



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Αξιολόγηση εξοπλισμού φωτισμού σε σχέση με την
ανθρώπινη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παναγιώτης Γ. Ζαχαρόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Επιβλέπων: Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης

Αθήνα, Ιούλιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Αξιολόγηση εξοπλισμού φωτισμού σε σχέση με την
ανθρώπινη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παναγιώτης Γ. Ζαχαρόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Επιβλέπων: Παναγιώτης Κ. Παπασταμάτης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Ιουλίου 2016

.....

Ιωάννης Φ. Γκόνος

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

.....
Παναγιώτης Γ. Ζαχαρόπουλος

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

Copyright © Παναγιώτης Γ. Ζαχαρόπουλος, 2016
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 τη διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό σύμφωνα με τα Πρότυπα της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC-International Electrotechnical Commission). Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν τα Πρότυπα IEC 55015 και IEC 62493 τα οποία ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται οι δοκιμές σε φωτιστικό εξοπλισμό. Επίσης, οι προϋποθέσεις που διατυπώνονται στα συγκεκριμένα Πρότυπα καθορίζουν τη δυνατότητα πώλησης μιας συσκευής φωτισμού στις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ειδικότερα μετά από μία αναλυτική εισαγωγή στην έννοια της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC-Electromagnetic Compatibility) και στον καθοριστικό της ρόλο στον σχεδιασμό και στην παραγωγή ενός προϊόντος παρουσιάζεται μία συνοπτική ανάλυση των διάφορων ειδών φωτιστικού εξοπλισμού και των επιμέρους χαρακτηριστικών τους. Στη συνέχεια παρατίθενται οι οδηγοί διεξαγωγής των δοκιμών σε φωτιστικό εξοπλισμό οι οποίοι βασίζονται κυρίως στα παραπάνω Πρότυπα. Παρουσιάζονται οι διατάξεις των δοκιμών καθώς και όλα τα είδη του απαραίτητου εξοπλισμού για τη βέλτιστη διεξαγωγή τους. Τέλος, παρουσιάζονται αποτελέσματα όπως προέκυψαν από τις συγκεκριμένες δοκιμές.

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, έγιναν στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. σύμφωνα με τους οδηγούς διεξαγωγής, ενώ συντάχθηκε και ο οδηγός διεξαγωγής για τη δοκιμή μέτρησης επαγόμενου εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου (ή δοκιμή Van der Hoofden).

Λέξεις-Κλειδιά

Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα, φωτιστικός εξοπλισμός, Πρότυπο EN 55015, Πρότυπο EN 62493, δοκιμή μέτρησης εκπεμπόμενων και αγόμενων ραδιοδιαταραχών, δοκιμή Van der Hoofden

Abstract

This thesis aims to study and experiment with electromagnetic compatibility of lighting equipment according to the Standards of the International Electrotechnical Commission IEC. In particular this thesis studies Standards IEC 55015 and IEC 62493 which they define the testing setups for lighting equipment. Furthermore, the conditions set out in those Standards specify if a lighting device 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 the kinds of lighting equipment and their individual characteristics is presented. Afterwards the test-guides related to lighting equipment tests which based on the Standards above are presented. Different test setups and all kinds of equipment, necessary for their optimal execution are studied. Last, the results that they came out from the specific tests are presented.

All tests, conducted in this thesis, took place in the High Voltage Laboratory of N.T.U.A. according to the test-guides, while the test guide for the internal electric field test (Van der Hoofden test) was made.

Key-Words

Electromagnetic Compatibility, lighting equipment, Standard EN 55015, Standard EN 62493, measuring test of radiated and conducted emissions, Van der Hoofden test

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το έτος 2015-2016 στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αντικείμενο της εργασίας είναι οι δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό.

Αναλυτικά η εργασία αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια 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 γίνεται μια εισαγωγή στα βασικά είδη φωτιστικού εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται σήμερα και παρουσιάζεται μια συνοπτική ανάλυση και σύγκριση των επιμέρους χαρακτηριστικών τους. Γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα Πρότυπα EN55015 και EN 62493 που σχετίζονται με τις δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό. Τέλος, παρουσιάζεται μια δοκιμή Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε λαμπτήρα φθορισμού.

Κεφάλαιο 3: Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά οι Οδηγίες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή των δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας για φωτιστικό εξοπλισμό και αναλύονται τα βήματα για την πραγματοποίησή τους. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι Οδηγίες για τη διεξαγωγή μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοταραχών, αγόμενων ραδιοδιαταραχών και εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου.

Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών, που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 3, όπως αυτά προέκυψαν μετά από την εκτέλεση των δοκιμών στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. Παρουσιάζονται σε γραφήματα αλλά και πιο αναλυτικά σε πίνακες.

Κεφάλαιο 5: Στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο γίνεται μια ανακεφαλαίωση της διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την περαίωσή της.

Στα **Παραρτήματα Α, Β, Γ** παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται το λογισμικό *Compliance 5 Emmission* που είναι εγκατεστημένο στο εργαστήριο για την

ευκολότερη εκτέλεση των τριών δοκιμών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τέλος στο **Παράρτημα Δ** παρουσιάζεται ο υπολογισμός της αβεβαιότητας για τη δοκιμή μέτρησης επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου

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 και συγκεκριμένα:

Τον κ. Ιωάννη Φ. Γκόνο Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής.

Τον κ. Παναγιώτη Κ. Παπασταμάτη υποψήφιο διδάκτορα και μηχανικό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την πολύτιμη καθοδήγησή του, την ουσιαστική βοήθειά του, το χρόνο που διέθεσε και την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τους φίλους μου και τον αδερφό μου για τη βοήθεια και την υποστήριξή τους.

Τη μητέρα μου για την υποστήριξη, την προσφορά και την συμπαράστασή της όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος, αφιερώνω την παρούσα διπλωματική εργασία στη μνήμη του πατέρα μου που έφυγε νωρίς αλλά είναι πάντα μέσα στην καρδιά μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract.....	ii
Πρόλογος.....	iii
Περιεχόμενα.....	v
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στην Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και πηγές.....	3
1.3 Τρόποι σύζευξης EMC.....	8
1.4 Δέκτες και αποφυγή διαταραχών	14
1.5 Εγκαταστάσεις - δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας	18
1.6 EMC και Πρότυπα	20
Κεφάλαιο 2: Φωτιστικός εξοπλισμός και EMC.....	22
2.1 Είδη λαμπτήρων	22
2.1.1 Λαμπτήρες Πυρακτώσεως.....	22
2.2.2 Λαμπτήρες Εκκενώσεως	24
2.2.3 Λαμπτήρες Διόδου Εκπομπής Φωτός (LED)	31
2.2 EMC και φωτιστικός εξοπλισμός.....	33
2.3 Τα Πρότυπα EN 55015 και EN 62493	34
2.4 Θέματα EMC σε λαμπτήρες φθορισμού	35
Κεφάλαιο 3: Οδηγοί διεξαγωγής δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό	45
3.1 Γενικά.....	45
3.2 Οδηγός διεξαγωγής δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών	45
3.2.1 Σκοπός	45
3.2.2 Σχετικά έγγραφα.....	45
3.2.3 Εξοπλισμός.....	46
3.2.4 Αντικείμενο εφαρμογής.....	46
3.2.5 Ταξινόμηση Συσκευών Φωτισμού	46

3.2.6 Όρια εκπεμπόμενων Ραδιοδιαταραχών στην Περιοχή Συχνοτήτων 9kHz - 300MHz.....	47
3.2.7 Προετοιμασία δοκιμής	48
3.2.8 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου για μετρήσεις 9kHz - 30 MHz....	51
3.2.9 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου για μετρήσεις 30 MHz- 300 MHz	53
3.3 Οδηγός διεξαγωγής δοκιμής μέτρησης αγόμενων διαταραχών	56
3.3.1 Σκοπός	56
3.3.2 Σχετικά έγγραφα.....	56
3.3.3 Εξοπλισμός.....	56
3.3.4 Αντικείμενο Εφαρμογής.....	57
3.3.5 Όρια αγόμενων διαταραχών σε θύρες τροφοδοσίας φωτιστικού εξοπλισμού	57
3.3.6 Προετοιμασία δοκιμής	57
3.3.7 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου	60
3.4 Οδηγός διεξαγωγής δοκιμής Van der Hoofden	62
3.4.1 Σκοπός	62
3.4.2 Σχετικά έγγραφα.....	62
3.4.3 Εξοπλισμός.....	62
3.4.4 Αντικείμενο εφαρμογής.....	63
3.4.5 Όρια επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου σύμφωνα με τη δοκιμή Van der Hoofden	64
3.4.6 Προετοιμασία δοκιμής	64
3.4.7 Προετοιμασία εξοπλισμού εργαστηρίου	68
Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό	70
4.1 Γενικά.....	70
4.2 Αποτελέσματα δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών	70
4.2.1 Αποτελέσματα για μετρήσεις 9kHz - 30MHz	70
4.2.2 Αποτελέσματα για μετρήσεις 30MHz - 300MHz	74
4.3 Αποτελέσματα δοκιμής μέτρησης αγόμενων διαταραχών	80
4.4 Αποτελέσματα δοκιμής Van der Hoofden	85
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα	90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Διαδικασία μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών	92

A.1 Μέτρηση στην περιοχή συχνοτήτων 9kHz - 30MHz.....	92
A.2 Μέτρηση στην περιοχή συχνοτήτων 30MHz - 300MHz.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Διαδικασία μέτρησης αγόμενων διαταραχών	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Διαδικασία μέτρησης Van der Hoofden	105
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Υπολογισμός αβεβαιότητας της δοκιμής για τη μέτρηση επαγόμενου πεδίου από φωτιστικό εξοπλισμό.....	111
Δ.1 Σκοπός	111
Δ.2 Σχετικά έγγραφα	110
Δ.3 Μέθοδος.....	111
Δ.4 Παράδειγμα υπολογισμού αβεβαιότητας.....	112
Βιβλιογραφία	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο εξοπλισμός και τα ηλεκτρικά / ηλεκτρονικά συστήματα υπόκεινται και προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές είτε μέσω της σύνδεσης κατά μήκος των συρμάτων / καλωδίων, είτε μέσω της ακτινοβολίας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Έτσι κάθε ηλεκτροτεχνικός εξοπλισμός μπορεί να είναι δέκτης και πηγή ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης λειτουργίας του ίδιου, αλλά και του γειτονικού εξοπλισμού.

Λόγω των παραπάνω ανεπιθύμητων φαινομένων έχει εισαχθεί η έννοια της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (Electromagnetic Compatibility, EMC). Σύμφωνα με το διεθνή ηλεκτροτεχνικό λεξιλόγιο IEC 61010-01-07, EMC είναι η ικανότητα μιας συσκευής ή ενός συστήματος να λειτουργεί ικανοποιητικά στο ηλεκτρομαγνητικό του περιβάλλον χωρίς την παραγωγή μη ανεκτών ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Έτσι η Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα (EMC) θέτει περιορισμούς που στοχεύουν στη βελτίωση και συνύπαρξη του εξοπλισμού και των συστημάτων [1].

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για μελέτη θεμάτων της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας είναι πιο σημαντική από ποτέ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι διαταραχές γίνονται όλο και μεγαλύτερες με την αύξηση των τιμών της τάσης και του ρεύματος, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα γίνονται όλο και πιο ευαίσθητα και οι αποστάσεις μεταξύ των ευαίσθητων κυκλωμάτων (συχνά ηλεκτρονικών) και των κυκλωμάτων που προκαλούν διαταραχές (συχνά κυκλώματα ισχύος) όλο και μικρότερες. Λόγω της αυξημένης σημασίας των θεμάτων αυτών, πολλά κράτη έχουν καθιερώσει Πρότυπα για την εκπομπή και την ανοχή των συσκευών και του εξοπλισμού όσον αφορά τις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές, όπως επίσης και για τη συνύπαρξη αυτών.

Για όλα τα είδη ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, η Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από το αρχικό στάδιο σχεδίασης μέχρι την κατασκευή και εγκατάσταση. Αυτό σημαίνει ότι όλοι όσοι εμπλέκονται, από τους μηχανικούς και αρχιτέκτονες που σχεδιάζουν ένα κτήριο μέχρι τους τεχνικούς που καλωδιώνουν ηλεκτρικούς θαλάμους, συμπεριλαμβανομένων των ειδικών που σχεδιάζουν τα δίκτυα των κτηρίων και το προσωπικό που τα εγκαθιστά, πρέπει να συμμορφώνονται με την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα.

Η μελέτη της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας εμπεριέχει την ανάλυση ενός συστήματος τριών συνιστωσών:

- τη γεννήτρια (ή πηγή διαταραχής),
- τη διάδοση (ή σύζευξη),
- τη συσκευή (ή το σύστημα) που επηρεάζεται (αλλιώς δέκτης).

Η θεωρητική ανάλυση είναι περίπλοκη επειδή έχει να κάνει με τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που περιγράφονται από τις εξισώσεις Maxwell, οι οποίες δεν μπορούν να λυθούν για να αποδώσουν μια αναλυτική λύση για πραγματικές συσκευές και διαστάσεις. Ακόμη και με ισχυρά υπολογιστικά συστήματα, μια αριθμητική λύση είναι συχνά εξαιρετικά δύσκολη. Επομένως στην πράξη, τα προβλήματα της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας πρέπει να λύνονται μέσω απλουστευμένων υποθέσεων, με τη χρήση Προτύπων και σε ειδικά πειράματα παίρνοντας μετρήσεις.

Ακολουθεί η επεξήγηση σχετικών εννοιών, σύμφωνα με το διεθνές ηλεκτροτεχνικό λεξιλόγιο [2].

- (Ηλεκτρομαγνητικό) επίπεδο συμβατότητας: Το διευκρινισμένο μέγιστο επίπεδο διαταραχής στο οποίο μια συσκευή, ένας εξοπλισμός ή ένα σύστημα που λειτουργεί σε συγκεκριμένες συνθήκες είναι πιθανό να υποβληθεί. Στην πράξη το ηλεκτρομαγνητικό επίπεδο συμβατότητας δεν είναι ένα απόλυτα μέγιστο επίπεδο αλλά μπορεί να ξεπεραστεί με μια μικρή πιθανότητα
- (Ηλεκτρομαγνητική) διαταραχή: Οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο που μπορεί να μειώσει την απόδοση μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ενός συστήματος, ή να έχει επιπτώσεις στη διάρκεια ζωής ή στην αδράνεια του υλικού. Μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή μπορεί να είναι ο

ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος, ένα ανεπιθύμητο σήμα ή μια αλλαγή στο μέσο διάδοσης.

- (Ηλεκτρομαγνητική) ευαισθησία: Η δυνατότητα μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ενός συστήματος να αποδίδει κανονικά στο περιβάλλον μίας ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής.
- Επίπεδο διαταραχής: Το επίπεδο ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής μιας δοσμένης μορφής, μετρημένο σε συγκεκριμένες συνθήκες.
- Όριο διαταραχής: Το μέγιστο επιτρεπτό ηλεκτρομαγνητικό επίπεδο διαταραχής, μετρημένο σε συγκεκριμένες συνθήκες.
- Επίπεδο ανοσίας: Το ανώτατο επίπεδο μιας δοσμένης ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής σε μια συγκεκριμένη συσκευή, εξοπλισμό ή σύστημα το οποίο συνεχίζει να λειτουργεί με έναν απαιτούμενο βαθμό απόδοσης.
- Decibel: Το decibel είναι μια μονάδα, που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το λόγο πλατών σύμφωνα με:

$$X/X_0 \text{ (dB@)} = 20 \log_{10} X/X_0$$

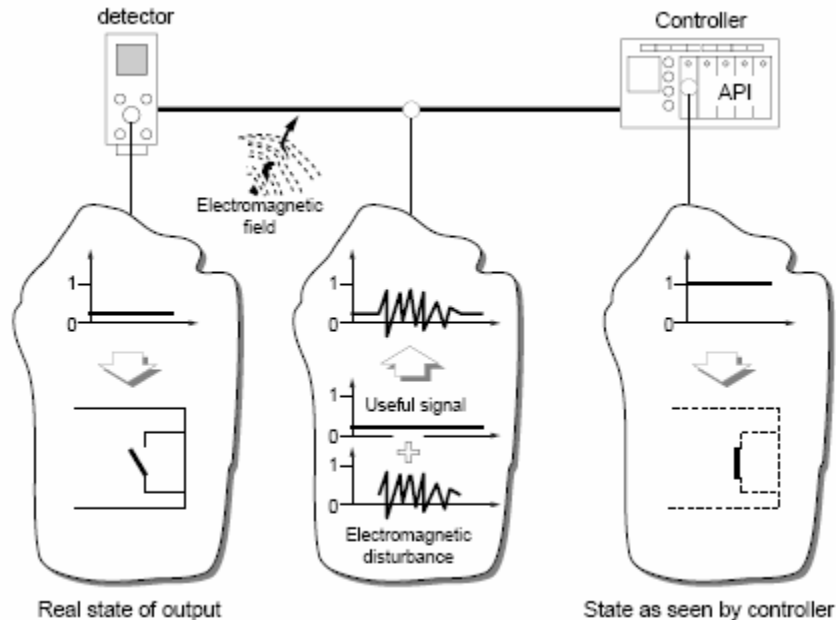
όπου X : μετρημένο πλάτος

X_0 : πλάτος αναφοράς

@: μονάδα μέτρησης για το X και X_0 .

1.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ

Στο σχήμα 1-1 φαίνεται ο ρόλος που παίζει η ηλεκτρομαγνητική διαταραχή στον έλεγχο ενός συστήματος. Ενώ η πραγματική κατάσταση της εξόδου σύμφωνα με τον ανιχνευτή (detector) είναι ανοιχτή, ο ελεγκτής (controller) την αντιλαμβάνεται κλειστή [3].



Σχήμα 1-1: Παράδειγμα απόκλισης της κατάστασης που βρίσκεται ένας ελεγκτής από έναν ανιχνευτή σε σύστημα ελέγχου, λόγω της ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής [3]

Κύρια αίτια των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών είναι η διανομή ηλεκτρικής ισχύος, τα ράδιο κύματα, η ηλεκτροστατική εκφόρτιση και οι κεραυνοί.

Στη διανομή ηλεκτρικής ισχύος, ένας μεγάλος αριθμός διαταραχών δημιουργείται από τις λειτουργίες κυκλωμάτων μεταγωγής. Σε περιοχές χαμηλών τάσεων, το άνοιγμα επαγωγικών κυκλωμάτων, όπως είναι τα πηνία επαφών, οι κινητήρες, οι σωληνοειδείς βαλβίδες κ.τ.λ., παράγουν πολύ υψηλές τάσεις (μέχρι αρκετά kV) που περιέχουν υψηλής συχνότητας αρμονικές (από δέκα ως εκατοντάδες MHz). Σε περιοχές μέσης και υψηλής τάσης, το άνοιγμα και το κλείσιμο των διακοπών παράγουν κύματα με ένα πολύ γρήγορο ρυθμό ανόδου (μερικά nsec). Αυτά τα κύματα είναι ιδιαίτερα επιβλαβή σε μικροεπεξεργαστικά συστήματα.

Τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου, τηλεχειριστήρια, ραδιοεπικοινωνίες, τηλεοπτικές συσκευές, τα walkie - talkies κ.τ.λ., αποτελούν πηγές διαταραχών της τάξης αρκετών V/m. Όλες αυτές οι πηγές διαταραχής χρησιμοποιούνται σήμερα όλο και περισσότερο και επομένως είναι απαραίτητο να παρέχεται στον ευαίσθητο εξοπλισμό αποτελεσματική προστασία.

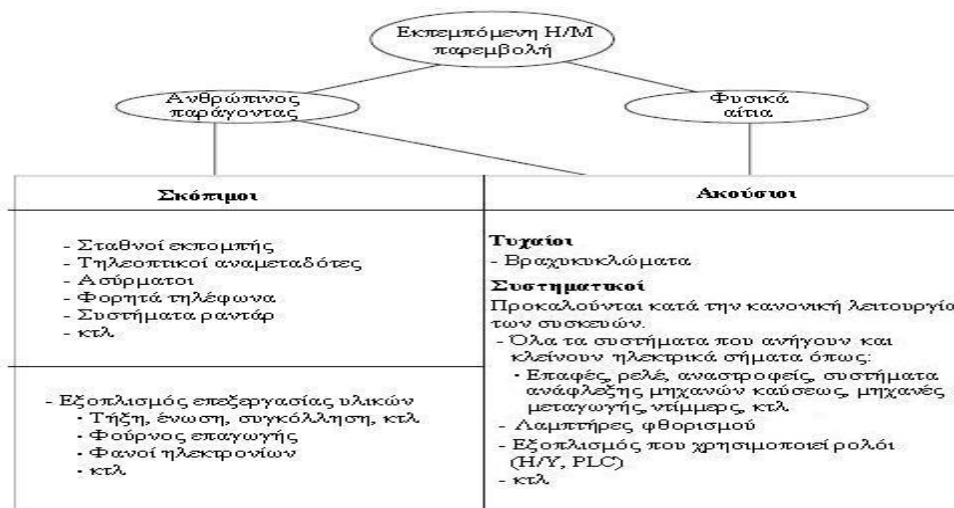
Πολλές φορές μεταξύ ενός φορτισμένου σώματος και ενός ηλεκτρονικού εξοπλισμού αναπτύσσεται εκφόρτιση με έναν πολύ γρήγορο χρόνο ανόδου (αρκετά nsec), η οποία

εισέρχεται στη συσκευή μέσω επαφής ή ακτινοβολίας, παράγοντας μια σημαντική διαταραχή.

Οποιαδήποτε συσκευή ή φυσικό-ηλεκτρικό φαινόμενο εκπέμπει μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή, είτε μέσω αγωγού είτε μέσω ακτινοβολίας, καλείται πηγή (source). Στο σχήμα 1-2 φαίνονται οι πηγές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, που οφείλονται σε ανθρώπινο παράγοντα και σε φυσικά αίτια.

Ο προσδιορισμός της πηγής είναι βασικός αφού ο τύπος της θα καθορίσει ποια από τα παρακάτω μέτρα πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπισή της:

- Οριοθέτηση των διαταραχών που παράγονται (π.χ. σε έναν αγωγό, εγκαθιστώντας μια βαθμίδα RC, που καταστέλλει παρεμβολές, παράλληλα στο AC πηνίο, ή μια δίοδο στο DC πηνίο).
- Αποφυγή ενδοσυζεύξεων (δηλαδή φυσικών διαχωρισμών μεταξύ δύο ασυμβάτων στοιχείων).
- Απευαισθητοποίηση πιθανών δεκτών (π.χ. χρησιμοποιώντας θωράκιση).

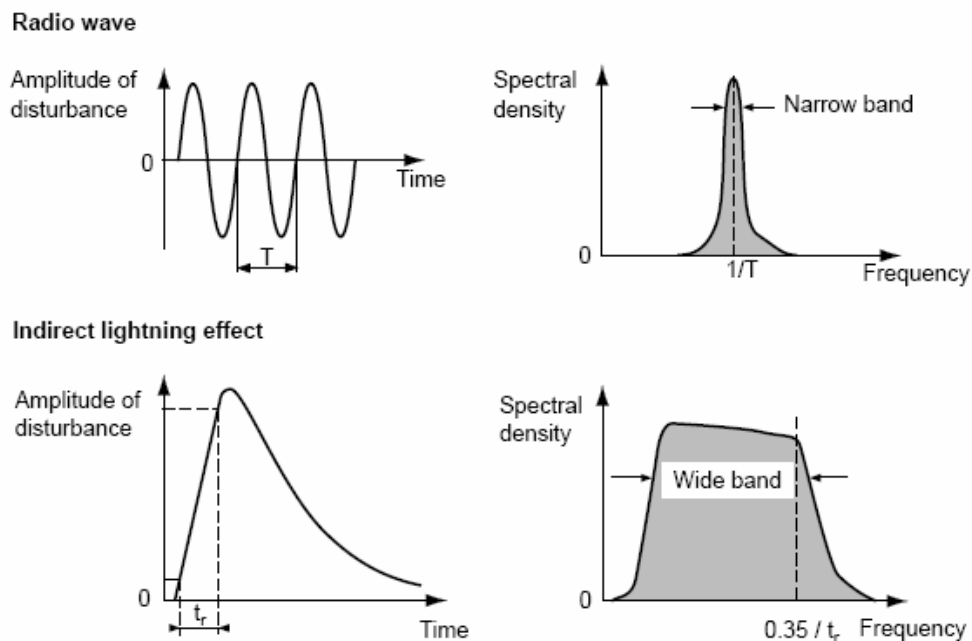


Σχήμα 1-2: Πηγές ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών χωρισμένα σε ανθρώπινο παράγοντα και φυσικά αίτια [3]

Οι πηγές μπορεί να είναι σκόπιμες, δηλαδή να εξυπηρετούν κάποιο σκοπό όπως οι ραδιοπομποί, ή όχι. Όμως, γενικά διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά των διαταραχών που παράγουν. Αυτά είναι το φάσμα, η κυματομορφή (χρόνος ανόδου ή περιβάλλουσα του φάσματος), το πλάτος και η ενέργεια.

Το φάσμα, δηλαδή η περιοχή συχνότητας που καλύπτεται από τη διαταραχή μπορεί να είναι πολύ μικρό, όπως στην περίπτωση των κινητών τηλεφώνων, ή πολύ μεγάλο, όπως στα ηλεκτρικά τόξα κλιβάνων. Στο σχήμα 1-3 υπάρχουν δύο τέτοια παραδείγματα. Στο πρώτο φαίνεται το φάσμα διαταραχής από ραδιοκύματα που είναι μικρό, ενώ στο δεύτερο από κεραυνό που είναι μεγάλο. Στην τελευταία περίπτωση, που η διαταραχή έχει μορφή παλμού, καλύπτει ένα ιδιαίτερα μεγάλο φάσμα, μέχρι 100 MHz ή και παραπάνω. Τέτοιου είδους διαταραχές προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από πηγές όπως:

- ηλεκτροστατική εκφόρτιση,
- διακοπόμενοι ηλεκτρονόμοι, διακόπτες, επαφές, διακόπτες και κυκλώματα διακοπών για περιοχές χαμηλής, μέσης και υψηλής τάσης,
- κεραυνοί,
- πυρηνικοί ηλεκτρομαγνητικοί παλμοί (μια ειδική περιοχή).



Σχήμα 1-3: Παράδειγμα φάσματος διαταραχής από ραδιοκύματα και κεραυνό [3]

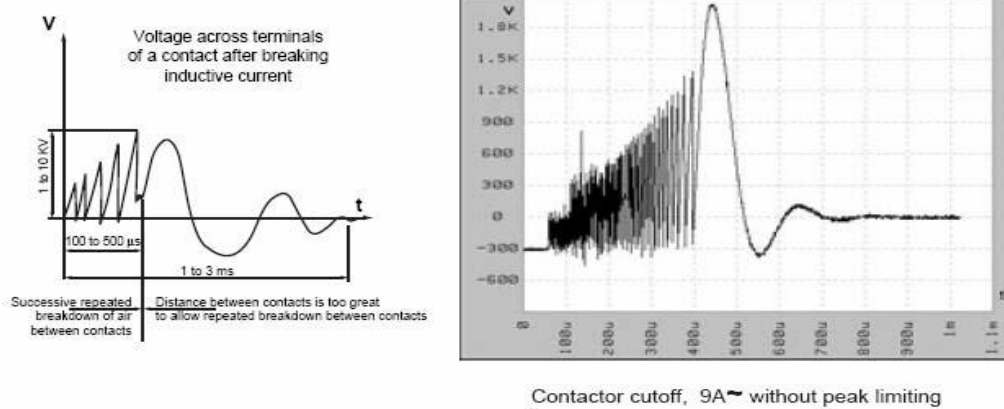
Η κυματομορφή περιγράφει τα χαρακτηριστικά της διαταραχής σε συνάρτηση με τον χρόνο. Αυτή μπορεί, παραδείγματος χάριν, να είναι ένα αποσβαίνον ημιτονικό κύμα ή μια διπλή εκθετική συνάρτηση. Περιγράφεται από τον χρόνο ανόδου t_r και την ισοδύναμη συχνότητα $0,35/t_r$ ή πιο απλά, για τα σήματα περιορισμένης ζώνης, από τη συχνότητα διαταραχής ή από το μήκος κύματος λ που συνδέεται με την συχνότητα

από την σχέση $\lambda=c/f$ όπου το c είναι η ταχύτητα του φωτός που ισούται με 3×10^8 m/s.

Το πλάτος είναι η μέγιστη τιμή της τάσης του σήματος (V), του ηλεκτρικού πεδίου (V/m), κ.τ.λ.

Η συνολική ενέργεια (Joules) υπολογίζεται από το ολοκλήρωμα της στιγμιαίας ενέργειας της διαταραχής κατά τη διάρκεια του χρόνου. Σε υψηλές συχνότητες η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι γενικά μικρή και έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του κοντινού εξοπλισμού, ενώ σε χαμηλές συχνότητες μπορεί να είναι μεγάλη με αποτέλεσμα πέρα από τη δυσλειτουργία να υπάρξει και καταστροφή των συνδεδεμένων συσκευών.

Οι διαταραχές, που προκαλούν συσκευές που είναι σχεδιασμένες να πραγματοποιούν διακοπές σε ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα μέσω χωριστών επαφών, εξαρτώνται από τη φύση του φορτίου. Αν το φορτίο είναι ωμικό η διαταραχή είναι από πολύ μικρή μέχρι μηδενική. Στην περίπτωση που είναι επαγωγικό, όπως τα φρένα, η σωληνοειδής λυχνία κ.τ.λ., δεν παράγεται διαταραχή μόνο στην περίπτωση που οι συνθήκες κατάστασης είναι σταθερές. Στην περίπτωση επαγωγικού κυκλώματος (σχήμα 1-4), όταν ανοίγει ο διακόπτης, κατά μήκος του ακροδέκτη επαφής δημιουργείται υπέρταση που προκαλεί μια σειρά διασπάσεων του διηλεκτρικού. Επίσης έχουμε αποσβενόμενη ταλάντωση στην ιδιοσυχνότητα.



Σχήμα 1-4: Απόκριση της τάσης με τον χρόνο με το άνοιγμα του διακόπτη σε επαγωγικό κύκλωμα [3]

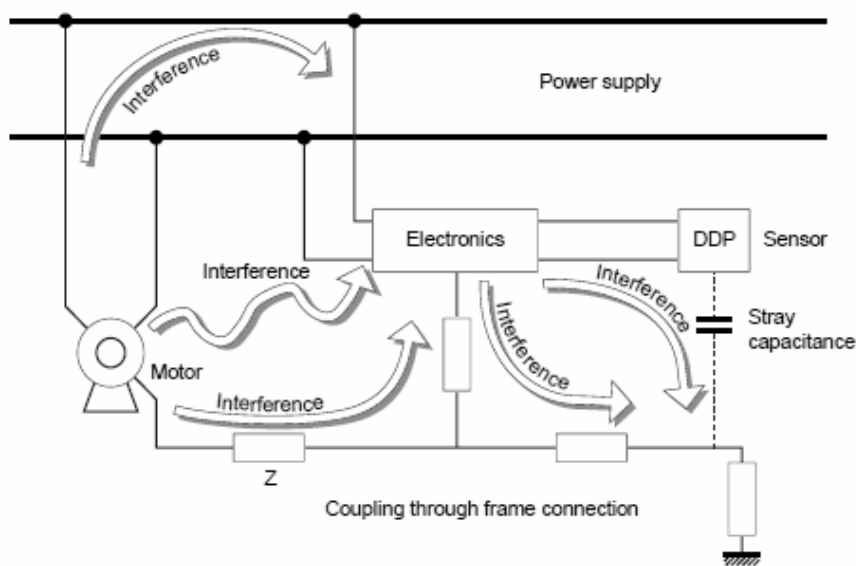
1.3 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΖΕΥΞΗΣ EMC

Ο όρος σύζευξη αναφέρεται στη σύνδεση, τη μεταφορά ή τη μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών από τον πομπό σε ευαίσθητες συσκευές [3]. Στο σχήμα 1-5 φαίνονται διάφοροι τρόποι μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, από έναν κινητήρα στην παροχή ισχύος και στα ηλεκτρονικά συστήματα και από τα ηλεκτρονικά συστήματα σε επιμέρους τμήματα του κυκλώματος και στο φορτίο. Η σύζευξη εκφράζεται από τις τιμές του συντελεστή σύζευξης K , που έχει μονάδες dB. Ο συντελεστής αυτός δείχνει πόσο μπορεί να επηρεάσει η διαταραχή, που μεταδίδει μια πηγή, τον πιθανό δέκτη. Δίνεται από την σχέση:

$$K = 20 \log A(\text{λαμβανόμενο})/A(\text{μεταδιδόμενο}),$$

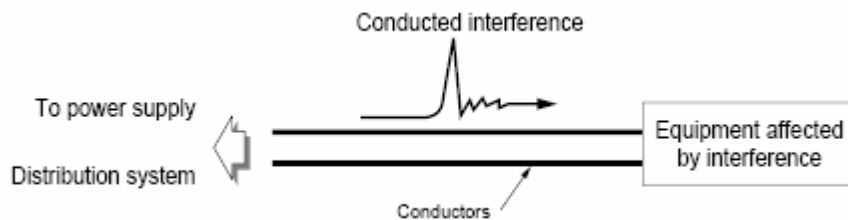
όπου A το πλάτος της διαταραχής που παράγει η πηγή. Ο συντελεστής K είναι σημαντικός όταν η μεταφορά των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών είναι ανάλογη προς τη συχνότητα, πράγμα που συμβαίνει συχνά στην πράξη. Γενικά διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι σύζευξης:

- Κοινός και διαφορικός τρόπος σύζευξης μέσω αγωγού.
- Κοινή σύζευξη εμπέδησης.
- Διαφορικός τρόπος σύζευξης μέσω ακτινοβολίας ή crosstalk.



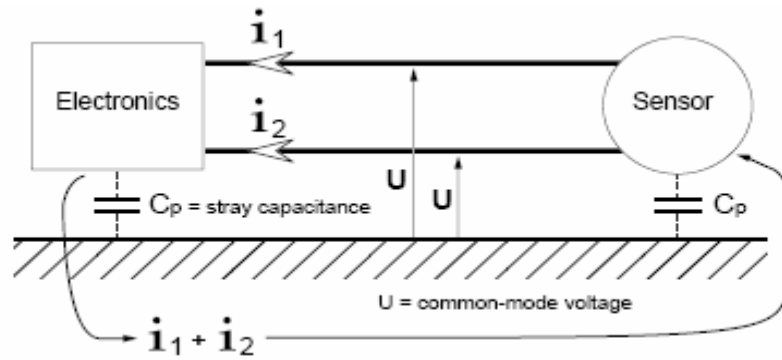
Σχήμα 1-5: Τρόποι μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών [3]

Μια διαταραχή μπορεί να διαδοθεί κατά μήκος ενός κυκλώματος δυο καλωδίων. Αυτός ο τύπος σύζευξης καλείται αγωγήμη σύζευξη. Επομένως η διαταραχή σε αυτού του είδους τις περιπτώσεις μπορεί να μεταδοθεί μέσω εσωτερικών γραμμών παροχής ισχύος ή συστημάτων διανομής, συρμάτων ελέγχου, γραμμών μεταφοράς δεδομένων, διαύλων, καλωδίων γείωσης, παράσιτων χωρητικότητας κ.τ.λ. Ένα παράδειγμα σύζευξης σε αγωγό φαίνεται στο σχήμα 1-6, όπου ένα σύστημα διανομής ισχύος επιδρά αρνητικά σε έναν ευαίσθητο εξοπλισμό. Υπάρχουν δύο τρόποι αγωγήμης σύζευξης. Ο κοινός (common mode) και ο διαφορικός.



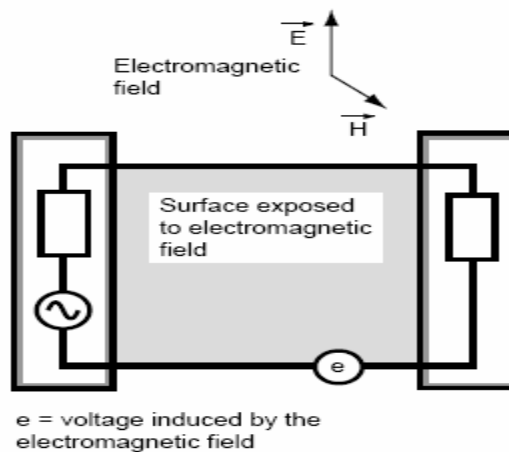
Σχήμα 1-6: Γενικό παράδειγμα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής μέσω αγωγών [3]

Ο κοινός τρόπος σύζευξης μέσω αγωγού παράγει τάση ή ρεύμα διαταραχής σε όλους τους αγωγούς ταυτόχρονα. Η common mode τάση διαταραχής, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-7, είναι η τάση των αγωγών με σημείο αναφοράς το σασί ή την γείωση και έχει επιπτώσεις σε όλους τους ενεργούς αγωγούς. Έτσι στα ηλεκτρικά συστήματα οι δοκιμές σε διακόπτες κυκλωμάτων χαμηλής τάσης γίνονται μεταξύ της γείωσης και όλων των φάσεων. Το common mode ρεύμα είναι το ρεύμα που διαρρέει όλους τους ενεργούς αγωγούς κατά την ίδια κατεύθυνση. Στο σχήμα 1-7 φαίνεται ότι το ρεύμα επιστρέφει μέσω της παράσιτης χωρητικότητας. Παράδειγμα ρεύματος common mode είναι το ρεύμα που δημιουργείται σε γραμμή χαμηλής τάσης από κεραυνικό ρεύμα (lightning impulse). Οι common mode διαταραχές αποτελούν το κύριο πρόβλημα σε θέματα Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας, γιατί η διαδρομή διάδοσης τους είναι δύσκολο να διαπιστωθεί.



Σχήμα 1-7: Παράδειγμα common mode σύζευξης μέσω αγωγού [3]

Στο διαφορετικό τρόπο σύζευξης μέσω αγωγού το ρεύμα διαδίδεται σε έναν από τους αγωγούς, περνάει μέσα από τον εξοπλισμό και επιστρέφει μέσω ενός άλλου αγωγού, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1-8. Έτσι το ρεύμα και η τάση σε αυτόν τον τρόπο σύζευξης λαμβάνουν μέρος μεταξύ δυο φάσεων σε ηλεκτρικά συστήματα (όπως σε διακόπτες κυκλωμάτων) ή μεταξύ δύο καλωδίων που μεταφέρουν ευαίσθητα δεδομένα σε ηλεκτρονικά συστήματα.



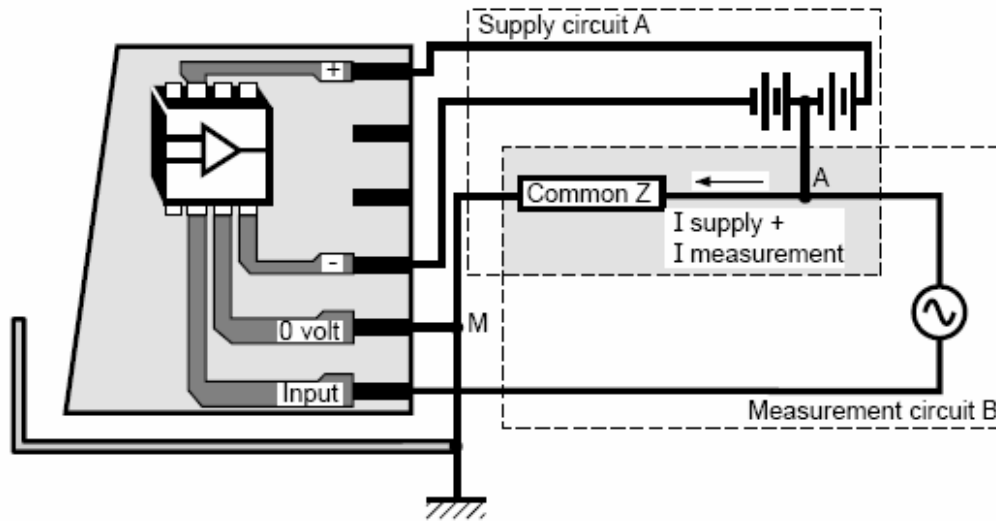
Σχήμα 1-8: Παράδειγμα διαφορικού τρόπου σύζευξης μέσω αγωγού [3]

Ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μπορεί να συζευχθεί με οποιοδήποτε είδος αγωγού και να παράγει τάσεις common mode ή διαφορικού τρόπου ή, όπως γενικά παρατηρείται, και τις δύο. Στην περίπτωση του διαφορικού τρόπου οι εξισώσεις που περιγράφουν τη σύζευξη μεταξύ του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του αγωγού είναι πολύ σύνθετες. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι δυνατό να λυθούν αναλυτικά ούτε αριθμητικά. Εν τούτοις, ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους σύζευξης μπορεί να εκφραστεί αναλυτικά ως εξής: η σύζευξη μεταξύ του μαγνητικού μέρους του

ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του βρόχου της περιοχής A ισοδυναμεί με το κύκλωμα του σχήματος 1-9. Το μαγνητικό μέρος του πεδίου H προκαλεί στον βρόχο A μια τάση (V), όπως φαίνεται, ίση με:

$$V = \mu_0 \llbracket A \rrbracket dH/dt \quad (1.1)$$

όπου $\mu_0 = 10^{-7}$ H/m είναι η διαπερατότητα στο κενό.



