια (PHASE) και τον αριθμό των παλμών (NUMBER OF PULSES). Η πολικότητα μπορεί να είναι είτε θετική (Positive), είτε αρνητική (Negative), είτε εναλλασσόμενη (Alternate), και η φάση ασύγχρονη (Asynch.). Στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη (16) περισσότερο εμφανίζονται στην οθόνη οι επιλογές USER 1 έως 8. Εάν το επιθυμούμε επιλέγουμε USER και το επικυρώνουμε πατώντας το μπουτόν ENTER. Μόλις γίνει αυτό, επιλέγεται στην οθόνη η παράμετρος VOLTAGE (μπουτόν F3).

Σημείωση: Μόνο όταν είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER και με την χρήση των μπουτόν F1 έως και F5 είναι δυνατόν να αλλάξουν οι τιμές των παραμέτρων number, phase, repetition, polarity.

COUPLING

Η επιλογή COUPLING είναι απενεργοποιημένη στη συγκεκριμένη περίπτωση. Η σύζευξη πραγματοποιείται πάντα μέσω των εξόδων HIGH/LOW της βασικής μονάδας NSG 2050.

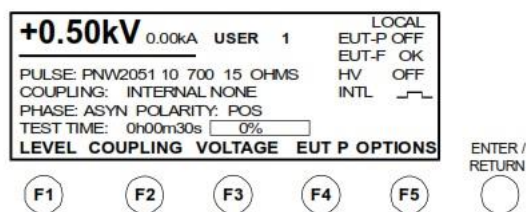
EUT-P

Η επιλογή EUT-P δεν εφαρμόζεται στη συγκεκριμένη περίπτωση διότι ο παλμός παράγεται πάντα στις εξόδους HIGH/LOW της βασικής μονάδας NSG 2050. Σε περίπτωση χρήσης του CDN 131/151 για την ηλεκτρική τροφοδοσία του δοκιμίου μπορεί να γίνει χρήση της λειτουργίας EUT-P.

OPTIONS

Το προηγούμενο μενού θα ξαναεμφανιστεί όταν πατήσουμε το μπουτόν F5 [37].

B) Το μενού USER



ΣΧΗΜΑ Γ-22: Οθόνη προβολής στο μενού USER^[37]

LEVEL

Το προεπιλεγμένο επίπεδο φαίνεται στην οθόνη όταν πιάσουμε το μπουτόν F1, καθώς επίσης και τα 8 επίπεδα χρήστη (USER). Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν αναλυτικά στην παράγραφο Α, στο τμήμα LEVEL.

COUPLING

Η επιλογή COUPLING είναι απενεργοποιημένη στη συγκεκριμένη περίπτωση. Η σύζευξη πραγματοποιείται πάντα μέσω των εξόδων HIGH/LOW της βασικής μονάδας NSG 2050.

VOLTAGE

Μπορούμε να επιλέξουμε το επίπεδο (το οποίο φαίνεται στην οθόνη) πατώντας το μπουτόν F3 μόνο για κάποιον από τους οκτώ χρήστες (USER από 1 έως και 8). Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας

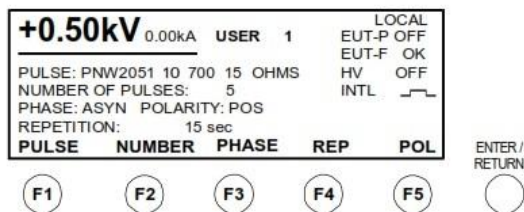
ENTER. Οι δυνατές τιμές της τάσης εξόδου της γεννήτριας είναι από 200V έως και 6,6kV με βήματα των 10V.

EUT-P

Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν στην παράγραφο Α, στο τμήμα EUT-P.

OPTION

Η μετάβαση στο υπο-μενού OPTION γίνεται πατώντας το μπουτόν F5. Αυτό το υπο-μενού είναι προσβάσιμο μόνο όταν έχουμε επιλέξει επίπεδο USER. Εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω μενού:



ΣΧΗΜΑ Γ-23: Οθόνη προβολής στο μενού OPTION^[37]

PULSE

Ισχύουν εδώ όσα περιγράφηκαν στην παράγραφο Α, τμήμα PULSE, της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

NUMBER

Ο τρέχων επιλεγμένος αριθμός των παλμών εμφανίζεται στην οθόνη όταν πιέσουμε το μπουτόν F2. Η επιθυμητή τιμή επιλέγεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Καθορίζουμε έτσι τον αριθμό των παλμών που θέλουμε να εφαρμοστούν στο δοκίμιο κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Οι δυνατές τιμές είναι 1...9999.

PHASE

Η φάση εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F4. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές

επιλογές είναι ASYN; 0⁰...359⁰ σε βήματα 1⁰ μοίρας. Η γωνία αναφέρεται στη φασική γωνία της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της τάσης τροφοδοσίας του NSG 2050 (είσοδος συγχρονισμού (19)). Στην ασύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται ανεξάρτητα από την φασική γωνία. Στη σύγχρονη κατάσταση λειτουργίας οι παλμοί θα στέλνονται με συγκεκριμένη φασική γωνία. Η φασική μετατόπιση στη σύγχρονη κατάσταση λειτουργίας του PNW 2051 μπορεί να κυμαίνεται έως και ±25⁰ εξαιτίας της χρήσης μηχανικών ηλεκτρονόμων.

REPetition

Η περίοδος επανάληψης εμφανίζεται επιλεγμένη στην οθόνη όταν πατήσουμε το μπουτόν F4. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται με το ENTER. Με την παράμετρο repetition καθορίζουμε το χρονικό διάστημα (σε sec) μεταξύ διαδοχικών παλμών. Οι δυνατές επιλογές είναι 15...10.000sec με βήματα 1sec.

POLarity

Η πολικότητα εμφανίζεται στην οθόνη επιλεγμένη όταν πατήσουμε το μπουτόν F5. Η επιλογή γίνεται με τον περιστροφικό διακόπτη και επικυρώνεται πατώντας ENTER. Οι δυνατές επιλογές είναι θετική (POSitive); αρνητική (NEGative); εναλλασσόμενη (ALternate). Η πολικότητα ελέγχει εάν ο παλμός που θα εφαρμοστεί είναι θετικός ή αρνητικός. Εάν επιλεγεί εναλλασσόμενη πολικότητα, τότε η δοκιμή θα διεξαχθεί χρησιμοποιώντας και τις δυο πολικότητες εναλλάξ, πρώτα τη θετική πολικότητα. Εάν ο αριθμός των παλμών είναι περιττός, τότε οι παλμοί θετικής πολικότητας θα είναι κατά έναν περισσότεροι το πλήθος από τους παλμούς αρνητικής πολικότητας.

Αποθήκευση ρυθμίσεων

Όλες οι παράμετροι, εκτός από το είδος της σύζευξης και τη σύνδεση του δοκιμίου με το δίκτυο, θα αποθηκευτούν αυτόματα μόλις πιάσουμε το ENTER ενώ είμαστε στην κατάσταση λειτουργίας USER. Για λόγους ασφαλείας το δοκίμιο είναι πάντα εκτός λειτουργίας όταν η κύρια παροχή τεθεί εκτός [37].