Σχήμα 1-9: Κοινή σύζευξη εμπέδησης [3]

Η σχέση 1.1 ισχύει μόνο στις περιπτώσεις που το μήκος της μεγαλύτερης πλευράς του βρόχου δεν ξεπερνά το 1/10 του μήκους κύματος της ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής.

Κοινή σύζευξη εμπέδησης έχουμε όταν μια εμπέδηση είναι κοινή για δύο ή περισσότερα κυκλώματα. Η κοινή εμπέδηση μπορεί να είναι η σύνδεση της γείωσης, το δίκτυο της γείωσης στη γη, το δίκτυο διανομής ισχύος, ο αγωγός επιστροφής που διέρχονται πολλά σήματα χαμηλής ισχύος κ.α.

Ακολουθεί το παράδειγμα του σχήματος 1-9, όπου δύο κυκλώματα έχουν κοινή εμπέδηση, προκειμένου να γίνει κατανοητή η επίδραση αυτής της σύζευξης. Ένα ρεύμα διαταραχής στο κύκλωμα A, λίγων δεκάδων mA, είναι αρκετό για να προκαλέσει τάση διαταραχής (της τάξης των V) στο κύκλωμα B. Αν το σημείο αναφοράς του κυκλώματος B (πιθανό σημείο γείωσης) είναι το σημείο M, τότε η τάση αναφοράς μπορεί να ποικίλει για αρκετές τιμές των Volt. Αυτό επιδρά σε ηλεκτρονικά κυκλώματα που λειτουργούν με τάσεις ίδιας τάξης μεγέθους.

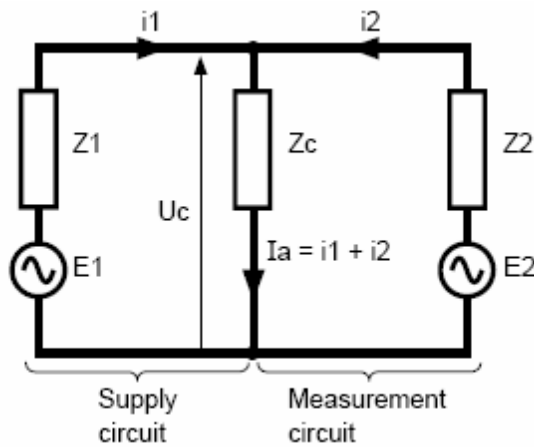
Το ισοδύναμο κύκλωμα του σχήματος 1-9 δίνεται στο σχήμα 1-10. Η διαταραχή είναι της τάξεως:

$$U_c = I_a \times Z_c \quad (1.2)$$

όπου I_a : το ρεύμα διαταραχής

Z_c : η κοινή εμπέδηση.

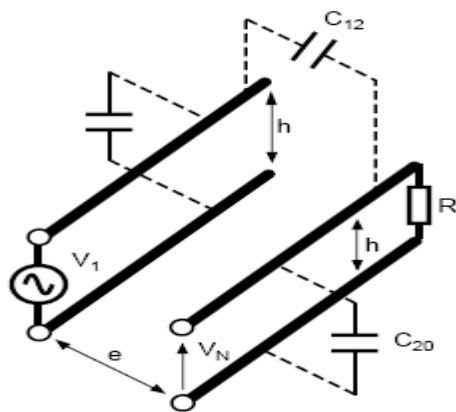
Σε χαμηλές συχνότητες η κοινή εμπέδηση είναι πολύ μικρή.



Σχήμα 1-10: Ισοδύναμο κύκλωμα του σχήματος 1-9 [3]

Στη σύζευξη μέσω ακτινοβολίας οι διαταραχές διαδίδονται μέσω του περιβάλλοντος (π.χ. τον αέρα κλπ). Ανάλογα με τη φύση της διαταραχής, από το αν προκλήθηκε από μεταβολή του ρεύματος ή της τάσης, χωρίζεται σε δυο είδη. Στη χωρητική και στην επαγωγική σύζευξη.

Υπάρχει πάντα μια μη μηδενική χωρητικότητα μεταξύ ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (καλώδιο, εξαρτήματα κλπ) και ενός άλλου κυκλώματος που βρίσκεται κοντά στο πρώτο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1-11. Μια απότομη μεταβολή της τάσης στο ένα κύκλωμα δημιουργεί ένα πεδίο που για κοντινές αποστάσεις μπορεί να θεωρηθεί μόνο ηλεκτρικό. Αυτό το πεδίο επιδρά στο άλλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσης.



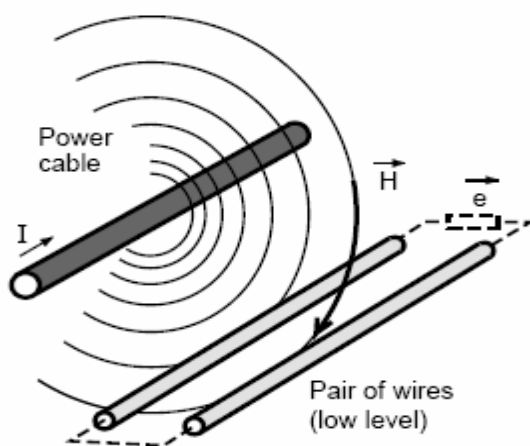
Σχήμα 1-11: Χωρητικότητες που δημιουργούνται μεταξύ κυκλωμάτων [3]

Αντίστοιχα μια ραγδαία μεταβολή ρεύματος σε έναν αγωγό παράγει ένα πεδίο γύρω από τον αγωγό που μπορεί να θεωρηθεί μόνο μαγνητικό. Αυτό το πεδίο μπορεί να επιδράσει σε οποιοδήποτε ζεύγος αγωγών (σχήμα 1-12) ή σε οποιοδήποτε βρόχο (σχήμα 1-13) που βρίσκεται κοντά, προκαλώντας τάση διαταραχής στα άκρα τους. Αυτή η σύζευξη ονομάζεται επαγωγική. Για τη δημιουργία του φαινομένου το ρεύμα θα πρέπει να είναι μεγάλο, το οποίο παρατηρείται συνήθως σε κυκλώματα ισχύος. Στην περίπτωση του σχήματος 1-13, το ρεύμα δίνεται από τις εξής σχέσεις:

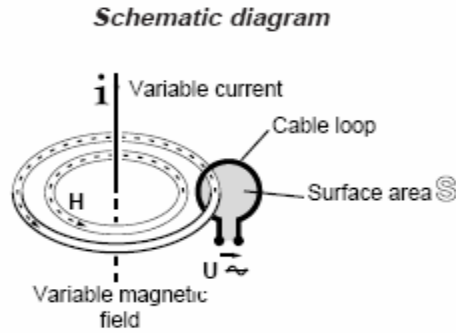
$I = U/Z$, όπου με αντικατάσταση του $Z = 1/C\omega$ προκύπτει:

$$I = UC 2\pi f \quad (1.3)$$

Εδώ φαίνεται ότι το ρεύμα αυξάνεται με την αύξηση της τάσης στα άκρα του βρόχου.



Σχήμα 1-12: Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί ένας αγωγός, σε ένα ζεύγος αγωγών [3]



Σχήμα 1-13: Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί ένας αγωγός, σε ένα βρόχο [3]

Χωρητική και επαγωγική σύζευξη παρατηρείται όταν οι αγωγοί βρίσκονται σε παράλληλη θέση ή όταν συνυπάρχουν σε κοντινή απόσταση. Η ηλεκτρομαγνητική διαταραχή αυξάνεται με την αύξηση του μήκους των παράλληλων αγωγών, με τη μείωση της απόστασης δυο αγωγών και με την αύξηση της συχνότητας της διαταραχής. Για παράδειγμα στο σχήμα 1-11 η τάση διαταραχής που παράγεται μέσω της σύζευξης δίνεται από την σχέση:

$$\frac{V_N}{V_1} = \frac{j2\pi \cdot f \left[\frac{C_{12}}{C_{12} + C_{20}} \right]}{j2\pi \cdot f + \left[\frac{1}{R(C_{12} + C_{20})} \right]} \quad (1.4)$$

- V_N : η τάση διαταραχής
- V_1 : η τάση της πηγής
- C_{12} : η χωρητικότητα της σύζευξης μεταξύ δύο καλωδίων, η οποία είναι ανάλογη με το μήκος και την απόσταση των καλωδίων
- C_{20} : η χωρητικότητα διαρροής μεταξύ των καλωδίων που διαταράσσονται
- R : η εμπέδηση του φορτίου του ζεύγους που διαταράσσεται

Από την σχέση 1.4 προκύπτει κατά προσέγγιση:

$$\left| \frac{V_N}{V_1} \right| = 2\pi f \cdot \frac{\frac{C_{12}}{C_{12} + C_{20}}}{\frac{1}{R(C_{12} + C_{20})}} = 2\pi f \cdot C_1 = \omega R \cdot C_{12} \quad (1.5)$$

Στην πράξη, αυτού του είδους η χωρητική και επαγωγική σύζευξη εξαλείφεται με τη χρήση συνεστραμμένων ζευγών και θωρακισμένων καλωδίων.

1.4 ΔΕΚΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΥΓΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Δέκτης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών ονομάζεται κάθε εξοπλισμός που μπορεί να επηρεαστεί από μια διαταραχή [3]. Πρόκειται για εξοπλισμό που περιέχει ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία δυσλειτουργούν, εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, σε ένα εύρος συχνοτήτων.

Οι αποκλίσεις του εξοπλισμού από την κανονική λειτουργία μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- στις μόνιμες και μετρήσιμες
- στις τυχαίες και μη επαναλαμβανόμενες, που λαμβάνουν μέρος όταν η διαταραχή εμφανίζεται
- στις τυχαίες και μη επαναλαμβανόμενες, που παραμένουν μετά την έκλειψη της διαταραχής
- στη μόνιμη βλάβη του εξοπλισμού (όπου τα εξαρτήματα έχουν καταστραφεί)

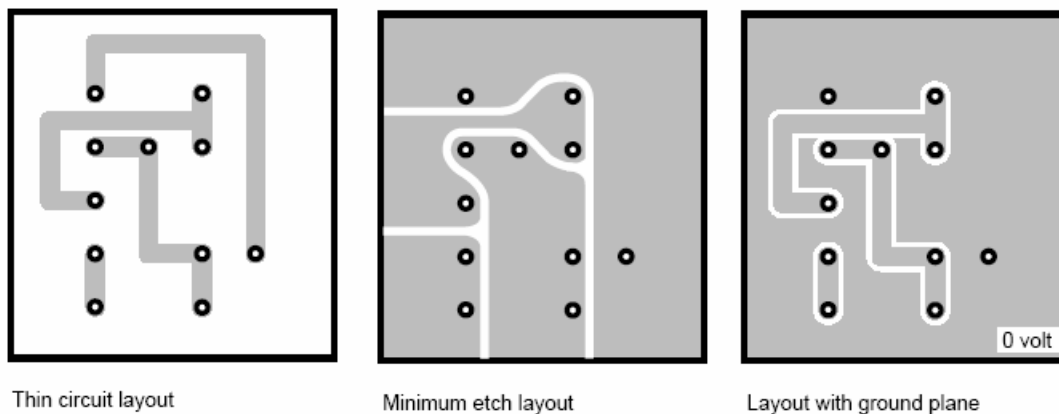
Οι παραπάνω διακρίσεις χαρακτηρίζουν την διάρκεια του σφάλματος και όχι την κρισιμότητά του. Αρκετές δυσλειτουργίες μπορούν να είναι αποδεκτές για έναν περιορισμένο χρόνο, όπως η προσωρινή απώλεια μιας απεικόνισης, και άλλες όχι, όπως οι δυσλειτουργίες του εξοπλισμού ασφαλείας.

Υπάρχουν πολλές λύσεις όσον αφορά το πως ένας εξοπλισμός πρέπει να κατασκευαστεί προκειμένου να παρέχει αποτελεσματική ατρωσία σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Προληπτικές δοκιμές πρέπει να γίνονται:

- στον σχεδιασμό πλακετών τυπωμένου κυκλώματος (λειτουργική διαχώριση, ενδοσυνδέσεις)
- στην επιλογή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων
- στην επιλογή και σχεδίαση προστατευτικού καλύμματος
- στις ενδοσυνδέσεις της γείωσης
- στην ενσυρμάτωση

Οι επιλογές συνεπάγονται πολλές διαφορετικές επιπτώσεις στον εξοπλισμό και θα πρέπει να γίνονται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού για να αποφευχθούν επιπρόσθετα κόστη, που είναι πάντα υψηλά, για τροποποιήσεις αφού ο σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί ή ενώ το προϊόν είναι ήδη στην αγορά.

Ο σχεδιαστής του τυπωμένου κυκλώματος πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες όσον αφορά τους λειτουργικούς διαχωρισμούς και τη διάταξη. Η θέση των εξαρτημάτων μπορεί να μειώσει τις επιδράσεις της σύζευξης που προκαλείται λόγω των κοντινών αποστάσεων. Για παράδειγμα, η ομαδοποίηση εξαρτημάτων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία κυκλωμάτων (ψηφιακά, αναλογικά, κυκλώματα ισχύος) όσον αφορά την επιδεκτικότητά τους, μειώνει τις παρεμβολές. Επιπλέον η διάταξη των ιχνών του τυπωμένου κυκλώματος επιδρά δραματικά στην ευαισθησία. Το ίδιο ηλεκτρικό σχέδιο όταν εφαρμόζεται με διαφορετικούς τρόπους έχει ως αποτέλεσμα τάξεις μεγεθών με διαφορετικά επίπεδα ατρωσίας. Για παράδειγμα μικρότερη χάραξη της κυκλωματικής πλακέτας (όπως στο σχήμα 1-14) μειώνει τις επιδράσεις ακτινοβολιών και ευαισθησίας.



Thin circuit layout

Minimum etch layout

Layout with ground plane

Σχήμα 1-14: Η κυκλωματική πλακέτα μπορεί να μειώσει την ευαισθησία είτε ελαττώνοντας την εμπέδηση (μικρότερη χάραξη της κυκλωματικής πλακέτας) είτε μειώνοντας τη σύζευξη του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (επίπεδη γείωση) [3]

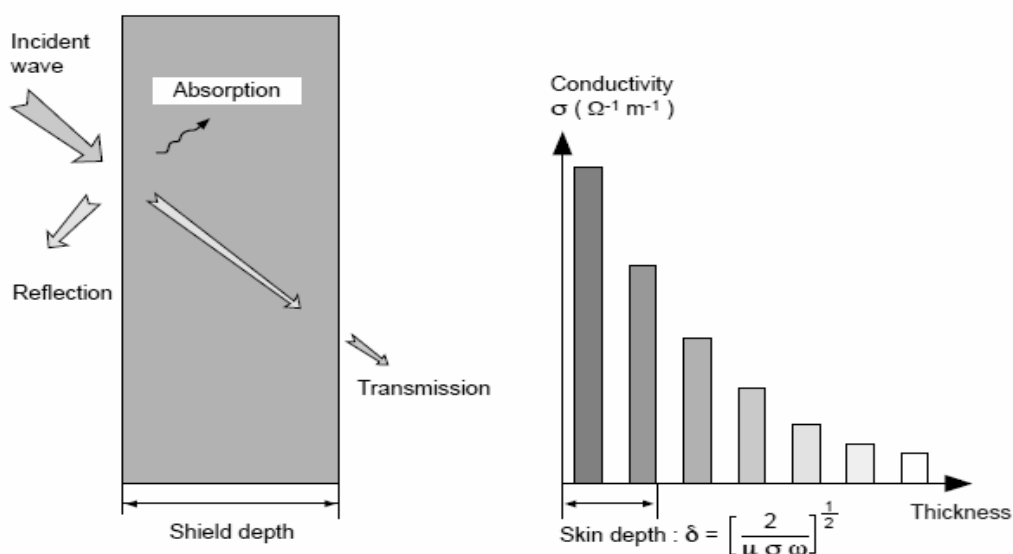
Υπάρχουν πολλές επιλογές που παρέχουν αποτελεσματική προστασία ενάντια στις διαταραχές που μεταφέρονται μέσω αγωγών. Η επιλογή καθορίζεται από το επίπεδο ισχύος του υπό προστασία κυκλώματος (παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, έλεγχος και παρακολούθηση, κ.τ.λ.) και από το τύπο διαταραχής. Συνεπώς, όταν εμφανίζονται συνήθεις διαταραχές σε ένα κύκλωμα ισχύος, χρησιμοποιείται ένας μετασχηματιστής,

αν οι διαταραχές είναι σε χαμηλές (<1 kHz) συχνότητες, ενώ αν είναι σε υψηλές συχνότητες ένα φίλτρο. Στο σχήμα υπάρχει μια γενική λίστα συσκευών προστασίας.

Τύπος	Παράδειγμα συσκευής	Εφαρμογές
Απαγωγός εξάρσεων	σπινθηριστής	τροφοδοτικό ισχύος, έλεγχος και παρακολούθηση ▪ σε εγκαταστάσεις
	αλεξικέραυνο περιοριστής	
Φιλτράρισμα	δίοδος βαρίστορ	ηλεκτρονικά κυκλώματα
	δίοδος zener	
Φιλτράρισμα	μετασχηματιστής	τροφοδοτικό ισχύος, έλεγχος και παρακολούθηση (εγκαταστάσεις και ηλεκτρονικά κυκλώματα)
	επαγωγός πυκνωτής φίλτρο	
Θωράκιση	πλέγμα αγωγών θωρακισμένος αγωγός ρεύμα δακτυλίου	μεταφορά δεδομένων (καμπίνα σε περιοχή διαταραχών)

Σχήμα 1-15: Γενική λίστα συσκευών προστασίας [3]

Κρατώντας τον ευαίσθητο εξοπλισμό μέσα σε προστατευτικό κάλυμμα με αγωγίμη θωράκιση παρέχεται προστασία ενάντια στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Για να είναι αποτελεσματική η προστασία πρέπει το πάχος της αγωγίμης θωράκισης, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-15, να είναι μεγαλύτερο από το βάθος που μπορούν να διαπεράσουν οι συχνότητες της διαταραχής. Σε διαταραχές υψηλής συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγωγίμο βερνίκι, ενώ σε μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας παρέχεται προστασία μόνο με υλικό υψηλής διαπερατότητας.



Σχήμα 1-16: Πάχος προστατευτικού καλύμματος για την προστασία του εξοπλισμού από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο [3]

Όσον αφορά τις γειώσεις η καλή ηλεκτρική συνοχή μεταξύ διαφορετικών μερών των προστατευτικών καλυμμάτων είναι εξαιρετικά σημαντική. Πρέπει να υπάρχει προσεκτική και σωστή διασύνδεση, για παράδειγμα να προστατεύονται οι περιοχές επαφής από οποιαδήποτε βαφή και επίσης να χρησιμοποιούνται κοντά και φαρδιά καλώδια (έτσι μειώνεται η σύνθετη αντίσταση στο ελάχιστο).

Η προστασία καλωδίων είναι μια προέκταση του αγωγίμου τυλίγματος που τοποθετείται γύρω από τα ευαίσθητα συστήματα. Για αυτό πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κοντότερο και αν είναι δυνατό η περιμέτρός να προστατεύει από διαταραχές υψηλής συχνότητας.

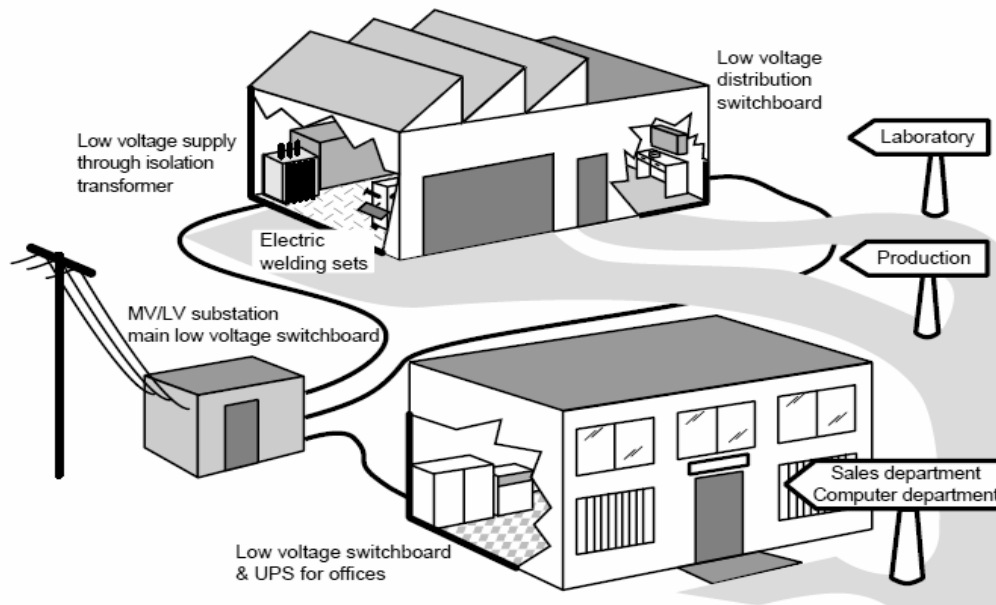
Όταν όλοι οι σχεδιαστικοί και κατασκευαστικοί κανόνες ακολουθούνται, το σύστημα θα έχει παρουσιάσει ατρωσία στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές του περιβάλλοντος για το οποίο κατασκευάστηκε. Όμως αυτή η ατρωσία μπορεί να διαπιστωθεί μόνο από ακριβείς μετρήσεις που εκτιμούν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών προστασίας. Στην βιομηχανία διαφορετικά πρότυπα μοντέλα μονάδων ηλεκτρονικών σφαλμάτων για διακόπτες κυκλωμάτων υπόκεινται σε δοκιμές με μεγάλες διαταραχές, που είναι πιθανόν να εκτεθούν. Αντικειμενικός σκοπός αυτών των δοκιμών είναι να ελεγχθεί ότι η μονάδα σφάλματος δεν λειτουργεί ακούσια και ότι ο διακόπτης κυκλωμάτων ανοίγει σωστά και στον απαιτούμενο χρόνο.

1.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΔΟΚΙΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ

Η διαδικασία της εγκατάστασης παίζει σημαντικό ρόλο στην Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα. Αυτό ισχύει τόσο για την σχεδίαση και τη μελέτη της κατασκευής όσο και για την εγκατάσταση [4].

Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης και της μελέτης κατασκευής δυο βασικοί παράγοντες διέπουν την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα. Η επιλογή του εξοπλισμού και η τοποθεσία τους. Στο σχήμα 1-17 φαίνεται ένα παράδειγμα μελέτης κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού. Η πρώτη αρχή αφορά την επιλογή των μερών του εξοπλισμού που μπορούν να παράγουν ή να είναι ευαίσθητα σε διαταραχές. Έτσι πρέπει αρχικά να γίνεται ανάλυση σχετική με τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των υλικών και των στοιχείων που είναι ικανά να εκπληρώσουν την απαιτούμενη

λειτουργία. Επίσης πρέπει να καθοριστούν οι κατάλληλοι ηλεκτρικοί και μηχανικοί σχεδιαστικοί κανόνες ώστε να υπάρξει λειτουργία χωρίς προβλήματα. Αν για παράδειγμα δυο μονάδες λειτουργούν η μία κοντά στην άλλη και η μία παράγει διαταραχές (δηλαδή παίζει το ρόλο της πηγής) ενώ η άλλη επηρεάζεται (δηλαδή παίζει το ρόλο του δέκτη) πρέπει η πηγή να παράγει χαμηλά επίπεδα διαταραχής και ο δέκτης να μην είναι υπερβολικά ευαίσθητος, να είναι συνηθισμένος και να παράγει μετρίου μεγέθους διαταραχές και ο δέκτης χαμηλής ευαισθησίας, ή να βρεθεί κάποιος συνδυασμός των παραπάνω ακραίων περιπτώσεων.



Σχήμα 1-17: Μελέτη κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού [4]

Τα έργα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων θα πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες που ήδη αναφέρθηκαν. Πρακτικά η συνύπαρξη διαφορετικών τρόπων σύζευξης πρέπει να μελετηθεί και να μειωθεί ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας. Έτσι διαφορετικές τεχνικές θα πρέπει να εφαρμόζονται όπως:

- Το κύκλωμα και οι γειώσεις πρέπει να τοποθετούνται σε πλέγμα.
- Τα κυκλώματα πρέπει να είναι φυσικά διαχωρισμένα.
- Η καλωδίωση πρέπει να είναι προσεχτικά σχεδιασμένη.

Στις μέρες μας ο εξοπλισμός μπορεί να είναι ευπαθής σε πολύ χαμηλά επίπεδα ενέργειας και να περιέχει αλληλοσυνδεδεμένα ηλεκτρονικά, ευαίσθητα σε υψηλές

συχνότητες. Στην κοινή σύζευξη εμπέδησης παρουσιάζονται τέτοιες περιπτώσεις και για αποφευχθεί αυτό, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό ισοδυναμικό σύστημα γείωσης (τοποθέτηση πλέγματος γείωσης).

Αυτό είναι το πρώτο βήμα παροχής προστασίας σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Σε ένα εργοστασιακό δίκτυο διανομής ισχύος όλα τα καλώδια προστασίας πρέπει να είναι συγκεντρωμένα στον ίδιο χώρο και να συνδέονται στις υπάρχουσες μεταλλικές κατασκευές όπως καθορίζεται στην NF C 15-100.

Ομοίως, σε έναν εξοπλισμό, όλες οι γειώσεις και τα πλαίσια πρέπει να είναι συνδεδεμένα σ' ένα κοινό σύστημα γείωσης χρησιμοποιώντας χαμηλή εμπέδηση (σε χαμηλές συχνότητες). Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κοντές και φαρδιές συνδέσεις (καλώδια). Η καλωδίωση μιας ηλεκτρικής καμπίνας είναι ένα τυπικό παράδειγμα τέτοιου σχεδιασμού.

1.6 EMC ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ

Διεθνή πρότυπα που ρυθμίζουν την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα των συστημάτων υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια [4]. Οι πρώτοι κανονισμοί εκδόθηκαν από το CISPR και καλύπτουν μόνο το μέγιστο αποδεκτό επίπεδο ισχύος που θα μπορούσε να εκπέμπεται από τους διαφορετικούς τύπους εξοπλισμών, κυρίως για να προστατευτεί η ραδιομετάδοση και λήψη.

Εθνικές επιτροπές και η International Electrotechnical Commission (IEC) έχουν καθορίσει Πρότυπα που καλύπτουν όλες τις πτυχές της εκπομπής και της ευαισθησίας της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας που είναι γνωστές.

Τα στρατιωτικά πρότυπα Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας έχουν συνταχθεί στη σειρά GAM EG 1 στη Γαλλία και στη σειρά MIL-STD στις Η.Π.Α. Η αυξανόμενη σημασία της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας και η ενοποίηση της Ευρώπης προκαλούν αλλαγή του τοπίου των Προτύπων.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο πρωτοδημοσίευσε δημοσίευσε μια οδηγία (αναφορά 89/336/ΕΚ) το Μάιο του 1989 γι' αυτό το θέμα. Αφορά την ενοποίηση της νομοθεσίας περί Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας των χωρών μελών. Κάθε χώρα μέλος είναι δεσμευμένη να το περιλάβει στην εθνική νομοθεσία της και να καταστήσει τη χρήση και την εφαρμογή της υποχρεωτικές.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία όχι μόνο επιβάλλει τα όρια στις εκπεμπόμενες διαταραχές αλλά και θέτει την ελάχιστη ατρωσία στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Η οδηγία αναφέρεται στα Πρότυπα που καθορίζουν τα μέγιστα επίπεδα διαταραχής. Σήμερα, η οδηγία αυτή έχει αντικατασταθεί από την 2014/30/ΕΕ.

Τεχνικές Επιτροπές ήταν καθιερωμένες από την CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization. Συγκέντρωσαν τα υπάρχοντα Πρότυπα που αντιστοιχούν στην εφαρμογή της Οδηγίας, και πρόσθεσαν τα Πρότυπα που έλειπαν. Η Τεχνική Επιτροπή TC 210 βάσισε την εργασία της στην πραγματική βιομηχανική πρακτική.

Για δοκιμές εκπομπών, τα Γερμανικά πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για κάποιο χρόνο ως αναφορά ήταν τα VDE 0871 και VDE 0875. Αυτά αντικαθίστανται τώρα από τα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 55011 και EN 55022. Τα πρότυπα αναφοράς για την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα είναι τώρα η σειρά IEC 61000 (πρώην IEC 1000), η οποία περιέχει διάφορα μέρη, για παράδειγμα:

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ EMC

2.1 ΕΙΔΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

2.1.1 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ

i) Αερόκενοι λαμπτήρες

Οι περισσότερες πηγές αναφέρουν ότι ο Thomas Alva Edison ήταν ο εφευρέτης του πρώτου πρακτικά λειτουργήσιμου λαμπτήρα πυρακτώσεως με ανθρακικό νήμα σε κενό κώδωνα το 1879. Επίσης, αναφέρεται ότι είχε εφευρεθεί λαμπτήρας πυρακτώσεως με ανθρακικό νήμα το 1854 από τον Heinrich Goedel, ο οποίος είχε διάρκεια ζωής 400 ώρες. Ενώ παράλληλα με το ίδιο αντικείμενο είχε ασχοληθεί και ο Joseph Wilson Swan από το 1850. Η λειτουργία των λαμπτήρων πυρακτώσεως στηρίζεται στο φαινόμενο της θέρμανσης του μεταλλικού νήματος μέχρι λευκοπυρώσεως με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος [5].

Το νήμα των λαμπτήρων αυτών λειτουργεί σαν μια ωμική αντίσταση. Με την έλευση ηλεκτρικού ρεύματος το σύρμα θερμαίνεται. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας του σύρματος αυτό ακτινοβολεί. Το φάσμα συχνοτήτων που ακτινοβολούν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως βρίσκεται περισσότερο στην περιοχή των υπέρυθρων συχνοτήτων. Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνει η θερμοκρασία του νήματος του λαμπτήρα τόσο αυξάνει η ακτινοβολία του ορατού φάσματος. Σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες όμως το σύρμα ακτινοβολεί στις υπέρυθρες και υπεριώδεις συχνότητες.

Όπως είναι αναμενόμενο η αύξηση θερμοκρασίας του νήματος είναι περιορισμένη λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του. Η εξάχνωση του νήματος δε γίνεται ομοιόμορφα, έτσι δημιουργούνται στο νήμα σημεία πολύ πιο λεπτά με αποτέλεσμα στα σημεία αυτά η αντίσταση να είναι μεγαλύτερη. Όμως το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το νήμα είναι ίδιο σε όλο του το μήκος. Έτσι υπάρχει περισσότερη θερμότητα στα λεπτά σημεία άρα μεγαλύτερη θερμοκρασία με τελικό αποτέλεσμα το νήμα να λειώσει ή να σπάσει. Για το λόγο αυτό το νήμα άρχισε να κατασκευάζεται από τουγκστένιο λόγω του υψηλού σημείου τήξεώς του (3350°C).

Συνεπώς το μεγαλύτερο πρόβλημα στους λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι ότι το ποσοστό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στην περιοχή του ορατού φάσματος δεν ξεπερνά το 10-12%. Έτσι η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι της τάξης των 10-20 Lm/W. Πλέον δεν χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως στην Ευρωπαϊκή Ένωση.



Σχήμα 2-1: Λαμπτήρας πυρακτώσεως



Σχήμα 2-2: Λαμπτήρας αλογόνου

ii) Λαμπτήρες αλογόνου

Αρχικά επικράτησε η άποψη ότι ο κώδωνας του λαμπτήρα έπρεπε να είναι κενός για να αποφεύγονται τα έντονα φαινόμενα οξειδωσης του νήματος στις υψηλές θερμοκρασίες που λειτουργεί. Η μόνη επιλογή για βελτίωση της φωτιστικής απόδοσης ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας του λαμπτήρα με αποτέλεσμα την πολύ μικρή ζωή του λόγω εξάχνωσης στο νήμα. Αργότερα διαπιστώθηκε ότι η πλήρωση του κώδωνα με αδρανές αέριο υπό πίεση δρα ανασταλτικά στη διαφυγή ηλεκτρονίων από το νήμα, ενώ παράλληλα μειώνεται η θερμοκρασία του νήματος, γιατί οι απώλειες θερμότητας γίνονται πλέον και με αγωγή και με μεταφορά, ενώ στον αερόκενο λαμπτήρα γίνονται μόνο με ακτινοβολία.

Επομένως εφευρέθηκε ένα νέο είδος λαμπτήρων πυρακτώσεως. Το νέο είδος λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι οι λαμπτήρες αλογόνου. Όπως προαναφέρθηκε η εξάχνωση του νήματος αντιμετωπίστηκε με τη βοήθεια των αλογόνων στοιχείων. Μέσα στο κώδωνα του λαμπτήρα τοποθετείται μικρή ποσότητα ατμών ενός αλογόνου η οποία επιδρά με τα προϊόντα της εξάχνωσης του τουγκστενίου και σχηματίζει χημική ένωση που ονομάζεται αλογονίδιο του τουγκστενίου. Το αλογονίδιο αυτό επικάθεται στο νήμα όπου λόγω της υψηλής θερμοκρασίας διασπάται αποθέτοντας έτσι το τουγκστένιο πάνω στο νήμα ενώ το αλογόνο ελευθερώνεται για να αρχίσει νέος κύκλος.

Με τον τρόπο αυτό τροφοδοτείται το νήμα συνέχεια με τουγκστένιο και η συνολική εξάχνωση περιορίζεται. Επίσης τα προϊόντα της εξάχνωσης αφού επιστρέφουν στο νήμα δεν επιτρέπουν τη δημιουργία του φαινομένου της αμαύρωσης του κώδωνα ακόμα κι αν αυτός έχει περιορισμένες διαστάσεις. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η αύξηση του ποσοστού φωτιστικής απόδοσης κατά 10-20% και αύξηση της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων κατά 2-3 φορές. Το κατά πόσο θα αυξηθεί η φωτιστική απόδοση και η διάρκεια ζωής, εξαρτάται από το είδος του αερίου πλήρωσης του κάθε λαμπτήρα. Οι λαμπτήρες αλογόνου ονομάζονται και λαμπτήρες ιωδίνης αφού αποτελούνται από ράβδο χαλαζίου που περιέχει εκτός από το αέριο πλήρωσης και μικρή ποσότητα του αλογόνου στοιχείου ιωδίου. Το πλέον διαδιδόμενο αέριο πλήρωσης είναι ένα μίγμα αζώτου και αργού (συνήθως 90% αργό και 10% άζωτο).

Εκτός από τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι κανονικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως οι λαμπτήρες ιωδίνης χρειάζονται περισσότερη προσοχή. Πρέπει να προστατεύονται από ακαθαρσίες όπως άλατα, σκόνη, δακτυλικά αποτυπώματα. Τα άλατα και τα αλκαλικά υλικά μπορούν να διηθηθούν μέσα στο θερμό, ζεστό γυαλί ή χαλαζία με αποτέλεσμα να θρυμματιστεί βίαια ή να σπάσει. Για να αποφευχθούν αυτά οι λαμπτήρες ιωδίνης πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα. Συνήθως οι λαμπτήρες ιωδίνης βρίσκονται μέσα σε προστατευτικά εξαρτήματα.

2.1.2 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΣ

ι) Λειτουργία

Η χρήση της ηλεκτρικής εκκένωσης μέσω αερίων για τη δημιουργία φωτισμού στους λαμπτήρες εκκενώσεως προηγήθηκε των λαμπτήρων πυρακτώσεως. Μέχρι και σήμερα στα εργαστήρια φυσικής χρησιμοποιούνται σωλήνες αερίων για διάφορους σκοπούς που σχετίζονται με τη δημιουργία φωτός όπως η φασματοσκόπηση, η ανάλυση υλικών, οι μελέτες για τις ιδιότητες των αερίων καθώς και για τη δημιουργία του Laser.

Οι λαμπτήρες εκκενώσεως χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλους τους τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας φωτισμού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν διάφοροι τύποι λαμπτήρων εκκενώσεως. Οι λαμπτήρες αυτοί διαχωρίζονται ανάλογα με το αέριο που περιέχουν, όπως το αργό, το νάτριο, το ξένο, τον υδράργυρο, το νέο, όπου κάθε ένα από αυτά έχει τις δικές του φυσικές και χημικές ιδιότητες [5]. Επίσης,

διαχωρίζονται και από τη πίεση που επικρατεί στο θάλαμο εκκενώσεως του λαμπτήρα, σε υψηλής πίεσης (200 mmHg) και σε χαμηλής πίεσης (5-10 mmHg).

Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως οι λαμπτήρες εκκενώσεως δεν διαθέτουν νήμα και δεν ακτινοβολούν φως λόγω αυξημένης θερμότητας και θερμοκρασίας σε μέταλλο. Η λειτουργία τους βασίζεται στο φαινόμενο της εκκένωσης όπου τα άτομα του αερίου ιονίζονται μέσω διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια βρίσκεται στην περιοχή ορατού και υπεριώδους φάσματος συχνοτήτων.

Το φαινόμενο της εκκενώσεως δημιουργείται όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαπερνά ένα αέριο. Εφαρμόζοντας τάση με δύο ηλεκτρόδια στα άκρα ενός σωλήνα που περιέχει μια ποσότητα αερίου αναπτύσσεται ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο κινεί τα ιόντα και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αερίου στα δυο ηλεκτρόδια, την κάθοδο και την άνοδο αντίστοιχα. Αυξάνοντας τη τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων αυξάνει η ένταση ηλεκτρικού πεδίου καθώς και η ταχύτητα των ηλεκτρικών φορτίων. Τα ηλεκτρικά φορτία συγκρούονται λόγω της κίνησής τους με τα άτομα του αερίου προκαλώντας διέγερση σε αυτά, με αποτέλεσμα τον ιονισμό των ατόμων του αερίου. Το φως προέρχεται από τον ιονισμό και τη διέγερση των ατόμων του στοιχείου που βρίσκεται μέσα στο κώδωνα του λαμπτήρα.

Με την εφαρμοζόμενη τάση στα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα εκκένωσης δημιουργείται μια εκκένωση αίγλης. Λόγω της αυξανόμενης έντασης του ρεύματος προκαλείται θέρμανση στα ηλεκτρόδια και από εκκένωση αίγλης παρουσιάζεται εκκένωση τόξου. Κατά την εκκένωση τόξου ισχύει ότι με τυχαία πτώση της τάσης θα προκληθεί αύξηση έντασης η οποία θα προκαλέσει και πάλι πτώση τάσης με αποτέλεσμα την επανάληψη του φαινομένου αυτού με την ένταση του ρεύματος να τείνει στο άπειρο. Για να αποφευχθεί αυτό το φαινόμενο της εκκένωσης τοποθετείται στο κύκλωμα των λαμπτήρων εκκένωσης μια αντίσταση για περιορισμό της αύξησης της εντάσεως του ρεύματος έχοντας έτσι μια ορθή λειτουργία των λαμπτήρων.

ii) Λαμπτήρες χαμηλής πίεσης

α) Λαμπτήρες φθορισμού

Μετά την εμπορική επιτυχία των λαμπτήρων πυρακτώσεως παρόμοια επιτυχία σημείωσαν και οι λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι είναι λαμπτήρες εκκενώσεως

ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσεως με φθορίζοντα τοιχώματα. Οι λαμπτήρες φθορισμού περιέχουν προσμίξεις ευγενών αερίων (κυρίως νέον και αργόν) και σταγόνες υδραργύρου με πίεση περίπου $5 \cdot 10^{-3}$ mmHg υπό θερμοκρασία 40°C. Στα άκρα του σωλήνα είναι τοποθετημένα δύο ηλεκτρόδια με μορφή σύνθετων νημάτων τα οποία εξασφαλίζουν ομοιογενή θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων και μεγάλο χρόνο ζωής [5].

Όταν ο λαμπτήρας τεθεί υπό επαρκή τάση δημιουργείται εκκένωση αερίου η οποία παράγει ακτινοβολία. Αν και το ποσοστό του υδραργύρου είναι 1% μέσα στο αέριο εκκένωσης η ακτινοβολία αυτή προέρχεται σχεδόν εξολοκλήρου από τους ατμούς υδραργύρου. Επίσης, το 95% περίπου της ακτινοβολίας βρίσκεται στο υπεριώδες φάσμα συχνοτήτων και μόνο ελάχιστο ποσοστό βρίσκεται στο ορατό φάσμα. Για το λόγο αυτό η εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα επιχρίεται με φθορίζουσες ουσίες οι οποίες μετατρέπουν την αόρατη υπεριώδη ακτινοβολία σε ορατή. Το φάσμα του εκπεμπόμενου φωτός εξαρτάται από το είδος της φθορίζουσας ουσίας. Έτσι με κατάλληλο συνδυασμό των διαφόρων φθορίζουσών ουσιών επιτυγχάνονται ποικιλίες αποχρώσεων στο φως που βγάζουν οι λαμπτήρες φθορισμού.

Οι λαμπτήρες φθορισμού σε σύγκριση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως έχουν 2-4 φορές μεγαλύτερη φωτιστική απόδοση, εκπέμπουν λιγότερη θερμότητα στο περιβάλλον και έχουν διάρκεια ζωής δεκαπλάσια από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Υπάρχει όμως μια ανησυχία για τη χρήση των λαμπτήρων φθορισμού λόγω της εκπεμπόμενης υπεριώδους ακτινοβολίας η οποία είναι βλαβερή για τον ανθρώπινο οργανισμό. Δεν υπάρχει όμως πραγματικός λόγος διότι η υπεριώδης ακτινοβολία μικρού μήκους μετατρέπεται είτε σε ορατό φως είτε απορροφάται από το γυαλί, ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος είναι μικρότερη από εκείνη του ηλιακού φωτός.

Για τη σωστή λειτουργία των λαμπτήρων φθορισμού απαιτούνται μια αντίσταση και ένας εκκινητής. Όπως επισημάνθηκε προηγουμένως οι λαμπτήρες φθορισμού ανήκουν στην κατηγορία των λαμπτήρων εκκένωσης και για αυτό το λόγο χρειάζονται μια αντίσταση, η οποία θα εξασφαλίζει την απαιτούμενη τάση έναυσης του λαμπτήρα και θα σταθεροποιεί την ένταση του ρεύματος λειτουργίας της εκκενώσεως στην κατάλληλη, για κάθε είδος λαμπτήρα, τιμή. Η αντίσταση αυτή ονομάζεται ballast. Ο εκκινητής χρειάζεται για την έναυση του λαμπτήρα η οποία δε

μπορεί να γίνει με απλή σύνδεση προς τη τάση του δικτύου γιατί τα ηλεκτρόδια είναι ψυχρά και δεν εκπέμπουν ηλεκτρόνια.

Η χρήση ωμικής αντίστασης όμως συνεπάγεται απώλεια ενέργειας, έτσι χρησιμοποιείται η άεργη αντίσταση με πυκνωτή ή πηνίο (συνήθως χρησιμοποιείται στραγγαλιστικό πηνίο). Αυτή η αντίσταση ονομάζεται magnetic ballast [6]. Επίσης υπάρχει και η ονομαζόμενη electronic ballast αντίσταση η οποία είναι είτε transistor είτε ημιαγωγός και χρησιμοποιείται όταν η πηγή είναι πηγή υψηλής εναλλασσόμενης τάσης. Εάν η αντίσταση είναι μαγνητική ή ηλεκτρονική τότε δεν απαιτείται εκκινητής γιατί το συγκεκριμένο εξάρτημα παρέχει την κατάλληλη τάση για έναυση του λαμπτήρα.

Οι λαμπτήρες φθορισμού που λειτουργούν απευθείας με εναλλασσόμενη τάση παρουσιάζουν τρεμόσβημα με διπλάσια κεντρική συχνότητα από τη πηγή γιατί σε μια περίοδο το ρεύμα θα διακοπεί δύο φορές. Αυτό σημαίνει ότι το φως θα τρεμοσβήνει 120 φορές το δευτερόλεπτο σε συχνότητα 60 Hz και 100 φορές σε συχνότητα 50 Hz. Αποτέλεσμα αυτού του προβλήματος είναι το βουητό που ακούγεται από τους λαμπτήρες αυτούς λόγω της αντίστασης ρύθμισης του ρεύματος (ballast). Το πρόβλημα όμως λύνεται με τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (compact fluorescent lamps) οι οποίοι χρησιμοποιούν υψηλής συχνότητας αντίσταση (electronic ballast).



Σχήμα 2-3: Λαμπτήρας φθορισμού



Σχήμα 2-4: Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού έχουν μικρές διαστάσεις και μικρό βάρος. Οι λαμπτήρες αυτοί μπορούν να κατασκευαστούν ολοκληρωμένοι, με ενσωματωμένο ballast, ή μη ολοκληρωμένοι, χωρίς ενσωματωμένο ballast, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αντικατάσταση του λαμπτήρα χωρίς να χρειαστεί να αντικατασταθεί και το ballast

αν λειτουργεί σωστά. Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού μπορούν να αλλάξουν και την ένταση τους με το λεγόμενο dimming. Γενικά είναι περίπλοκο το dimming στους λαμπτήρες φθορισμού όμως είναι εφικτό με κάποιες συνδεσμολογίες. Για τους πιο πάνω λόγους οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού μπορούν εύκολα να αντικαταστήσουν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως προσφέροντας παράλληλα και εξοικονόμηση αφού έχουν πολύ μεγαλύτερη φωτιστική απόδοση και διάρκεια ζωής.

Εκτός από τους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα υπάρχουν και συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού που λειτουργούν με ραδιοκύματα για τον ιονισμό των ατόμων υδραργύρου. Επίσης υπάρχουν τέτοιοι λαμπτήρες με διοξείδιο του τιτανίου στο εξωτερικό του κώδωνα για να αποφεύγεται η μυρωδιά από τον ιονισμό και την οξείδωση καθώς και λαμπτήρες που ονομάζονται Gold Cathode Fluorescent light, οι οποίοι παράγουν λιγότερη θερμότητα, άρα είναι πιο αποτελεσματικοί σε φωτιστική απόδοση και διάρκεια από τους συνηθισμένους συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

Επίσης υπάρχουν και λαμπτήρες φθορισμού που παρουσιάζουν άλλες ιδιότητες, όπως τα blacklights που εκπέμπουν υπεριώδης ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος με εφαρμογές για αναλύσεις ουσιών και εντομοκτόνων. Τέτοιοι λαμπτήρες είναι και οι ονομαζόμενοι blacklite blue με παρόμοιες εφαρμογές ενώ οι germicidal δεν λειτουργούν με φθορίζουσες ουσίες αλλά χρησιμοποιούνται για να σκοτώνουν μικρόβια και για διαχωρισμό διαφόρων ειδών ανόργανης ύλης.

β) Λαμπτήρες Νέον και Νατρίου

Εκτός από τους λαμπτήρες φθορισμού υπάρχουν και άλλου είδους λαμπτήρες εκκενώσεως χαμηλής πίεσης που περιέχουν διαφορετικά αέρια. Οι δύο σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι λαμπτήρες νέου και νατρίου χαμηλής πίεσης. Οι λαμπτήρες νέου ή αλλιώς σωλήνες νέου λόγω μη ύπαρξης εκκινητών και ηλεκτροδίων πυρακτώσεως λειτουργούν μόνο με υψηλές τάσεις που λαμβάνουν από μετασχηματιστές σκεδαζόμενου μαγνητικού πεδίου. Το χρώμα που εκπέμπουν εξαρτάται από το αέριο (νέον) το οποίο έχει ένα κόκκινο-πορτοκαλί χρώμα και από την φθορίζουσα ουσία που έχει ο κώδωνας (π.χ. με μια φθορίζουσα ουσία που εκπέμπει στις συχνότητες του μπλε ο φωτισμός που δημιουργείται από το σωλήνα νέου είναι χρώματος ροζ). Εκτός από νέον χρησιμοποιούνται και άλλα αέρια για διάφορους χρωματισμούς όπως αργό, ήλιο, άζωτο και ατμοί υδρογόνου.

Σε αυτούς τους λαμπτήρες υπάρχουν περιορισμοί για τη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση τροφοδοσίας. Η τυπική τάση τροφοδοσίας είναι από 6KV –15KV. Η υψηλή τάση λειτουργίας απαιτεί προσοχή γιατί υπάρχει κίνδυνος, ιδίως με τις υγρές καιρικές συνθήκες. Η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων αυτών είναι περίπου 20 με 30 Lm και η διάρκεια ζωής 5-7 χιλιάδες ώρες. Οι λαμπτήρες νέου χρησιμοποιούνται για διαφημιστικούς σκοπούς σε φωτεινές επιγραφές. Αυτός είναι και ο λόγος που ονομάζονται φωτεινοί σωλήνες.

Οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης αποτελούνται από σωλήνα που περιέχει νάτριο με μίγμα νέου και αργού. Η θερμοκρασία που πρέπει να φτάσει ο σωλήνας είναι περίπου στους 300°C και για αυτό το λόγο η μορφή του σωλήνα είναι σε σχήμα U και βρίσκεται μέσα σε κενό κώδωνα για διατήρηση αυτής της θερμοκρασίας. Η λειτουργία του λαμπτήρα ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης είναι παρόμοια με τη λειτουργία του λαμπτήρα ατμών υδραργύρου. Η εκκένωση αρχικά γίνεται μέσω του νέου δίνοντας φως ερυθρού χρώματος. Στη συνέχεια το μεταλλικό νάτριο εξαχνώνεται και ιονισμένο διευκολύνει την εκκένωση μέσω αυτού. Το φάσμα φωτός που εκπέμπεται είναι μονοχρωματικό κίτρινο. Οι λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης κατασκευάζονται σε ισχύ των 200W και απαιτούν για έναυση τάση των 400 V. Για το σκοπό αυτό συνδέονται στο δίκτυο των 230V μέσω μετασχηματιστών σκεδαζόμενου μαγνητικού πεδίου.

Η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων νατρίου χαμηλής πίεσης είναι περίπου 200Lm/W, η μεγαλύτερη υπάρχουσα φωτιστική απόδοση, και έχει κόστος εκμετάλλευσης τρεις φορές φθηνότερο από του λαμπτήρα ατμών υδρογόνου. Το μονοχρωματικό κίτρινο φως των λαμπτήρων αυτών δεν πρέπει να θεωρείται μειονέκτημα γιατί στην περιοχή συχνοτήτων του χρώματος αυτού το ανθρώπινο μάτι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία ενώ ταυτόχρονα το φως αυτό παρουσιάζει μεγάλη διεισδυτικότητα σε ομιχλώδες περιβάλλον ή σε περιβάλλον με σκόνη οπότε κρίνεται σαν το καταλληλότερο για φωτισμό οδικών αρτηριών.



Σχήμα 2-5: Λαμπτήρας νέον



Σχήμα 2-6: Λαμπήρες νατρίου υψηλής πίεσης

iii) Λαμπτήρες υψηλής πίεσης

Οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες . Είναι οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης με ή χωρίς μεταλλικά ιωδίδια και οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης.

Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου αποτελούνται από ένα σωλήνα εκκένωσης από γυαλί χαλαζίου. Ο σωλήνας περιέχει ευγενές αέριο (αργό) μαζί με υδράργγυρο σε υγρή μορφή. Όταν προθερμανθεί ο λαμπτήρας δημιουργείται εκκένωση τόξου που ακτινοβολεί υπεριώδης και ορατή ακτινοβολία. Η εκπομπή που παράγουν οι λαμπτήρες αυτοί είναι χρώματος μπλε - άσπρου. Υπάρχει η δυνατότητα όμως να χρησιμοποιηθούν φθορίζουσες ουσίες ώστε η ακτινοβολία να βρίσκεται στο ορατό φάσμα δίνοντας ένα φυσικό λευκό χρώμα και παράλληλα να αυξηθεί η φωτιστική απόδοση του λαμπτήρα.

Όπως και οι υπόλοιποι λαμπτήρες εκκένωσης, οι λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης χρειάζονται μια αντίσταση (ballast) για την σταθεροποίηση της εκκένωσης. Για τον εμπλουτισμό του φάσματος εκπομπής της εκκένωσης των ατμών υδραργύρου χρησιμοποιούνται και μεταλλικά ιωδίδια που συμμετέχουν στην εκκένωση στις περιοχές μήκους κύματος όπου το φάσμα του υδραργύρου είναι φτωχό ή κενό. Παράλληλα αυξάνεται ακόμα περισσότερο η φωτιστική απόδοση των λαμπτήρων. Οι πιο συνηθισμένοι συνδυασμοί ιωδιδίων είναι το ιωδίδιο νατρίου και ιωδίδιο σκανδίου.

Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης αποτελούνται από ένα σωλήνα κεραμικού υλικού (το γυαλί κι ο χαλαζίας δεν μπορούν να αντέξουν πάνω από 1300°C που απαιτείται ενώ παράλληλα το νάτριο προκαλεί χημική αντίδραση με αυτά τα δυο υλικά). Ο σωλήνας περιέχει στερεό νάτριο μαζί με λίγο υδράργυρο μέσα σε αέριο (αργό, νέο, ή ξένο). Η λειτουργία του είναι ίδια με των λαμπτήρων υδραργύρου όμως η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι μονοχρωματική κίτρινου χρώματος. Μεγαλύτερη φωτιστική απόδοση από τους λαμπτήρες υψηλής πίεσεως έχουν οι λαμπτήρες υδραργύρου με μεταλλικά ιωδίδια. Σε σύγκριση με τους απλούς λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης, οι οποίοι έχουν ίδια περίπου φωτιστική απόδοση με τους λαμπτήρες φθορισμού, οι λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης με μεταλλικά ιωδίδια έχουν τριπλάσια φωτιστική απόδοση και οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης έχουν διπλάσια φωτιστική απόδοση.

Μειονέκτημα των λαμπτήρων υδραργύρου είναι ο αναγκαίος χρόνος μέχρι την κανονική λειτουργία τους, αφού έχουν σαν προϋπόθεση την προθέρμανση τους πριν την εκκένωση ακτινοβολίας. Επίσης χρειάζονται και ορισμένο χρονικό διάστημα ψύξεως πριν την επαναλειτουργία τους μετά το σβήσιμο τους. Οι λαμπτήρες υδραργύρου χρησιμοποιούνται για φωτισμό καταστημάτων, οι λαμπτήρες νατρίου για φωτισμό δρόμων ενώ μια άλλη περίπτωση λαμπτήρων υψηλής πίεσεως, οι λαμπτήρες ξένου, χρησιμοποιούνται για το φωτισμό μεγάλων εξωτερικών επιφανειών σε προβολείς με γυαλί από χαλαζία. Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες αποτελούνται μόνο από ξένο και χρειάζονται υψηλές τάσεις τροφοδοσίας ενώ εκπέμπουν λευκό φως που μοιάζει με το φως ημέρας.

2.1.3 ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΔΙΟΔΟΥ ΕΚΠΟΜΗΣ ΦΩΤΟΣ (LED)

Ένας λαμπτήρας LED είναι ένα προϊόν διόδων εκπομπής φωτός (LED) που συναρμολογούνται σε μορφή λαμπτήρα για χρήση σε φωτιστικά. Οι λαμπτήρες LED έχουν διάρκεια ζωής και ηλεκτρική απόδοση που είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από τους λαμπτήρες πυράκτωσης, και επίσης πολύ μεγαλύτερη από ότι οι περισσότεροι λαμπτήρες φθορισμού, με ορισμένους να έχουν τη δυνατότητα να εκπέμπουν πάνω από 100 Lm/W [7]. Η αγορά λαμπτήρων LED αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο από 12 φορές πάνω από την επόμενη δεκαετία, από τα 2 δισεκατομμύρια δολάρια στις αρχές του 2014 στα 25 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023, που σημαίνει ένα ποσοστό ρυθμού ετήσιας ανάπτυξης που θα φτάσει τα 25 % .

Όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και σε αντίθεση με τους λαμπτήρες φθορισμού, οι λαμπτήρες LED φτάνουν σε πλήρη φωτεινότητα χωρίς την ανάγκη του χρόνου προθέρμανσης. Άλλωστε αυτός ο χρόνος είναι και ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των λαμπτήρων φθορισμού καθώς η διάρκεια ζωής τους μειώνεται με τη συχνή ενεργοποίηση και απενεργοποίηση. Το αρχικό κόστος των λαμπτήρων LED είναι συνήθως υψηλότερο. Ένα άλλο μειονέκτημά τους είναι και η μείωση της φωτεινής απόδοσής τους σε κάποιο βαθμό την πάροδο του χρόνου, λόγω της υποβάθμισης των χαρακτηριστικών των στοιχείων LED αλλά και των υλικών συσκευασίας τους.

Έρευνα σε οργανικά LED (organic LED - OLED) και πολυμερών LED (polymer LED - PLED) έχει αποδείξει ότι το κόστος ανά lumen και η παραγωγή ανά συσκευή βελτιώνονται γρήγορα, σύμφωνα με αυτό που έχει ονομαστεί ως νόμος του Haitz, αντίστοιχος με το νόμο του Moore για τις συσκευές ημιαγωγών. Μερικοί λαμπτήρες LED είναι άμεσα συμβατοί με τους προς αντικατάσταση λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού. Ένας λαμπτήρας LED μπορεί να έχει φωτεινή έξοδο, κατανάλωση ισχύος σε W, θερμοκρασία χρώματος σε °K, περιγραφή (π.χ. " ζεστό λευκό φως") και μερικές φορές ισοδύναμη ισχύς με ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως παρόμοιας φωτεινής απόδοσης.

Τα LED δεν εκπέμπουν φως προς όλες τις κατευθύνσεις και τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν το σχεδιασμό των λαμπτήρων. Η φωτεινή απόδοση των LED είναι σαφώς μικρότερη από εκείνη των λαμπτήρων πυρακτώσεως και των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συστοιχία LED για το σχηματισμό ενός λαμπτήρα, αν και σε λίγο καιρό θα είναι διαθέσιμα και LED υψηλής ισχύος.

Οι συστοιχίες LED τροφοδοτούνται μόνο από ελεγχόμενο συνεχές ρεύμα (DC) και για αυτό είναι απαραίτητα η χρήση ενός κατάλληλου τροφοδοτικού. Τα LED επηρεάζονται αρνητικά από την υψηλή θερμοκρασία και επομένως οι λαμπτήρες LED συνήθως περιλαμβάνουν στοιχεία απαγωγής θερμότητας, όπως διατάξεις απαγωγής θερμότητας και πτερύγια ψύξης.



Σχήμα 2-7: Λαμπτήρας LED

2.2 EMC ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Τα συστήματα φωτισμού πρέπει να είναι καλώς χαρακτηριζόμενα από άποψη Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC), καθώς έχουν σημαντική συμβολή στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο. Πολλά μέρη τους, όπως ροοστάτες, ballast και λαμπτήρες είναι όλο και πιο πολύπλοκα. Σε συνδυασμό με την καλωδίωση, αυτά είναι πολύπλοκα ηλεκτρομαγνητικά συστήματα για τα οποία υπάρχει η προσδοκία να λειτουργήσουν άψογα για τουλάχιστον δύο δεκαετίες, σε αντίθεση με τους υπολογιστές και την κινητή τεχνολογία τα οποία καθίσταται άνευ αντικειμένου και ανανεώνονται κάθε 3-5 χρόνια [8].

Τα συστήματα φωτισμού και οι ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές τους, θέτουν ένα σοβαρό ζήτημα όσον αφορά την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα (EMC). Αυτό έχει αναγνωριστεί από ρυθμιστικές αρχές σε όλο τον κόσμο. Τα όρια εκπομπών και οι μέθοδοι για τη μέτρηση τους έχουν καθοριστεί και περιγραφεί. Το κατευθυντήριο έγγραφο είναι το Πρότυπο EN 55015 . Αυτό το Πρότυπο ορίζει μια δοκιμή και τον τρόπο για να μετρηθούν οι διαταραχές της τάσης. Το επίπεδο θορύβου για φωτιστικά είναι καθορισμένο και ορίζεται με τον όρο της τερματικής τάσης διαταραχής.

Κανένα φωτιστικό δεν μπορεί να πωληθεί χωρίς να περάσει αυτές τις δοκιμές. Εάν μια συσκευή ή μία ομάδα συσκευών αποτύχουν, οι συνέπειες για τον κατασκευαστή θα μπορούσαν να είναι η απαγόρευση της πώλησης ή η απόσυρση της έγκρισής του.

2.3 ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ EN 55015 ΚΑΙ EN 62493

Η πλειοψηφία του φωτιστικού εξοπλισμού καλύπτεται από το Πρότυπο EN 55015, το οποίο σχετίζεται με την εκπομπή ραδιοδιαταραχών από [9]:

- Εξοπλισμός φωτισμού με πρωταρχική λειτουργία την παραγωγή και τη διανομή φωτός για σκοπούς φωτισμού, ο οποίος προορίζεται για σύνδεση στο δίκτυο χαμηλής τάσης ή σε μπαταρία και χρησιμοποιείται σε υπαίθριο ή κλειστό χώρο.
- Το φωτιστικό μέρος πολύ-λειτουργικού εξοπλισμού του οποίου μία από τις πρωταρχικές λειτουργίες είναι ο φωτισμός.
- Ανεξάρτητος βοηθητικός εξοπλισμός για αποκλειστική χρήση με εξοπλισμό φωτισμού.
- Διατάξεις υπεριώδους (UV) και υπέρυθρης (IR) ακτινοβολίας
- Διαφημιστικές πινακίδες νέον
- Φωτισμός δρόμων
- Φωτιστικά για τα μέσα μεταφοράς (λεωφορεία, τρένα, κ.α.)

Αντίθετα δεν καλύπτονται από το Πρότυπο EN 55015:

- Φωτιστικός εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ISM συχνότητες για τη λειτουργία του. (Καλύπτεται από το CISPR 11)
- Φωτιστικός εξοπλισμός για αεροσκάφη και αεροδρόμια. (Καλύπτεται από τις απαιτήσεις που θέτουν Πολιτικές Αρχές)
- Φωτιστικός εξοπλισμός ο οποίος δεν έχει ως πρωταρχική του λειτουργία το φωτισμό. (Όπως φωτοτυπικά μηχανήματα και προτζέκτορες τα οποία καλύπτονται από το Πρότυπο CISPR 14)

Το Πρότυπο EN 55015 ορίζει με λεπτομέρεια τις παρακάτω δοκιμές:

1. **Ακτινοβολούμενες Διαταραχές:** Εφαρμόζεται σε φωτιστικό εξοπλισμό που η τάση τροφοδοσίας του δεν ξεπερνά τα 600V. Οι δοκιμές σχετίζονται με τη μέτρηση της ακτινοβολούμενης διαταραχής στο εύρος των συχνοτήτων από 30MHz έως 300MHz.
2. **Διαταραχές τάσης (καλώδια και ακροδέκτες ελέγχου):** Οι δοκιμές αυτές εφαρμόζονται σε φωτιστικό εξοπλισμό στο εύρος συχνοτήτων από 9kHz έως

30MHz. Η αγωγή εκπομπών από τα καλώδια τροφοδοσίας μετρείται κατά προτίμηση με LISN (γραμμική σύνθετης αντίστασης σταθεροποίησης δικτύου).

- 3. Εκπεμπόμενες ραδιοδιαταραχές:** Η δοκιμή αυτή εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε φωτιστικό εξοπλισμό που απαιτεί δοκιμές διαταραχής τάσης σε συχνότητες μεγαλύτερες από 100Hz. Η δοκιμή πραγματοποιείται με μια κεραία κλειστού βρόχου η οποία έχει διάμετρο βρόχου 2m. Οι κεραίες αυτού του τύπου είναι γνωστές ως Van Veen Loop και αποτελούνται από τρεις ορθογώνιους βρόχους οι οποίοι περικλείουν μια πλατφόρμα στην οποία τοποθετείται ο υπό δοκιμή εξοπλισμός. Το εύρος συχνοτήτων των μετρήσεων είναι από 9kHz έως 30MHz.

Ένα άλλο πρότυπο το οποίο θα μελετηθεί πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία είναι το EN 62493 το οποίο έχει να κάνει με την αξιολόγηση εξοπλισμού φωτισμού σχετικού με την ανθρώπινη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Καλύπτει φωτιστικό εξοπλισμό παρόμοιο με αυτόν του Προτύπου EN 55015 ενώ και αυτό δεν καλύπτει φωτιστικό εξοπλισμό παρόμοιο πάλι με το Πρότυπο EN 55015. Το Πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε για να εκτιμηθούν, μέσω μετρήσεων ή/και υπολογισμών τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και οι πιθανές επιδράσεις τους στο ανθρώπινο σώμα [10]. Τα επίπεδα έκθεσης με τα οποία πρέπει να συμμορφωθούν αποτελούν τους βασικούς περιορισμούς. Με βάση τις ιδιότητες του φωτιστικού εξοπλισμού και τους περιορισμούς στο εύρος συχνότητας των υπό δοκιμή συσκευών θα μετρηθεί το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο σε συχνότητες από 20kHz έως 10MHz. Επίσης, το πρότυπο αυτό δε σκοπεύει να αντικαταστήσει ορισμούς και διαδικασίες που διευκρινίζονται στα πρότυπα έκθεσης αλλά στοχεύει στο να συμπληρώσει την υπάρχουσα διαδικασία για τη συμμόρφωση με την έκθεση.

2.4 ΘΕΜΑΤΑ EMC ΣΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ [11]

Ένα σημαντικό αίτημα της ανάπτυξης των σύγχρονων λαμπτήρων εκκένωσης είναι να ικανοποιήσουν τους συνεχώς αυξανόμενους ηλεκτρομαγνητικούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Η εκπλήρωση των συνθηκών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας είναι βασικό κριτήριο για την παραγωγή εμπορεύσιμων προϊόντων. Μια πηγή φωτός, η οποία πληροί τις προϋποθέσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας, από τη μία πλευρά δεν εκπέμπει περισσότερες ηλεκτρομαγνητικές

διαταραχές από το επιτρεπόμενο επίπεδο, ενώ από την άλλη λειτουργεί αξιόπιστα κάτω από ένα καλά καθορισμένο επίπεδο διαταραχής.

Ηλεκτρικές, μαγνητικές και ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές εξαπλώνονται με αγόμενο ή ακτινοβολούμενο τρόπο. Οι λαμπτήρες εκκένωσης παράγουν και ακτινοβολούν διαταραχές υψηλής συχνότητας στο περιβάλλον τους κατά τη λειτουργία τους. Τα αντίστοιχα πρότυπα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EN 55015, IEC 6100, IEC 61547) περιγράφουν τις συνθήκες δοκιμών, συμπεριλαμβανομένης της διάταξης μέτρησης με όλες τις υπό δοκιμή συσκευές, τις συχνότητες και τις αποστάσεις. Επίσης, καθορίζουν τα ισχύοντα όρια για τις υπό δοκιμή συσκευές.

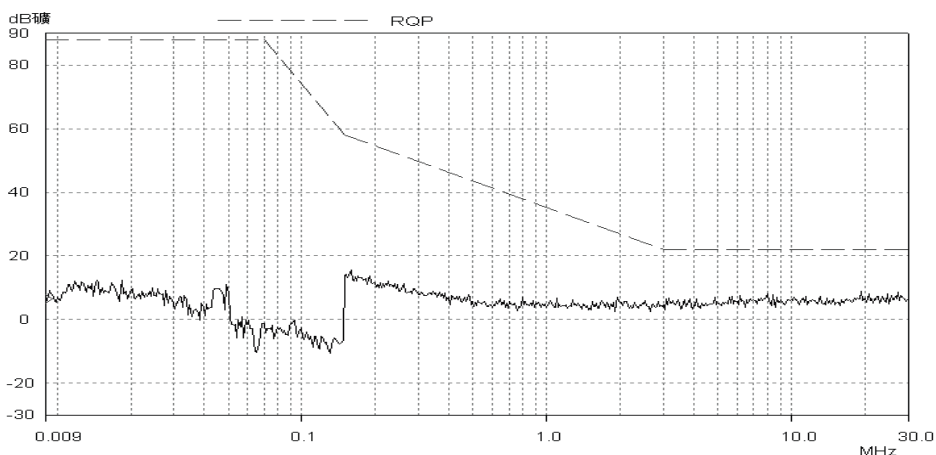
Τυποποιημένες δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας που σχετίζονται με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού και άλλο εξοπλισμό φωτισμού αποτελούνται από ακτινοβολούμενες και αγόμενες ραδιοταραχές που εκπέμπονται σε εύρος συχνοτήτων 9 kHz - 300 MHz, από μετρήσεις αρμονικών ρεύματος και μια σειρά από διάφορες δοκιμές ατρωσίας.

Όλες αυτές οι πτυχές που αφορούν την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα έχουν γίνει πιο σημαντικές με τη σταδιακή κατάργηση των λαμπτήρων πυρακτώσεως στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η νομοθεσία αυτή αναμένεται να ισχύσει και σε άλλα μέρη του κόσμου.

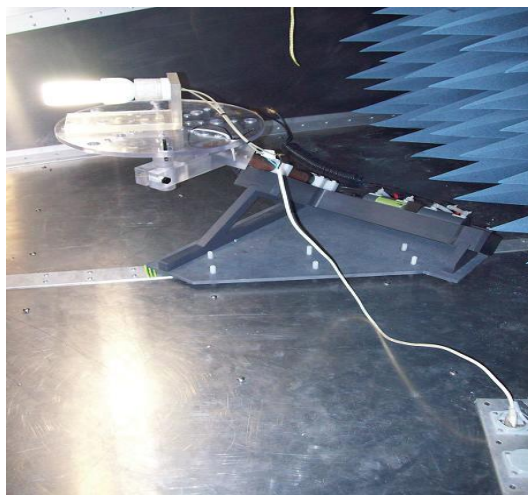
Το πρότυπο EN 55015 απαιτεί το μαγνητικό πεδίο να ελεγχθεί από μια κεραία βρόχου διαμέτρου 2m, 3-άξονων (Van Veen-loop) και η μονάδα μέτρησης να είναι σε dBμΑ, καθώς το επαγόμενο ρεύμα μετράται στο βρόχο στους τρεις (X, Y και Z) άξονες. Καμία από τις μετρούμενες καμπύλες εκπομπών δεν πρέπει να υπερβαίνει το (ίδιο) όριο.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2-8, παρατηρώντας την καμπύλη εκπομπών στον άξονα X, η ευαισθησία αυτής της μεθόδου είναι χαμηλή. Μόνο η γραμμή φάσματος στην ονομαστική συχνότητα λειτουργίας μπορεί να βρεθεί. Δεν έχουμε καμία πληροφορία σχετικά με τις άλλες γραμμές φάσματος. Η απότομη αλλαγή στα 150 kHz προκαλείται από το γεγονός ότι ο ανιχνευτής της οιονεί κορυφοτιμής (quasi-peak) της ανάλυσης του εύρους ζώνης έχει οριστεί από τα 200 Hz στα 9 kHz. Προκειμένου να επιτευχθεί μια μεγαλύτερη ευαισθησία, χρησιμοποιήθηκε ένας ETS-Emco 5407

θάλαμος δοκιμής ο οποίος είναι σε θέση να αναλύσει το εκπεμπόμενο φάσμα. Ο θάλαμος GTEM έχει σχήμα πυραμίδας και γραμμή μεταφοράς 50Ω δύο ακροδεκτών. Στο μπροστινό άκρο, το οποίο έχει μια είσοδο σε περίπτωση δοκιμής ατρωσίας και μια έξοδο σε περίπτωση δοκιμής εκπομπών, μια κανονική 50 Ω ομοαξονική γραμμή μετατρέπεται φυσικά σε μια ορθογώνια διατομή. Οι διαστάσεις της διατομής είναι σε αναλογία 3:2, οριζόντια σε κάθετη διάσταση. Ο κεντρικός αγωγός, που είναι γνωστός ως διάφραγμα, είναι ένας επίπεδος, ευρύς αγωγός. Με τη θεωρία της αμοιβαιότητας, τόσο οι ακτινοβολούμενες εκπομπές όσο και οι δοκιμές ατρωσίας διεξάγονται στον όγκο δοκιμής. Το διάφραγμα τερματίζεται φυσικά σε μια αντίσταση σε σειρά με συνολική τιμή 50 Ω για να ταιριάζουν με τη διανομή ρεύματος του διαφράγματος. Τα πεδία έντασης, είτε εφαρμόζονται σε στοιχείο για δοκιμή ατρωσίας είτε παράγονται από τον υπό δοκιμή εξοπλισμό κατά τη διάρκεια της δοκιμής των εκπομπών, καταλήγουν σε απορροφητικό αφρό RF ελεύθερου χώρου. Η εκπομπή μετράται ως τάση μεταξύ του διαφράγματος και του δαπέδου του θαλάμου και αυτό εξαρτάται από το ύψος του διαφράγματος στο οποίο ο εξοπλισμός βρίσκεται στο εσωτερικό του θαλάμου (όπως αναφέρθηκε, ο θάλαμος έχει ένα σχήμα πυραμίδας και το ύψος του διαφράγματος αυξάνει από την είσοδο προς την κατεύθυνση του πέρατος του θαλάμου). Η τάση μεταφέρεται στο δέκτη Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας μέσω της ομοαξονικής σύνδεσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το ύψος του διαφράγματος διατηρήθηκε σταθερό σε μια τιμή 0,74 m (βλέπε σχήμα 2-9).



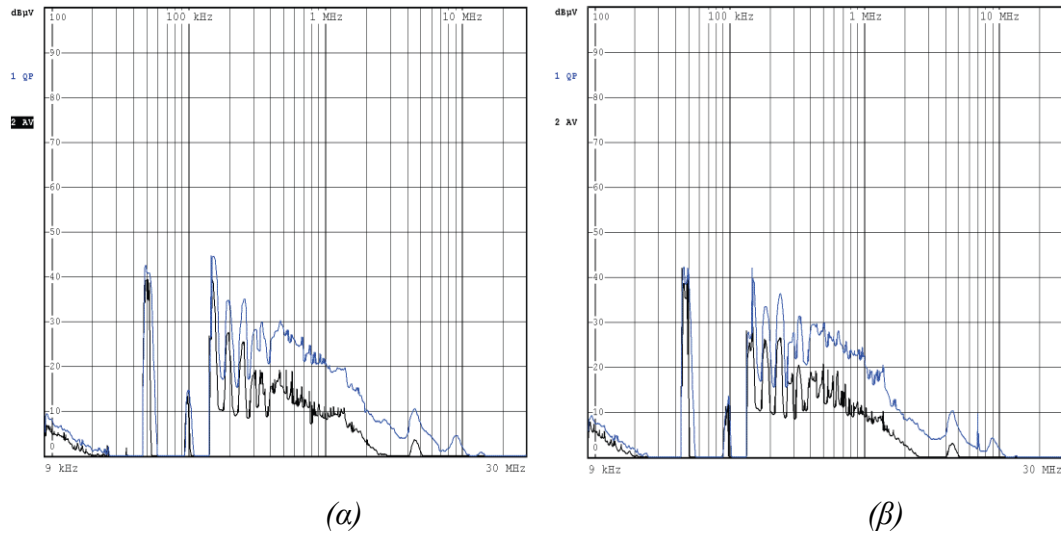
Σχήμα 2-8: Ακτινοβολούμενες εκπομπές στον X-άξονα [11]



Σχήμα 2-9: Εγκατάσταση δοκιμής [11]

Ομοίως με τη μέθοδο δοκιμής του Προτύπου δοκιμάστηκαν συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού 20W με ολοκληρωμένες συσκευές ελέγχου και στους 3 άξονες (X,Y και Z). Αυτό επιτεύχθηκε από τον ενσωματωμένο χειριστή στο θάλαμο (σχήμα 2-9). Ο υπό δοκιμή εξοπλισμός και το καλώδιο είναι σταθερά στο περιστρεφόμενο τραπέζι του χειριστή, έτσι ώστε η οποιαδήποτε αλλαγή στην ακτινοβολία να προκαλείται από την αλλαγή του προσανατολισμού του εξοπλισμού σε σχέση με το θάλαμο. Καθώς ο σκοπός είναι να εντοπιστούν οι πηγές της RF εκπομπής από το λαμπτήρα φθορισμού, όλα τα δεδομένα δοκιμών που παρουσιάζονται παρακάτω μετρούνται στον προσανατολισμό του άξονα X (ο άξονας του θαλάμου και του υπό δοκιμή εξοπλισμού είναι παράλληλοι).

Προκειμένου να εντοπιστεί η πηγή της εκπομπής, ένα κύκλωμα φίλτρου RF (Schurter FSW2-65) παρεμβάλλεται μεταξύ του ballast και του καλωδίου ρεύματος, έτσι ώστε να κατασταλούν τα σήματα υψηλής συχνότητας στο καλώδιο ρεύματος. Επιπρόσθετα μία μεταλλική θωράκιση χρησιμοποιήθηκε στο καλώδιο ($L = 1$ m) γείωσης στο δάπεδο του θαλάμου. Αυτό έγινε για να αποκλειστεί το καλώδιο από το σύστημα ως ένα ακτινοβόλο στοιχείο. Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις (βλέπε σχήμα 2-10). Η πηγή των εκπομπών δεν είναι το καλώδιο τροφοδοσίας σε αυτές τις RF συχνότητες. Το άνω ίχνος δείχνει τα αποτελέσματα από τον ανιχνευτή της οιονεί κορυφοτιμής (quasi-peak) του δέκτη της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας, ενώ το κάτω ίχνος δείχνει τα αποτελέσματα από τον ανιχνευτή μέσης τιμής (Average). Αυτή είναι η περίπτωση για όλες τις παρακάτω μορφές που περιλαμβάνουν δύο ίχνη. Το φάσμα συχνοτήτων είναι 9 kHz - 30MHz, και η μετρούμενη ποσότητα είναι η τάση διαταραχής σε dBμV.

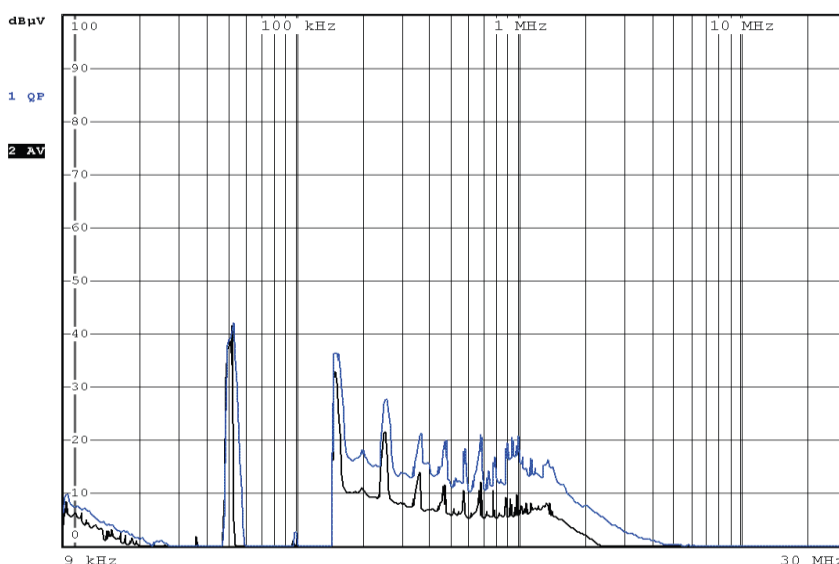


Σχήμα 2-10: Εκπομπές από λαμπτήρα φθορισμού 20W με μη θωρακισμένο καλώδιο (α) και με θωρακισμένο καλώδιο (β) [11]

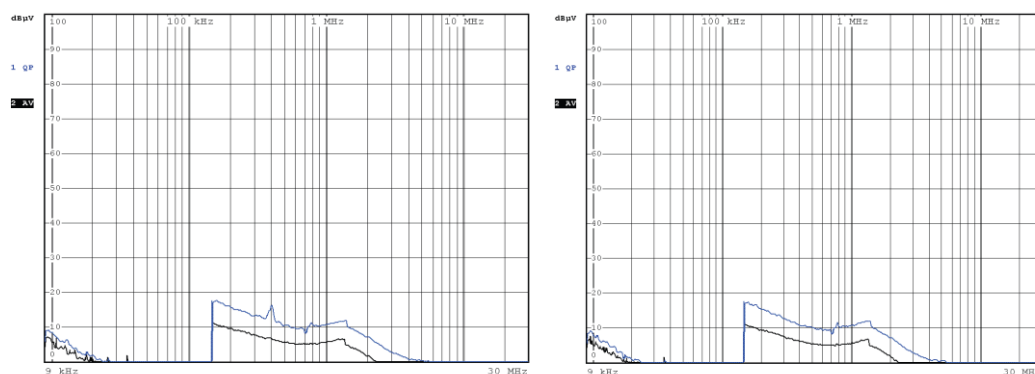
Προκειμένου να αναγνωριστούν οι ατομικές φασματικές γραμμές της εκπομπής, η ανάλυση του εύρους ζώνης του ανιχνευτή διατηρήθηκε σταθερή (200 Hz) σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Η μετρούμενη τάση στη θεμελιώδη συχνότητα λειτουργίας των 50 kHz είναι 42 dBμV. Αυτό αναφέρεται σε 44,6 dBμV/m ένταση πεδίου (διορθωμένη με 0,74 m ύψος διαφράγματος). Μία εκκένωση τόξου συμπεριφέρεται σαν μια αντίσταση σε ένα δεδομένο σημείο εργασίας. Αυτό σημαίνει ότι η ίδια προσαρμόζεται σε μια καθορισμένη τάση λειτουργίας όταν οδηγείται από ένα συγκεκριμένο ρεύμα. Με βάση αυτή τη συμπεριφορά, ο σωλήνας εκκένωσης (wirelamp) αντικαταστάθηκε από μια χαμηλής επαγωγής, χαμηλής χωρητικότητας αντίσταση των 620 Ω, ενώ η ηλεκτρονική συσκευή ελέγχου διατηρήθηκε η ίδια. Η πρόθεση ήταν να παρέχει το ίδιο φορτίο για το ηλεκτρονικό ballast, όπως η wirelamp θα ήταν με ένα τόξο εκκένωσης σε ένα δεδομένο (κανονικό) σημείο λειτουργίας. Οι παράμετροι εισόδου και εξόδου παρέμειναν οι ίδιες και στις δύο περιπτώσεις, το οποίο εγγυάται ότι τα σημεία λειτουργίας ήταν επίσης τα ίδια (106 V και 170 mA).