Γ.2 Γεννήτρια TRA3000

Γ.2.1 Εμπρόσθιο μέρος

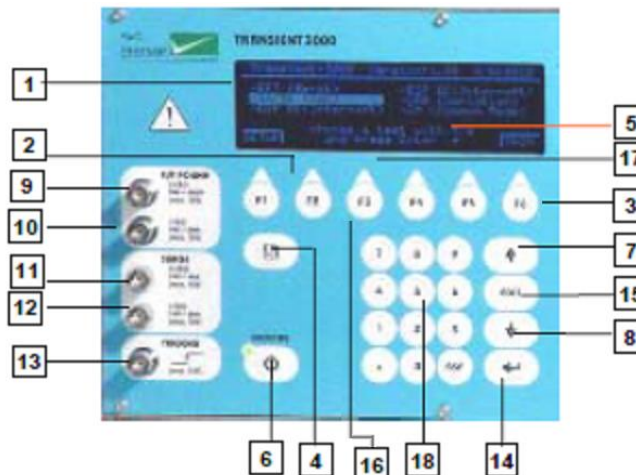


ΣΧΗΜΑ Γ-24: Εμπρόσθιο μέρος συσκευής TRA3000^[34]

Η βασική μονάδα TRA3000 [34] χωρίζεται σε δύο μέρη : (α) Πίνακας ελέγχου και (β) Πίνακας λειτουργιών

Α) Πίνακας ελέγχου

Ο έλεγχος της συσκευής TRA3000 γίνεται μέσω εσωτερικού υπολογιστή. Ο υπολογιστής ελέγχει τις EMC δοκιμές, αποθηκεύει τα δεδομένα εισόδου, ανανεώνει την οθόνη, ελέγχει κατά πόσο οι τιμές που εισάγει ο χρήστης είναι επιτρεπτές ή όχι, αποθηκεύει το πρόγραμμα και προετοιμάζει τις αναφορές της δοκιμής. Ο χειριστής επικοινωνεί με την TRA3000 μέσω των μπουτόν αριθμών εισόδου, της οθόνης και των πλήκτρων.

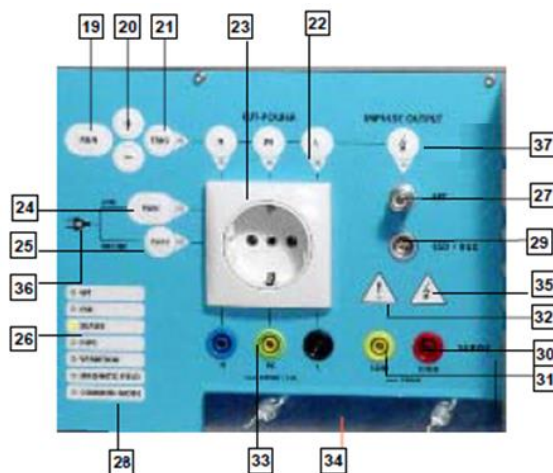


ΣΧΗΜΑ Γ-25: Πίνακας ελέγχου συσκευής TRA3000^[34]

- (1) Οθόνη
- (2,3) Έξι πλήκτρα μας δίνουν τη δυνατότητα αλλαγής σε διαφορετικά μενού.

- (4) Μπουτόν USB. Όλα τα στοιχεία των υπηρεσιών αποθηκεύονται στο USB stick όταν εισαχθεί στο πίσω μέρος της συσκευής και στη θύρα «USB Port».
- (5) Γραμμή διαλόγου εντός της οθόνης. Υποδεικνύει το εύρος που μπορεί να επιλεγθεί ή ποιο επόμενο βήμα πρέπει να γίνει.
- (6) Μπουτόν ON/STBY. Με αυτό το μπουτόν η συσκευή τίθεται εντός και εκτός λειτουργίας. Σε κατάσταση εκτός λειτουργίας, ο έλεγχος και τα σήματα είναι απενεργοποιημένα. Σε αυτή την κατάσταση η κατανάλωση ενέργειας είναι τουλάχιστον 5 W.
- (7,8) Μπουτόν UP/DOWN. Αυτά τα δύο μπουτόν δίνουν τη δυνατότητα κίνησης του κέρσορα πάνω ή κάτω στα μενού.
- (9,10) EUT POWER. Έξοδοι (BNC) μέτρησης τάσης και ρεύματος συσκευής υπό δοκιμή, με μέγιστη τάση 12 V και μέγιστο ρεύμα 12 A.
- (11,12) SURGE. Έξοδοι μέτρησης τάσης και ρεύματος σε δοκιμή SURGE.
- (13) Trigger output. Έξοδος σήματος σκανδαλισμού παλμογράφου.
- (14) Μπουτόν ENTER. Τερματίζει κάθε εισαγωγή δεδομένων και ενεργοποιεί την επιλεγμένη λειτουργία.
- (15) Μπουτόν EDIT. Αυτό το μπουτόν ενεργοποιεί τη γραμμή διαλόγου και ανοίγει παράθυρα για διαμόρφωση δεδομένων.
- (16,17) Μπουτόν F1-F6. Τα μπουτόν F1 ως F6 αντιστοιχούν στη λειτουργία που φαίνεται πάνω από αυτά στην οθόνη.
- (18) Αριθμητικός πίνακας ελέγχου. Αν ο κέρσορας είναι ενεργοποιημένος σε μία γραμμή της οθόνης, τότε δεδομένα μπορούν να εισαχθούν με το πληκτρολόγιο αριθμών. Κάθε δεδομένου εισόδου πρέπει να τερματίζεται με το μπουτόν ENTER. Το μπουτόν BSP (Backspace) επιτρέπει διόρθωση λανθασμένων δεδομένων εισόδου.

B) Πινάκας λειτουργιών



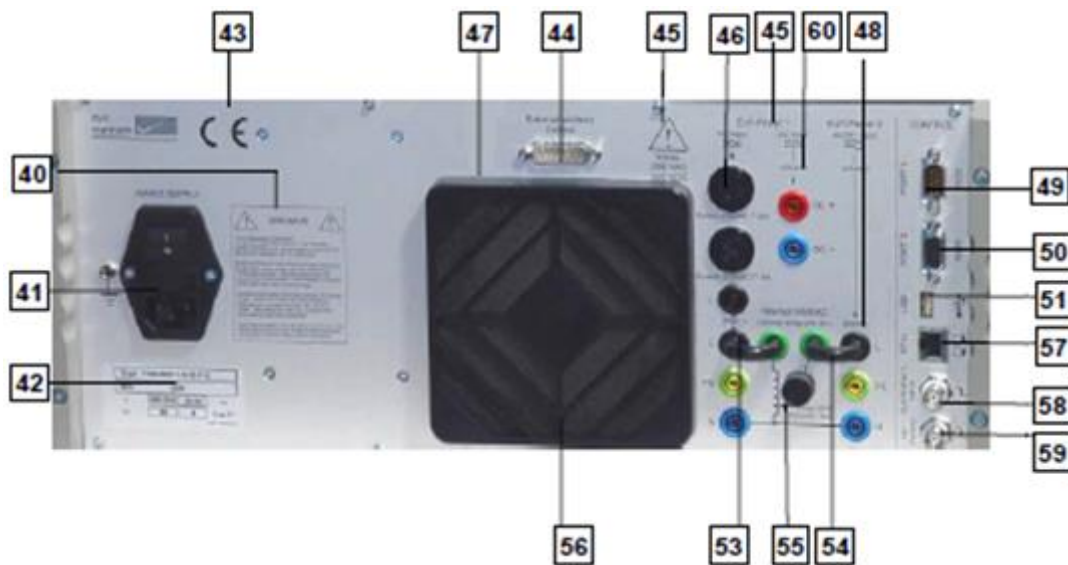
ΣΧΗΜΑ Γ-26: Πίνακας λειτουργιών συσκευής TRA3000^[34]