Οι βασικές διαφορές είναι οι εξής (βλέπε σχήμα 2-11): Λιγότερο αποδοτική ακτινοβολία στις αρμονικές σε συχνότητα λειτουργίας (39,6 dBμV / m έναντι 47,6 dBμV / m στα 150 kHz), ίδια ένταση πεδίου στη θεμελιώδη συχνότητα (44,5 dBμV / m) και ακόμα λιγότερες ευρυζωνικές εκπομπές. Ο λόγος για το τελευταίο είναι η απουσία των ταλαντώσεων σε κάθοδο και άνοδο. Το αποτέλεσμα είναι εκπομπή σε διακριτές συχνότητες (οι οποίες προέρχονται από το μετατροπέα και το κύκλωμα συντονισμού) στο θόρυβο του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των

ευρυζωνικών εκπομπών από ηλεκτρονικά στοιχεία (συγκρίνοντας με το Σχήμα 2-10). Το ακτινοβολούμενο ηλεκτρικό πεδίο μπορούσε να επηρεαστεί αντικαθιστώντας το τόξο (wirelamp) με έναν αντιστάτη. Αυτά τα σημεία στο λαμπτήρα θεωρούνται ως κύρια πηγή ακτινοβολούμενης εκπομπής. Για να αποδειχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκε ένα αγωγίμο περίβλημα για τη θωράκιση του σωλήνα εκκένωσης, όπως και στην περίπτωση της θωράκισης του καλωδίου ρεύματος. Και πάλι, το περίβλημα ήταν γειωμένο στο δάπεδο του θαλάμου. Ύστερα συγκρίνεται το μετρούμενο φάσμα για την περίπτωση που δε λειτουργούσε λαμπτήρας στον θάλαμο δοκιμής, έτσι ώστε το παρουσιαζόμενο φάσμα να είναι ο θόρυβος του περιβάλλοντος (αλλαγή σε 150 kHz προκαλείται πάλι από την αλλαγή του εύρους ζώνης του ανιχνευτή). Εμποδίζοντας τις εκπομπές από το wirelamp πρακτικά μειώνεται το ηλεκτρικό πεδίο στο επίπεδο του θορύβου του περιβάλλοντος (σχήμα 2-12). Οι σχετιζόμενες δυνάμεις πεδίου είναι 19,4 και 19,2 dBμV/m.

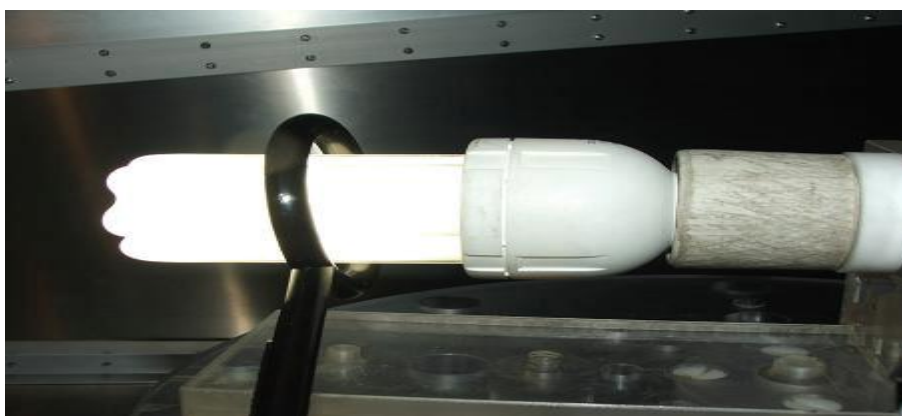


Σχήμα 2-11: Το wirelamp έχει αντικατασταθεί με έναν αντιστάτη-φάσμα εκπομπών[11]



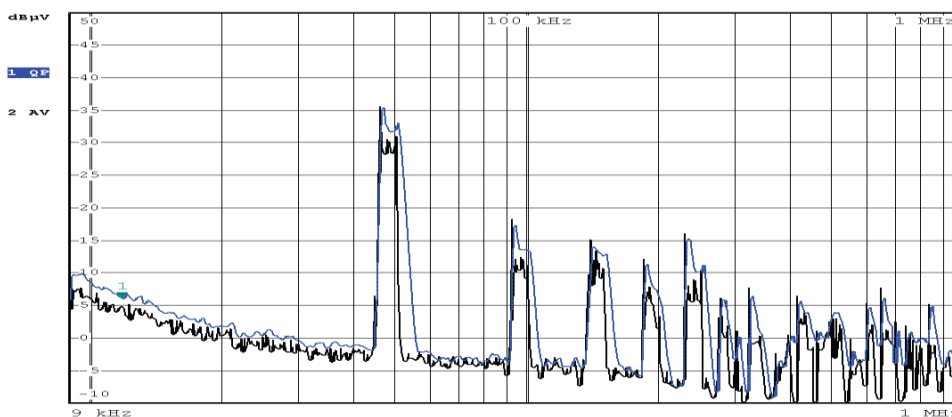
Σχήμα 2-12: Θωρακισμένο wirelamp και ο θόρυβος του περιβάλλοντος [11]

Όπως περιγράφεται μέσα από την οιονεί στατική προσέγγιση, τα μαγνητικά πεδία υποτίθεται ότι παράγονται από φορτίσεις σε κίνηση (σε έναν αγωγό ή σε μια εκκένωση). Έτσι, η ποσότητα που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Τάσεις ταλάντωσης σε μια συγκεκριμένη συχνότητα παράγουν ταλαντούμενα ηλεκτρικά πεδία στην ίδια συχνότητα. Αυτό είναι το ίδιο για ταλαντούμενα ρεύματα και μαγνητικά πεδία. Ως αποτέλεσμα, τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που παράγονται από συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού αναμένεται να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά συχνότητας, όπως τα ρεύματα και οι τάσεις λειτουργίας τους. Η εκπομπή μαγνητικού πεδίου αναλύθηκε με κεραία βρόχου κοντινού πεδίου με διάμετρο 6 cm (σχήμα 2-13).

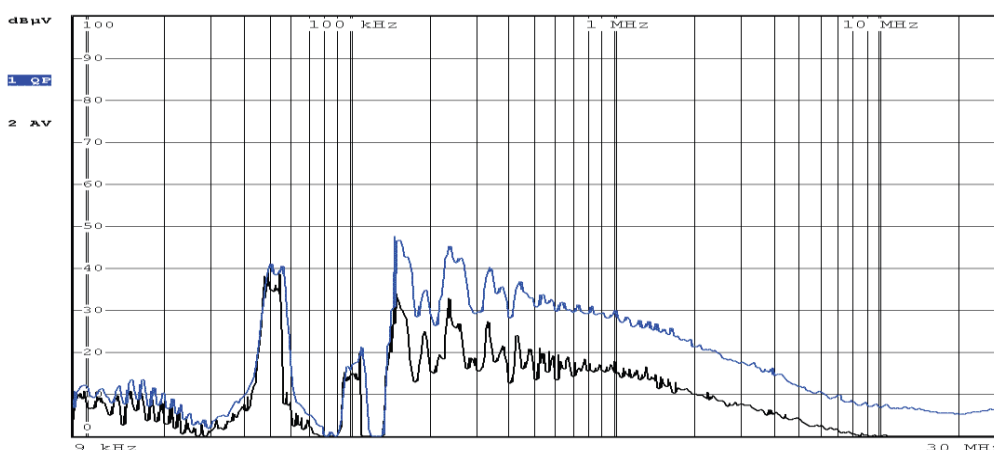


Σχήμα 2-13: Μέτρηση μαγνητικού πεδίου με την κεραία των 6cm [11]

Ικανοποιώντας τις προσδοκίες, βρέθηκε το ίδιο φάσμα, όπως φαίνεται προηγουμένως (σχήμα 2-14). Εκείνο είχε σχέση με την τάση του λαμπτήρα και αυτό με το ρεύμα του λαμπτήρα. Το εύρος ζώνης ανάλυσης του ανιχνευτή διατηρήθηκε πάλι σταθερό (200 Hz), έτσι ώστε οι γραμμές του φάσματος να είναι εύκολο να εντοπιστούν πάνω από τον ευρυζωνικό θόρυβο. Τα πλάτη δεν ενδιαφέρουν εδώ καθώς αυτά τα είδη κεραιών βρόχου χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των πηγών και όχι για ακριβείς μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια της ρύθμισης, το μαγνητικό πεδίο μειώνεται και το ηλεκτρικό πεδίο αυξάνεται καθώς το σημείο εκκένωσης του τόξου μεταβάλλεται από μια μετατόπιση στην χαρακτηριστική καμπύλη τάσης-ρεύματος. Η πρόσθετη θέρμανση του ρεύματος αυξάνει την επίδραση των ταλαντώσεων της καθόδου, η οποία καταλήγει σε μία ευρυζωνική εκπομπή θορύβου στο εύρος συχνοτήτων 100 kHz - 100 MHz, με το ευρυζωνικό πλάτος θορύβου να εξαπλώνεται μεταξύ 30-45 dBμV / m σε αυτό το εύρος συχνοτήτων. Να σημειωθεί ότι αυτό βρίσκεται στο εύρος της έντασης της θεμελιώδους συχνότητα (σχήμα 2-15).

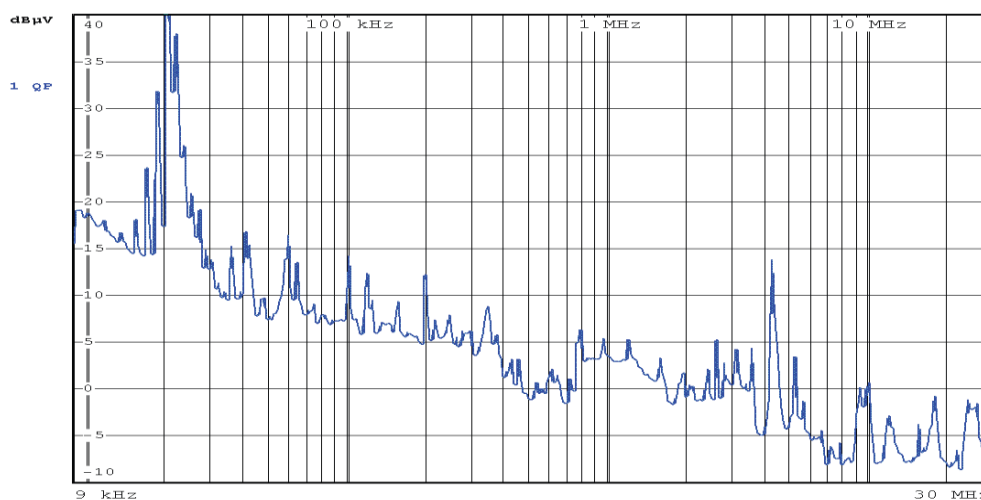


Σχήμα 2-14: Το μαγνητικό πεδίο [11]



Σχήμα 2-15: Επίδραση της ταλάντωσης της καθόδου στη λειτουργία ρύθμισης [11]

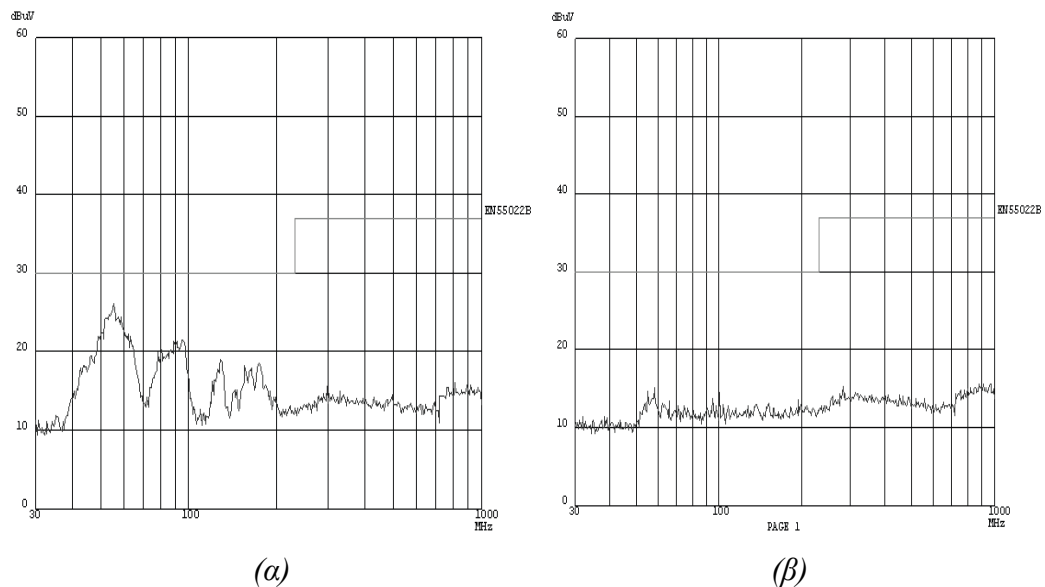
Όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν προηγουμένως πάρθηκαν στη σταθερή λειτουργία του συστήματος του λαμπτήρα φθορισμού. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία της καθόδου / η θερμοκρασία του θερμού σημείου δεν είναι αρκετά υψηλή, το τόξο γίνεται ασταθές και το θερμό σημείο του τόξου αλλάζει τη θέση του ταχέως (αυτό είναι το σημείο όπου το τόξο αρχίζει και τα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται από την κάθοδο). Αυτή η στοχαστική διαδικασία θα δημιουργήσει έναν τυχαίου τύπου, ευρυζωνικό θόρυβο RF. Το φαινόμενο μπορεί να προκύψει σε περίπτωση ακατάλληλου σχεδιασμού της καθόδου, κατά την διάρκεια της ρύθμισης με ανεπαρκή πρόσθετη θέρμανση στη θέρμανση της καθόδου ή όταν τελειώνει ο χρόνος ζωής του λαμπτήρα και δεν υπάρχει πλέον μείγμα εκπομπών στην κάθοδο. Ο θόρυβος που προκύπτει ως αποτέλεσμα φαίνεται στο σχήμα 2-16.



Σχήμα 2-16: Εκπομπές από ένα ασταθές τόξο [11]

Εδώ παρατηρείται ότι το φάσμα γεμίζει, πολλές γραμμές φάσματος εμφανίζονται εκτός των αρμονικών της συχνότητας λειτουργίας ($47,6 \text{ dB}\mu\text{V} / \text{m}$) και μια ευρυζωνική εκπομπή είναι επίσης παρούσα. Η εκπομπή από αυτό το είδος λειτουργίας είναι στοχαστική, ως εκ τούτου είναι δύσκολο να διαχειριστεί. Πρέπει λοιπόν να εμποδιστεί, ή σε περίπτωση που έχει ήδη συμβεί, ο τερματισμός της παρούσας κατάστασης θα πρέπει να συμβεί το συντομότερο δυνατόν.

Η τελευταία αναθεώρηση του προτύπου EN 55015 έχει προεκτείνει το ανώτερο όριο συχνότητας της μετρούμενης ακτινοβολίας από τα 30 MHz στα 300 MHz. Σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων μια biconilog κεραία χρησιμοποιήθηκε σε ημιανηχοϊκό θάλαμο για την ανίχνευση του ακτινοβολούμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου παρόμοια με τις απαιτήσεις του προτύπου CISPR22. Το σχήμα 4-17 δείχνει τα αποτελέσματα των δοκιμών του ίδιου 20W φθοριούχου λαμπτήρα από 30 MHz έως 1 GHz ($10-16 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ στα 10 m). Η πηγή του θορύβου ανιχνεύεται στο καλώδιο τροφοδοσίας - σε αντίθεση με ότι συνέβη προηγουμένως - και οι κορυφές προκαλούνται από συντονισμούς καλωδίου στις σχετικές συχνότητες. Δεν ανιχνεύονται καθόλου εκπομπές από τον λαμπτήρα. Η ακτινοβολία μπορεί να προληφθεί με την θωράκιση του καλωδίου ρεύματος.



Σχήμα 2-17: Εκπομπες που οφείλονται στο μη θωρακισμένο καλώδιο συντονισμού (α) και στο θωρακισμένο καλώδιο συντονισμού (β) [11]

Η λειτουργία των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού αναλύθηκε από την πλευρά της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC) και των ακτινοβολούμενων εκπομπών. Η κατανόηση των φυσικών διεργασιών, στις οποίες οφείλονται οι ακτινοβολούμενες εκπομπές, καθιστά δυνατό το σχεδιασμό συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού, οι οποίοι θα διαταράσσουν το περιβάλλον τους σε μια σημαντικά χαμηλότερη κλίμακα. Η κύρια πηγή εκπομπών ταυτοποιήθηκε ότι είναι το πλάσμα του wirelamp. Ωστόσο, το φάσμα ορίζεται βασικά από τη λειτουργία του ηλεκτρονικού ballast (αντιστροφέας και κύκλωμα συντονισμού) μέσω της οποίας τροφοδοτείται η τάση και το ρεύμα του λαμπτήρα. Το καλώδιο ρεύματος που είχε προηγουμένως θεωρηθεί ως σημαντική συμβολή στην ακτινοβολούμενη εκπομπή βρέθηκε να είναι αμελητέο με μήκος 1 m στο εύρος συχνοτήτων 9kHz - 30MHz. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τα μεγάλα μήκη κύματος σε αυτές τις συχνότητες. Η ρύθμιση της έντασης (dimming) των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού επηρεάζει τις ακτινοβολούμενες εκπομπές τους μέσω της μετατόπισης του σημείου λειτουργίας τους και η εφαρμοζόμενη επιπρόσθετη θέρμανση του ρεύματος καθόδου, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ηλεκτρονίων που υπάρχουν στην εκκένωση και θα μπορούσε να οδηγήσει σε ταλαντώσεις καθόδου. Η ασταθής λειτουργία ενός λαμπτήρα εκκένωσης θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς η λειτουργία του είναι στοχαστική από άποψη Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΔΗΓΟΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν αναλυτικά οι διαδικασίες διεξαγωγής των δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας για φωτιστικό εξοπλισμό, που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. Οι δοκιμές έγιναν σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 55015 [9] και EN 62493 [10].

3.2 ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

3.2.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι να περιγράψει τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή της δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών από φωτιστικά, στην περιοχή των συχνοτήτων 9kHz έως 300MHz [12],[13] , σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 55015 [9].

3.2.2 ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ

- EN 55015:2013: Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
- ΕΛΟΤ EN 61000-06-03:2007: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 6-3: Γένια πρότυπα - Πρότυπο εκπομπής σε οικιακά, εμπορικά και βιοτεχνικά περιβάλλοντα.
- ΕΛΟΤ EN 61000-06-04 E2:2007, Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC)- Μέρος 6-4: Γένια πρότυπα - Πρότυπο εκπομπής σε βιομηχανικά περιβάλλοντα.

3.2.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

- Ανηχοϊκός θάλαμος.
- Μετρητικός δέκτης, Measuring Receiver SCHAFFNER SMR 4518 (9kHz-18GHz).
- Large Loop Antenna, Chase / LLA6142 με S/N 1021.
- Κεραία (SCHAFFNER, CBL 6111D, Bilog Antenna, 30MHz-1GHz).
- Ομοαξονικό καλώδιο μήκους 9m Ecoflex 10 με S/N 508060401
- Δύο ομοαξονικά καλώδια Sucoflex 106 με s.n.40297/6 και s.n.58447/6.
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, με εγκατεστημένο το πρόγραμμα “Compliance 5 Emissions”, αυτοματοποιημένης συλλογής μετρήσεων.
- Καλώδιο με ακροδέκτες USB - GPIB.
- Ξύλινο τραπέζι.

3.2.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το Πρότυπο EN 55015 εφαρμόζεται στην αγωγή των ραδιοδιαταραχών από συσκευές φωτισμού και παρόμοιες συσκευές.

3.2.5 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.2.5.1 Η κατηγοριοποίηση των συσκευών φωτισμού γίνεται αναλόγως με το μήκος τους:

- Για φωτιστικά μήκους έως 1,6m η δοκιμή γίνεται με κεραία με διάμετρο βρόχου 2m
- Για φωτιστικά μήκους 1,6m-2,6m η δοκιμή γίνεται με κεραία με διάμετρο βρόχου 3m
- Για φωτιστικά μήκους 2,6m-3,6m η δοκιμή γίνεται με κεραία με διάμετρο βρόχου 4m

3.2.5.2 Στην περιοχή συχνοτήτων 2,2MHz έως 3,0MHz το εφαρμοζόμενο όριο αλλάζει, εάν πρόκειται για φωτιστικό χωρίς ηλεκτρόδια.

Αναλυτικότερα οι οδηγίες εφαρμογής των ορίων και των μεθόδων ελέγχου για κάθε τύπο συσκευής φωτισμού παρατίθενται στο Παράρτημα D του Προτύπου EN55015.

3.2.6 ΟΡΙΑ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΡΑΔΙΟΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ 9kHz - 300MHz

3.2.6.1 Ο εξοπλισμός υπό δοκιμή (ΕΥΔ) θα πρέπει να ικανοποιεί τα όρια του πίνακα 1, ανιχνευτή οιονεί κορυφοτιμής (Quasi-Peak) για τη μαγνητική συνιστώσα του ακτινοβολούμενου πεδίου ραδιοδιαταραχών στην περιοχή 9kHz-30MHz μετρούμενη ως επαγόμενο ρεύμα σε βροχοκεραία διαμέτρου 2m, 3m ή 4m γύρω από το φωτιστικό. Τα όρια για κεραία με διάμετρο βρόχου 2m εφαρμόζονται για φωτιστικά μήκους έως 1,6m, για διάμετρο 3m εφαρμόζονται για φωτιστικά μήκους 1,6m-2,6m και για διάμετρο 4m εφαρμόζονται για φωτιστικά μήκους 2,6m-3,6m.

Πίνακας 3-1: Όρια εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών συσκευών φωτισμού (στα 9kHz-30MHz) [9]

Περιοχή Συχνοτήτων	Όρια για διάμετρο βρόχου κεραίας		
	dB (μΑ)		
	2 m	3 m	4 m
9 kHz έως 70 kHz	88	81	75
70 kHz έως 150 kHz	88 έως 58 ²	81 έως 51 ²	75 έως 45 ²
150 kHz έως 3 MHz	58 έως 22 ²	51 έως 15 ²	45 έως 9 ²
3 MHz έως 30 MHz	22	15 έως 16 ³	9 έως 12 ³

Σημείωση 1: Το κατώτερο όριο εφαρμόζεται στη μεταβατική συχνότητα

Σημείωση 2: Το όριο μειώνεται γραμμικά με τον λογάριθμο της συχνότητας. Για λαμπτήρες και φωτιστικά χωρίς ηλεκτρόδια το όριο στην περιοχή συχνοτήτων 2,2MHz έως 3,0MHz είναι 58dB(μΑ) για 2m διάμετρο βρόχου, 51dB(μΑ) για 3m διάμετρο βρόχου και 45dB(μΑ) για 4m διάμετρο.

Σημείωση 2: Το όριο αυξάνεται γραμμικά με τον λογάριθμο της συχνότητας

Πίνακας 3-2: Όρια εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών συσκευών φωτισμού (στα 30MHz-300MHz)[9]

Περιοχή Συχνοτήτων	Όρια Οιονεί κορυφοτιμής (quasi-peak) dB(μV/m)
30 MHz έως 230 MHz	30
230 MHz έως 300 MHz	37

3.2.6.2 Αρχικά γίνονται προκαταρκτικές μετρήσεις κορυφοτιμής (Peak). Όταν καθοριστούν οι συχνότητες των μέγιστων τιμών διαταραχών τότε σε αυτές τις συχνότητες πραγματοποιούνται τελικές μετρήσεις με ανιχνευτές οιονεί κορυφοτιμής (Quasi- Peak) και ελέγχεται εάν αυτές ικανοποιούν το όριο για τον ανιχνευτή οιονεί κορυφοτιμής. Οι τρεις χωρικές συνιστώσες του πεδίου μπορούν να μετρηθούν διαδοχικά με χρήση ενός διακόπτη για την εναλλαγή των τριών βρόχων της κεραίας. Τα παραπάνω όρια θα πρέπει να πληρούνται και για τις τρεις συνιστώσες.

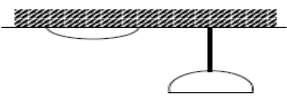
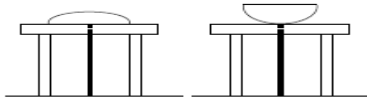
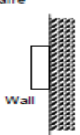
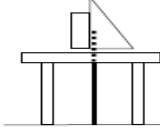
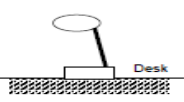
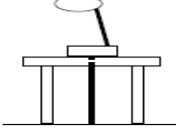
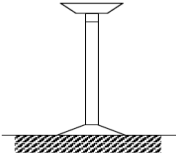
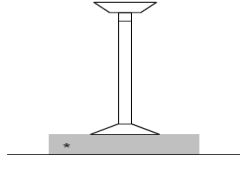
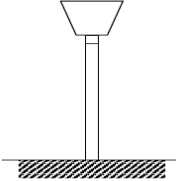
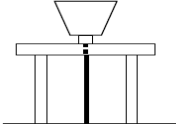
3.2.7 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

- Η δοκιμή διεξάγεται στο χώρο του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων, και για αυτό σε περίπτωση αποτυχίας πρέπει να ελέγχεται ότι ο περιβάλλον θόρυβος να είναι 6dB κάτω από το όριο (με μέτρηση χωρίς δοκίμιο).
- Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς τα καλώδια τροφοδοσίας.
- Εάν ο εξοπλισμός φωτισμού διαθέτει ενσωματωμένο μηχανισμό ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού ή ελέγχεται από εξωτερική συσκευή, οι εκπεμπόμενες ραδιοδιαταραχές μετρώνται στο μέγιστο και ελάχιστο επίπεδο εκπεμπόμενου φωτός, για μηχανισμούς ρύθμισης οι οποίοι ελέγχουν το φως με χρήση ballast ή μετατροπέα.
- Φωτιστικά εσωτερικού χώρου και φωτιστικά εξωτερικού χώρου: Για φωτιστικά που διαθέτουν παραπάνω από έναν λαμπτήρες, όλοι οι λαμπτήρες πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα. Δεν είναι απαραίτητο να γίνουν μετρήσεις με τους λαμπτήρες σε διαφορετικές θέσεις στήριξης/τοποθέτησης.
- Ανεξάρτητοι μετατροπείς για λαμπτήρες φθορισμού ή LED πηγές φωτός: Ανεξάρτητοι ηλεκτρονικοί μετατροπείς με μη αποσπώμενο καλώδιο ή με συγκεκριμένες απαιτήσεις εγκατάστασης από τον κατασκευαστή ως προς τη θέση,

Κεφάλαιο 3: Οδηγοί διεξαγωγής δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

τον τύπο και το μέγιστο μήκος καλωδίου(ων) που οδηγούν στο(ους) λαμπτήρα(ες) θα πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μονωτικό στήριγμα μαζί με κατάλληλο λαμπτήρα μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος. Τα καλώδια μεταξύ μετατροπέα και λαμπτήρα(ων) θα πρέπει να επιλέγονται ως εξής:

Table C.1 – Arrangement of typical luminaires during the CISPR 32 radiated disturbance measurement

Typical luminaires	Arrangement during CISPR 32 measurement
<p>Ceiling mounted/ Pendant luminaires</p> 	
<p>Wall mounted luminaire</p> 	
<p>Desk mounted luminaire</p> 	
<small>IEC 1731/06</small>	
Typical luminaires	Arrangement during CISPR 32 measurement
<p>Floor standing luminaire</p> 	 <p>* Insulating support 0,1 m ± 25 % high</p>
<p>Pole mounted luminaire</p> 	
<small>IEC 1732/06</small>	

Σχήμα 3-1: Τυπική διάταξη διαφόρων ειδών φωτιστικών για μετρήσεις εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών σύμφωνα με το πρότυπο EN 55015 (ANNEX C) [9]

α) Για διασυνδεδετικά καλώδια μήκους <2m οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν με καλώδιο $0,8\text{m} \pm 20\%$ ή με το μέγιστο μήκος που υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή, εάν αυτό είναι μικρότερο. Το καλώδιο θα

πρέπει να είναι δίκλωνο, εύκαμπτο, επαρκούς διατομής και θα πρέπει να διατάσσεται σε ευθεία γραμμή.

β) Για διασυνδεδετικά καλώδια μήκους $>2\text{m}$ οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν δύο φορές. Μία φορά με καλώδιο $0,8\text{m}\pm 20\%$ όπως στο α) παραπάνω και μία με το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου.

γ) Όπου οι οδηγίες συναρμολόγησης ορίζουν συγκεκριμένο μήκος και τύπο διασυνδεδετικού καλωδίου, οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν υπό αυτές τις συνθήκες.

Η ένδειξη του μέγιστου επιτρεπόμενου μήκους καλωδίου θα πρέπει να αναφέρεται ρητά στις οδηγίες εγκατάστασης ή/και στην ετικέτα με το μοντέλο του μετατροπέα.

Ο συνδυασμός μετατροπέα, λαμπτήρα(ων) και καλωδίου(ων) θα πρέπει να μετράται ως ενιαίο φωτιστικό.

- Ανεξάρτητα ballast για λαμπτήρες φθορισμού και άλλα ήδη λαμπτήρων εκκένωσης: Θα πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μονωτικό στήριγμα μαζί με έναν ή περισσότερους κατάλληλους λαμπτήρες. Όπου απαιτείται διάταξη έναυσης (starter/ignitor) θα πρέπει να είναι κατάλληλος για το ballast και το λαμπτήρα. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς τη διάταξη των καλωδίων τροφοδοσίας. Το διασυνδεδετικό καλώδιο μεταξύ ballast και λαμπτήρα θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κοντότερο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιδράσεις στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Ο συνδυασμός ballast, λαμπτήρα(ων) και καλωδίου(ων) θα πρέπει να μετράται ως ενιαίο φωτιστικό.
- Λαμπτήρες με ενσωματωμένο ballast και ημι-φωτιστικά θα πρέπει να μετρώνται αφού τοποθετηθούν σε κατάλληλη υποδοχή τοποθετημένη πάνω σε μονωτικό στήριγμα.
- Διατάξεις υπεριώδους (UV) και υπέρυθρης (IR) ακτινοβολίας θεωρούνται φωτιστικά και ισχύουν τα εξής:
 - α) Στην περίπτωση διατάξεων που περιλαμβάνουν και τα δύο ήδη πηγών ακτινοβολίας (UV και IR), η πηγή IR πρέπει να αγνοηθεί εάν λειτουργεί με τη συχνότητα της τάσης του δικτύου.
 - β) Η διάταξη πρέπει να ελεγχθεί με τους λαμπτήρες όπως αυτοί είναι προεγκατεστημένοι. Πριν τη μέτρηση, οι λαμπτήρες πρέπει να σταθεροποιούνται

για μια περίοδο 5min για λαμπτήρες υψηλής πίεσεως και 15min για λαμπτήρες χαμηλής πίεσης.

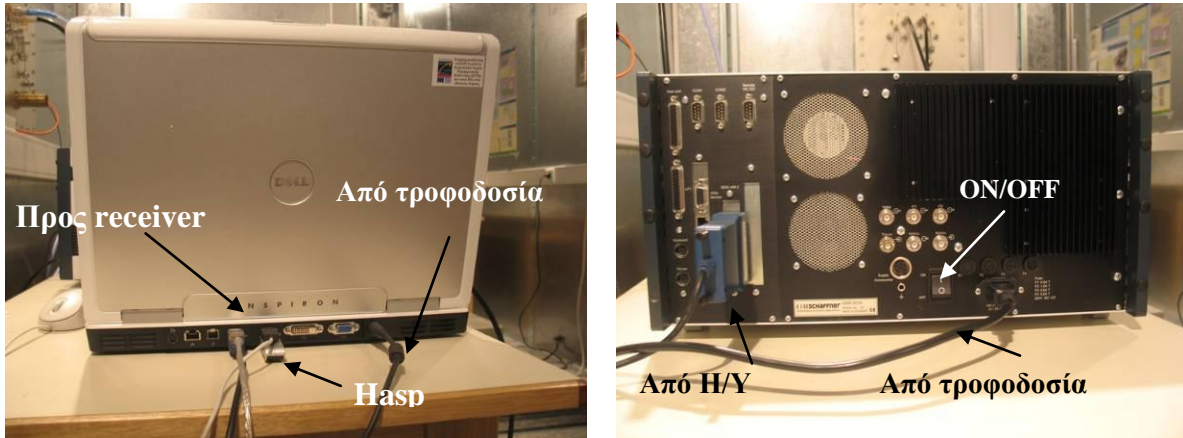
- Αυτόνομα φωτιστικά για φωτισμό έκτακτης ανάγκης:
 - α) Εάν, κατά τη διάρκεια που φορτίζονται οι μπαταρίες, με την τροφοδοσία από το δίκτυο ενεργοποιημένη, το φως μπορεί να τίθεται ή όχι σε λειτουργία, οι μετρήσεις εκτελούνται με τους λαμπτήρες σε λειτουργία.
 - β) Στην περίπτωση αυτόνομου φωτιστικού έκτακτης ανάγκης που αποτελείται από παραπάνω από μία μονάδες (όπως φωτιστικό με ξεχωριστή μονάδα ελέγχου) οι μονάδες θα πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μονωτικό στήριγμα πάχους $12\text{mm}\pm 2\text{mm}$ με διασυνδεδετικά καλώδια μέγιστου επιτρεπόμενου μήκους, όπως αυτά ορίζονται από τον κατασκευαστή. Η διάταξη αυτή θα πρέπει να ελέγχεται ως ενιαίο φωτιστικό.
 - γ) Για φωτιστικά που εμπεριέχουν περισσότερους του ενός λαμπτήρες, το φωτιστικό θα πρέπει να ελέγχεται ως εξής: Σε κατάσταση τροφοδοσίας από το δίκτυο, θα πρέπει να ενεργοποιούνται μόνο οι λαμπτήρες που είναι προορισμένοι να τίθενται σε λειτουργία μόνο σε αυτή την κατάσταση. Σε λειτουργία έκτακτης ανάγκης, θα πρέπει να ενεργοποιούνται μόνο οι λαμπτήρες που είναι προορισμένοι να τίθενται σε λειτουργία μόνο σε αυτή την κατάσταση.
 - δ) Σε λειτουργία έκτακτης ανάγκης για την περίπτωση φωτιστικών με εσωτερική πηγή τροφοδοσίας, οι μετρήσεις πρέπει να εκτελούνται με την πηγή σε κατάσταση πλήρους φόρτισης.

3.2.8 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 9 KHz - 30 MHz

3.2.8.1 Θέτουμε σε λειτουργία το μετρητικό δέκτη (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 λεπτά πριν τον έλεγχο.

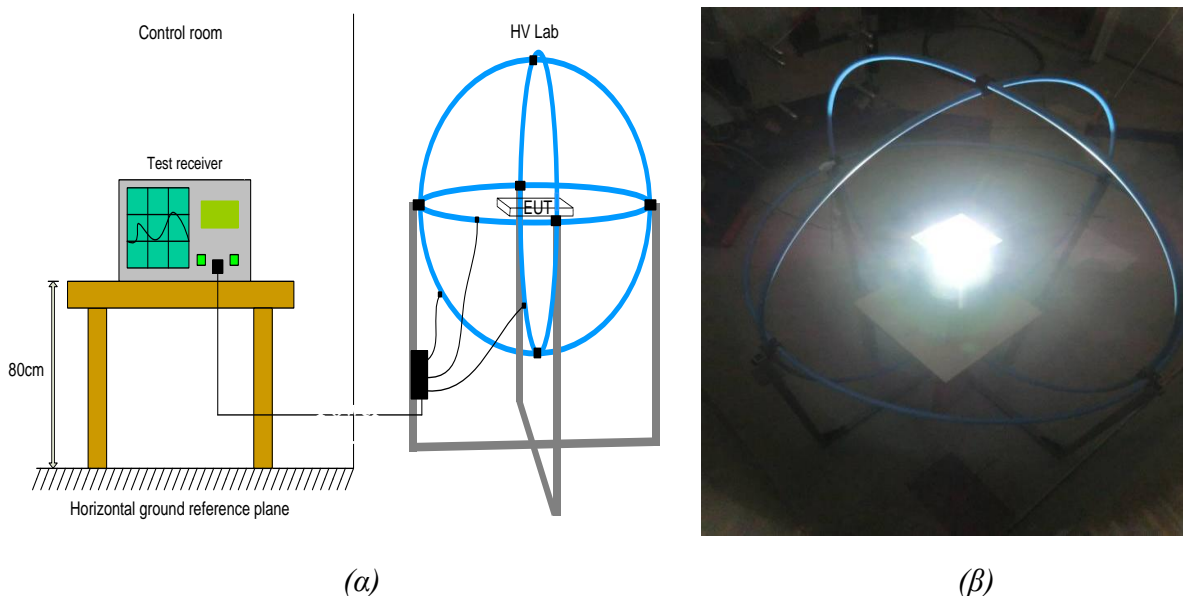
3.2.8.2 Διενεργείται αυτό-διακρίβωση του μετρητικού δέκτη, με τον εξής τρόπο: Με την αντίσταση τερματισμού 50Ω συνδεδεμένη στην είσοδο του receiver και οποιοδήποτε ομοαξονικό καλώδιο αποσυνδεδεμένο πιέζουμε την ένδειξη Cal, και από τις επιλογές Calibrate short | Calibrate Total, που εμφανίζονται επιλέγουμε τη δεύτερη πιέζοντας το αντίστοιχο βελάκι.

3.2.8.3 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 3-2.



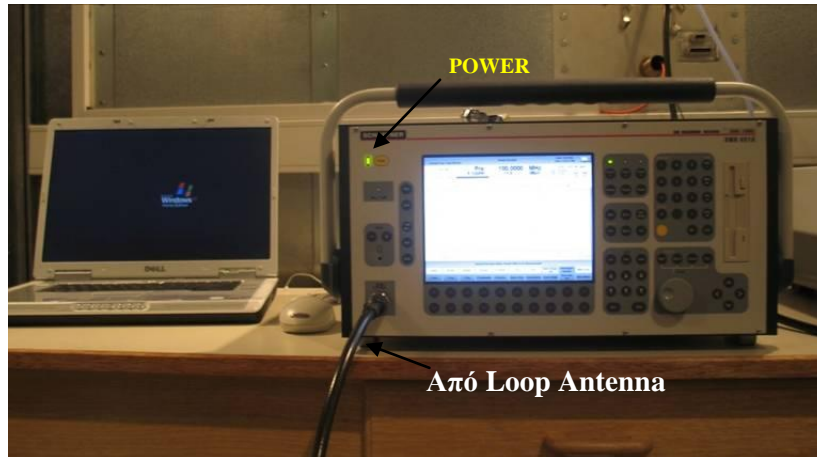
(α) (β)
Σχήμα 3-2: Σύνδεση μετρητικού δέκτη με τον Η/Υ

3.2.8.4 Το υπό δοκιμή φωτιστικό τοποθετείται στο κέντρο της κεραίας και τροφοδοτείται από το δίκτυο όπως φαίνεται στα Σχήματα 3-3α και 3-3β.



(α) (β)
Σχήμα 3-3: (α) Συνδεσμολογία μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών
(β) Τοποθέτηση φωτιστικού στο κέντρο της βροχοκεραίας

3.2.8.5 Με τη βοήθεια του ομοαξονικού καλωδίου συνδέεται ο μετρητικός δέκτης (receiver) με την κεραία (3 Loop), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-4.



Σχήμα 3-4: Σύνδεση μετρητικού δέκτη (receiver) με τη βροχοκεραία

3.2.8.6 Ελέγχουμε ότι έχουν γίνει σωστά όλες οι συνδέσεις.

3.2.8.7 Προχωράμε στην έναρξη της δοκιμής:

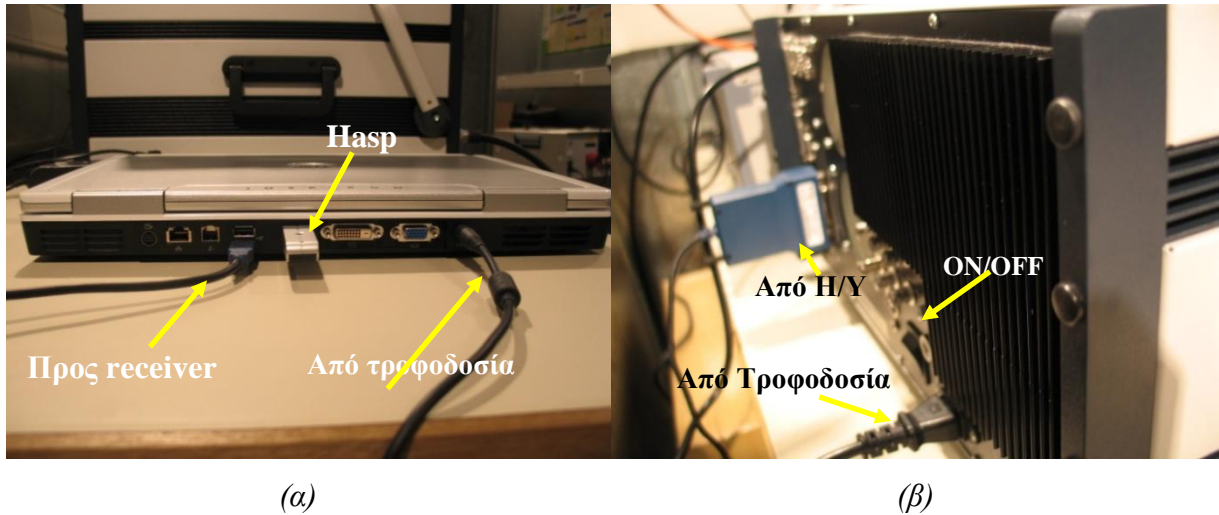
- i. Θέτουμε σε λειτουργία τον ηλεκτρονικό υπολογιστή
- ii. Θέτουμε σε λειτουργία το δοκίμιο
- iii. Φωτογραφίζουμε την πειραματική διάταξη και το δοκίμιο

3.2.8.8 Γίνεται εκκίνηση του προγράμματος Compliance και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στο Παράρτημα A1. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο Πρωτόκολλο.

3.2.9 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 30 MHz - 300 MHz

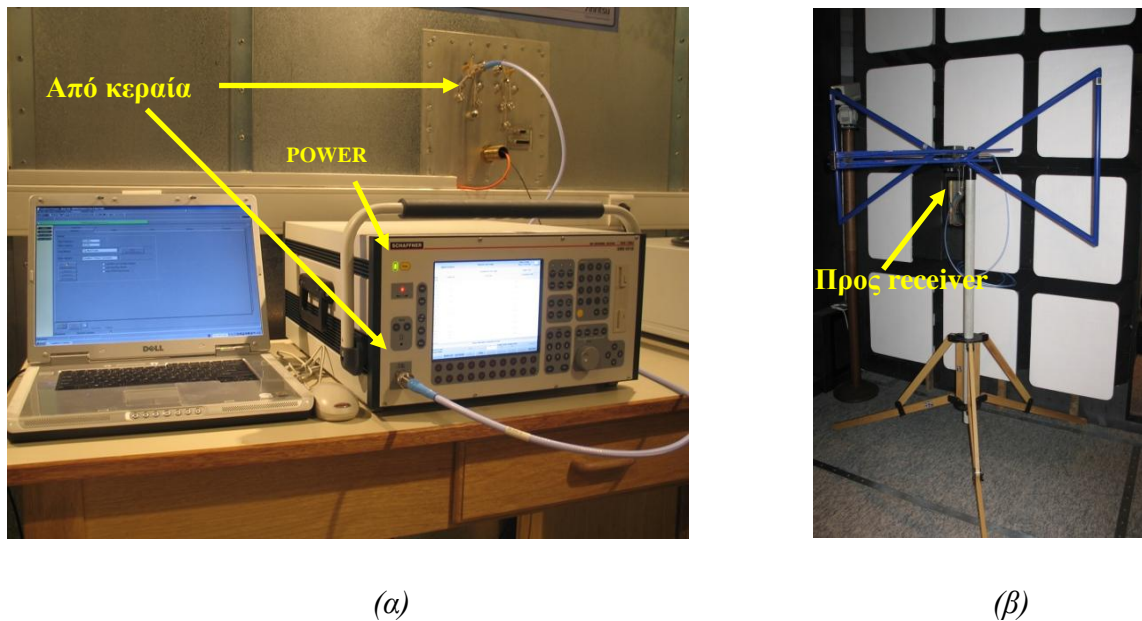
3.2.9.1 Για τις μετρήσεις αφαιρούνται οι πλάκες φερρίτη, που τυχόν είναι τοποθετημένες στο πάτωμα του ανηχωϊκού θαλάμου και τοποθετείται το τραπέζι και η κεραία (SCHAFFNER / CBL 6111D) στις θέσεις τους

3.2.9.2 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 3-5.



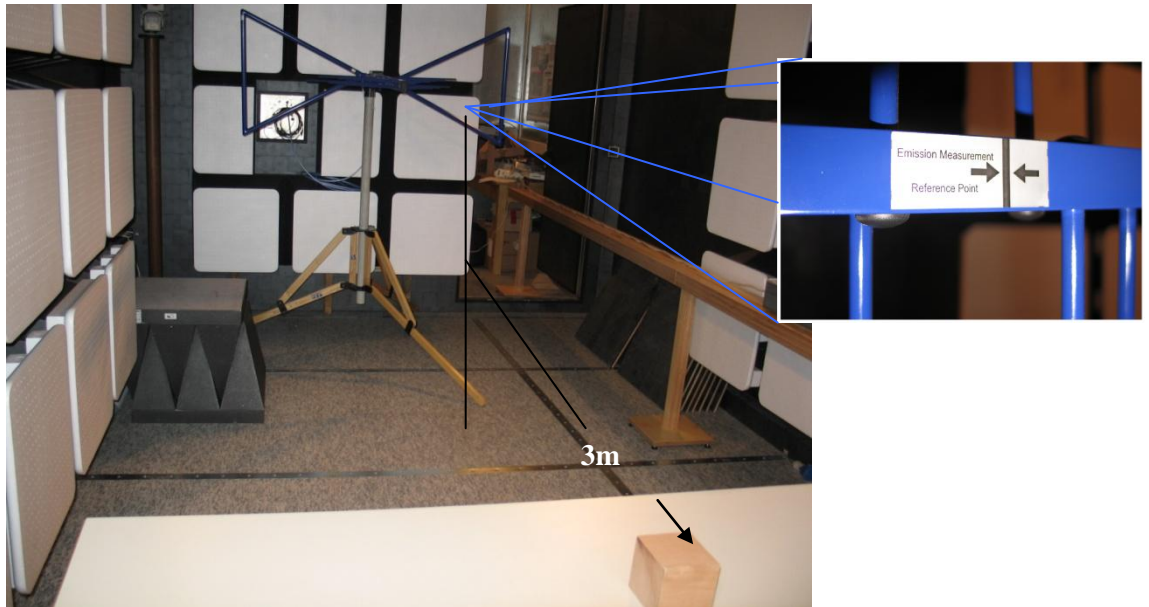
Σχήμα 3-5: Σύνδεση μετρητικού δέκτη με τον Η/Υ

3.2.9.3 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 3-6.



Σχήμα 3-6: Σύνδεση του μετρητικού δέκτη (receiver) με την κεραία

3.2.9.4 Η συσκευή που πρόκειται να δοκιμαστεί τοποθετείται σε ένα μη μεταλλικό τραπέζι που απέχει τουλάχιστον 40 cm από άλλα μεταλλικά αντικείμενα. Η κεραία (Σχήμα 3-6β) 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 (Σχήμα 3-7).



Σχήμα 3-7: Διάταξη κεραίας - δοκιμίου.

3.2.9.5 Το δοκίμιο πρέπει να τοποθετηθεί και να τεθεί σε λειτουργία σύμφωνα με τις αντίστοιχες παραγράφους του Προτύπου.

3.2.9.6 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 τον υπό δοκιμή εξοπλισμό μπορεί να είναι αδύνατον να μετρηθούν λόγω εκπεμπόμενων 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 στο Πρότυπο.

3.2.9.7 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 αυτό-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

3.2.9.8 Γίνεται εκκίνηση του προγράμματος Compliance και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στο Παράρτημα Α2. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο Πρωτόκολλο.

3.3 ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΓΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

3.3.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι να περιγράψει τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή της δοκιμής μέτρησης της αγόμενης ραδιοδιαταραχής σε θύρες τροφοδοσίας εξοπλισμού τεχνολογίας πληροφοριών και οικιακού εξοπλισμού, στην περιοχή των συχνοτήτων 9kHz έως 30MHz [14], σύμφωνα με τα Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 55015 [9]

3.3.2 ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ

- ΕΛΟΤ EN 55022/E5:2010: Εξοπλισμός τεχνολογίας πληροφοριών - Χαρακτηριστικές ραδιοταραχών - Όρια και μέθοδοι μέτρησης
- ΕΛΟΤ EN 55014-1/2006+A1:2009: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα - Απαιτήσεις για οικιακές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία και παρόμοιες συσκευές – Μέρος 1: Εκπομπή
- ΕΛΟΤ EN 61000.06.03:2007: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) – Μέρος 6-3: Γένια πρότυπα - Πρότυπο εκπομπής σε οικιακά, εμπορικά και βιοτεχνικά περιβάλλοντα

3.3.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

- Μετρητικός δέκτης, Measuring Receiver SCHAFFNER SMR 4518 (9kHz-18GHz)
- Τεχνητό δίκτυο τροφοδοσίας, Four Line V-Network SCHAFFNER NNB42
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, με εγκατεστημένο το πρόγραμμα “Compliance 5 Emissions”, αυτοματοποιημένης συλλογής μετρήσεων
- Ομοαξονικό καλώδιο μήκους 4m S.N. 08060402
- Ξύλινο τραπέζι

3.3.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το Πρότυπο EN 55015 εφαρμόζεται στην αγωγή των ραδιοδιαταραχών από συσκευές φωτισμού και παρόμοιες συσκευές.

3.3.5 ΟΡΙΑ ΑΓΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΣΕ ΘΥΡΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

3.3.5.1 Ο εξοπλισμός υπό δοκιμή (ΕΥΔ) θα πρέπει να ικανοποιεί τα όρια του πίνακα 3-3, περιλαμβανομένου του ορίου μέσης τιμής (Average) και του ορίου οιονεί κορυφοτιμής (Quasi- Peak).

Πίνακας 3-3: Όρια αγόμενων διαταραχών στις θύρες συσκευών φωτισμού [9]

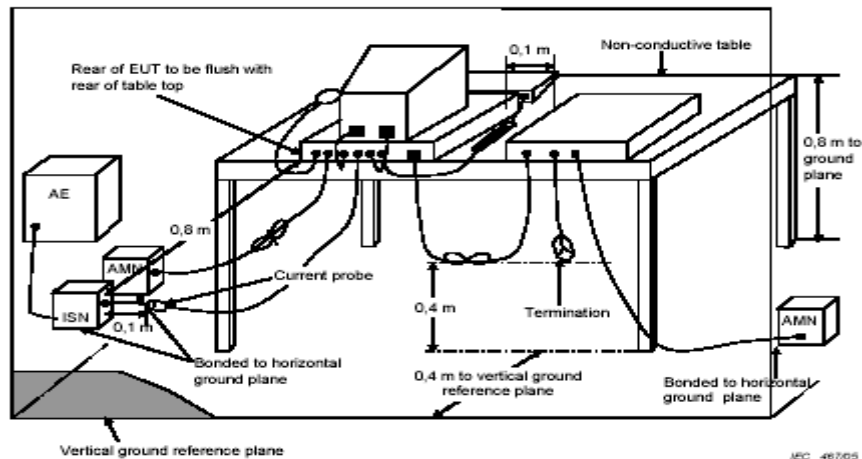
Περιοχή συχνότητας	Θύρες τροφοδοσίας		Ακροδέκτες φορτίου		Ακροδέκτες ελέγχου	
	dB(μV) Οιονεί κορυφοτιμή (Quasi - peak)	dB(μV) Μέση τιμή (Average)	dB(μV) Οιονεί κορυφοτιμή (Quasi - peak)	dB(μV) Μέση τιμή (Average)	dB(μV) Οιονεί κορυφοτιμή (Quasi - peak)	dB(μV) Μέση τιμή (Average)
0,009 έως 0,05	110	-	-	-	-	-
0,05 έως 0,15	90 έως 80	-	-	-	-	-
0,15 έως 0,5	66 έως 56	56 έως 46	80	70	84 έως 74	74 έως 64
0,5 έως 5	56	46	74	64	74	64
5 έως 30	60	50	74	64	74	64

3.3.5.2 Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ο ανιχνευτής οιονεί κορυφοτιμής και ικανοποιείται το όριο για τον ανιχνευτή μέσης τιμής τότε κρίνεται ότι ο εξοπλισμός υπό δοκιμή ικανοποιεί και τα δύο όρια και επομένως δεν απαιτούνται μετρήσεις με τον ανιχνευτή μέσης τιμής.

3.3.6 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ

- Η δοκιμή διεξάγεται εντός του Shielding room του ανηχωϊκού θαλάμου, έτσι ώστε ο περιβάλλον θόρυβος να είναι 6dB κάτω από το όριο.
- Το δοκίμιο θα πρέπει να διατάσσεται, να εγκαθίσταται, να διευθετείται και να λειτουργεί κατά τρόπο σύμφωνο προς τις τυπικές εφαρμογές του. Σε περίπτωση που ο κατασκευαστής έχει καθορίσει συγκεκριμένο τρόπο εγκατάστασης, αυτός θα πρέπει να χρησιμοποιείται και για τη διεξαγωγή της δοκιμής.

- Διασυνδεδεμένα καλώδια / φορτία / συσκευές θα συνδέονται, τουλάχιστον, σε μία από κάθε τύπου θύρα του δοκιμίου και κάθε καλώδιο θα τερματίζεται σε μια συσκευή τυπική της πραγματικής χρήσης.
- Όπου υπάρχουν πολλαπλές διασυνδετικές θύρες του ίδιου τύπου, μπορεί να χρειαστεί να προστεθούν στο δοκίμιο επιπρόσθετα καλώδια / φορτία / συσκευές, ανάλογα με τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών δοκιμών. Η επιλογή των θυρών που έχουν διασυνδεθεί θα πρέπει να αιτιολογηθεί και να συμπεριληφθεί στην τελική αναφορά. Μάλιστα είναι αρκετή η σύνδεση ενός καλωδίου σε μια μόνο από τις θύρες του τύπου αυτού, με την προϋπόθεση ότι μπορεί να αποδειχθεί πως τα επιπλέον καλώδια δεν θα επηρέαζαν σημαντικά τα αποτελέσματα.
- Τα διασυνδετικά καλώδια θα πρέπει να είναι του τύπου και του μήκους που καθορίζονται στις απαιτήσεις κάθε εξοπλισμού. Εάν το μήκος είναι μεταβαλλόμενο, θα πρέπει να επιλεγεί εκείνο το μήκος που θα παράγει τη μέγιστη διαταραχή.
- Εάν χρησιμοποιούνται κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών θωρακισμένα ή ειδικά καλώδια, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμβατότητα, τότε θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο εγχειρίδιο οδηγιών συμβουλή χρήσης τέτοιων καλωδίων.
- Καλώδια με εξαιρετικά μεγάλο μήκος θα πρέπει να διπλώνονται σε δέσμη μήκους έως 40 cm, περί το μέσον των καλωδίων. Εάν δεν είναι πρακτικό να γίνει αυτό λόγω του όγκου ή της σκληρότητας των καλωδίων, το πλεονάζον μήκος των καλωδίων θα πρέπει να επισημαίνεται ιδιαίτερα στην αναφορά της δοκιμής.
- Εξοπλισμός που έχει πολλαπλές υπομονάδες θα εξετάζεται με ένα συνδυασμό και αριθμό αντιπροσωπευτικό αυτών για την τυπική εγκατάσταση. Η λογική της επιλογής του αριθμού και του τύπου των υπομονάδων θα πρέπει να δηλώνεται στην αναφορά των δοκιμών.
- Ένα σύστημα που αποτελείται από ξεχωριστές μονάδες θα πρέπει να διατάσσεται έτσι ώστε να σχηματίζει μια ελάχιστη αντιπροσωπευτική διάταξη. Ο αριθμός και ο συνδυασμός των μονάδων της πειραματικής διάταξης θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικός αυτών που χρησιμοποιούνται σε μια τυπική εγκατάσταση. Η λογική για την επιλογή μονάδων θα πρέπει να δηλώνεται στην αναφορά δοκιμών.
- Για τη μέτρηση της αγόμενης ραδιοδιαταραχής σε θύρες τροφοδοσίας του υπό δοκιμή εξοπλισμού ακολουθούνται τα εξής:
 - Επιτραπέζιο δοκίμιο θα πρέπει να τοποθετείται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-8.



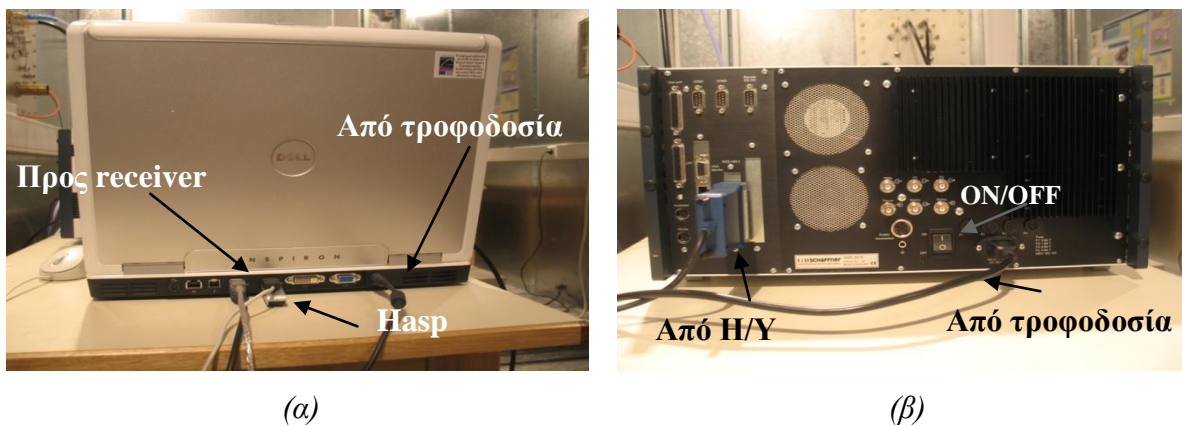
Σχήμα 3-8: Τυπική διάταξη επιτραπέζιου δοκιμίου [9]

- Εξοπλισμός, που έχει σχεδιαστεί τόσο για επιτραπέζια όσο και για επιδαπέδια λειτουργία θα δοκιμάζεται μόνο στην επιτραπέζια διάταξη, εκτός και αν η τυπική εγκατάσταση είναι δοκιμίου είναι επιδαπέδια.
- Εξοπλισμός, που έχει σχεδιαστεί για επιτοίχια λειτουργία θα δοκιμάζεται ως επιτραπέζιος. Ο προσανατολισμός του εξοπλισμού θα είναι σύμφωνος με αυτόν κανονικής χρήσης (τοποθετημένος όπως εγκαθίσταται κανονικά).
- Κατά τη διεξαγωγή της δοκιμής ο εξοπλισμός θα πρέπει να λειτουργεί μέσα στην ονομαστική περιοχή τάσης και σε τυπικές συνθήκες φορτίου, για τις οποίες έχει σχεδιαστεί. Το λογισμικό λειτουργίας θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι όλα τα συστήματα του δοκιμίου εξετάζονται με τρόπο τέτοιο ώστε να ανιχνεύεται η μέγιστη διαταραχή.
- Σε περίπτωση που από τον κατασκευαστή παρέχεται εύκαμπτο καλώδιο αγωγών, αυτό θα πρέπει να έχει μήκος 1m και στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερο από 1m, το πλεονάζον καλώδιο θα τυλίγεται μπρος - πίσω όσο γίνεται περισσότερο ώστε να σχηματίζει μία δέσμη με μήκος όχι μεγαλύτερο από 40cm.
- Όπου καθορίζεται στις οδηγίες του κατασκευαστή συγκεκριμένος τύπος καλωδίων τότε 1m του καθορισμένου τύπου καλωδίου θα χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του δοκιμίου με το δίκτυο του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου.
- Η γείωση του δικτύου τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου συνδέεται μέσω όσο το δυνατόν πιο κοντού αγωγού με το γειωμένο επίπεδο αναφοράς.

- Οι γειώσεις για λόγους ασφαλείας, θα συνδέονται στη γείωση του κόμβου αναφοράς του δικτύου. Όπου δεν διευκρινίζεται διαφορετικά από τον κατασκευαστή, ο αγωγός σύνδεσης θα πρέπει να έχει μήκος 1m και να είναι τοποθετημένος παράλληλα προς το καλώδιο της τροφοδοσίας σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 10cm από αυτό. Άλλες γειώσεις, που παρέχονται ή καθορίζονται από τον κατασκευαστή για σύνδεση στον ίδιο τελικό ακροδέκτη, όπως η γείωση ασφαλείας θα συνδέονται, επίσης, στη γείωση αναφοράς του δικτύου.
- Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να καθορίζεται η διάταξη και ο τρόπος λειτουργίας του δοκιμίου όπου οι διαταραχές παίρνουν την μέγιστη τιμή. Αυτό μπορεί να γίνεται με προκαταρκτικές μετρήσεις κορυφοτιμής (peak). Όταν καθοριστούν οι συχνότητες των μέγιστων τιμών διαταραχών τότε σε αυτές τις συχνότητες πραγματοποιούνται τελικές μετρήσεις με ανιχνευτές οιονεί κορυφοτιμής (Quasi-Peak) και όπου απαιτείται με ανιχνευτές μέσης τιμής (Average).

3.3.7 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

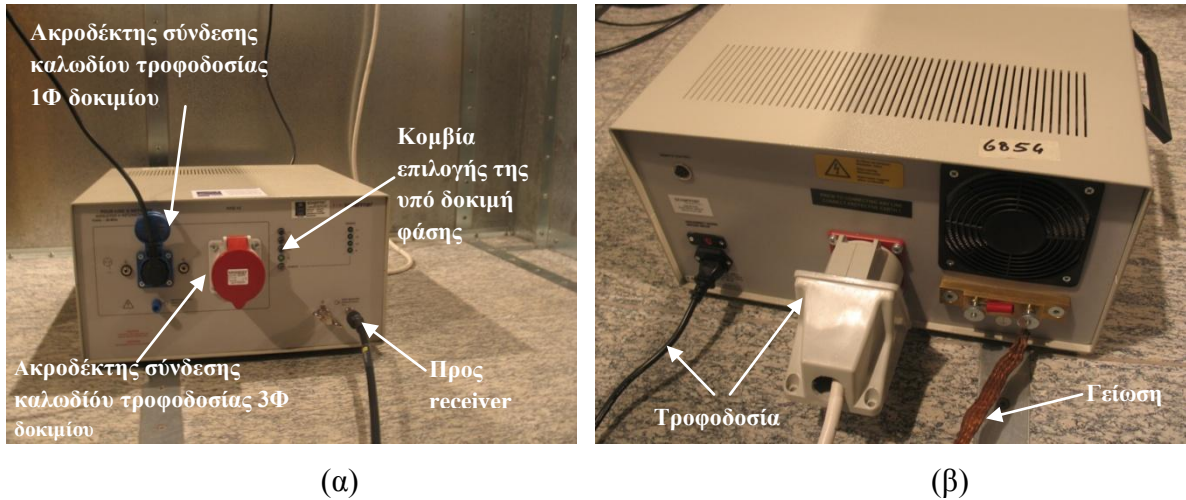
3.3.7.1 Συνδέουμε το μετρητικό δέκτη (receiver) με τον Η/Υ μέσω καλωδίου, η μία άκρη του οποίου συνδέεται στη USB θύρα του Η/Υ και η άλλη, μέσω GPIB κάρτας, με τον μετρητικό δέκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-9.



Σχήμα 3-9: Σύνδεση μετρητικού δέκτη με τον Η/Υ

3.3.7.2 Το καλώδιο τροφοδοσίας του υπό δοκιμή εξοπλισμού συνδέεται στο δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου στους κατάλληλους ακροδέκτες όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-10α.

Κεφάλαιο 3: Οδηγοί διεξαγωγής δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό



Σχήμα 3-10: α) Εμπρόσθια όψη του δικτύωματος του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN)

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

3.3.7.3 Το δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου συνδέεται με τα κατάλληλα καλώδια τροφοδοσίας και γειώνεται κατάλληλα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3-10β.

3.3.7.4 Η απόσταση μεταξύ του δοκιμίου και της κοντινότερης επιφάνειας του δικτύωματος του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου θα πρέπει να είναι 0,8m.

3.3.7.5 Με τη βοήθεια του ομοαξονικού καλωδίου συνδέεται ο μετρητικός δέκτης (receiver) με το δικτύωμα τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-11.



Σχήμα 3-11: Σύνδεση μετρητικού δέκτη (receiver) με το τεχνητό δικτύωμα ηλεκτρικού δικτύου

3.3.7.6 Ελέγχουμε ότι έχουν γίνει σωστά όλες οι συνδέσεις.

3.3.7.7 Κλείνουμε και ασφαλίζουμε την πόρτα του ανηχοϊκού θαλάμου.

3.3.7.8 Ανοίγουμε τους διακόπτες στις συσκευές:

ι. Ηλεκτρονικός υπολογιστής

ii. Δοκίμιο

iii. Μετρητικός δέκτης (receiver). Πρώτα το κουμπί 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

3.3.7.9 Γίνεται εκκίνηση του προγράμματος Compliance και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στο Παράρτημα Β. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο Πρωτόκολλο.

3.4 ΟΔΗΓΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ VAN DER HOOFDEN

3.4.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι να περιγράψει τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή της δοκιμής μέτρησης επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου από εξοπλισμό φωτισμού, στην περιοχή συχνοτήτων από 20kHz έως 10MHz [15], σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62493 [10].

3.4.2 ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ

- ΕΛΟΤ EN 62493:2015 Αξιολόγηση εξοπλισμού φωτισμού σχετικού με την ανθρώπινη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.
- ΕΛΟΤ EN 62311:2008 Αξιολόγηση ηλεκτρονικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού σχετιζόμενου με τους περιορισμούς της έκθεσης του ανθρώπου στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz-300GHz).
- ΕΛΟΤ EN 55016.01.01 E3: Προδιαγραφή για συσκευές και μεθόδους μετρήσεων ραδιοδιαταραχής και ατρωσίας - Μέρος 1-1: Συσκευές μέτρησης ραδιοδιαταραχής και ατρωσίας.

3.4.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

- Ανηχοϊκός θάλαμος.
- Μετρητικός δείκτης SCHAFFNER SMR 4518, Measuring Receiver.

- Κεφαλή Van der Hoofden Schwarzbeck Mess-Elektronik VDHH 9502
- Protection Network Schwarzbeck Mess-Elektronik S.N. 9502-133.
- Τραπέζι με μη μεταλλικά μέρη.
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής με εγκατεστημένο το πρόγραμμα “Compliance 5 Emission”, αυτοματοποιημένης συλλογής μετρήσεων.
- Καλώδιο, με ακροδέκτες USB – GPIB.
- Δύο ομοαξονικά καλώδια Sucoflex 106 S.N. 40297/6 και S.N. 58447/6

3.4.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

3.4.4.1 Το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62493 εφαρμόζεται για την αξιολόγηση, μέσω μετρήσεων και υπολογισμών, εξοπλισμού φωτισμού σχετικού με την ανθρώπινη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Η αξιολόγηση αυτή περιλαμβάνει το επαγόμενο εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο για συχνότητες από 20kHz έως 10MHz. Το συγκεκριμένο Πρότυπο δεν αντικαθιστά ορισμούς και διαδικασίες που διευκρινίζονται στα Πρότυπα έκθεσης, αλλά συμπληρώνει την υπάρχουσα διαδικασία για συμμόρφωση με την έκθεση.

3.4.4.2 Στα πλαίσια του Προτύπου μελετώνται:

- Εξοπλισμός φωτισμού με πρωταρχική λειτουργία την παραγωγή και τη διανομή φως για σκοπούς φωτισμού, ο οποίος προορίζεται για σύνδεση στο δίκτυο χαμηλής τάσης ή σε συσσωρευτή και χρησιμοποιείται σε υπαίθριο ή κλειστό χώρο.
- Το φωτιστικό μέρος πολύ-λειτουργικού εξοπλισμού του οποίου μία από τις πρωταρχικές λειτουργίες είναι ο φωτισμός.
- Ανεξάρτητος βοηθητικός εξοπλισμός για αποκλειστική χρήση με εξοπλισμό φωτισμού.

Αντιθέτως, δε μελετώνται:

- Εξοπλισμός φωτισμού για αεροσκάφη και αεροδρόμια.
- Εξοπλισμός φωτισμού για οχήματα δρόμου.
- Εξοπλισμός φωτισμού για αγροτικές εφαρμογές.
- Εξοπλισμός φωτισμού για σκάφη.
- Φωτοτυπικές συσκευές και συσκευές προβολής.
- Συσκευές των οποίων οι απαιτήσεις σχετικά με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία καθορίζονται ρητώς σε άλλα Πρότυπα.

- Στην περίπτωση εξοπλισμού φωτισμού όπου είναι πιθανή η εναλλαγή λαμπτήρων διαφορετικής ισχύος, είναι απαραίτητη η μέτρηση μόνο με το λαμπτήρα ο οποίος έχει την υψηλότερη ονομαστική τάση.
- Πριν τη μέτρηση οι λαμπτήρες θα πρέπει να λειτουργούν για χρονικό διάστημα ικανό ώστε να επιτευχθεί σταθεροποίηση. Αν δεν καθορίζεται διαφορετικά από τον κατασκευαστή, το χρονικό διάστημα αυτό θα πρέπει να είναι:
 - i) 15 λεπτά για λαμπτήρες εκκενώσεως χαμηλής πίεσης.
 - ii) 30 λεπτά για λαμπτήρες εκκενώσεως διαφορετικού τύπου.Όλες οι μετρήσεις πρέπει να διεξάγονται με την χρήση λαμπτήρων που έχουν λειτουργήσει για τουλάχιστον 100 ώρες.
- Για εξοπλισμό που διαθέτει παραπάνω από έναν λαμπτήρα, όλοι οι λαμπτήρες πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα.
- Εξοπλισμός φωτισμού έκτακτης ανάγκης ο οποίος μπορεί να συνδεθεί και να λειτουργήσει κανονικά τροφοδοτούμενος από το δίκτυο δοκιμάζεται υπό αυτές τις συνθήκες λειτουργίας. Δεν απαιτείται δοκιμή για λειτουργία με συσσωρευτή.
- Εάν ο εξοπλισμός φωτισμού διαθέτει δυνατότητα ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού θα πρέπει να μετρηθεί στο μέγιστο και στο ελάχιστο επίπεδο φωτισμού του.
- Η μέτρηση του φωτιστικού εξοπλισμού γίνεται σε απόσταση που καθορίζεται από το είδος του σύμφωνα με τον Πίνακα 3-4 εκτός αν καθορίζεται διαφορετικά από τον κατασκευαστή. Η εξωτερική επιφάνεια της κεφαλής λαμβάνεται ως σημείο αναφοράς για την μέτρηση της απόστασης. Η ανοχή για την απόσταση μέτρησης είναι $\pm 5\%$.

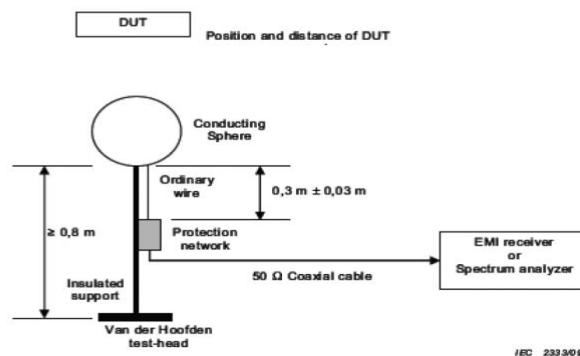
Πίνακας 3-4: Κατηγορίες εξοπλισμού φωτισμού και απόσταση μέτρησης [10]

Τύπος φωτιστικού εξοπλισμού	Απόσταση (cm)
Λαμπτήρας χειρός	5
Επιτραπέζιος εξοπλισμός φωτισμού	30
Εξοπλισμός φωτισμού τοίχου	50
Εξοπλισμός έμμεσου φωτισμού (up lighter)	50

Κεφάλαιο 3: Οδηγοί διεξαγωγής δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

Αναρτώμενος εξοπλισμός φωτισμού	50
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε εσοχή ή στο ταβάνι με λαμπτήρες φθορισμού και ισχύ εισόδου $\leq 180\text{W}$	50
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε εσοχή ή στο ταβάνι με λαμπτήρες φθορισμού και ισχύ εισόδου $>180\text{W}$	70
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε εσοχή ή στο ταβάνι με λαμπτήρες εκκενώσεως και ισχύ εισόδου $\leq 180\text{W}$	70
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε εσοχή ή στο ταβάνι με λαμπτήρες εκκενώσεως και ισχύ εισόδου $>180\text{W}$	100
Φορητός εξοπλισμός φωτισμού	50
Προβολείς	200
Εξοπλισμός φωτισμού για δρόμους	200
Αλυσίδες φωτισμού	50
Εξοπλισμός φωτισμού για πισίνες	50
Εξοπλισμός φωτισμού για στούντιο	100
Εξοπλισμός φωτισμού για νοσοκομειακές εγκαταστάσεις	50
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε εσοχές εδάφους	50
Εξοπλισμός φωτισμού για ενυδρεία	50
Εξοπλισμός φωτισμού νυκτός	50
Ανεξάρτητα ballast	30
Εξοπλισμός υπεριώδους(UV) και υπέρυθρης(IR) ακτινοβολίας	50
Εξοπλισμός φωτισμού για χρήση σε μέσα μεταφοράς(λεωφορεία, τρένα)	50
Άλλος εξοπλισμός	50

- Η διάταξη για την πραγματοποίηση της μέτρησης φαίνεται στο Σχήμα 3-12.



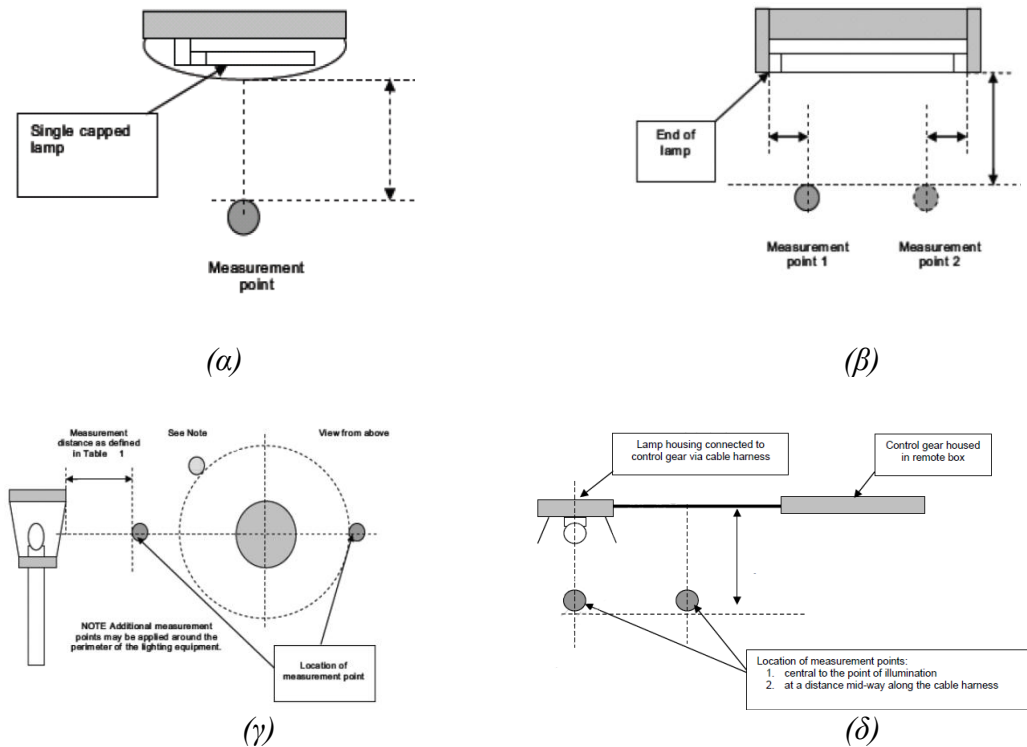
DUT = device under test.

NOTE The EMI receiver or spectrum analyzer must be powered by mains including protective earth.

Σχήμα 3-12: Τυπική διάταξη μέτρησης [10]

- Αν ο εξοπλισμός φωτισμού διαθέτει ακροδέκτη γείωσης, τότε θα πρέπει να είναι συνδεδεμένος μέσω ενός αγωγού γείωσης, που περιέχεται στο καλώδιο τροφοδοσίας.
- Ο μετρητικός δέκτης θα πρέπει να τροφοδοτείται από το δίκτυο με καλώδιο που περιλαμβάνει γείωση προστασίας.
- Κατά τη διάρκεια της μέτρησης δεν πρέπει να βρίσκεται αγωγίμο επίπεδο ή άνθρωπος σε απόσταση μικρότερη από 0,8m από το φωτιστικό εξοπλισμό.
- Το ύψος του μονωτικού στηρίγματος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,8m. Η αγωγίμη σφαίρα συνδέεται στο δίκτυο προστασίας μέσω ενός κανονικού καλωδίου μήκους 30cm \pm 3cm. Στη συνέχεια το δίκτυο προστασίας συνδέεται με το μετρητικό δέκτη μέσω ενός ομοαξονικού καλωδίου 50Ω, έχοντας μέγιστες απώλειες καλωδίου 0,2dB και d.c. αντίσταση μικρότερη ή ίση των 10Ω.
- Ανεξάρτητοι ballast λαμπτήρες θα πρέπει να τοποθετούνται κατευθείαν σε υποδοχή λαμπτήρα, η οποία θα βρίσκεται πάνω σε μονωτικό στήριγμα σε απόσταση από το τέλος του λαμπτήρα όπως καθορίζεται από τον Πίνακα 3-4.
- Ανεξάρτητες ηλεκτρονικές συσκευές ελέγχου θα πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μονωτικό στήριγμα με κατάλληλο λαμπτήρα μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος. Το καλώδιο μεταξύ της συσκευής ελέγχου και του εξοπλισμού θα πρέπει να είναι 0,8m \pm 20% εκτός εάν καθορίζεται διαφορετικά από τον κατασκευαστή. Η συγκεκριμένη διάταξη παρουσιάζεται στο σχήμα 3-13δ.
- Η επιλογή των σημείων μέτρησης πραγματοποιείται σε κατεύθυνση συμβατή με την ανθρώπινη έκθεση του πλήθους κατά την κανονική λειτουργία του εξοπλισμού φωτισμού.
- Η διάταξη για εξοπλισμό με μονή υποδοχή λαμπτήρα(ων) φαίνεται στο Σχήμα 3-13α.
- Σε περίπτωση που ο εξοπλισμός φωτισμού περιλαμβάνει λαμπτήρες φθορισμού δύο καλύκων με μήκος μεγαλύτερο από 30cm, η κεφαλή τοποθετείται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-13β. Η διαδικασία μέτρησης επαναλαμβάνεται και για τα δύο άκρα του λαμπτήρα, ενώ στην περίπτωση πολλαπλών λαμπτήρων οι μετρήσεις γίνονται με τη σειρά.
- Τέλος, για εξοπλισμό για τον οποίο δεν μπορεί να καθοριστεί κεντρικό σημείο φωτισμού ή η κατεύθυνση του φωτισμού δεν είναι προς την τυπική κατεύθυνση της ανθρώπινης έκθεσης, επιλέγεται ένα σημείο μέτρησης σε κατάλληλη

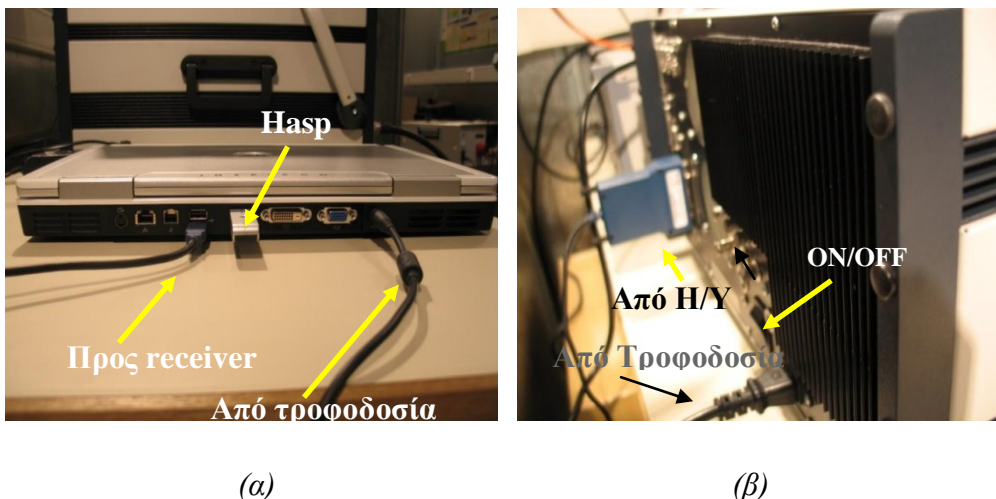
απόσταση από τον εξοπλισμό γύρω από την περίμετρό του. Μπορούν να επιλεχθούν περισσότερα του ενός σημεία για επιβεβαίωση της μέτρησης. Στο Σχήμα 3-13γ φαίνεται η διάταξη και τα σημεία μέτρησης για εξοπλισμό φωτισμού με δυνατότητα φωτισμού 360°.



Σχήμα 3-13: Διατάξεις ανάλογα με το είδος εξοπλισμού φωτισμού [10]

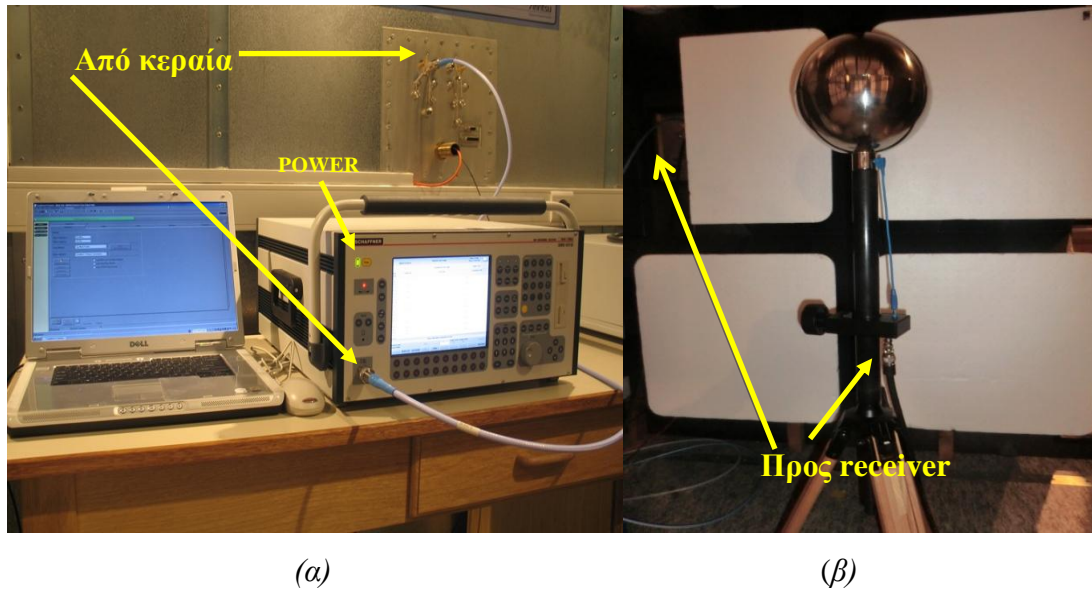
3.4.7 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

3.4.7.1 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 το μετρητικό δέκτη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-14.