- (19) Μπουτόν RUN. Έναρξη ή τερματισμός μιας δοκιμής.
- (20) Μπουτόν +/-.
- (21) Μπουτόν Manual Trigger. Όταν προγραμματίζεται χειροκίνητο trigger και ο χειριστής είναι έτοιμος αυτό θα υποδεικνύεται από το LED δίπλα στο μπουτόν αυτό. Μόλις το σήμα εμφανιστεί και το LED φωτιστεί ο παλμός μπορεί να «ελευθερωθεί» πατώντας το μπουτόν Manual Trigger.
- (22) Τα τέσσερα LED δείχνουν ποιο μονοπάτι δέχεται τη διαταραχή. Οι τρεις γραμμές της τροφοδοσίας του δοκιμίου ή οι απευθείας έξοδοι υψηλής τάσης. Τα σήματα εμφανίζονται μόλις ενεργοποιηθεί η δοκιμή. Με τα μπουτόν πάνω από τις ενδείξεις των LED, το μονοπάτι σύζευξης μπορεί να αλλαχθεί και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.
- (23,33) Μονοφασική πρίζα σούκο (23) ή πρίζα τύπου μπανάνα (banana plug type) (33). Όταν υπερτίθεται η διαταραχή στη γραμμή τροφοδοσίας του δοκιμίου, τότε το δοκίμιο πρέπει να είναι ενωμένο στην υποδοχή (23).
- (24) Μπουτόν LINE PWR1. Με αυτό το μπουτόν η τροφοδοσία του δοκιμίου τίθενται εντός ή εκτός λειτουργίας στην καθορισμένη φασική γωνία.
- (25) Μπουτόν Variac (μεταβλητός αυτομετασχηματιστής). Το μπουτόν αυτό θέτει σε λειτουργία την τροφοδοσία του δοκιμίου από το Variac. Όταν η τροφοδοσία του δοκιμίου γίνεται από την είσοδο (48) (βλ. Εικόνα X) π.χ. εσωτερικό ή εξωτερικό Variac, αυτό θα υποδεικνύεται από το LED (25).
- (26,28) Το σήμα που φωτίζει το LED δείχνει ποια από τις πιθανές επτά δοκιμές έχει επιλεγεί: ESD, EFT, SURGE, DIPS, Variation, Magnetic Field, Common Mode. Ένα συνεχές σήμα δείχνει ποια δοκιμή έχει επιλεγεί για ρύθμιση, ενώ ένα σήμα που αναβοσβήνει δείχνει ποια δοκιμή πραγματοποιείται.
- (27) Αυτή η έξοδος χρειάζεται για την πραγματοποίηση δοκιμών με εξωτερικό χωρητικό clamp σύζευξης ή ένα επιπλέον δίκτυο σύζευξης/απόζευξης.
- (29) Εδώ μπορεί να συνδεθεί η συσκευή EXT-TRA3000 E για τη δοκιμή ηλεκτροστατικής εκφόρτισης (ESD).
- (30,31) Εδώ μπορεί να συνδεθεί η συσκευή σύζευξης SURGE ή τριφασικά δίκτυα σύζευξης/απόζευξης. Αυτές οι έξοδοι είναι σηματοδεδεμένες με «low» και «high». Η έξοδος «low» δεν είναι γειωμένη και μια μέγιστη εξωτερική τάση 280 V ac μπορεί να συνδεθεί όπως περιγράφεται στο εμπρόσθιο μέρος.
- (32) Αυτό το σήμα προτρέπει τον χειριστή να μελετήσει τον οδηγό της συσκευής.
- (34) Σύνδεση γείωσης. Για δοκιμές παρεμβολών υψηλών συχνοτήτων, όπως EFT, μια μεγάλη επιφάνεια γείωσης είναι απαραίτητη. Ο ακροδέκτης γείωσης του

TRA3000 επιτρέπει να υπάρχει μικρή επαγωγικότητα σύνδεσης γείωσης μεταξύ του εξοπλισμού δοκιμής και του εδαφικού επιπέδου αναφοράς.

- (35) Εδώ επισημάνεται ότι υπάρχει υψηλή τάση στην πρίζα EFT BNC και SURGE (MC plugs).
- (36) Όταν μια τάση μεγαλύτερη των 30 V εφαρμόζεται στην είσοδο EUT Power 1 στο πίσω μέρος του TRA3000, ο συγχρονισμός θα αναφέρεται στην τροφοδοσία της τάσης. Το LED (36) δείχνει κατά πόσο ο συγχρονισμός βασίζεται στην τροφοδοσία τάσης του δοκιμίου ή όχι. Σε τάσεις μικρότερες των 30 V ο συγχρονισμός βασίζεται στη γραμμή τροφοδοσίας του TRA3000 (41). Εάν η φάση και ο ουδέτερος εναλλαχθούν, καμία ένδειξη δεν θα εμφανίζεται.
- (37) Ενεργοποίηση εξόδου για την πραγματοποίηση δοκιμών με εξωτερικό χωρητικό clamp σύζευξης ή ένα επιπλέον δίκτυο σύζευξης/απόζευξης.

Γ.2.2 Πίσω μέρος



ΣΧΗΜΑ Γ-27: Πίσω μέρος συσκευής TRA3000^[34]

- (40) Προειδοποιήσεις.
- (41) Τροφοδοσία συσκευής TRA3000 (Κατανάλωση: ελάχιστο < 75 VA, μέγιστο < 150 W, standby < 1 W).
- (42) Σημαντικές πληροφορίες τροφοδοσίας και ο σειριακός αριθμός της συσκευής.
- (43) Ένδειξη CE.

- (44) External Variac Control, external synchronization. Με αυτή την ειδική υποδοχή, το εξωτερικό variac μπορεί να ελέγχεται από το TRA3000. Το εξωτερικό variac χρειάζεται για δοκίμια ($>12\text{ A}$) και μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας ($>5\text{ A}$).
- (45) Αυτό το σήμα προτρέπει τον χειριστή να μελετήσει τον οδηγό της συσκευής.
- (46,53) Είσοδοι του EUT Power 1. Όλοι οι υποδοχείς εισόδου και οι ασφάλειες για το EUT Power 1 βρίσκονται στη γραμμή (46). Οι δύο ασφάλειες των 16 A για τη φάση και τον ουδέτερο βρίσκονται πάνω σε αυτή τη γραμμή και κάτω (53) είναι οι τρεις γραμμές σύνδεσης για την τροφοδοσία του δοκιμίου (EUT power supply). Για τη φάση, υπάρχουν δύο υποδοχείς για την σύνδεση εσωτερικού variac στην τροφοδοσία. Για λειτουργία εξωτερικού variac, η γέφυρα (53) και (54) αφαιρείται.
- (47,56) Εξαεριστήρας. Εσωτερικά η συσκευή TRA3000 εξαερίζεται καθώς αυτό είναι απαραίτητο για τις εσωτερικές συσκευές και δίκτυα διαμόρφωσης παλμού και τους ηλεκτρονικούς διακόπτες υψηλών τάσεων. Πρέπει να υπάρχει απόσταση τουλάχιστον 20 cm μεταξύ του πίσω μέρους της συσκευής και οποιουδήποτε τοίχου και απόσταση τουλάχιστον 3 cm μεταξύ των πλευρών της συσκευής και οποιουδήποτε άλλου τοίχου ή εξοπλισμού.
- (48) Είσοδοι του EUT Power 2. Είσοδος για το επίπεδο διαταραχής κατά τη διάρκεια διακοπτικών φαινομένων. Όταν μια εξωτερική πηγή, π.χ. εξωτερικό variac ή εξωτερική ac/dc πηγή χρησιμοποιείται, τότε αυτή η εξωτερική πηγή πρέπει να συνδέεται σε αυτές τις εισόδους.
- Δεδομένα τροφοδοσίας a.c.: $20\text{ V} \div 250\text{ V}$, 16 A .
- Δεδομένα τροφοδοσίας d.c.: $20\text{ V} \div 300\text{ V}$, 10 A .
- (49) Interface “Port 1” RS232 for controller PC. Η θύρα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση της συσκευής TRA3000 με εξωτερικό υπολογιστή ώστε να γίνεται ο έλεγχος της μέσω αυτού.
- (50) Interface “Port 1” RS485 for controlling external coupling networks or checking the EUT failed status. Μέσω αυτής της θύρας μπορεί να ελέγχεται το μονοπάτι σύζευξης εξωτερικού δικτύου σύζευξης/απόζευξης ή να ελέγχεται η κατάσταση αποτυχίας του δοκιμίου.
- (51) USB Port. Θύρα για την αποθήκευση των δεδομένων σε USB stick.
- (55) Internal Variac. Για τις δοκιμές Interruption και Variation χρειάζονται διαφορετικές τάσεις. Η συσκευή TRA3000 έχει εσωτερικό variac συνεχούς ρεύματος 6 A . Κατά την αποστολή της συσκευής δύο γέφυρες είναι ενωμένες στις θύρες (53) (54). Το variac προστατεύεται με τις δικές του ασφάλειες. Για λειτουργία εξωτερικού variac, Οι δύο γέφυρες πρέπει να αφαιρεθούν.

- (57) Ethernet remote control. Θύρα Ethernet για τον έλεγχο της συσκευής TRA3000 με εξωτερικό υπολογιστή και τη χρήση του προγράμματος GENECS-TRA.
- (58) Emergency stop. Όταν η είσοδος «emergency stop» είναι ενεργοποιημένη, τότε η δοκιμή και η τροφοδοσία του δοκιμίου διακόπτεται αμέσως. Η τροφοδοσία της συσκευής TRA3000 δεν θα απενεργοποιηθεί. Η κατάσταση «emergency stop», η οποία αντιστοιχεί σε 0 V στην είσοδο, θα υποδεικνύεται στον πίνακα ελέγχου.
- (59) EUT Failed Input. Αυτή η είσοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα απλό κανάλι διαπίστωσης κατά πόσο το δοκίμιο έπτυχε ή απέτυχε στη δοκιμή.
- (60) EUT Power 1 d.c. input. Για d.c. τροφοδοσία του δοκιμίου τότε πρέπει να γίνεται χρήση των εισόδων (60). Η είσοδος EUT Power 1 d.c δεν προστατεύεται με ασφάλεια. Η πολικότητα + και - πρέπει να εκτιμάται. Ο διακόπτης PWR1 λειτουργεί μόνο όταν η εξωτερική d.c. τροφοδοσία είναι σωστά συνδεδεμένη στις εισόδους + και -. Δεδομένα τροφοδοσίας: 20 V ÷ 300 V, 10 A.

Γ.2.3 Ρύθμιση παραμέτρων της TRA3000 σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Προτύπου IEC 61000-4-4

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος ρύθμισης, μέσω της TRA3000, των χαρακτηριστικών των γρήγορων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων και των απότομων εκφορτίσεων που θέλουμε να παράγει κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Παράμετροι V-peak, Polarity, Test-time, Spike Frequency, Burst Duration, Repetition:

Μόλις ενεργοποιήσουμε (1) τη συσκευή TRA3000 εμφανίζεται στην οθόνη προβολής (6) το παρακάτω μενού:



ΣΧΗΜΑ Γ-28: Οθόνη προβολής κύριου μενού^[34]

Εφόσον επιλέξουμε τη δοκιμή που θα πραγματοποιήσουμε πατώντας το μπουτόν ENTER (14) εμφανίζονται οι παράμετροι της δοκιμής που μπορούμε να ρυθμίσουμε.



ΣΧΗΜΑ Γ-29: Οθόνη προβολής μενού EFT Main 1/3^[34]

Όταν πατήσουμε το μπουτόν EDIT (15) η γραμμή διαλόγου υποδεικνύει το πιθανό εύρος όπως συχνότητα, Volt, χρόνο κτλ για τη συσκευή TRA3000.

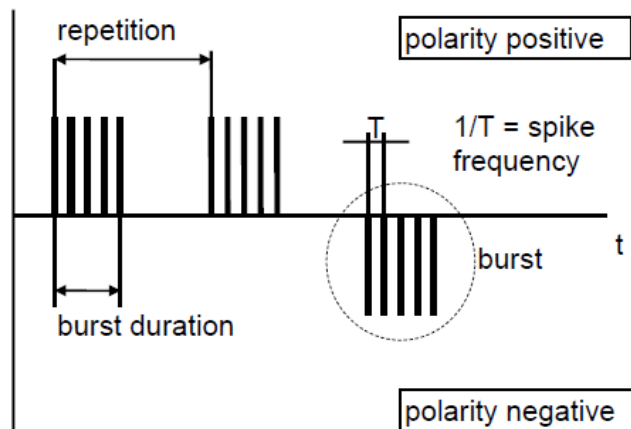


ΣΧΗΜΑ Γ-30: Γραμμή διαλόγου πιθανών τιμών^[34]

Αφού επιλέξουμε την τιμή για τη παράμετρο που θα ρυθμίζουμε πατάμε το μπουτόν ENTER (14).

Οι παράμετροι που ρυθμίζονται στο μενού «EFT Main 1/3» καθώς και τα όρια των τιμών τους είναι τα ακόλουθα:

- V-peak: Κορυφή τάσης (Ρυθμιζόμενο εύρος τάσης 250V÷4400V)
- Polarity: Πολικότητα (Θετική/Αρνητική)
- Test-time: Διάρκεια δοκιμής
- Spike Freq: Συχνότητα spikes (1kHz÷1MHz)
- Burst Dur.: Διάρκεια διαταραχής (0.001ms÷30ms)
- Repetition: Επανάληψη διαταραχής (1ms÷1000ms)



ΣΧΗΜΑ Γ-31: Ορισμός παραμέτρων για τη δοκιμή EFT^[34]

Οι παράμετροι Repetition, Burst Duration, Spike Frequency συνδυάζονται με τον αριθμό των spikes ανά seconds (Spike Rate):

$$\text{Spike rate [Spikes/sec]} = (\text{Burst duration [ms]} / \text{Repetition [ms]}) \times \text{Spike frequency [kHz]} \times 1000$$

Αυτή η εξίσωση ορίζεται μόνο όταν το Burst duration είναι μικρότερο από το Repetition. Εάν το Burst duration είναι ίσο με το Repetition, τότε το Spike rate θα είναι ίσο με το Spike frequency (συνεχόμενη διαταραχή).

$$\text{Spikes ανά διαταραχή} = \text{Burst duration [ms]} \times \text{Spike frequency [kHz]}$$

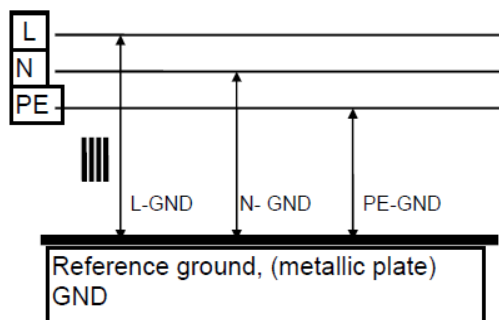
Μονοπάτι σύζευξης

Πατώντας το μπουτόν “More” (F6) στην οθόνη θα εμφανιστεί:



ΣΧΗΜΑ Γ-32: Μενού EFT MAIN 2/3 - Επιλογή του μονοπατιού σύζευξης^[34]

Η επιλογή του μονοπατιού σύζευξης γίνεται εφόσον θέσουμε τον κέρσορα στο κατάλληλο μονοπάτι σύζευξης, επιλέξουμε ON ή OFF και επιβεβαιώσουμε αυτή την επιλογή πατώντας το μπουτόν ENTER.



ΣΧΗΜΑ Γ-33: Ορισμός μονοπατιού σύζευξης^[34]

Όταν ενεργοποιηθούν πάνω από ένα μονοπάτια σύζευξης, τότε θα επιλέγονται βήμα - βήμα. Η σειρά που θα ενεργοποιούνται αντιστοιχεί στη σειρά που φαίνονται στο “Main Menu”. Στην περίπτωση που η εντολή “Impulse-Out” είναι σε θέση “ON” οι παλμοί burst μένουν σε υψηλή τάση. Το χωρητικό clamp σύζευξης είναι δυνατό να συνδεθεί στην έξοδο υψηλής τάσης EFT, με υπέρθεση του EFT στη γραμμή δεδομένων.