Σχήμα 3-14: Σύνδεση μετρητικού δεκτή με τον Η/Υ

3.4.7.2 Συνδέονται ο μετρητικός δέκτης (receiver) με την κεφαλή μέσω των υποδοχών μεταξύ θαλάμου ελέγχου και θαλάμου δοκιμών με τη βοήθεια κατάλληλων ομοαξονικών καλωδίων όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-15.



Σχήμα 3-15: Σύνδεση του μετρητικού δέκτη (receiver) με την κεφαλή

3.4.7.3 Το δοκίμιο τοποθετείται σε ένα μη μεταλλικό τραπέζι και τροφοδοτείται από το δίκτυο. Η κεφαλή (Σχήμα 3-15β) βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση από το φωτιστικό όπως καθορίζεται στον Πίνακα 3-4. Θέτουμε σε λειτουργία το φωτιστικό για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (βλέπε §3.4.6)

3.4.7.4 Κλείνουμε και ασφαλίζουμε την πόρτα του ανηχωϊκού θαλάμου.

Ανοίγουμε τους διακόπτες στις συσκευές:

- i) Ηλεκτρονικός υπολογιστής.
- ii) 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.

3.4.7.5 Γίνεται εκκίνηση του προγράμματος Compliance και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στο Παράρτημα Γ. Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο Πρωτόκολλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα καταγραφούν τα αποτελέσματα των δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας που πραγματοποιήθηκαν σε φωτιστικό εξοπλισμό στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. Οι δοκιμές έγιναν σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 55015 [9] και EN 62493 [10].

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 9kHz - 30MHz

Πίνακας 4-1: Γενικά στοιχεία δοκιμής

Ημερομηνία Δοκιμής	-
Αποτέλεσμα Δοκιμής	PASS
Βασικό Πρότυπο	EN 55015
Εύρος Συχνοτήτων	9kHz – 30MHz
Ταξινόμηση	Πίνακας 3α του EN 55015
Αβεβαιότητα μέτρησης	-

Πίνακας 4-2: Όρια εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών συσκευών φωτισμού (στα 9kHz-30MHz) [9]

Περιοχή Συχνοτήτων	Όρια για διάμετρο βρόχου κεραίας dB (μΑ)		
	2 m	3 m	4 m
9 kHz έως 70 kHz	88	81	75
70 kHz έως 150 kHz	88 έως 58 ²	81 έως 51 ²	75 έως 45 ²
150 kHz έως 3 MHz	58 έως 22 ²	51 έως 15 ²	45 έως 9 ²
3 MHz έως 30 MHz	22	15 έως 16 ³	9 έως 12 ³

Σημείωση 1: Το κατώτερο όριο εφαρμόζεται στη μεταβατική συχνότητα

Σημείωση 2: Το όριο μειώνεται γραμμικά με τον λογάριθμο της συχνότητας. Για λαμπτήρες και φωτιστικά χωρίς ηλεκτρόδια το όριο στην περιοχή συχνοτήτων 2,2MHz έως 3,0MHz είναι 58dB(μΑ) για 2m διάμετρο βρόχου, 51dB(μΑ) για 3m διάμετρο βρόχου και 45dB(μΑ) για 4m διάμετρο.

Σημείωση 3: Το όριο αυξάνεται γραμμικά με τον λογάριθμο της συχνότητας

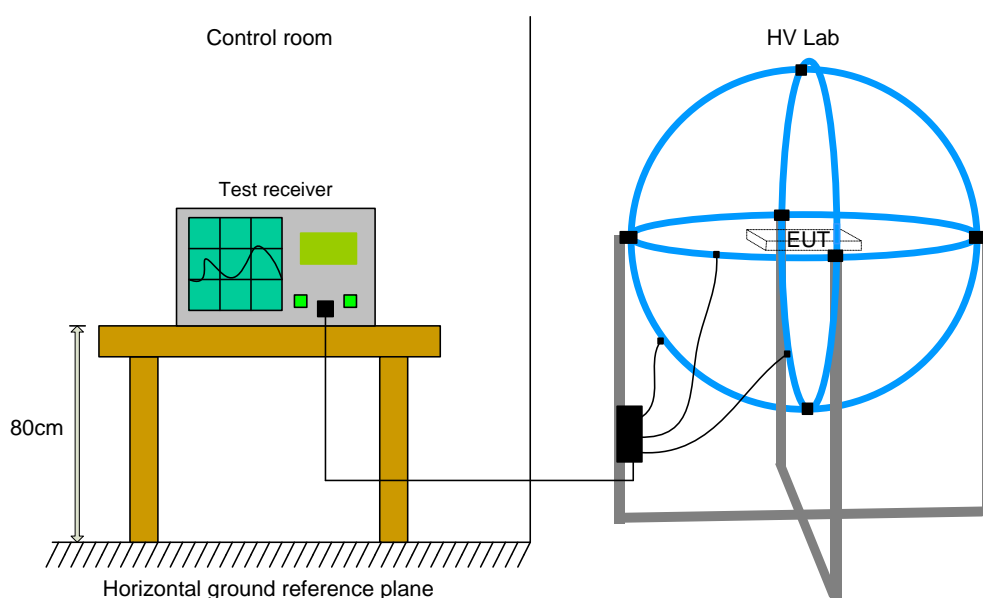
Πίνακας 4-3: Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής	S.N.
EMI Receiver	Schaffner / SMR 4518	25
Large Loop antenna	Chase / LLA6142	1021
N-Type cable (9m length)	Ecoflex 10	0716330
Μετρητής Πίεσης	Testo / 511	30601227
Μετρητής Θερμοκρασίας και Πίεσης	Testo / 645	00582535/109

Πίνακας 4-4: Περιβαλλοντολογικές Συνθήκες

	Θερμοκρασία [°C]	Υγρασία [%]	Πίεση [mbar]	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15 - 25	-	-	Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων
Μετρούμενη	20	51.5±0.5	991.5±0.5	

Ο υπό δοκιμή εξοπλισμός εγκαθίσταται όπως φαίνεται στα σχήματα 4-1 και 4-2 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 55015.



Σχήμα 4-1: Συνδεσμολογία δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών



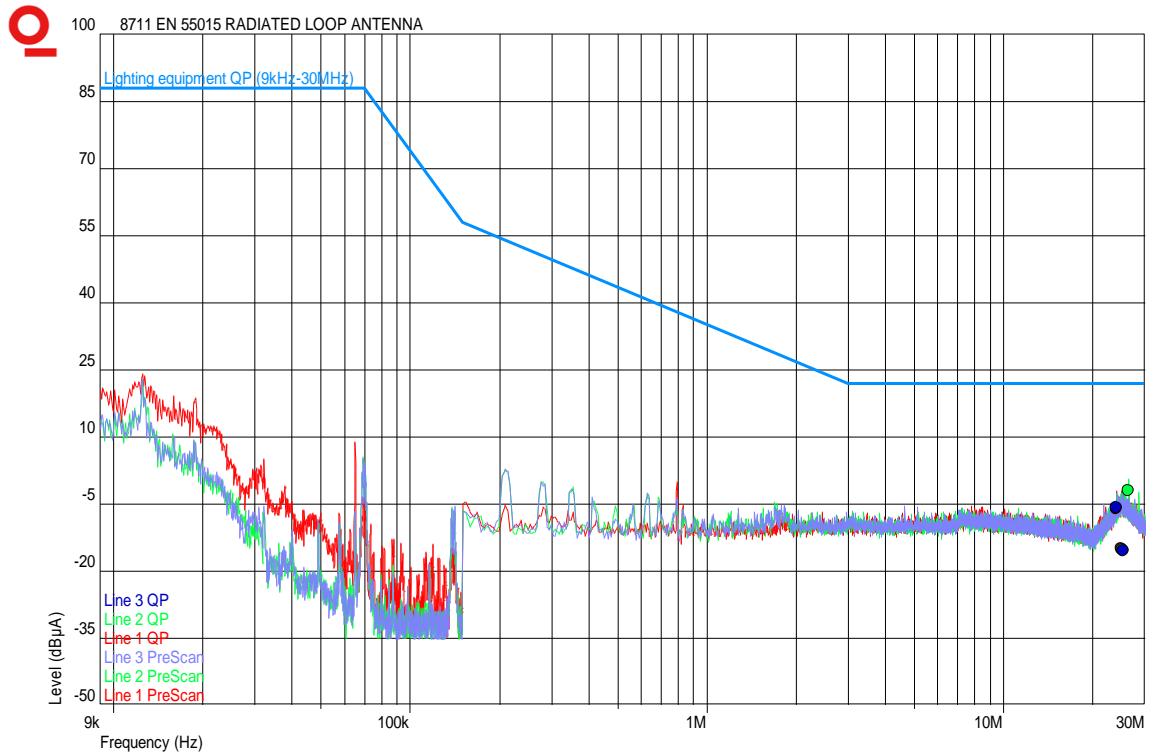
Σχήμα 4-2: Τοποθέτηση φωτιστικού στο κέντρο της βροχοκεραίας

Ο υπό δοκιμή φωτιστικός εξοπλισμός ήταν σε κανονική λειτουργία κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Πίνακας 4-4: Αναλυτικά Αποτελέσματα

Σημείο Μέτρησης	Κορυφή (Peak)		Οιονεί Κορυφοτιμή (Quasi-Peak)		Αποτέλεσμα
	Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	
Loop 1 (X)	4-3	-	4-3	4-5	Pass
Loop 2 (Y)	4-3	-	4-3	4-6	Pass
Loop 3 (Z)	4-3	-	4-3	4-7	Pass

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό



Σχήμα 4-3: Αποτελέσματα για loop 1 (X), loop 2 (Y) και loop 3 (Z)

Πίνακας 4-5: Αποτελέσματα Quasi-Peak για Loop 1 (X)

Συχνότητα [MHz]	Όρια μέσης τιμής [dBμA]	Επίπεδο [dBμV]	Ανιχνευτής
24.0045	22.00	-5.90	QP
25.0890	22.00	-14.96	QP

Πίνακας 4-6: Αποτελέσματα Quasi-Peak για Loop 2 (Y)

Συχνότητα [MHz]	Όρια μέσης τιμής [dBμA]	Επίπεδο [dBμV]	Ανιχνευτής
25.1655	22.00	-15.14	QP
26.4570	22.00	-2.08	QP

Πίνακας 4-7: Αποτελέσματα Quasi-Peak για Loop 3 (Z)

Συχνότητα [MHz]	Όρια μέσης τιμής [dBμA]	Επίπεδο [dBμV]	Ανιχνευτής
24.0000	22.00	-5.73	QP
25.4085	22.00	-15.51	QP

4.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 30MHz-300MHz

Πίνακας 4-8: Γενικά στοιχεία δοκιμής

Ημερομηνία Δοκιμής	-
Αποτέλεσμα Δοκιμής	PASS
Βασικό Πρότυπο	EN 55015
Εύρος Συχνοτήτων	30MHz - 300MHz
Ταξινόμηση	Πίνακας 3β του EN 55015
Απόσταση	3m
Αβεβαιότητα μέτρησης	±7 dB

Πίνακας 4-9: Όρια εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών συσκευών φωτισμού για απόσταση 3m [9]

Περιοχή Συχνοτήτων	Όρια Οιονεί κορυφοτιμής (quasi-peak) dB(μV/m)
30 MHz έως 230 MHz	40
230 MHz έως 300 MHz	47

Πίνακας 4-10: Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής	S.N.
EMI Receiver	Schaffner / SMR 4518	25

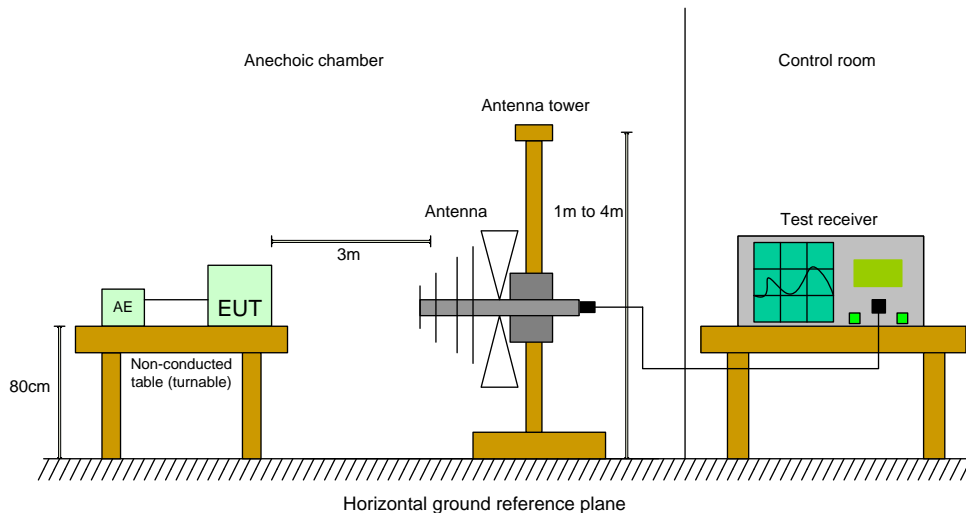
Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

Antenna BILOG	Schaffner / CBL 6111D	22266
N-Type cable (2m length)	Huber+Suhner / Sucoflex 106	58447/6
N-Type cable (4m length)	Huber+Suhner / Sucoflex 106	40297/6
Μετρητής Πίεσης	Testo / 511	30601227
Μετρητής Θερμοκρασίας και Υγρασίας	Testo / 645	00582535/109

Πίνακας 4-11: Περιβαλλοντολογικές Συνθήκες

	Θερμοκρασία [°C]	Υγρασία [%]	Πίεση [mbar]	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15 - 25	-	-	Ημι-Ανηχοϊκός Θάλαμος
Μετρούμενη	21±1	50.5±2.5	990±1	

Ο υπό δοκιμή εξοπλισμός εγκαθίσταται όπως φαίνεται στα σχήματα 4-4 και 4-5 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 55015.



Σχήμα 4-4: Συνδεσμολογία δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών



Σχήμα 4-5: Συνδεσμολογία δοκιμής μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών στο εργαστήριο

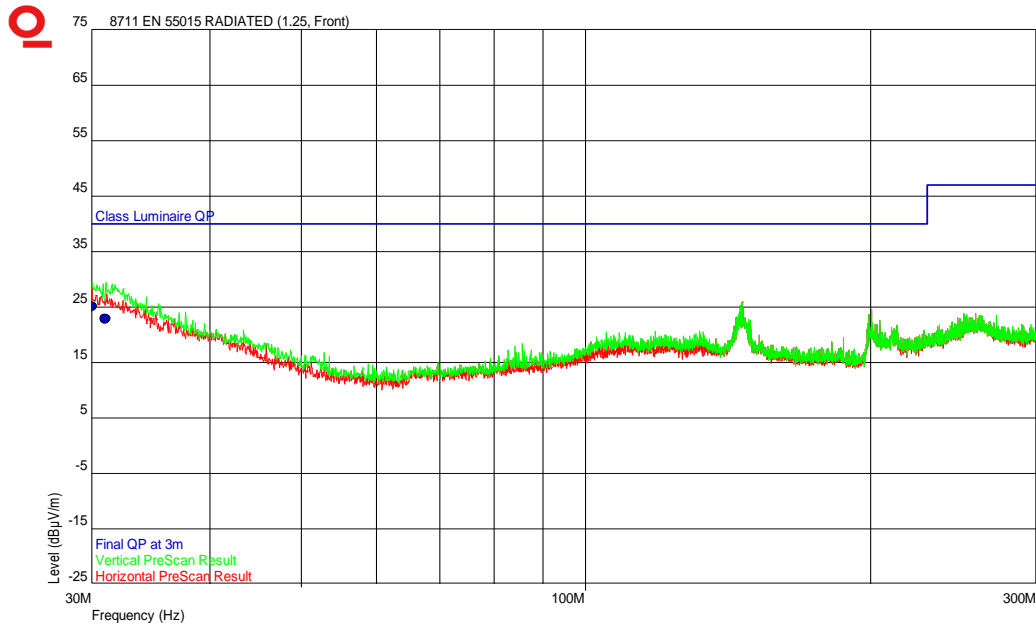
Η διαδικασία δοκιμής έγινε σύμφωνα με το Πρότυπο EN 55015. Το ύψος της κεραίας μεταβάλλεται μεταξύ του 1m και των 2,5m. Ο υπό δοκιμή φωτιστικός εξοπλισμός ήταν σε κανονική λειτουργία κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Πίνακας 4-12: Αναλυτικά Αποτελέσματα

Πολικότητα Κεραίας	Γωνία [°]	Ύψος [m]	Κορυφή (Peak)		Οιονεί Κορυφοτιμή (Quasi-Peak)		Αποτέλεσμα
			Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	
Οριζόντια	0	1.25	4-6	4-13	4-6	4-13	Pass
Κατακόρυφη	0	1.25					Pass
Οριζόντια	90	1.25	4-7	4-14	4-7	4-14	Pass
Κατακόρυφη	90	1.25					Pass
Οριζόντια	180	1.25	4-8	4-15	4-8	4-15	Pass

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

Κατακόρυφη	180	1.25					Pass
Οριζόντια	270	1.25	4-9	4-16	4-9	4-16	Pass
Κατακόρυφη	270	1.25					Pass

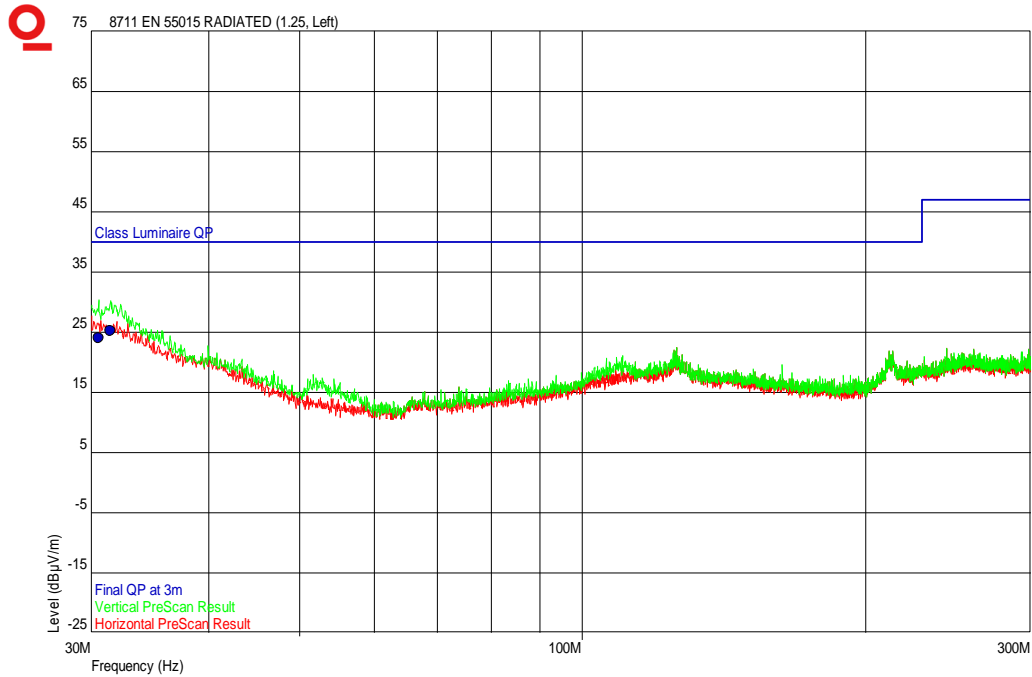


Σχήμα 4-6: Αποτελέσματα για την μπροστινή όψη (0°)

Πίνακας 4-13: Αποτελέσματα για την μπροστινή όψη (0°)

Συχνότητα [MHz]	Όριο [dBμV/m]	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής
30.06	40.00	29.11	PEAK	25.14	QP
31.02	40.00	28.46	PEAK	22.81	QP

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

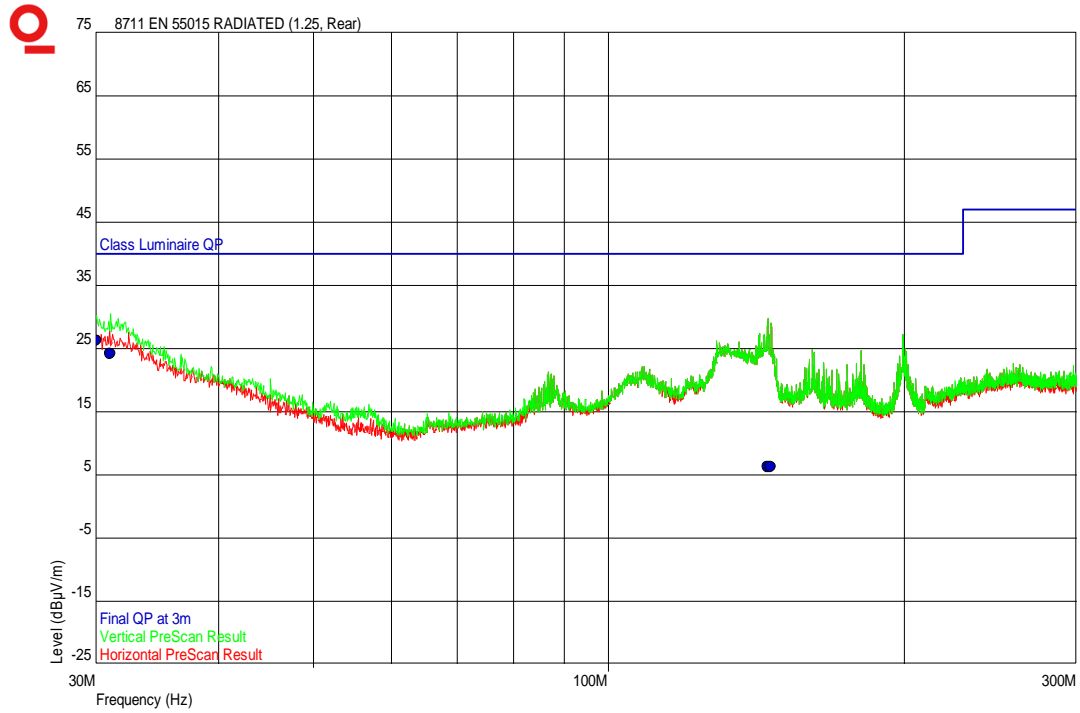


Σχήμα 4-7: Αποτελέσματα για την αριστερή όψη (90°)

Πίνακας 4-14: Αποτελέσματα για την αριστερή όψη (90°)

Συχνότητα [MHz]	Όριο [dBμV/m]	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής
30.54	40.00	29.11	PEAK	24.05	QP
31.44	40.00	29.56	PEAK	25.26	QP

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

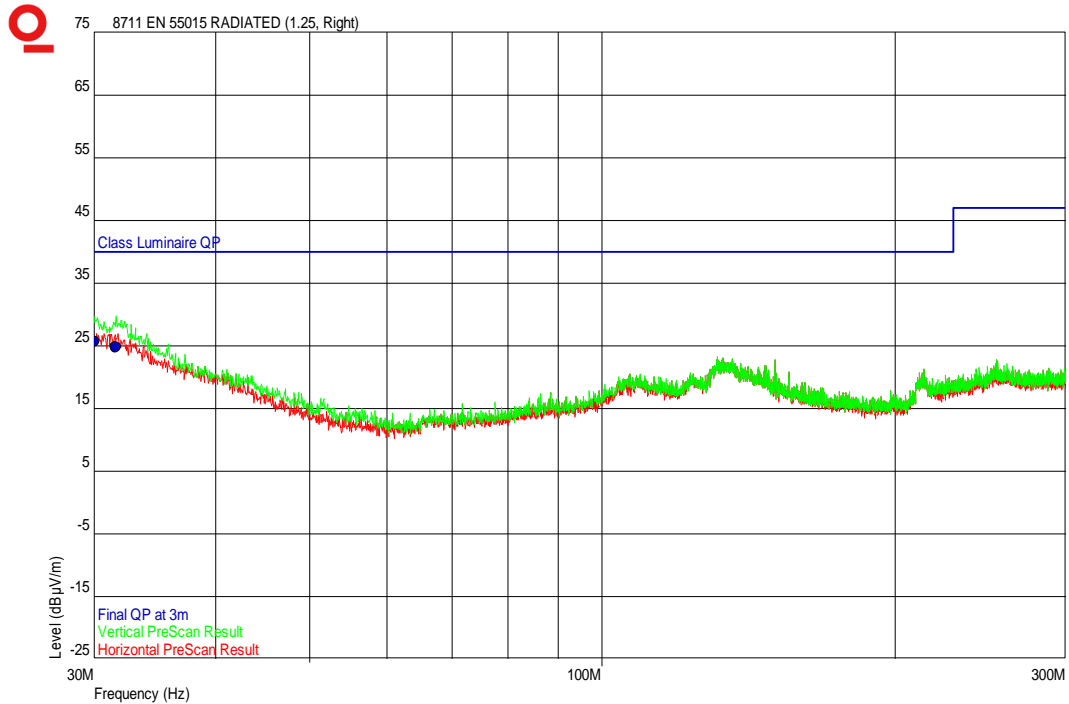


Σχήμα 4-8: Αποτελέσματα για την πίσω όψη (180°)

Πίνακας 4-15: Αποτελέσματα για την πίσω όψη (180°)

Συχνότητα [MHz]	Όριο [dBμV/m]	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής
30.06	40.00	31.49	PEAK	26.20	QP
31.02	40.00	29.17	PEAK	24.12	QP
145.26	40.00	17.80	PEAK	6.34	QP
146.40	40.00	17.78	PEAK	6.20	QP

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό



Σχήμα 4-9: Αποτελέσματα για τη δεξιά όψη (270°)

Πίνακας 4-16: Αποτελέσματα για τη δεξιά όψη (270°)

Συχνότητα [MHz]	Όριο [dBμV/m]	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής	Επίπεδο [dBμV/m]	Ανιχνευτής
30.00	40.00	30.41	PEAK	25.70	QP
31.62	40.00	29.07	PEAK	24.72	QP

4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΓΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Πίνακας 4-17: Γενικά στοιχεία δοκιμής

Ημερομηνία Δοκιμής	-
Αποτέλεσμα Δοκιμής	PASS
Βασικό Πρότυπο	EN 55015
Εύρος Συχνοτήτων	9kHz – 30MHz
Ταξινόμηση	Πίνακας 2α του EN 55015
Αβεβαιότητα μέτρησης	±4 dB

Πίνακας 4-18: Όρια αγόμενων διαταραχών στις θύρες συσκευών φωτισμού [9]

Περιοχή Συχνοτήτων (MHz)	Όρια dB (μV) ^a	
	Οιονεί Κορυφοτιμή (Quasi-Peak)	Μέση Τιμή (Average)
0.009 to 0.050	110	-
0.050 to 0.150	90 to 80 ^b	-
0.150 to 0.5	66 to 56 ^b	56 to 46 ^b
0.5 to 5	56 ^c	46 ^c
5 to 30	60	50

a) Στα σημεία μετάβασης εφαρμόζει το χαμηλότερο όριο.

b) Το όριο μεταβάλλεται γραμμικά με το λογάριθμο της συχνότητας

c) Για λάμπες και φωτιστικά χωρίς ηλεκτρόδια τα όρια στην περιοχή 2.51MHz - 3MHz είναι 73 dB (μV) Quasi-peak και 63 dB (μV) Average.

Πίνακας 4-19: Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

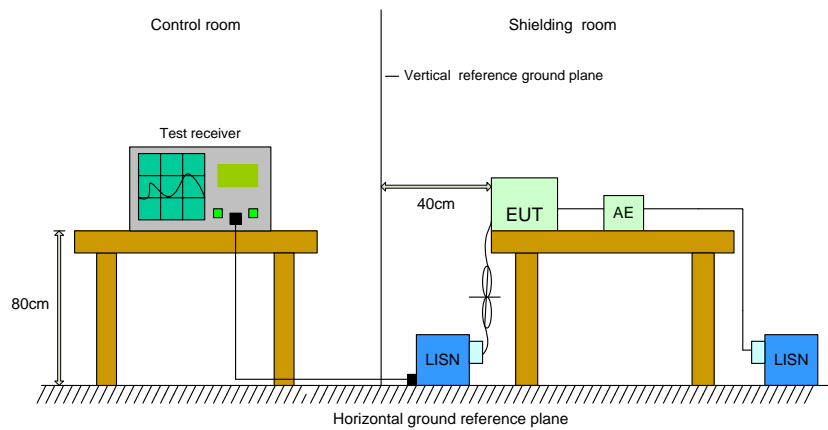
Εξοπλισμός	Κατασκευαστής	S.N.
EMI Receiver	Schaffner / SMR 4518	25
LISN (Artificial – Main Network)	R&S / ESH2-Z5	1000442
N-Type cable (2m length)	Huber+Suhner / Sucoflex 106	58447/6
Μετρητής Πίεσης	Testo / 511	30601227
Μετρητής Θερμοκρασίας και Υγρασίας	Testo / 645	00582535/109

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

Πίνακας 4-20: Περιβαλλοντολογικές Συνθήκες

	Θερμοκρασία [°C]	Υγρασία [%]	Πίεση [mbar]	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15 - 25	-	-	Θωρακισμένο Δωμάτιο
Μετρούμενη	20	51.5±2.5	991±0.5	

Ο υπό δοκιμή εξοπλισμός εγκαθίσταται όπως φαίνεται στα σχήματα 4-10 και 4-11 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 55015.



Σχήμα 4-10: Συνδεσμολογία δοκιμής μέτρησης αγόμενων ραδιοδιαταραχών



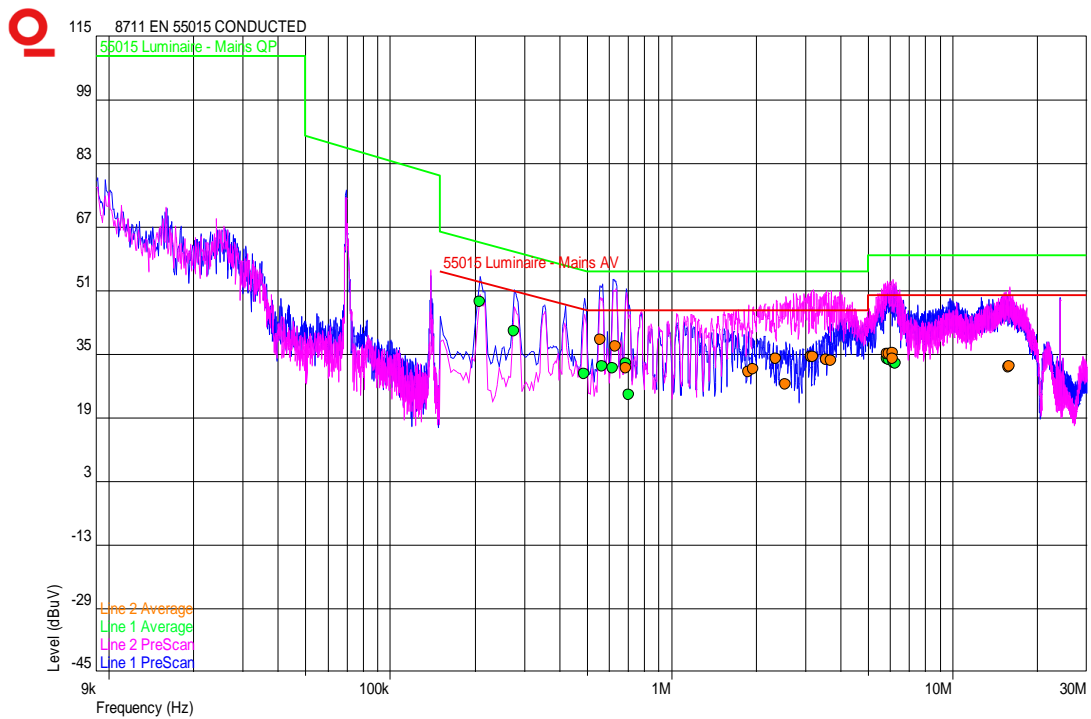
Σχήμα 4-11: Συνδεσμολογία δοκιμής μέτρησης αγόμενων ραδιοδιαταραχών στο εργαστήριο

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό

Η διαδικασία δοκιμής έγινε σύμφωνα με το Πρότυπο EN 55015. Ο υπό δοκιμή φωτιστικός εξοπλισμός ήταν σε κανονική λειτουργία κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Πίνακας 4-21: Αναλυτικά Αποτελέσματα

Σημείο Μέτρησης	Κορυφή (Peak)		Οιονεί Κορυφοτιμή (Quasi-Peak)		Μέση Τιμή (Average)		Αποτέλεσμα
	Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	Σχήμα	Πίνακας	
Φάση (L1)	4-12	-	-	-	4-12	4-22	Pass
Ουδέτερος (L2)	4-12	-	-	-	4-12	4-23	Pass



Σχήμα 4-12: Αποτελέσματα για Φάση (L1) και Ουδέτερο (L2)

Πίνακας 4-22: Αναλυτικά Αποτελέσματα για Φάση (L1)

Συχνότητα	Όριο Μέσης Τιμής [dBμV]	Επίπεδο [dBμV]	Ανιχνευτής
208.5 kHz	53.26	48.33	Μέση Τιμή
276.0 kHz	50.94	40.81	Μέση Τιμή
492.0 kHz	46.13	30.20	Μέση Τιμή
568.5 kHz	46.00	32.00	Μέση Τιμή
618.0 kHz	46.00	31.47	Μέση Τιμή
690.0 kHz	46.00	32.79	Μέση Τιμή
708.0 kHz	46.00	24.93	Μέση Τιμή
5.8425 MHz	50.00	33.90	Μέση Τιμή
5.9145 MHz	50.00	33.76	Μέση Τιμή
6.1845 MHz	50.00	33.06	Μέση Τιμή
6.2565 MHz	50.00	32.81	Μέση Τιμή

Πίνακας 4-23: Αναλυτικά Αποτελέσματα για Ουδέτερο(L2)

Συχνότητα	Όριο Μέσης Τιμής [dBμV]	Επίπεδο [dBμV]	Ανιχνευτής
559.5 kHz	46.00	38.71	Μέση Τιμή
631.5 kHz	46.00	36.98	Μέση Τιμή
690.0 kHz	46.00	31.63	Μέση Τιμή
1.8735 MHz	46.00	30.54	Μέση Τιμή
1.9500 MHz	46.00	31.31	Μέση Τιμή
2.364 MHz	46.00	33.82	Μέση Τιμή
2.553 MHz	46.00	27.47	Μέση Τιμή
3.129 MHz	46.00	34.37	Μέση Τιμή
3.201 MHz	46.00	34.33	Μέση Τιμή
3.543 MHz	46.00	33.74	Μέση Τιμή
3.687 MHz	46.00	33.45	Μέση Τιμή
5.838 MHz	50.00	35.17	Μέση Τιμή
5.919 MHz	50.00	35.04	Μέση Τιμή
6.108 MHz	50.00	35.26	Μέση Τιμή
6.126 MHz	50.00	33.86	Μέση Τιμή
15.7605 MHz	50.00	31.77	Μέση Τιμή
15.9090 MHz	50.00	32.04	Μέση Τιμή

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ VAN DER HOOFDEN

Πίνακας 4-24: Γενικά στοιχεία δοκιμής

Ημερομηνία Δοκιμής	06/06/2016
Αποτέλεσμα Δοκιμής	PASS
Βασικό Πρότυπο	EN 62493
Εύρος Συχνοτήτων	20kHz – 10MHz
Ταξινόμηση	Πίνακας A1 του EN 62493
Αβεβαιότητα μέτρησης	±2,5 dB

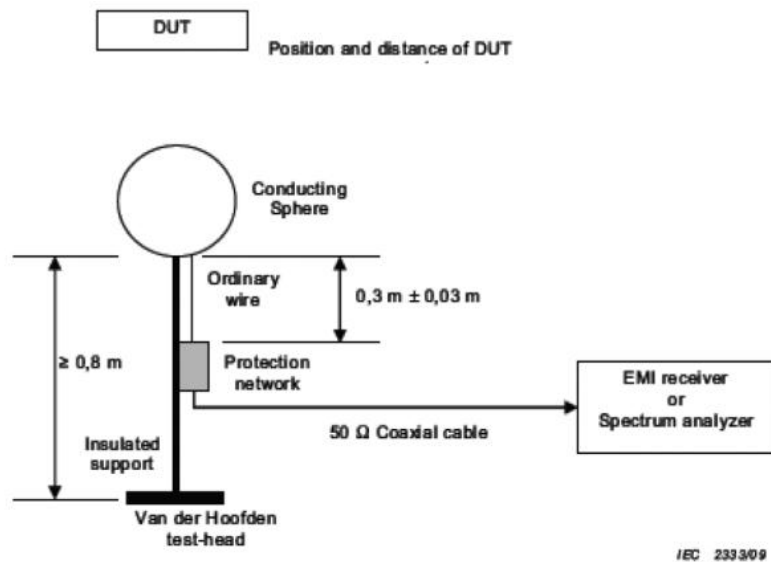
Πίνακας 4-25: Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Εξοπλισμός	Κατασκευαστής	S.N.
EMI Receiver	Schaffner / SMR 4518	25
Van der Hoofden Test Head with Protection Network	Schwarzbeck Mess-Elektronik / VDHH 9502	9502-133
N-Type cable (2m length)	Huber+Suhner / Sucoflex 106	58447/6
N-Type cable (4m length)	Huber+Suhner / Sucoflex 106	40297/6
Multimeter	FLUKE / 289	12530234
Variac 0-270V, 7A	Iskra	003780
Μετρητής Πίεσης	Greisinger / GMH 3300	-
Μετρητής Θερμοκρασίας και Υγρασίας	Testo / 645	00582535/109

Πίνακας 4-26: Περιβαλλοντολογικές Συνθήκες

	Θερμοκρασία [°C]	Υγρασία [%]	Πίεση [mbar]	Τοποθεσία δοκιμής
Απαιτούμενη	15 - 25	-	-	Ημι-Ανηχοϊκος Θάλαμος
Μετρούμενη	24	42±0.5	987±0.5	

Ο υπό δοκιμή εξοπλισμός εγκαθίσταται όπως φαίνεται στα σχήματα 4-13 και 4-14 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 62493.



DUT = device under test.

NOTE The EMI receiver or spectrum analyzer must be powered by mains including protective earth.