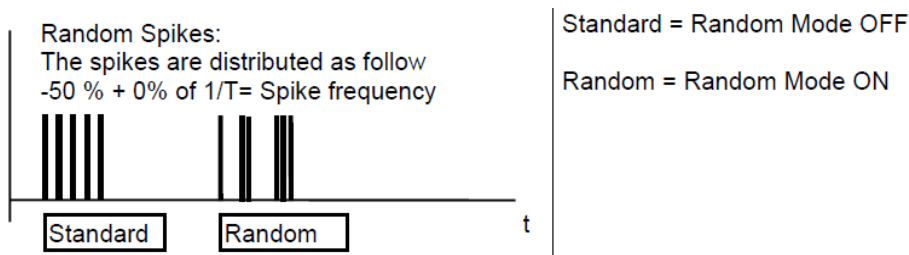
Τυχαία SPIKES

Πατώντας ξανά το μπουτόν “More” (F6) στην οθόνη θα εμφανιστεί:



ΣΧΗΜΑ Γ-34: Μενού EFT MAIN 3/3 - Τυχαία spikes^[34]

Τυχαία κατανεμημένα spikes μπορούν να μειώσουν δραστικά το χρόνο δοκιμής, ειδικά για ψηφιακά κυκλώματα. Τα «αδύναμα» σημεία της υπό δοκιμή συσκευής βρίσκονται πολύ γρήγορα.



ΣΧΗΜΑ Γ-35: Ορισμός τυχαίων spikes^[34]

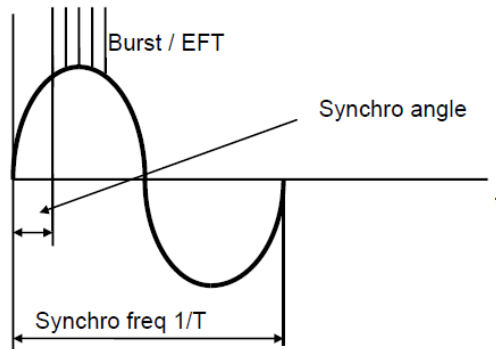
Συγχρονισμός ενός burst (Sychro)

Όταν επιλεγθεί στο συγχρονισμό (Sychro) η κατάσταση “power”, τότε ο συγχρονισμός θα είναι στη συχνότητα τροφοδοσίας της συσκευής υπό δοκιμή.



ΣΧΗΜΑ Γ-36: Μενού EFT MAIN 3/3 - Συγχρονισμός τροφοδοσίας των bursts^[34]

Πατώντας “Manual Trigger” ένα burst θα «ελευθερωθεί».



ΣΧΗΜΑ Γ-37: Ορισμός συγχρονισμού^[34]

Η επιλογή στο συγχρονισμό (Sychro) της κατάστασης “power” θα εμφανίζεται στο “Sychro Deg.” στην οθόνη ρύθμισης παραμέτρων για τη δοκιμή EFT.



ΣΧΗΜΑ Γ-38: Επιλογή “Sychro Deg.” στην οθόνη ρύθμισης παραμέτρων για τη δοκιμή EFT^[34]

EFT Ramp

Εάν επιλεγθούν πολλαπλά μονοπάτια σύζευξης, η “ramp” θα εκτελείται για κάθε

μονοπάτι σύζευξης, π.χ. L-GND, N-GND, PE-GND.

Με το μπουτόν F4 επιλέγουμε τη ρύθμιση της “Ramp”.



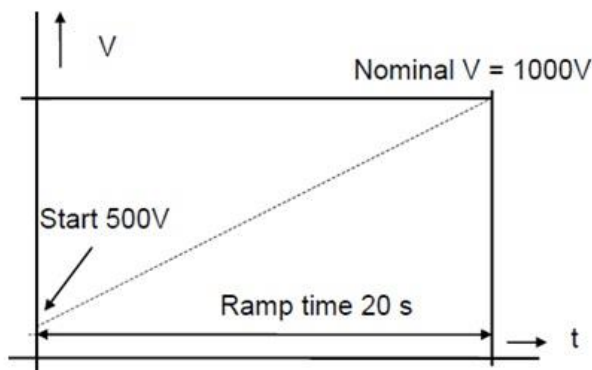
ΣΧΗΜΑ Γ-39: Ρύθμιση EFT ramp^[34]

Όταν επιλέξουμε “V-peak” τότε μπορούμε να ρυθμίσουμε την αρχική και τελική τιμή της τάσης καθώς και το χρόνο της “ramp”.



ΣΧΗΜΑ Γ-40: Επιλογή Ramp Kind V-peak^[34]

Ramp: Πλάτος spike (τάση)



ΣΧΗΜΑ Γ-41: Παράδειγμα ορισμού ramp^[34]

Στο Σχήμα Γ-41, η τάση θα αυξηθεί από 500 V σε 1000 V μέσα σε 20 sec. Τα βήματα ή η ανάλυση της ramp εξαρτάται από το χρόνο της ramp και από τη διαφορά μεταξύ της ονομαστικής V (V nominal) τάσης και της αρχικής V (V-peak start).

Ramp: Spike Frequency

Τα βήματα ή η ανάλυση της ramp εξαρτάται από το χρόνο της και τη διαφορά στη συχνότητα μεταξύ της ονομαστικής και αρχικής τιμής. Ο επιλεγμένος αριθμός των spikes (=10) ανά burst είναι σταθερός. Ως επακόλουθο η διάρκεια του burst μειώνεται

αυξάνοντας τη συχνότητα των spikes. Η ενέργεια που περικλείεται σε ένα burst είναι σταθερή. Η σταθερή αυτή ενέργεια απλοποιεί την ανάλυση σε περίπτωση αποτυχίας του δοκιμίου. Κι αυτό γιατί σε περίπτωση αποτυχίας σε υψηλή συχνότητα, η αποτυχία σχετίζεται με τη συχνότητα και όχι με την ενέργεια. Η διάρκεια του burst δεν είναι πλέον εφαρμόσιμη.

Ramp: Burst duration ramp

Όταν εξετάζονται αναλογικά κυκλώματα, η ενέργεια ανά burst είναι σημαντική. Με το burst duration ramp, ο αριθμός των spikes θα αυξάνεται συνεχόμενα και επομένως η ενέργεια. Εάν στο κύκλωμα ενσωματώνονται RC δίκτυα, π.χ. φίλτρα, η ενέργεια διαταραχής μπορεί να οριστεί με αυτό τον τρόπο.

Ramp: Synchronisation angle

Με αυτή τη ρύθμιση, η γωνία συγχρονισμού προσαρμόζεται συνεχόμενα από την αρχική γωνία στην τελική γωνία που θα επιλέξουμε [34].

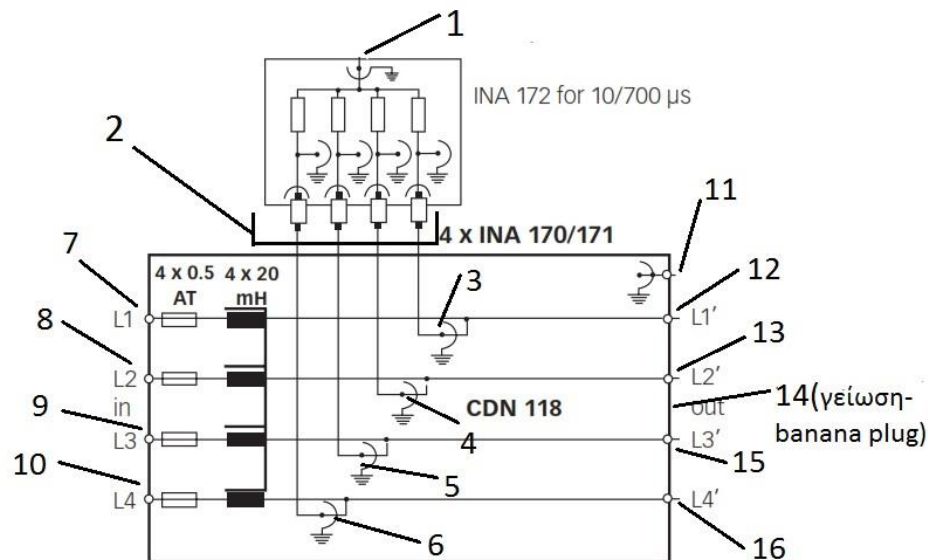
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Διακρίβωση της γεννήτριας υπερτάσεων (10/700μs) PNW 2051

Η γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 έχει τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικών παλμών τάσης της μορφής 10/700μs με πλάτος 200V έως και 6,6kV, όταν βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτοκύκλωσης, και τη δυνατότητα παραγωγής κρουστικού ρεύματος της μορφής 5/320μs με εύρος 13,3A-440A (15Ω εμπέδηση) και εύρος 5A-165A (40Ω εμπέδηση), όταν βρίσκεται σε κατάσταση βραχυκύκλωσης. Ο χειρισμός της γεννήτριας γίνεται μέσω της βασικής μονάδας NSG 2050.

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται οι διαδικασίες διακρίβωσης των κυματομορφών τάσης [50] και ρεύματος [50] της γεννήτριας με τη χρήση του δικτύωματος σύζευξης της Schaffner CDN 118.

Δ.1 Διεξαγωγή διακρίβωσης της μορφής της τάσης: PNW 2051 και CDN 118



ΣΧΗΜΑ Δ-1: CDN 118^[38]

1. Καταγράφουμε στο αρχείο διακρίβωσης:

- το προς διακρίβωση όργανο,
 - την ημερομηνία της διακρίβωσης,
 - τα όργανα που χρησιμοποιούμε.
2. Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η διακρίβωση.
 3. Τοποθετούμε τη γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
 4. Για λεπτομέρειες στη ρύθμιση των παραμέτρων της γεννήτριας και της σύνδεσης του δικτύματος CDN 118[38] απευθυνόμαστε στην ΟΔ 072-45.
 5. Η παροχή των παλμών στο δίκτυωμα σύζευξης γίνεται με τη σύνδεση (μέσω των κατάλληλων ομοαξονικών καλωδίων που διαθέτει το CDN 118) της εξόδου Output HIGH της βασικής μονάδας NSG 2050 στην υποδοχή (1) του προσαρμογέα INA 172 (βλ.σχήμα CDN 118) και τη σύνδεση της εξόδου Output LOW της βασικής μονάδας NSG 2050 στην υποδοχή (11) του δικτύματος σύζευξης CDN 118.
 6. Στις 4 υποδοχές(2) του προσαρμογέα INA 172 συνδέονται οι 4 προσαρμογείς INA 171 ή 170 που διατίθενται με το CDN 118. Στη συνέχεια αυτοί οι προσαρμογείς συνδέονται, μέσω των ομοαξονικών καλωδίων που διαθέτει για το συγκεκριμένο σκοπό το CDN 118, στις υποδοχές (3)-(6) του δικτύματος σύζευξης CDN 118.
 7. Συνδέουμε τους επιθυμητούς ακροδέκτες (L1'(12), PE(14) ή L2'(13), PE(14) ή L3'(15), PE(14) ή L4'(16), PE(14)) του δικτύματος μέσω του διαφορικού καταμεριστή MD 200[52] (Επιλέγουμε Attenuation Ratio 1/1000) με το 1^ο κανάλι του παλμογράφου. Στην περίπτωση θετικού παλμού ο ακροδέκτης με το κόκκινο καλώδιο συνδέεται στην υποδοχή L1'(12) ή L2'(13) ή L3'(15) ή L4'(16), ενώ ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στην υποδοχή γείωσης(14). Αντίστοιχα, στην περίπτωση αρνητικού παλμού ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στην υποδοχή L1'(12) ή L2'(13) ή L3'(15) ή L4'(16), ενώ ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στην υποδοχή γείωσης(14).

Σημείωση: Για την πληρότητα της διαδικασίας διακρίβωσης πρέπει να εξετάζονται και τα 4 διαφορετικά ζεύγη ακροδεκτών σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα.

8. Συνδέουμε στην τροφοδοσία το διαφορικό καταμεριστή MD 200 και στη συνέχεια τον ανοίγουμε.
9. Συνδέουμε τον παλμογράφο[53] (TDS 3052) στην τροφοδοσία, τον ανοίγουμε και επιλέγουμε:
 - για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 60-1:
 - a. “SAVE/RECALL”
 - b. “Recall Saved Setup”
 - c. “Setup 5”

Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 200μs/div, το trigger level στα 200mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.

- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 469-1:
 - a. “SAVE/RECALL”
 - b. “Recall Saved Setup”
 - c. “Setup 9”

Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 200μs/div, το trigger level στα 200mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.

10. Ο τερματισμός τίθεται στα 25Ω ως προς γη.
11. Ανοίγουμε την τροφοδοσία του εξοπλισμού.
12. Πατάμε το POWER στο NSG 2050 (ανοίγουμε τη γεννήτρια) και επιλέγουμε το LEVEL, (Συνήθως στον USER4). Στο μενού PULSE επιλέγουμε 10/700μs 15Ωhm. Στη συγκεκριμένη διακρίβωση η επιλογή σύζευξης(COUPLING) είναι απενεργοποιημένη και δεν απαιτείται ρύθμισή της. Επιλέγουμε Phase και θέτουμε ASYN.
13. Προσοχή κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης η τροφοδοσία του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη. (Δηλαδή, για την γεννήτρια του Εργαστηρίου μας πρέπει στην οθόνη της να έχει εμφανισθεί η τιμή OFF).

14. Η διακρίβωση κάθε επιπέδου τερματίζεται μετά από πέντε κρούσεις. Ανάλογα με το επίπεδο της προς μέτρηση τάσης πραγματοποιούμε τις εξής ρυθμίσεις στον παλμογράφο:

Μετρούμενη τάση	Τάση παλμογράφου	Trigger level
500V	100mV/div	~100mV
1000V	200mV/div	~200mV
2000V	500mV/div	~500mV
4000V	1V/div	~1V

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ-2: Ρυθμίσεις παλμογράφου για διακρίβωση της μορφής της τάσης^[50]

15. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο αντίστοιχο έντυπο.

- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 60-1:
 - a. Το Ch1 Max πολλαπλασιασμένο με το λόγο του διαφορικού καταμεριστή ισούται με το U_p
 - b. Το Ch1 Rise πολλαπλασιασμένο με 1,67 ισούται με το T_1
 - c. Το Ch1 +Width ισούται με το T_2
- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 469-1:
 - a. Το Ch1 Max πολλαπλασιασμένο με το λόγο του διαφορικού καταμεριστή ισούται με το U_p
 - b. Το Ch1 Rise ισούται με το t_r
 - c. Το Ch1 +Width ισούται με το t_d

16. Συνεχίζουμε την διακρίβωση σε επόμενο επίπεδο σύμφωνα με το έντυπο ΕΔ 072-105

17. Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή στον κατασκευαστή του για ρύθμιση.

18. Μετά την ολοκλήρωση της διακρίβωσης όλων των παραμέτρων της τάσης κλείνουμε τη γεννήτρια.

Δ.2 Διεξαγωγή διακρίβωσης της μορφής του ρεύματος: PNW 2051 και CDN 118

1. Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η διακρίβωση.
2. Τοποθετούμε τη γεννήτρια κρουστικών παλμών PNW 2051 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
3. Για λεπτομέρειες στη ρύθμιση των παραμέτρων της γεννήτριας και της σύνδεσης του δικτύωματος CDN 118 απευθυνόμαστε στην ΟΔ 072-45.
4. Η παροχή των παλμών στο δίκτυωμα σύζευξης γίνεται με τη σύνδεση (μέσω των κατάλληλων ομοαξονικών καλωδίων που διαθέτει το CDN 118) της εξόδου Output HIGH της βασικής μονάδας NSG 2050 σε μία από τις υποδοχές (3)-(6) του CDN 118 και της εξόδου Output LOW της βασικής μονάδας NSG 2050 στην υποδοχή (11) του CDN 118.