Σχήμα 4-13: Συνδεσμολογία δοκιμής Van der Hoofden [10]



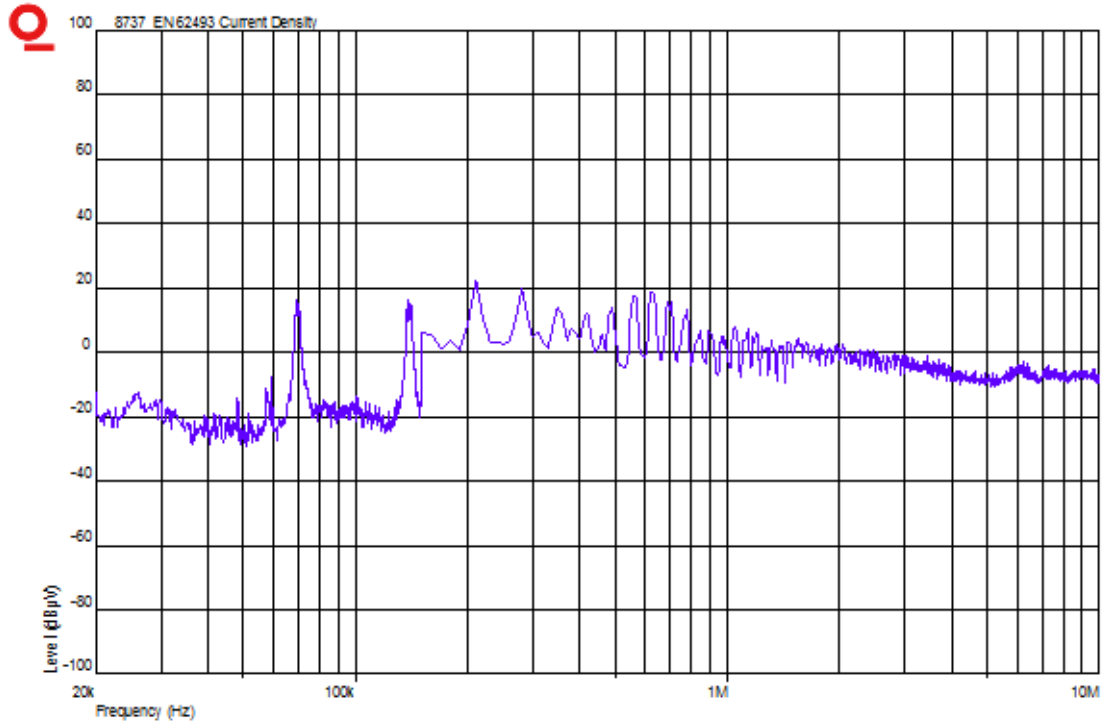
Σχήμα 4-14: Συνδεσμολογία δοκιμής Van der Hoofden στο εργαστήριο

Η διαδικασία δοκιμής έγινε σύμφωνα με το Πρότυπο EN 62493. Η απόσταση του σημείου μέτρησης ήταν 0,5m σύμφωνα με τον Πινάκα Α-1 του Προτύπου EN 62493. Ο υπό δοκιμή φωτιστικός εξοπλισμός ήταν σε κανονική λειτουργία κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Πίνακας 4-22: Αναλυτικά Αποτελέσματα

Σημείο Μέτρησης	Συντελεστής Συμβατότητας 'F'	Αποτέλεσμα
1	0,0013697	Pass

Κεφάλαιο 4: Διεξαγωγή δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικό εξοπλισμό



Σχήμα 4-15: Αποτελέσματα ανιχνευτή κορυφής

Frequency fn (MHz)	Vfn (dBμV)	Vfn (V)	Ecap(fn)	Elim(fn)	Ecap(fn)/Elim(fn)	Factor F	Result
0,02	-11,98	2,51768E-07	4,73043E-06	2,7	1,75201E-06	0,0013697	PASS
0,02002	-19,94	1,00693E-07	1,89245E-06	2,727	6,93969E-07		
0,0204	-19,68	1,03753E-07	1,95053E-06	2,754	7,08254E-07		
0,0206	-21,09	8,82064E-08	1,65876E-06	2,781	5,96462E-07		
0,0208	-19,55	1,05317E-07	1,98115E-06	2,808	7,05537E-07		
0,021	-22,58	7,43019E-08	1,39815E-06	2,835	4,93174E-07		
0,0212	-18,47	1,19261E-07	2,24487E-06	2,862	7,84372E-07		
0,0214	-19,54	1,05439E-07	1,98534E-06	2,889	6,87205E-07		
0,0216	-17,59	1,31978E-07	2,48587E-06	2,916	8,52493E-07		
0,0218	-18,28	1,21899E-07	2,29682E-06	2,943	7,80433E-07		
0,022	-20,44	9,50605E-08	1,79175E-06	2,97	6,03281E-07		
0,0222	-23,45	6,72202E-08	1,26745E-06	2,997	4,22905E-07		
0,0224	-20,61	9,3218E-08	1,75827E-06	3,024	5,81438E-07		
0,0226	-17,21	1,3788E-07	2,60162E-06	3,051	8,52711E-07		
0,0228	-22,8	7,24436E-08	1,36743E-06	3,078	4,44259E-07		
0,023	-19,64	1,04232E-07	1,9682E-06	3,105	6,33881E-07		
0,0232	-20,81	9,10961E-08	1,72082E-06	3,132	5,49433E-07		
0,0234	-19,3	1,08393E-07	2,04836E-06	3,159	6,48419E-07		
0,0236	-20,17	9,80618E-08	1,85386E-06	3,186	5,81878E-07		
0,0238	-17,01	1,41091E-07	2,66841E-06	3,213	8,30504E-07		
0,024	-18,54	1,18304E-07	2,23836E-06	3,24	6,90851E-07		
0,0242	-15,47	1,68461E-07	3,18867E-06	3,267	9,76024E-07		
0,0244	-16,37	1,5188E-07	2,87602E-06	3,294	8,73109E-07		
0,0246	-16,84	1,4388E-07	2,7257E-06	3,321	8,20745E-07		
0,0248	-15,47	1,68461E-07	3,19275E-06	3,348	9,53629E-07		
0,025	-15,86	1,61065E-07	3,0539E-06	3,375	9,0486E-07		
0,0252	-13,72	2,06063E-07	3,90884E-06	3,402	1,14898E-06		
0,0254	-14,85	1,80926E-07	3,43355E-06	3,429	1,00133E-06		
0,0256	-12,26	2,43781E-07	4,62851E-06	3,456	1,33927E-06		
0,0258	-13,12	2,208E-07	4,19413E-06	3,483	1,20417E-06		
0,026	-12,11	2,48028E-07	4,71351E-06	3,51	1,34288E-06		
0,0262	-14,27	1,93419E-07	3,67747E-06	3,537	1,03972E-06		
0,0264	-14,24	1,94089E-07	3,69196E-06	3,564	1,0359E-06		
0,0266	-17,35	1,35675E-07	2,58207E-06	3,591	7,19038E-07		
0,0268	-16,32	1,52757E-07	2,90857E-06	3,618	8,03917E-07		

Σχήμα 4-16: Υπολογισμός Συντελεστή Συμβατότητας (F) και αποτελέσματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας σε φωτιστικά με βάση τα Πρότυπα EN 55015 και EN 62493. Οι συγκεκριμένες δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. Έγινε μια επισκόπηση των οδηγών διεξαγωγής για μέτρηση εκπεμπόμενων και αγόμενων διαταραχών σε φωτιστικό εξοπλισμό οι οποίοι βασίζονται στο Πρότυπο EN 55015 και έχουν ήδη συνταχθεί από το προσωπικό του Εργαστηρίου. Εξετάσθηκε το κατά πόσο είναι εύληπτοι οι οδηγοί διεξαγωγής των δοκιμών και αν κάποιος που δεν έχει ιδιαίτερη εξοικείωση με τέτοιου είδους δοκιμές είναι σε θέση να τις εκτελέσει βασιζόμενος στους οδηγούς αυτούς. Επίσης, έγινε εκ νέου εκτέλεση των δοκιμών σύμφωνα με τους νέους πίνακες αβεβαιοτήτων και καταγράφηκαν αναλυτικά τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις δοκιμές αυτές.

Επίσης, μελετήθηκε αναλυτικά το αναθεωρημένο Πρότυπο EN 62493 του 2016. Με βάση αυτό έγινε διερεύνηση για την αγορά του κατάλληλου εξοπλισμού και για το πως αυτός θα λειτουργήσει σε συνδυασμό με τον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό του εργαστηρίου έτσι ώστε να εκτελεστεί άρτια η δοκιμή επαγόμενου εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου (Van der Hoofden). Πραγματοποιήθηκε αγορά της κεραίας Van der Hoofden, η οποία αποτελεί τον βασικό εξοπλισμό για την εκτέλεση της δοκιμής. Ύστερα, έγινε η διακρίβωση της κεραίας από το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (ΕΙΜ). Για τη μέτρηση του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου δημιουργήθηκε υπολογιστικό πρόγραμμα προσαρμοσμένο στο υπάρχον λογισμικό του Εργαστηρίου. Επίσης, συντάχθηκε αναλυτικός οδηγός για τη διεξαγωγή της δοκιμής, έτσι ώστε να είναι εφικτό να εκτελεστεί άμεσα από το προσωπικό του Εργαστηρίου. Ο συγκεκριμένος οδηγός διαπιστεύθηκε από το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (ΕΣΥΔ). Έγινε σύγκριση της αναθεωρημένης έκδοσης του Προτύπου με την προηγούμενη και επιβεβαιώθηκε από μετρήσεις ότι για κάποια είδη φωτιστικού εξοπλισμού (π.χ. LED) δεν είναι απαραίτητη η εκτέλεση της δοκιμής. Όλες οι συσκευές φωτισμού που δοκιμάστηκαν πέρασαν τη δοκιμή με μετρήσεις αρκετά κάτω από τα επιτρεπτά όρια.

Συνεπώς δεν παρατηρήθηκαν επαγόμενα ηλεκτρικά πεδία που να επηρεάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό.

Όλες αυτές οι δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας είναι απαραίτητες για να επιβεβαιωθεί η σωστή και ασφαλής λειτουργία του φωτιστικού εξοπλισμού και να είναι διαθέσιμος προς πώληση στο κοινό. Το Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π. είναι σε θέση να καλύψει όλες τις απαιτήσεις αυτών των δοκιμών, έτσι ώστε να κρίνει αν μια συσκευή φωτισμού είναι κατάλληλη προς πώληση ή όχι. Επίσης, με την προσθήκη της δοκιμής Van der Hoofden το εργαστήριο καλύπτει πλήρως τις δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας που αφορούν τα φωτιστικά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

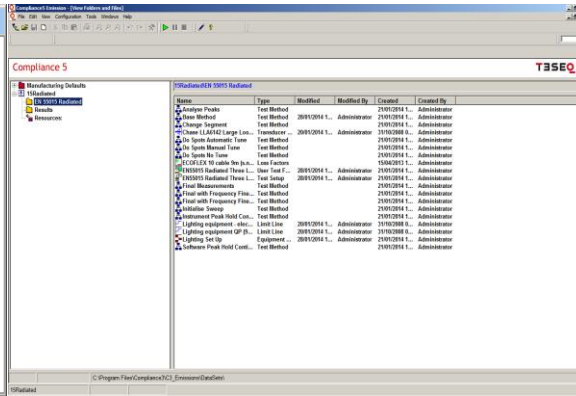
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

A.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 9kHz - 30MHz

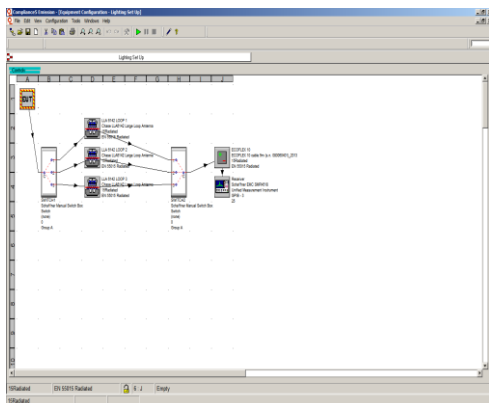
- Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα "Emissions" και κάνουμε **Login** υπό το όνομα "**15Radiated**". Εισερχόμαστε στο φάκελο **EN55015 Radiated** και μετά επιλέγουμε το **Lighting Set Up** όπου ελέγχουμε τη συνδεσμολογία της δοκιμής. Ύστερα επιλέγουμε το **EN55015 Radiated Three Loop Antenna Base Test** όπου ορίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής και ελέγχουμε ότι τα όρια είναι σωστά (9kHz-30MHz), ενώ συμπληρώνουμε και τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν τη δοκιμή.



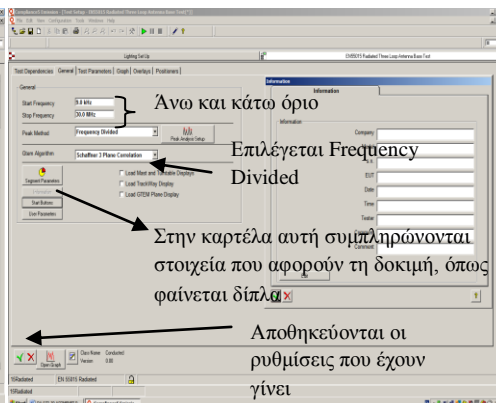
Σχήμα Α-1: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission



Σχήμα Α-2: Το παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission



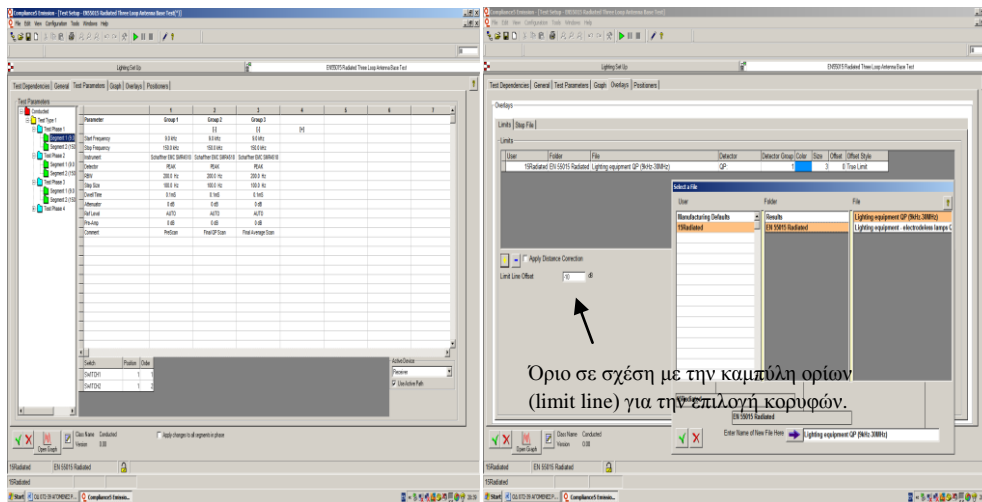
Σχήμα Α-3: Συνδεσμολογία δοκιμής εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών (στα 9kHz-30MHz)



Σχήμα Α-4: Εισαγωγικά στοιχεία δοκιμής

- Στην καρτέλα **Test Parameters** ελέγχουμε εάν έχουν περαστεί οι σωστές ρυθμίσεις.

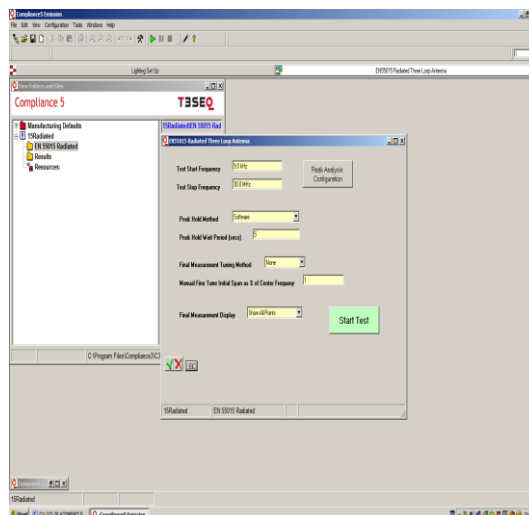
Στην καρτέλα **Overlays** ορίζουμε την κατάλληλη καμπύλη ορίων για τη δοκιμή.



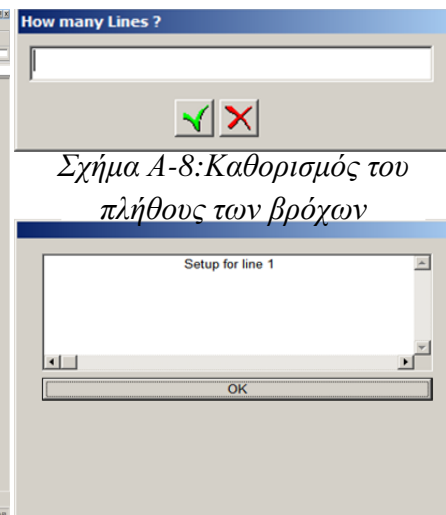
Σχήμα Α-5: Επιλογή Test Parameters

Σχήμα Α-6: Επιλογή καμπύλης ορίων

- Επιλέγουμε το "**EN55015 Radiated Three Loop Antenna. User Test Form**" και αφού ελέγξουμε τις ρυθμίσεις επιλέγουμε "**Start Test**". Στο παράθυρο "**How many lines**" συμπληρώνουμε το 3 για να ελεγχθούν και τα 3 επίπεδα. Όταν ολοκληρώνεται ο έλεγχος για κάθε επίπεδο εμφανίζεται το μήνυμα "**Setup for line**". Αντιστοίχως επιλέγουμε στην κεραία Loop 2 ή 3 και πατάμε **OK**. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν ελεγχθούν και οι 3 βρόχοι.

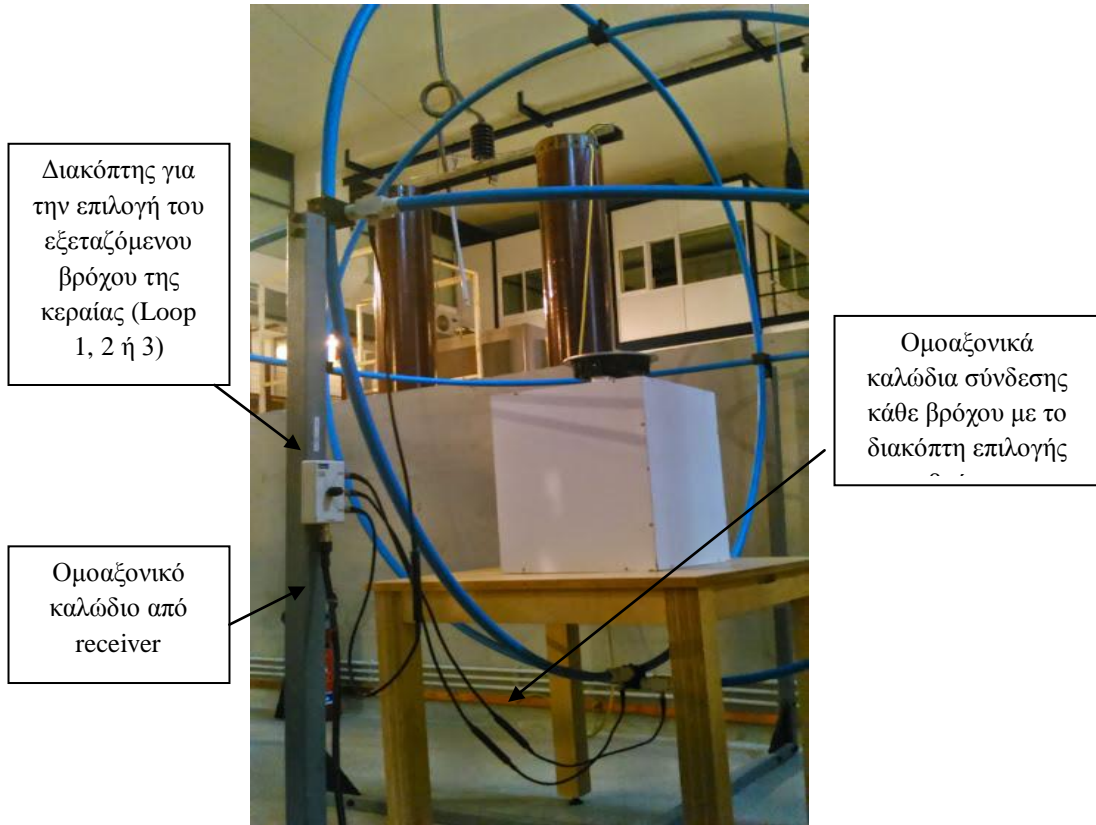


Σχήμα Α-7: Οθόνη που εμφανίζεται με την έναρξη της σάρωσης



Σχήμα Α-8: Καθορισμός του πλήθους των βρόχων

Σχήμα Α-9: Οθόνη που εμφανίζεται για την επιλογή του υπό δοκιμή βρόχου



Σχήμα Α-10: Συνδεσμολογία του διακόπτη επιλογής του υπό δοκιμή βρόχου της κεραίας

- Εμφανίζεται το παράθυρο (Σχήμα Α-11) στο οποίο υπάρχει το τελικό αποτέλεσμα της δοκιμής. Η συνεχόμενη γραμμή αποτελεί το όριο, που ορίζει το Πρότυπο για το δοκίμιο. Έτσι γίνεται εύκολα αντιληπτό αν το δοκίμιο περνά τη δοκιμή ή όχι.



Σχήμα Α-11: Παράθυρο αποτελεσμάτων σάρωσης

- Αφού ολοκληρωθεί η δοκιμή αποθηκεύουμε το αρχείο ως εξής: επιλέγουμε στο μενού **File → Save As → 15Radiated → Results → Αριθμός Πιστοποιητικού_ EN55015 _Radiated**. Για να πάρουμε τα αποτελέσματα της δοκιμής ακολουθούμε την εξής διαδικασία: επιλέγουμε στο μενού **File → Global Report → To File**. Αποθηκεύουμε το αρχείο, που είναι ηλεκτρονικό αρχείο της μέτρησης, C:\Reports\9999\9999_EN 55015, αν πρόκειται για φωτιστικό. Μετά το πέρας των μετρήσεων καταγράφουμε στους αντίστοιχους πίνακες του πρωτοκόλλου μέτρησης τις μεγαλύτερες τιμές διαταραχών, όπως εμφανίζονται στο αναδυόμενο παράθυρο-λίστα του λογισμικού (“PreScan Peak” και “QP”).

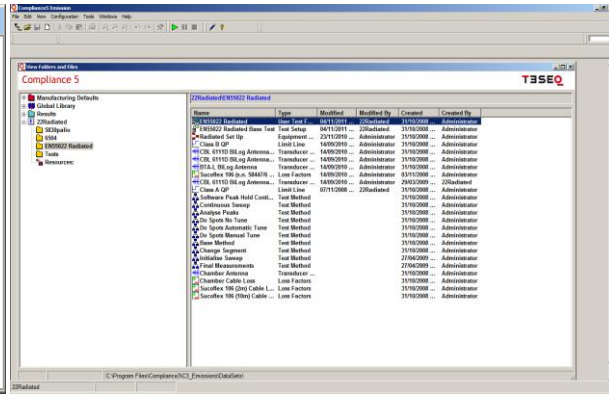
Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας αποσυνδέουμε το δοκίμιο από την τροφοδοσία, και αποσυνδέουμε τη Loop Antenna από το ομοαξονικό καλώδιο που την συνδέει με τον μετρητικό δέκτη. Κλείνουμε το μετρητικό δέκτη (receiver), πρώτα από το κουμπί Power και μετά κλείνουμε το διακόπτη ON/OFF. **Προσοχή! Αφού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

A.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 30MHz - 300MHz

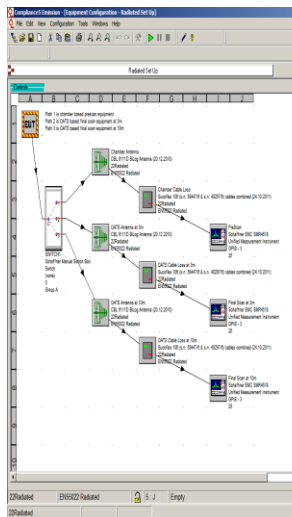
- Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα "Emissions" και κάνουμε **Login** υπό το όνομα "**22Radiated**". Εισερχόμαστε στο φάκελο **EN55022 Radiated** και μετά επιλέγουμε το **Radiated Setup** όπου ελέγχουμε τη συνδεσμολογία της δοκιμής. Ύστερα επιλέγουμε το **EN55022 Radiated Base Test** και εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος A-15. Εκεί επιλέγουμε την καρτέλα **Positioners** για να εισάγουμε το ύψος της κεραίας και την γωνία του δοκιμίου με τα οποία θα διεξαχθεί η δοκιμή. Στην καρτέλα **Test Parameters** ελέγχουμε ότι έχουν περαστεί οι σωστές ρυθμίσεις, ενώ στην καρτέλα **Overlays** ορίζουμε την κατάλληλη καμπύλη ορίων για τη δοκιμή.



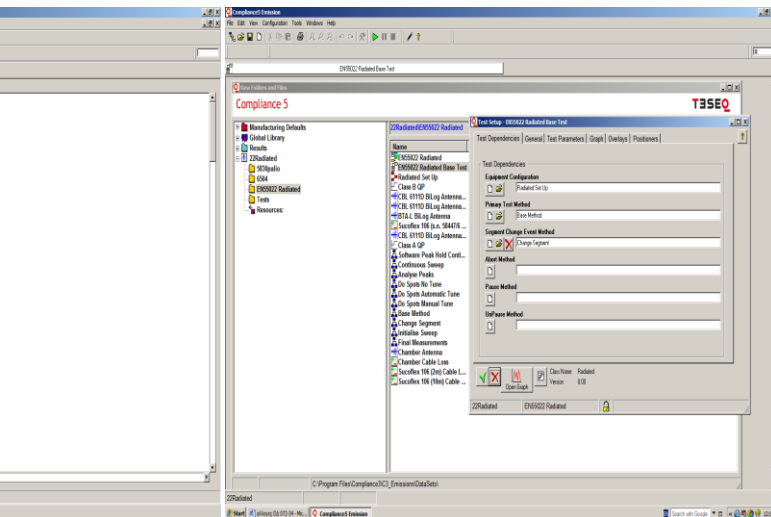
Σχήμα Α-12: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission



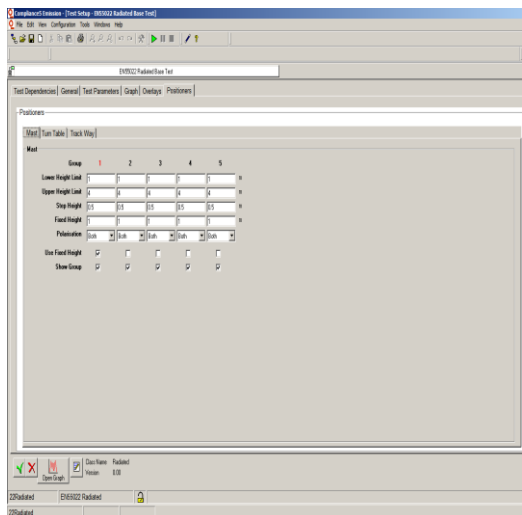
Σχήμα Α-13: Το παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission



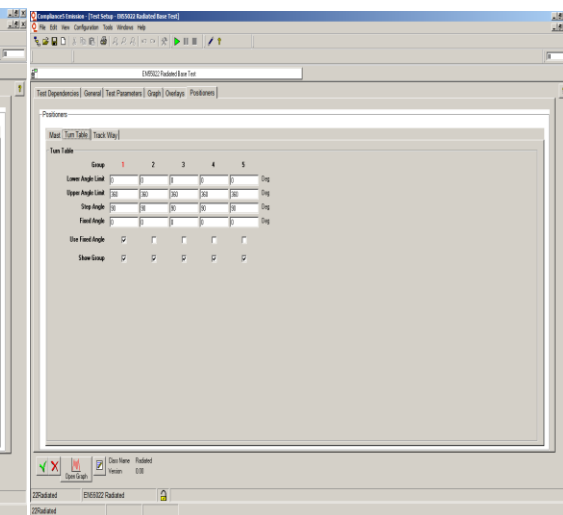
Σχήμα Α-14: Συνδεσμολογία δοκιμής εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών (στα 30MHz-300MHz)



Σχήμα Α-15: Το παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο EN55022 Radiated Base Test

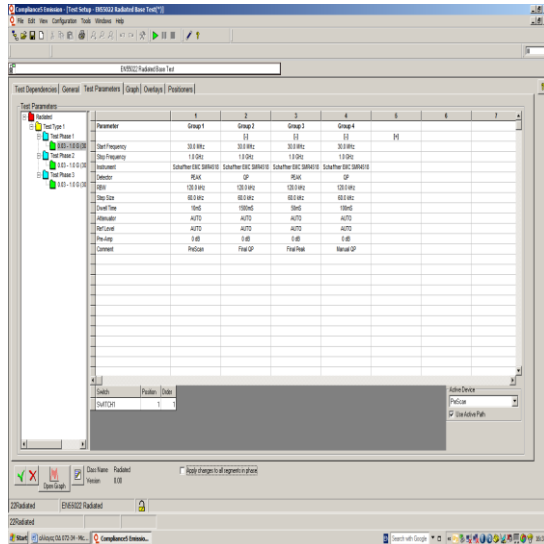


Σχήμα Α-16: Επιλογή του ύψους της κεραίας στο οποίο θα διενεργηθεί η δοκιμή.

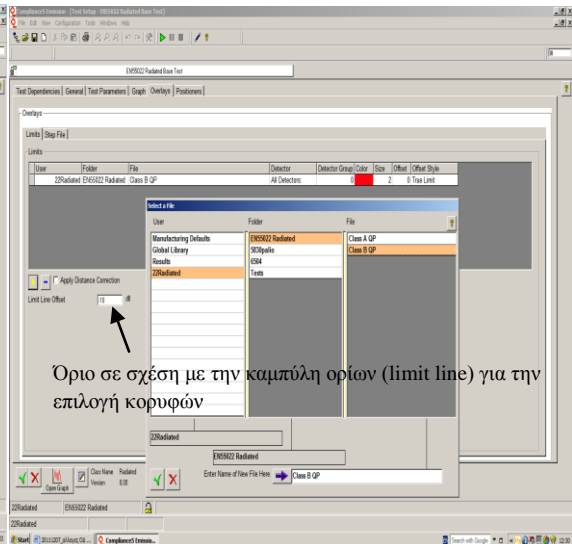


Σχήμα Α-17: Επιλογή της γωνίας του δοκιμίου στην οποία θα διενεργηθεί η δοκιμή.

Παράρτημα Α: Διαδικασία μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών

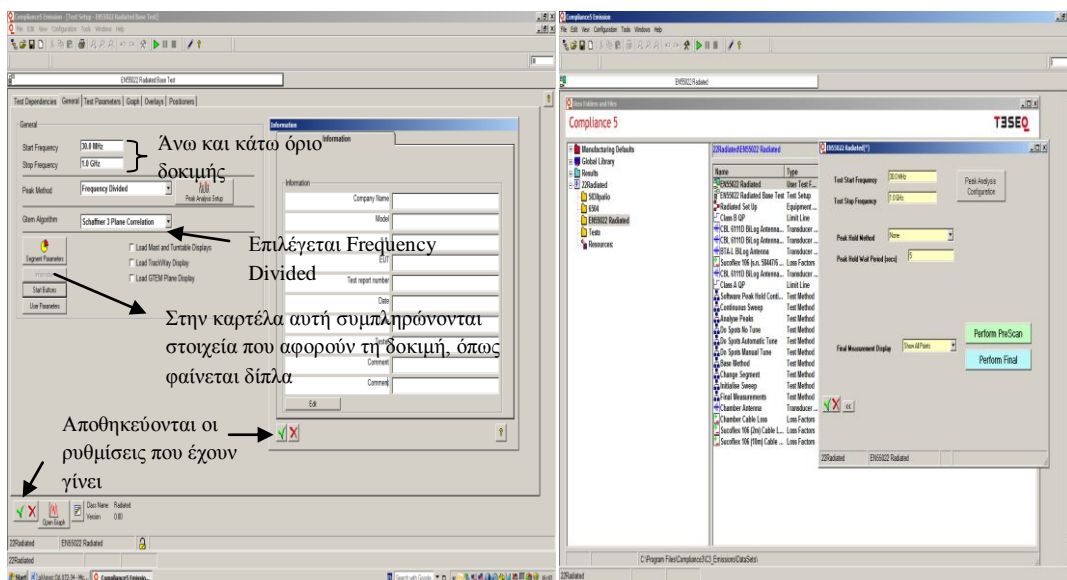


Σχήμα A-18: Επιλογή Test Parameters



Σχήμα A-19: Επιλογή καμπύλης ορίων.

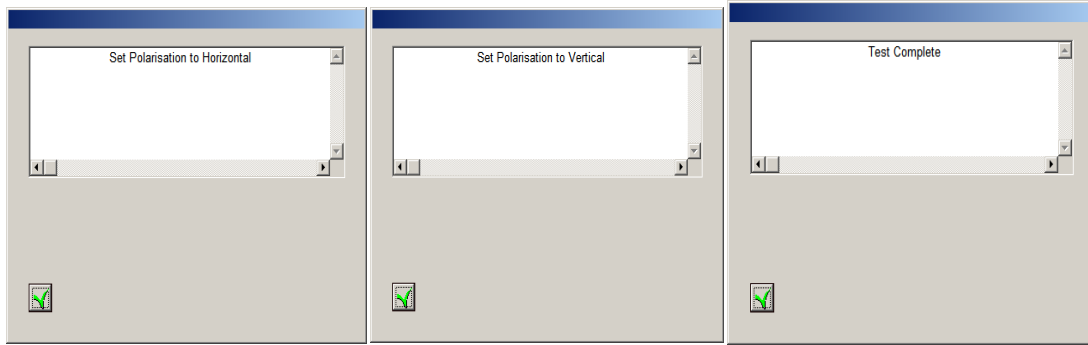
- Επιλέγουμε την καρτέλα **General** στην οποία ορίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής. Ύστερα επιλέγουμε το **Perform PreScan** και βάζουμε την κεραία σε οριζόντια και κατακόρυφη θέση. Μόλις ολοκληρωθεί το **PreScan** εμφανίζονται τα αποτελέσματα τα οποία και αποθηκεύονται.



Σχήμα A-20: Επιλογή γενικών στοιχείων της δοκιμής.

Σχήμα A-21: Παράθυρο που εμφανίζεται για την έναρξη της σάρωσης.

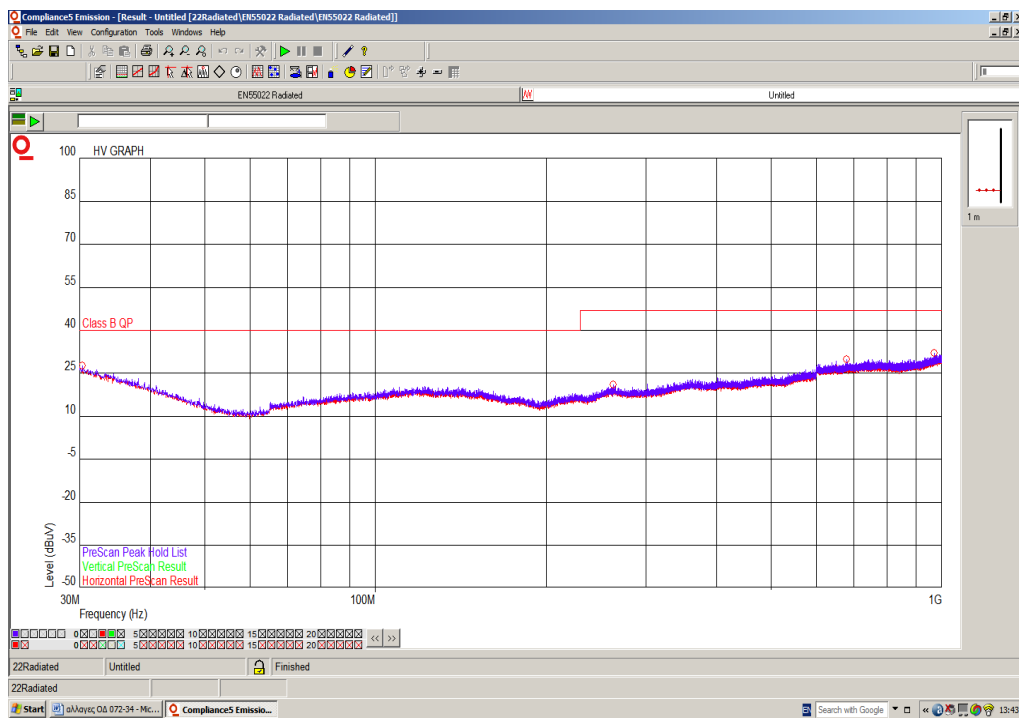
Παράρτημα Α: Διαδικασία μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών



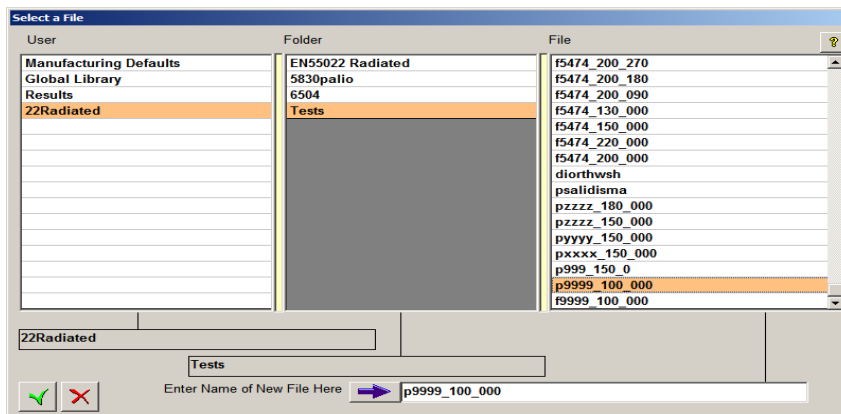
Σχήμα Α-22:
Τοποθέτηση κεραίας σε
οριζόντια θέση

Σχήμα Α-23:
Τοποθέτηση κεραίας σε
κατακόρυφη θέση


Σχήμα Α-24:
Ολοκλήρωση pre-
scanning

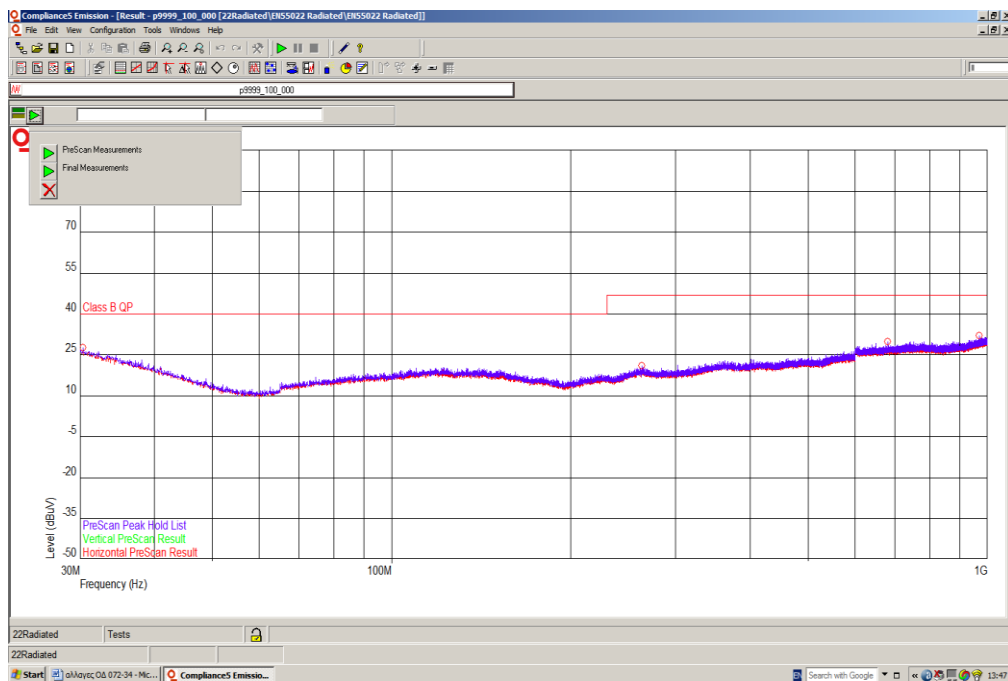


Σχήμα Α-24: Παράθυρο αποτελεσμάτων του pre-scanning.



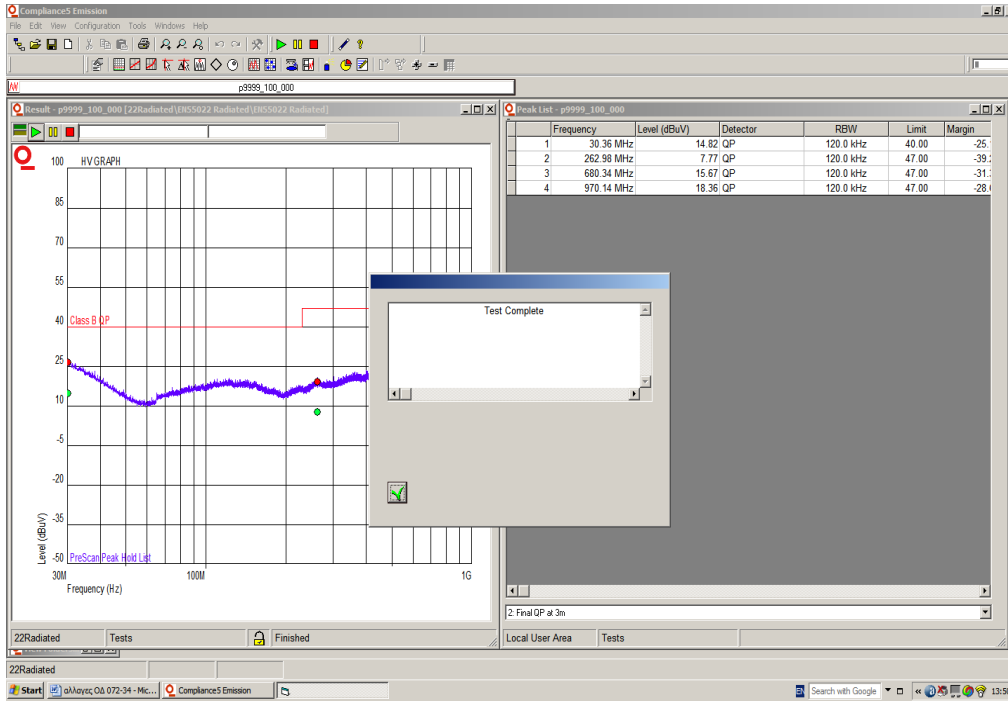
Σχήμα Α-25: Παράθυρο αποθήκευσης αποτελεσμάτων του pre-scanning.

- Για την τελική σάρωση επιλέγουμε το **Final Measurements** στο παράθυρο του Σχήματος A-26 και μετά επιλέγουμε σε ποιο Pre Scan αρχείο θα γίνει η τελική σάρωση. Με την ολοκλήρωση της σάρωσης εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος A-27. Πατώντας το κομβίο  εμφανίζεται το γράφημα της τελικής σάρωσης του Σχήματος A-28. Αφού μορφοποιήσουμε το γράφημα, μπορούμε να αποθηκεύσουμε και τα αποτελέσματα της τελικής σάρωσης, σε φάκελο της επιλογής μας επιλέγοντας **File → Save As**. Το όνομα των αρχείων που σώζονται έχει τη μορφή **f[Αριθμός Πρωτοκόλλου]_[Υψος σε εκατοστά]_[Γωνία σε μοίρες]**. Π.χ. f9999_150_270. Κατά τη διάρκεια των παραπάνω μετρήσεων καταγράφουμε στο πρωτόκολλο τις μεγαλύτερες διαταραχές όπως αυτές εμφανίζονται στο αναδύομενο παράθυρο – λίστα του λογισμικού (“PreScan Peak List” και “Final QP at 3m”). 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.