- Για διακρίβωση γραμμής L1-γείωσης συνδέουμε το Output HIGH της NSG 2050 στην υποδοχή (3) και το Output LOW στην υποδοχή (11).
- Για διακρίβωση γραμμής L2-γείωσης συνδέουμε το Output HIGH της NSG 2050 είτε στην υποδοχή (4) και το Output LOW στην υποδοχή (11).
- Για διακρίβωση γραμμής L3-γείωσης συνδέουμε το Output HIGH της NSG 2050 στην υποδοχή (5) και το Output LOW στην υποδοχή (11).
- Για διακρίβωση γραμμής L4-γείωσης συνδέουμε το Output HIGH της NSG 2050 είτε στην υποδοχή (6) και το Output LOW στην υποδοχή (11).

Σημείωση: Για την πληρότητα της διαδικασίας διακρίβωσης πρέπει να εξεταστούν διαδοχικά όλοι οι διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα.

5. Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες (L1'(12), PE(14) ή L2'(13), PE(14) ή L3'(15), PE(14) ή L4'(16), PE(14)- ανάλογα με τη συνδεσμολογία που εξετάζεται) του δικτύωματος και συνδέουμε το current monitor[52] στο 1^ο κανάλι του παλμογράφου αφού το τερματίσουμε σε αντίσταση 50Ω. Προσοχή εφόσον η διακρίβωση γίνεται για θετικό ρεύμα η φορά του βέλους του current monitor πρέπει να δείχνει είτε από το PE

στο L1 είτε από το PE στο L2 είτε από το PE στο L3 είτε από το PE στο L4 (ανάλογα με την περίπτωση που εξετάζεται).

6. Συνδέουμε τον παλμογράφο (TDS 3052) στην τροφοδοσία, τον ανοίγουμε και επιλέγουμε:

- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 60-1:
 - a. “SAVE/RECALL”
 - b. “Recall Saved Setup”
 - c. “Setup 6”

Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 200μs/div, το trigger level στα 200mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.

- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 469-1:
 - a. “SAVE/RECALL”
 - b. “Recall Saved Setup”
 - c. “Setup 6”

Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 200μs/div, το trigger level στα 200mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.

7. Ανοίγουμε την τροφοδοσία του εξοπλισμού.

8. Πατάμε το POWER στο NSG 2050.

9. Πατάμε το POWER στο NSG 2050 (ανοίγουμε τη γεννήτρια) και επιλέγουμε το LEVEL, (Συνήθως στον USER4). Στο μενού PULSE επιλέγουμε 10/700μs 40Ωhm. Στη συγκεκριμένη διακρίβωση η επιλογή σύζευξης (COUPLING) είναι απενεργοποιημένη και δεν απαιτείται ρύθμισή της. Επιλέγουμε Phase και θέτουμε ASYN.

10. Η σύνδεση του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη. Δηλαδή στην οθόνη πρέπει να έχει εμφανισθεί η τιμή OFF.

11. Η διακρίβωση κάθε επιπέδου τερματίζεται μετά από πέντε κρούσεις. Ανάλογα με το επίπεδο του προς μέτρηση ρεύματος πραγματοποιούμε τις εξής ρυθμίσεις στον παλμογράφο:

Επιβαλλόμενη τάση	Μετρούμενο ρεύμα	Τάση παλμογράφου	Trigger level
500V	12.5A	2mV/div	~2mV
1000V	25A	5mV/div	~5mV
2000V	50A	10mV/div	~10mV
4000V	100A	20mV/div	~20mV

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ-3: Ρυθμίσεις παλμογράφου για διακρίβωση της μορφής του ρεύματος^[50]

12. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο αντίστοιχο έντυπο.

- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 60-1:
 - a. Το Ch1 Max διαιρεμένο με το ratio current monitor ($=0,002V/A$) και πολλαπλασιασμένο επί 2 (λόγω της προσαρμογής των 50Ω στον παλμογράφο) ισούται με το I_p
 - b. Το Ch1 Rise πολλαπλασιασμένο με 1,25 ισούται με το T_1
 - c. Το T_2 με χρήση των κερσόρων του παλμογράφου. Για τη μέτρηση μπορούμε να επιλέξουμε εναλλακτικά, χρόνο $4\mu s/div$ ή να χρησιμοποιήσουμε την εστίαση (zoom) του παλμογράφου
- για διακρίβωση σύμφωνα με το IEC 469-1:
 - a. Το Ch1 Max διαιρεμένο με το ratio current monitor ($=0,002V/A$) και πολλαπλασιασμένο επί 2 (λόγω της προσαρμογής των 50Ω στον παλμογράφο) ισούται με το I_p
 - b. Το Ch1 Rise ισούται με το t_r
 - c. Το Ch1 +Width ισούται με το t_d

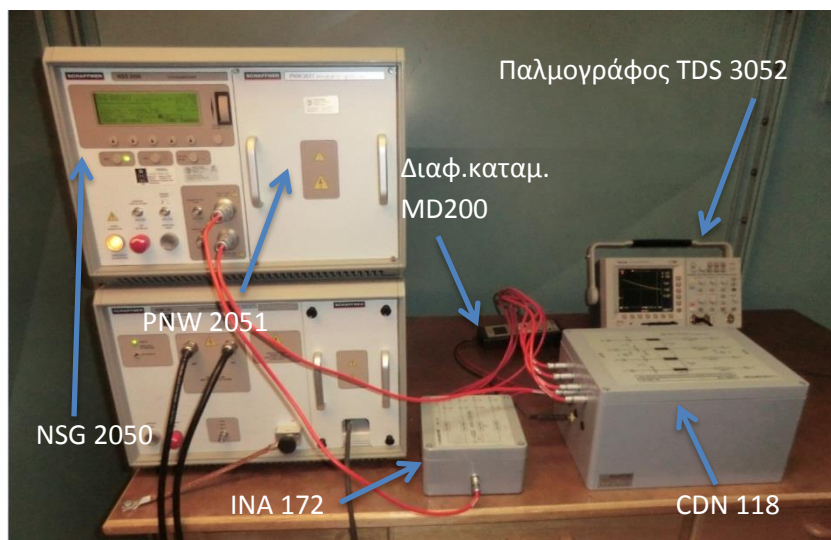
13. Συνεχίζουμε την διακρίβωση σε επόμενο επίπεδο σύμφωνα με το έντυπο ΕΔ 072-105.

14. Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή στον κατασκευαστή του για ρύθμιση.

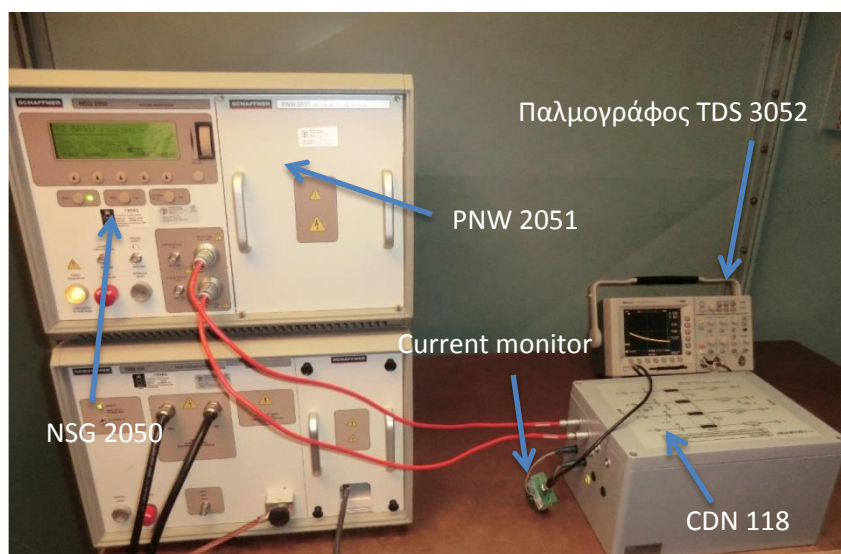
15. Κλείνουμε τους διακόπτες του εξοπλισμού που χρησιμοποιήσαμε.

16. Τέλος, αποσυνδέουμε τον εξοπλισμό από την τροφοδοσία του και τον φυλάσσουμε.

Παρακάτω παρατίθενται οι φωτογραφίες των δύο διατάξεων διακρίβωσης:



ΣΧΗΜΑ Δ-4: Διάταξη διακρίβωσης κυματομορφής τάσης της PNW 2051



ΣΧΗΜΑ Δ-5: Διάταξη διακρίβωσης κυματομορφής ρεύματος της PNW 2051

Βιβλιογραφία

- [1] Henry W.OTT, "Electromagnetic Compatibility Engineering", John Wiley & Sons Inc. Publication, August 2009
- [2] Jacques Delaballe, "Cahiers Techniques No.149 Electromagnetic Compatibility", Schneider Electric, November 1999
- [3] Dr. Wolfgang Langguth, "Earthing and EMC-Fundamentals of electromagnetic compatibility", Hochschule für Technik und Wirtschaft, May 2006
- [4] David Morgan, "A Handbook for EMC Testing and Measurement", Paperback Edition, 2007
- [5] Clayton R. Paul, "Introduction to Electromagnetic Compatibility", Second Edition, 2009
- [6] EM research group at Michigan State University under support from the National Science Foundation GOALI program "Course notes", διαθέσιμο εδώ: <http://www.egr.msu.edu/em/research/goali/notes/>
- [7] Daryl Gerke, William Kimmel, Jeffrey P.Mills, "Electromagnetic Compatibility, Grounding and Shielding", CRC Press LLC., 2000 <http://www.engnetbase.com>
- [8] Dag Bjoerkloef, "EMC Standards and Their Application", 1999 Annual Reference, διαθέσιμο εδώ: <http://www.ce-mag.com/99ARG/EMCStandards61.html>
- [9] EMTEST "The structure of EMC standards", διαθέσιμο εδώ: http://www.emtest.com/fr/what_is/standards.php
- [10] A. Zeddani, F. Moulin, R. Tarafi, F. Gauthier, "EMC AND CO-EXISTENCE ISSUES OF BROADBAND COMMUNICATIONS OVER COPPER", France Télécom R&D
- [11] Peter R.Egli, "xDSL Technology", Rev.2.80, 2013
- [12] Joachim Johansson and Urban Lundgren, "EMC of Telecommunication Lines" Master Thesis, Telia Research AB, 1997
- [13] Course Assignment North Eastern Regional Institute of Science and Technology "Transmission Lines and Network Cables", December 2009
- [14] Παναγιώτης Γ. Κωπτής, Διαμόρφωση και Μετάδοση Σημάτων, Εκδόσεις Τζιόλα, 2η Έκδοση, 2008

- [15] Μάθημα:Συστήματα Μετάδοσης Πληροφορίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Διάλεξη "Γραμμές μεταφοράς"
- [16] Minicom Advance Systems Information Sheet, "Understanding Twisted Pair Cable Technology", 2005
- [17] CISCO Systems, "CCNA: Network Media Types", March 2003
- [18] Lee Penrod, "A Layman's Guide to Network Cable Types", 2010, διαθέσιμο εδώ: <http://www.directron.com/cableguide.html>
- [19] Malcolm Johnson, ITU-T Manual, "Optical fibres, cables and systems", 2009
- [20] International Electrotechnical Commission (IEC) 61000-4-4 ed.3.0 (2012-04), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part-4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test
- [21] Teseq, "Transient Immunity Testing: a handy guide", διαθέσιμο εδώ: <http://www.teseq.com/support/>
- [22] Χαράλαμπος Κ. Κωνσταντίνου, "Διακρίβωση εξοπλισμού και οδηγός διενέργειας δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας", Διπλωματική Εργασία, Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων, 2012
- [23] International Electrotechnical Commission (IEC) 61000-4-5 ed.2.0 (2005-11), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part-4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.
- [24] Ι. Φ. Γκόνοσ, " Ηλεκτρομαγνητική ατρωσία εξοπλισμού πληροφορικής", Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων Ε.Μ.Π., Παρουσίαση 14 Οκτωβρίου 2009
- [25] International Electrotechnical Commission (IEC) 61000-4-6 ed.3.0 (2008-10), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part-4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
- [26] Keith Armstrong, "A Practical Guide for EN 61000-4-6", REO UK LTD
- [27] Teseq, "RF Immunity Testing:A handy guide", διαθέσιμο εδώ: <http://www.teseq.com/support/>
- [28] International Electrotechnical Commission (IEC) CISPR 22 ed6.0 (2008-09) Information technology equipment-Radio disturbance characteristics-Limits and methods of measurement

- [29] Teseq, “RF Emission Testing:a handy guide”, διαθέσιμο εδώ:
<http://www.teseq.com/support/>
- [30] Schaffner, “EMC Measurement Uncertainty: a handy guide”, διαθέσιμο εδώ:
<http://www.teseq.com/support/>
- [31] Οδηγία εργασίας ΟΔ 072-44 EN 61000-4-4 v.3.0
- [32] Εγχειρίδιο λειτουργίας συσκευής Schaffner NSG 2050
- [33] Εγχειρίδιο λειτουργίας συσκευής Schaffner PNW 2225
- [34] Εγχειρίδιο λειτουργίας γεννήτριας TRA3000 της EMC Partner
- [35] Οδηγία εργασίας ΟΔ 072-45 EN 61000-4-5 v. 3.0
- [36] Εγχειρίδιο λειτουργίας συσκευής Schaffner PNW 2050
- [37] Εγχειρίδιο λειτουργίας συσκευής Schaffner PNW 2051
- [38] Εγχειρίδιο λειτουργίας συσκευής CDN 117/118
- [39] Οδηγία εργασίας ΟΔ 072-46 EN61000-4-6 v. 5.0
- [40] Εγχειρίδιο λειτουργίας γεννήτριας Rohde Schwartz SMB 100A
- [41] Εγχειρίδιο λειτουργίας ενισχυτή Frankonia FLL-75
- [42] Εγχειρίδιο λειτουργίας CDN/ISN T400, Schaffner
- [43] Εγχειρίδιο λογισμικού “CD-LAB_RF-LAB” v. 5.008
- [44] Οδηγία εργασίας ΟΔ 072-35 ΑΓΟΜΕΝΕΣ ΡΑΔΙΟΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ v. 4.0
- [45] Εγχειρίδιο λειτουργίας του μετρητικού δέκτη SCHAFFNER SMR 4518 (9kHz-18GHz)
- [46] Εγχειρίδιο λογισμικού αυτοματοποιημένης συλλογής μετρήσεων “Compliance 5 Emissions”,
- [47] Οδηγία εργασίας ΟΔ 072-34 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ v. 4.0
- [48] Εγχειρίδιο κεραίας (SCHAFFNER, CBL 6111D, Bilog Antenna, 30MHz-1GHz)
- [49] Εγχειρίδιο κεραίας (SCHAFFNER, BHA 9118, Horn Antenna, 1GHz -18GHz)
- [50] Οδηγία διακρίβωσης ΟΔ 072-105 EN 61000-4-5 v. 1.0(2051)
- [51] Εγχειρίδιο λειτουργίας του διαφορικού καταμεριστή MD 200 “High voltage differential probe MD 200 User manual” version 1.01 April 2003, της SCHAFFNER.
- [52] Εγχειρίδιο λειτουργίας της αμπεροτσιμπίδας Pearson/8260 (2mV/A).
- [53] Εγχειρίδια λειτουργίας του παλμογράφου TDS 7254B της TEKTRONIX.
- [54] Universal Serial Bus 3.0 Specification,4.4.11 "Efficiency"