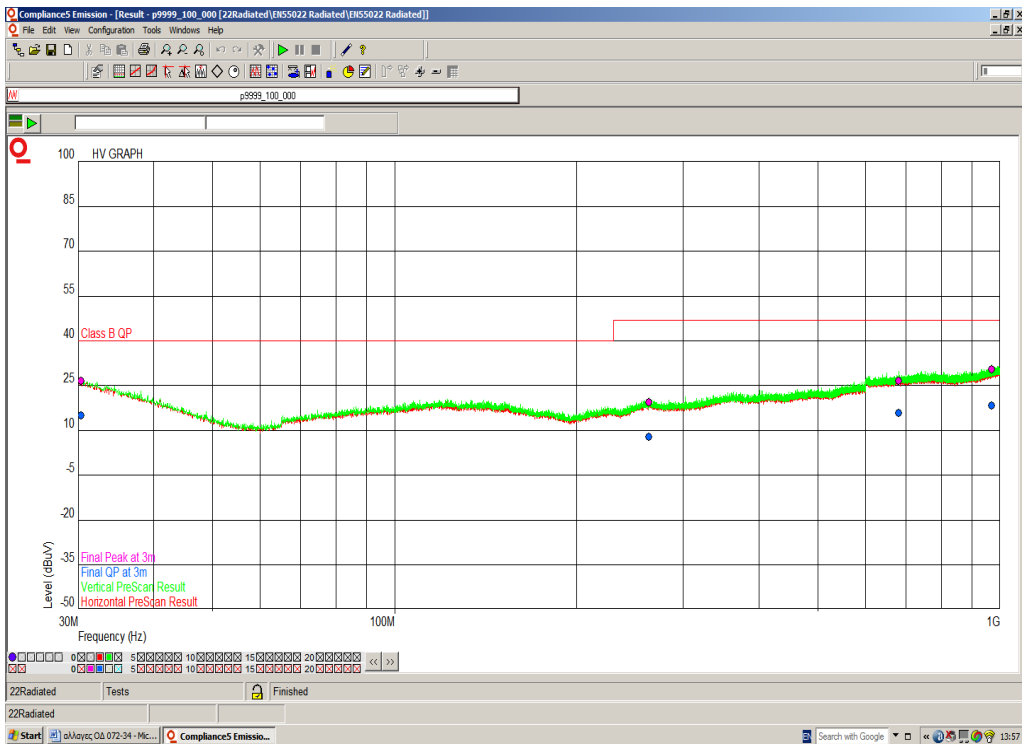


Σχήμα A-26: Παράθυρο έναρξης της τελικής σάρωσης.

Παράρτημα Α: Διαδικασία μέτρησης εκπεμπόμενων διαταραχών



Σχήμα Α-27: Παράθυρο ολοκλήρωσης της τελικής σάρωσης.



Σχήμα Α-28: Παράθυρο αποτελεσμάτων της τελικής σάρωσης.

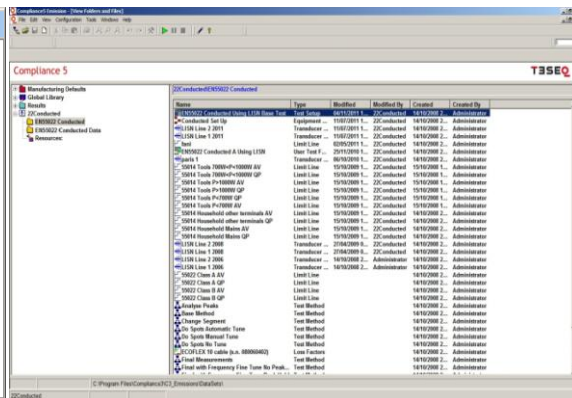
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΓΟΜΕΝΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

- Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα "Emissions" και κάνουμε **Login** υπό το όνομα "**22Conducted**". Εισερχόμαστε στο φάκελο **EN55022 Conducted** και μετά επιλέγουμε το **Conducted Setup** όπου ελέγχουμε τη συνδεσμολογία της δοκιμής. Ύστερα επιλέγουμε το **EN55022 Conducted Base Test** όπου ορίζουμε τις παραμέτρους της δοκιμής και ελέγχουμε ότι τα όρια είναι σωστά (9kHz-30MHz σύμφωνα με το EN 55015), ενώ συμπληρώνουμε και τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν τη δοκιμή. Στην καρτέλα **Test Parameters** ελέγχουμε αν έχουν περαστεί οι σωστές ρυθμίσεις, ενώ στην καρτέλα **Overlays** ορίζουμε την κατάλληλη καμπύλη ορίων για τη δοκιμή.

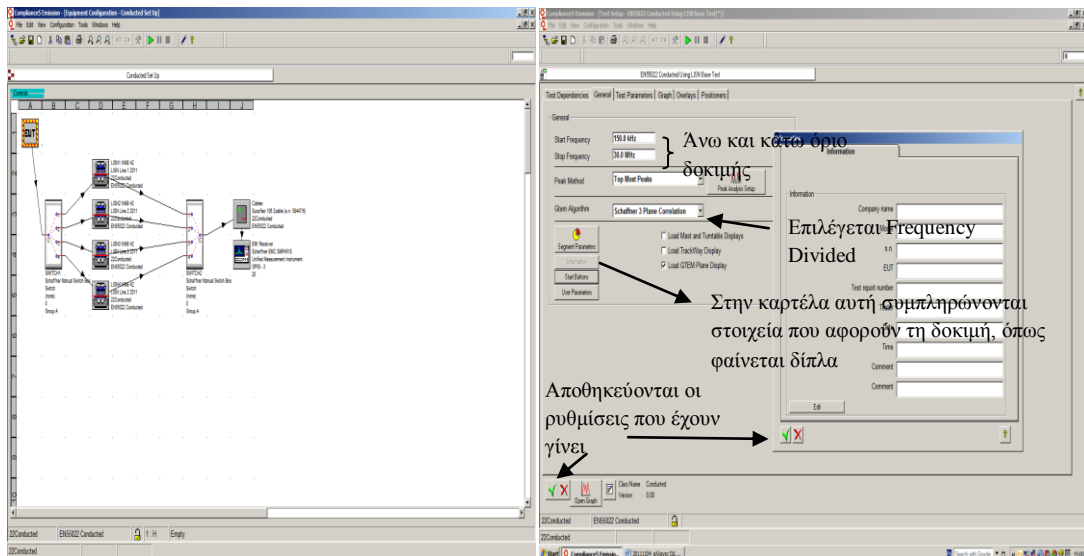


Σχήμα Β-1: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission



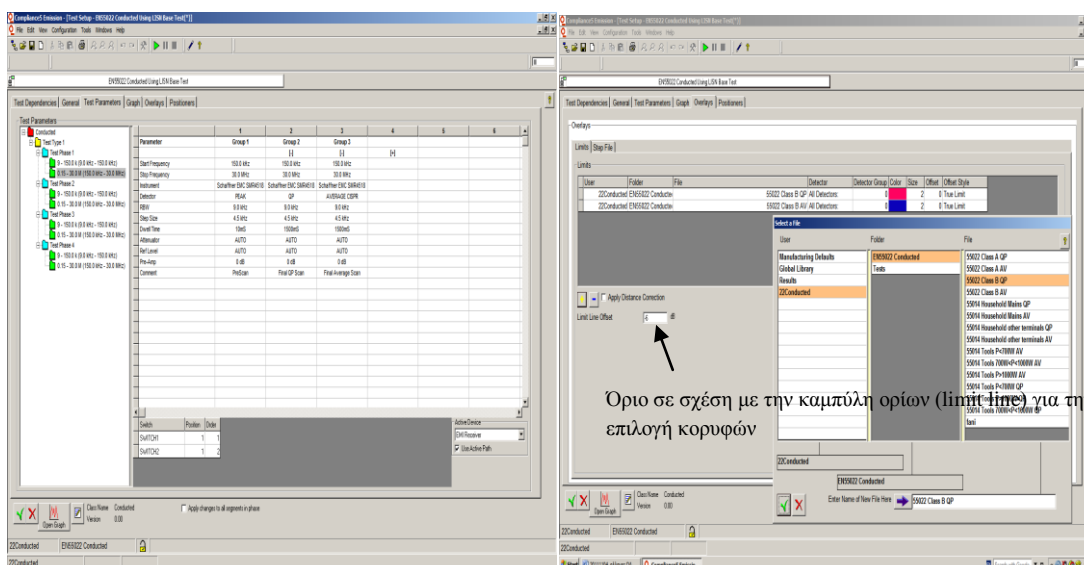
Σχήμα Β-2: Το παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission

Παράρτημα Β: Διαδικασία μέτρησης αγόμενων διαταραχών



Σχήμα Β-3: Συνδεσμολογία δοκιμής αγόμενων ραδιοδιαταραχών

Σχήμα Β-4: Εισαγωγικά στοιχεία δοκιμής

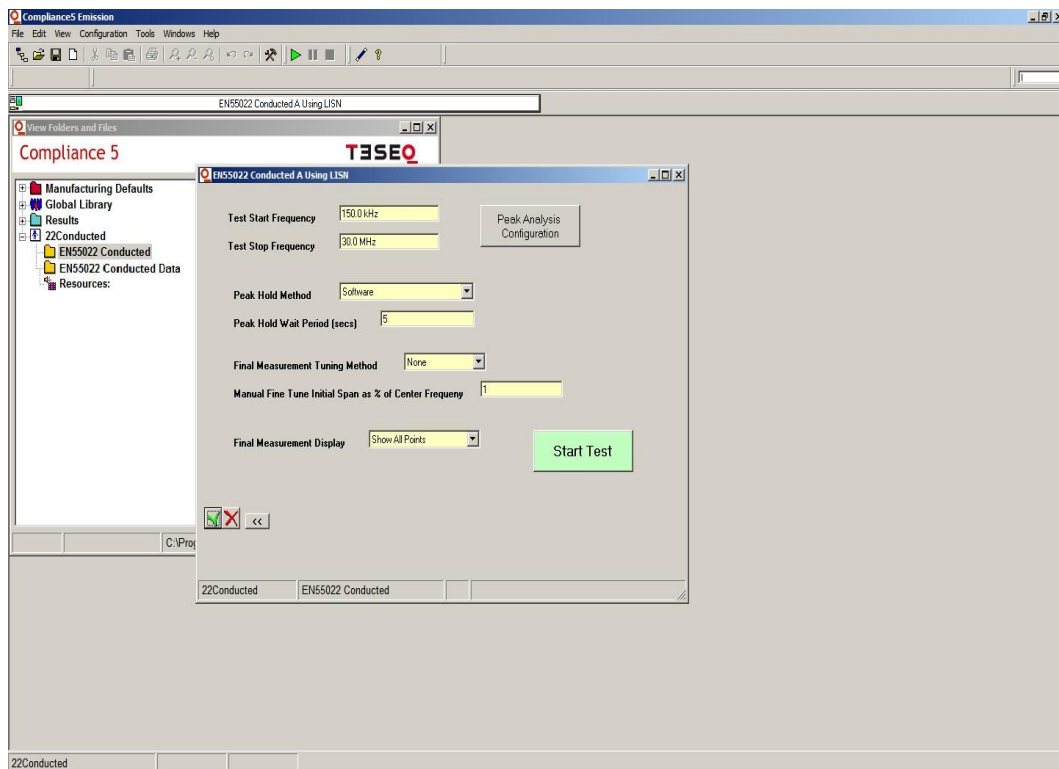


Σχήμα Β-5: Επιλογή Test Parameters

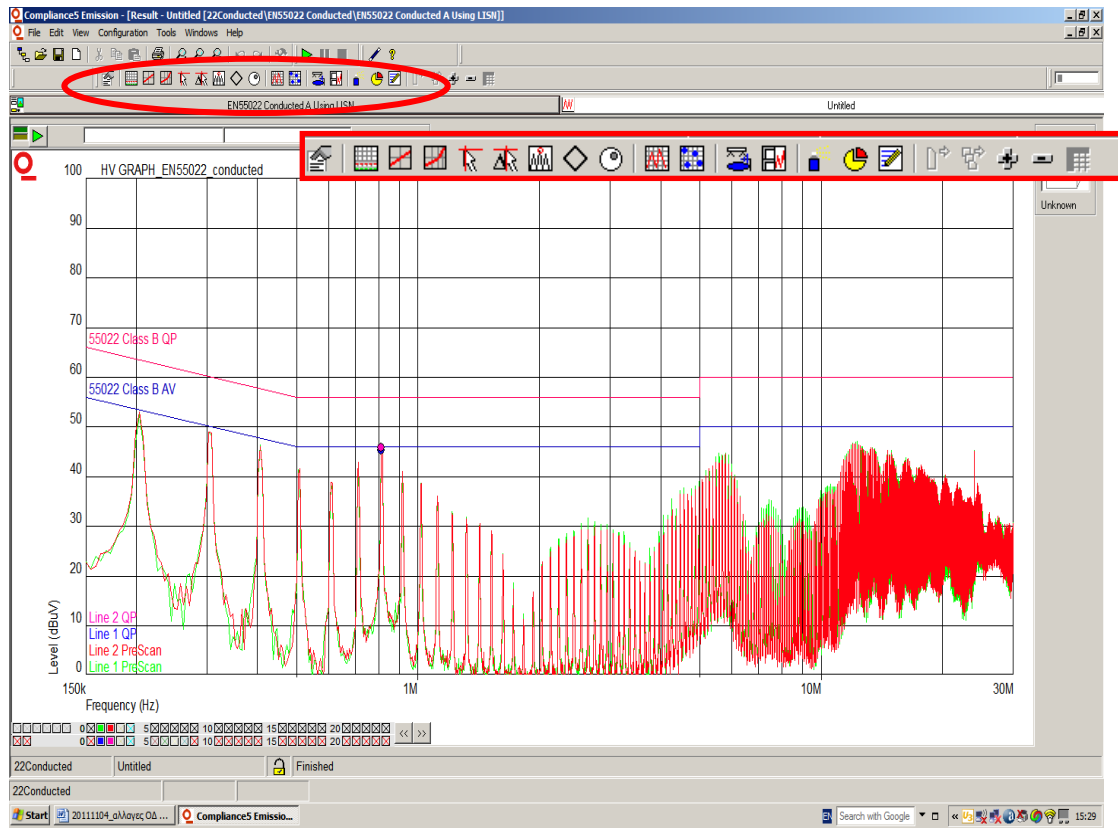
Σχήμα Β-6: Επιλογή καμπύλης ορίων

- Επιλέγουμε το "EN 55022 Conducted Base Test" και στο παράθυρο που εμφανίζεται (Σχήμα Β-7) πατάμε "Start Test". Ύστερα εμφανίζεται το παράθυρο με τα τελικά αποτελέσματα της δοκιμής. Αφού ολοκληρωθεί η δοκιμή αποθηκεύουμε το αρχείο ως εξής: επιλέγουμε στο μενού **File** → **Save As** → **22Conducted** → **EN55022 Conducted** → **Αριθμός Πιστοποιητικού**. Για να πάρουμε τα αποτελέσματα της δοκιμής ακολουθούμε την εξής διαδικασία: επιλέγουμε στο μενού **File** → **Global Report** → **To File**. 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”). Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας κλείνουμε το δοκίμιο, το αποσυνδέουμε από το δικτύωμα του τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (LISN) 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. Κλείνουμε τέλος τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Σχήμα Β-7: Οθόνη που εμφανίζεται με την έναρξη της σάρωσης



Σχήμα Β-8: Παράθυρο αποτελεσμάτων σάρωσης

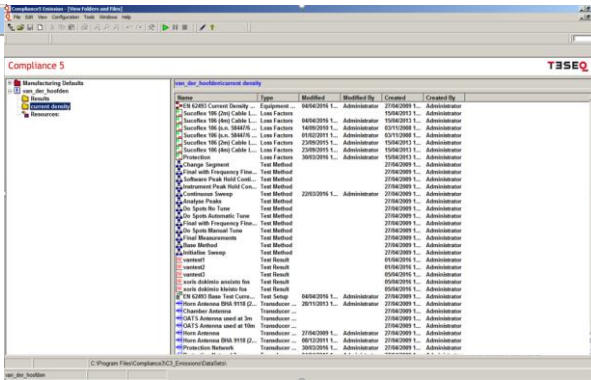
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ VAN DER HOOFDEN

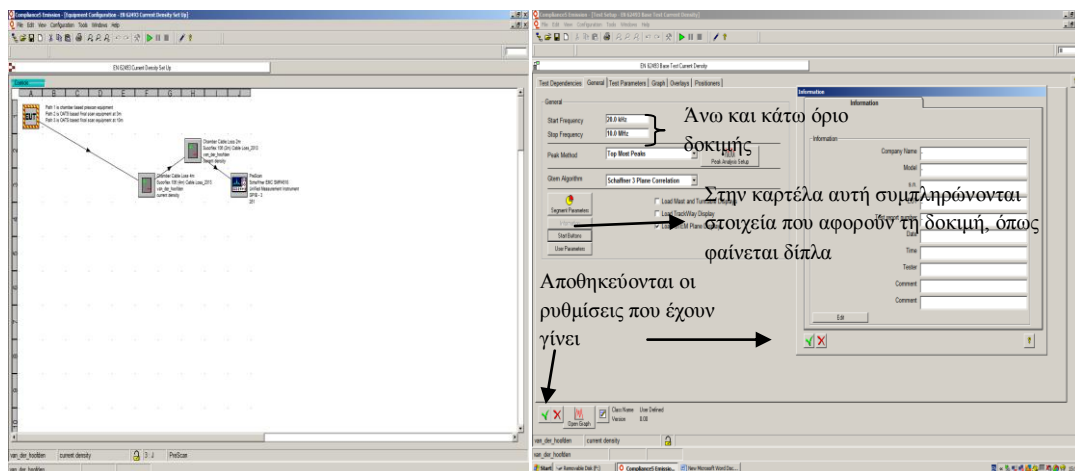
- Ανοίγουμε στον υπολογιστή το πρόγραμμα "Emissions" και κάνουμε **Login** υπό το όνομα "**van_der_hoofden**". Εισερχόμαστε στο φάκελο **Current Density** και μετά επιλέγουμε το **Current Density Setup** όπου ελέγχουμε τη συνδεσμολογία της δοκιμής. Ύστερα ανοίγουμε το παράθυρο **EN 62493 Base Test Current Density** επιλέγουμε την καρτέλα **General**. Ελέγχουμε ότι το εύρος συχνοτήτων της δοκιμής είναι σωστό (20kHz-10MHz σύμφωνα με το EN 62493) ενώ συμπληρώνονται και τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν τη δοκιμή. Στην καρτέλα **Test Parameters** ελέγχουμε τις τιμές των παραμέτρων.



Σχήμα Γ-1: Παράθυρο διαλόγου για την είσοδο στο πρόγραμμα Compliance 5 Emission

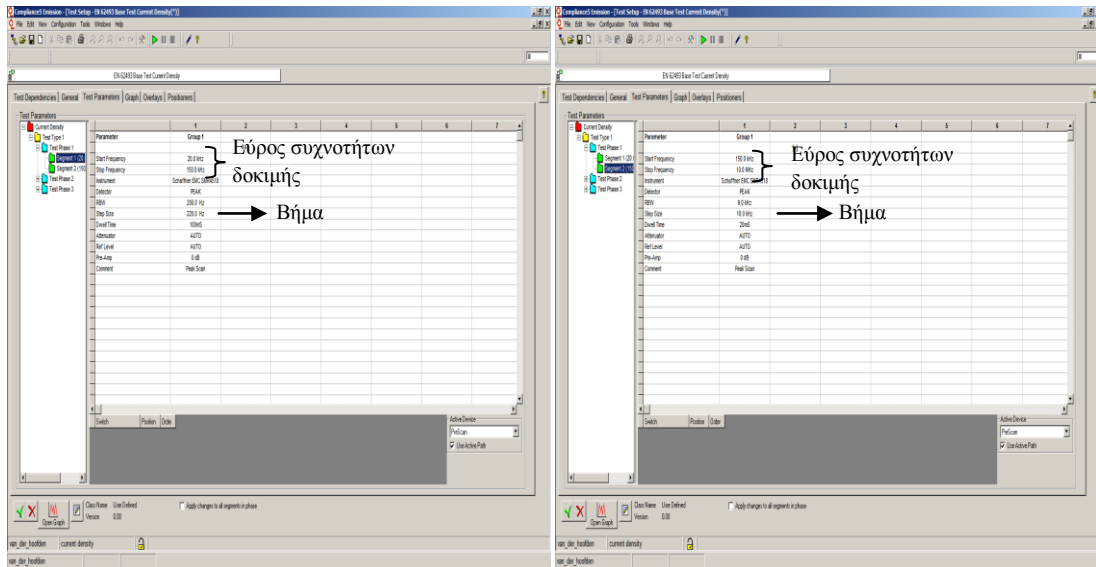


Σχήμα Γ-2: Το πρώτο παράθυρο που εμφανίζεται κατά την είσοδο στο Compliance 5 Emission




Σχήμα Γ-3: Συνδεσμολογία δοκιμής Van Der Hoofden

Σχήμα Γ-4: Εισαγωγικά στοιχεία δοκιμής

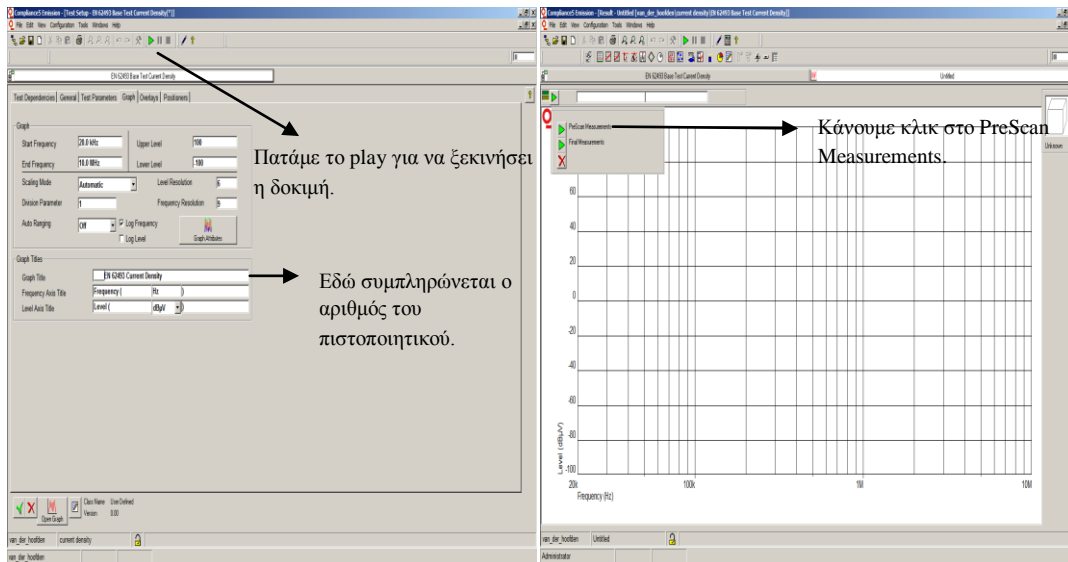


Σχήμα Γ-5: Επιλογή Test Parameters Segment 1

Σχήμα Γ-6: Επιλογή Test Parameters Segment 2

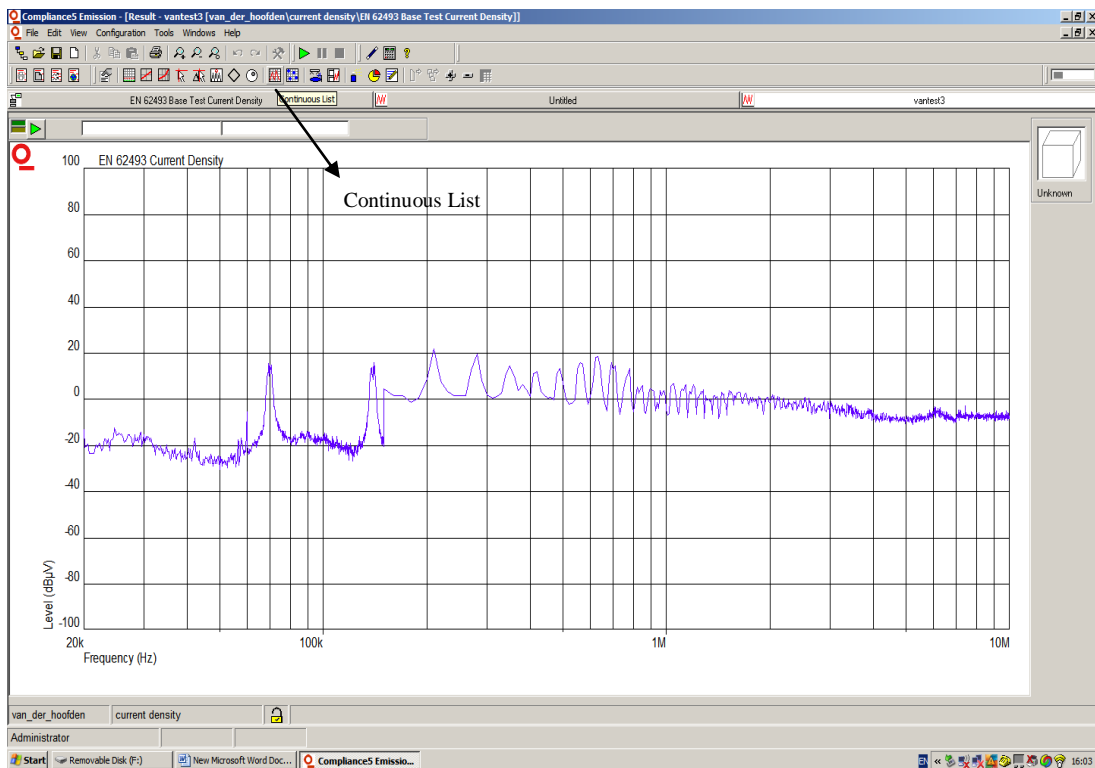
- Επιλέγουμε την καρτέλα **Graph** και κάνουμε κλικ στο κομβίο play  για την έναρξη της μέτρησης. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το **PreScan Measurements**. Εμφανίζεται το γράφημα του Σχήματος Γ-9 στο οποίο φαίνονται οι μετρήσεις του επιπέδου της τάσης (dBμV) στο εύρος συχνοτήτων 20kHz-10MHz. Αποθηκεύουμε τη δοκιμή στο φάκελο **van_der_hoofden** → **current density** επιλέγοντας **File** → **Save As**. Το όνομα των αρχείων που σώζονται έχει τη μορφή [Αριθμός Πρωτοκόλλου]_[EN 62493]_[αριθμός σημείου μέτρησης]. Κάνοντας κλικ στην επιλογή **Continuous List** εμφανίζεται ο πίνακας Τάσης-Συχνότητας του Σχήματος Γ-10. Στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο **Export Data** και λαμβάνουμε τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο μορφής text. 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.

Παράρτημα Γ: Διαδικασία μέτρησης Van der Hoofden



Σχήμα Γ-7: Καρτέλα Graph

Σχήμα Γ-8: Παράθυρο πριν την έναρξη της δοκιμής



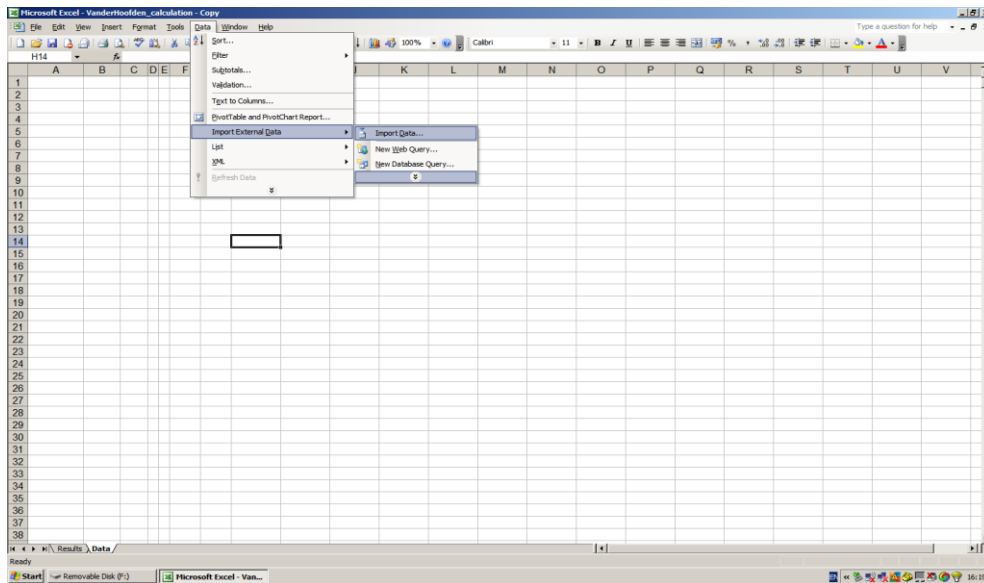
Σχήμα Γ-9: Γράφημα Τάσης-Συχνότητας

	Frequency	Level (dBµV)	Height (m)	Polarity	Angle (Deg)	Detector	RBW
1	20.0 kHz	-13.01	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
2	20.2 kHz	-20.67	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
3	20.4 kHz	-20.50	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
4	20.6 kHz	-19.21	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
5	20.8 kHz	-23.32	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
6	21.0 kHz	-23.36	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
7	21.2 kHz	-23.25	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
8	21.4 kHz	-23.44	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
9	21.6 kHz	-20.91	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
10	21.8 kHz	-19.55	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
11	22.0 kHz	-20.84	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
12	22.2 kHz	-18.79	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
13	22.4 kHz	-19.87	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
14	22.6 kHz	-22.12	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
15	22.8 kHz	-21.13	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
16	23.0 kHz	-17.24	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
17	23.2 kHz	-17.56	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
18	23.4 kHz	-19.44	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
19	23.6 kHz	-17.04	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
20	23.8 kHz	-22.40	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
21	24.0 kHz	-17.71	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
22	24.2 kHz	-17.64	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
23	24.4 kHz	-16.49	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
24	24.6 kHz	-12.36	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
25	24.8 kHz	-14.06	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
26	25.0 kHz	-15.50	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
27	25.2 kHz	-15.23	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
28	25.4 kHz	-14.62	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
29	25.6 kHz	-15.08	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
30	25.8 kHz	-14.73	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
31	26.0 kHz	-16.07	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
32	26.2 kHz	-18.69	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz
33	26.4 kHz	-17.72	1.25		0.00	PEAK	200.0 Hz

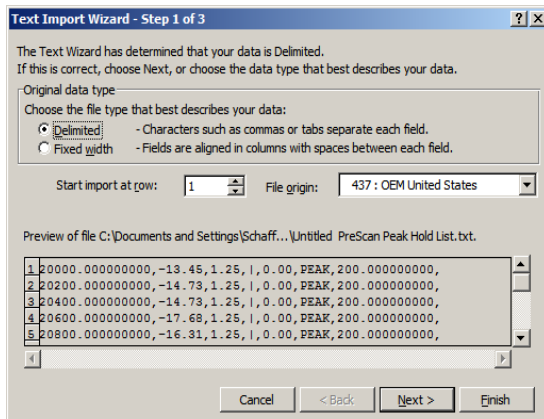
Σχήμα Γ-10: Αποτελέσματα μέτρησης φωτιστικού

- Υπολογίζουμε το συντελεστή συμβατότητας F με τη βοήθεια του Excel. Ανοίγουμε το αρχείο excel "VanderHoofden_calculation" και επιλέγουμε το φύλλο Data. Πατάμε στην καρτέλα **Data** → **Import External Data** → **Import Data**. Επιλέγουμε το αρχείο μορφής text που δημιουργήσαμε παραπάνω και κάνουμε κλικ στην επιλογή **Open**. Ακολουθούμε τη διαδικασία εισαγωγής δεδομένων που φαίνεται στα σχήματα Γ-11 έως Γ-15. Πλέον οι υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί. Επιλέγουμε το φύλλο **Results** όπου υπολογίζεται η τιμή του συντελεστή συμβατότητας F και παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της δοκιμής (**PASS** ή **FAIL**) όπως φαίνεται στο Σχήμα Γ-16. Στη συνέχεια αποθηκεύουμε το αρχείο, σε μορφή αρχείου excel (.xls)

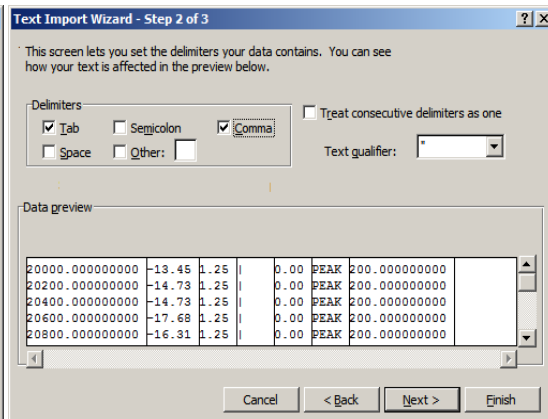
Παράρτημα Γ: Διαδικασία μέτρησης Van der Hoofden



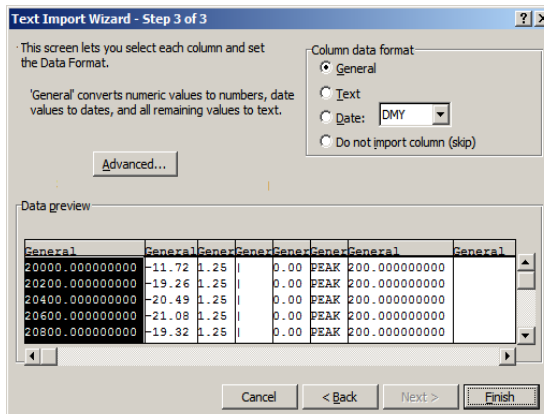
Σχήμα Γ-11: Φύλλο excel Data



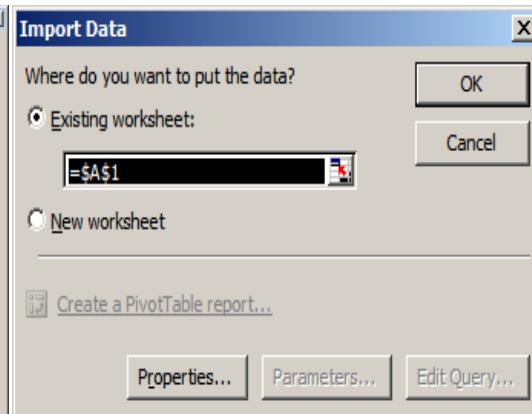
Σχήμα Γ-12: Στάδιο 1/3 εισαγωγής δεδομένων



Σχήμα Γ-13: Στάδιο 2/3 εισαγωγής δεδομένων



Σχήμα Γ-14: Στάδιο 3/3 εισαγωγής δεδομένων



Σχήμα Γ-15: Εισαγωγή δεδομένων στα κελιά

Παράρτημα Γ: Διαδικασία μέτρησης Van der Hoofden

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Frequency fn (MHz)	Vfn (dBμV)		Vfn (V)	Ecap(fn)	Elim(fn)	Ecap(fn)/Elim(fn)		Factor F			Result		
1	0.02	-13.45		2.12568E-07	3.99393E-06	2.7	1.47924E-06		0.001362925			PASS		
2	0.0202	-14.73		1.83443E-07	3.44767E-06	2.727	1.26427E-06							
3	0.0204	-14.73		1.83443E-07	3.44868E-06	2.754	1.25224E-06							
4	0.0206	-17.68		1.30617E-07	2.45631E-06	2.781	8.83248E-07							
5	0.0208	-16.31		1.52933E-07	2.87685E-06	2.808	1.02452E-06							
6	0.021	-16.69		1.46388E-07	2.75456E-06	2.835	9.71628E-07							
7	0.0212	-17.59		1.31978E-07	2.49423E-06	2.862	8.68005E-07							
8	0.0214	-17.93		1.26911E-07	2.38965E-06	2.889	8.27154E-07							
9	0.0216	-17.35		1.35675E-07	2.55552E-06	2.916	8.76377E-07							
10	0.0218	-18.35		1.20921E-07	2.27838E-06	2.943	7.74169E-07							
11	0.022	-19.45		1.06537E-07	2.00806E-06	2.97	6.78114E-07							
12	0.0222	-15.84		1.61438E-07	3.04389E-06	2.997	1.01565E-06							
13	0.0224	-20.62		9.31108E-08	1.75625E-06	3.024	5.80769E-07							
14	0.0226	-16.51		1.49451E-07	2.81997E-06	3.051	9.24276E-07							
15	0.0228	-17.71		1.30167E-07	2.457E-06	3.078	7.98246E-07							
16	0.023	-17.53		1.32892E-07	2.5094E-06	3.105	8.08179E-07							
17	0.0232	-16.74		1.45548E-07	2.74939E-06	3.132	8.77838E-07							
18	0.0234	-18.96		1.1272E-07	2.13013E-06	3.159	6.74304E-07							
19	0.0236	-17.88		1.27644E-07	2.41311E-06	3.186	7.57411E-07							
20	0.0238	-18.26		1.2218E-07	2.31075E-06	3.213	7.19197E-07							
21	0.024	-19.79		1.02447E-07	1.93834E-06	3.24	5.98253E-07							
22	0.0242	-19.26		1.08893E-07	2.06115E-06	3.267	6.309E-07							
23	0.0244	-17.57		1.32282E-07	2.50491E-06	3.294	7.60446E-07							
24	0.0246	-17.93		1.26911E-07	2.40424E-06	3.321	7.2395E-07							
25	0.0248	-17.69		1.30467E-07	2.47266E-06	3.348	7.38549E-07							
26	0.025	-17.24		1.37404E-07	2.60529E-06	3.375	7.71936E-07							
27	0.0252	-15.48		1.68267E-07	3.19189E-06	3.402	9.3824E-07							
28	0.0254	-17.93		1.26911E-07	2.40848E-06	3.429	7.02386E-07							
29	0.0256	-18.26		1.2218E-07	2.31975E-06	3.456	6.71224E-07							
30	0.0258	-18.41		1.20088E-07	2.28109E-06	3.483	6.5492E-07							
31	0.026	-20.18		9.7949E-08	1.86142E-06	3.51	5.30319E-07							
32	0.0262	-18.50		1.1885E-07	2.25869E-06	3.537	6.38873E-07							
33	0.0264	-19.90		1.01158E-07	1.92423E-06	3.564	5.39908E-07							
34	0.0266	-17.81		1.28677E-07	2.44888E-06	3.591	6.81949E-07							
35	0.0268	-19.21		1.09522E-07	2.08536E-06	3.618	5.76383E-07							

Σχήμα Γ-16: Εμφάνιση αποτελεσμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΑΓΟΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΠΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ

Δ.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας Οδηγίας είναι η περιγραφή της μεθόδου και των υπευθυνοτήτων που σχετίζονται με τον υπολογισμό αβεβαιότητας στη μέτρηση του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου από εξοπλισμό φωτισμού σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62493.

Δ.2 ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ

- Εγχειρίδιο Διαχείρισης Ποιότητας κατά ΕΛΟΤ EN/ISO 17025 (ΕΔΠ 02) § 5.4.6 Εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεων
- Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62493:2015
- Πρότυπο CISPR 16-4-2:2003
- ΔΔ 075 Υπολογισμός αβεβαιότητας μετρήσεων
- Operating Instructions, EMI Receiver, SCHAFFNER SMR 4518, 85-243110A0
- Operating Instructions, Van der Hoofden Test Head VDHH 9502 with Protection Network S.N. 9502-133, Schwarzbeck Mess-Elektronik

Δ.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

- 3.1 Για τον υπολογισμό της αβεβαιότητας χρησιμοποιείται η διαδικασία που έχει προταθεί στις σελίδες 50 και 51 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 62493:2015.
- 3.2 Τις τιμές τις εισάγουμε από:
 - τα πιστοποιητικά διακρίβωσης των οργάνων,
 - τα εγχειρίδια λειτουργίας των οργάνων,
 - τις τιμές του πίνακα της σελίδας 50 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 62493:2015,
 - τις τιμές του πίνακα της σελίδας 21 του Προτύπου CISPR 16-4-2

Δ.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Στον Πίνακα Δ-1 δίνεται παράδειγμα υπολογισμού της αβεβαιότητας για την κεφαλή μέτρησης Van der Hoofden Schwarzbeck Mess-Elektronik VDHH 9502 και το δικτύωμα προστασίας (Protection Network) Schwarzbeck Mess-Elektronik S.N. 9502-133 για το έτος 2016.

Το πιστοποιητικό διακρίβωσης του μετρητικού δέκτη για το έτος 2015 είναι το Calibration Certificate:4563 ενώ της κεφαλής μέτρησης Van der Hoofden Schwarzbeck Mess-Elektronik VDHH 9502 και του δικτύωματος προστασίας (protection network) Schwarzbeck Mess-Elektronik S.N. 9502-133 για το έτος 2016 είναι το EHF-16-006A.

Πίνακας Δ-1: Υπολογισμός αβεβαιότητας

	Παράγων αβεβαιότητας X_i	Τιμή	Κατανομή	Συντελεστής κατανομής	$u_i(y)$	$u_i^2(y)$	Πηγή	
1	Ένδειξη δέκτη	0,1	dB	Κανονική (1)	1	0,100	0,010	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
2	Απώλεια καλωδίου	0,1	dB	Κανονική	2	0,050	0,003	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
3	Ακρίβεια ημιτονικού κύματος δέκτη (sinewave accuracy)	0,45	dB	Κανονική	2	0,225	0,051	Calibration Certificate: 4563 Page 9
4	Απόκριση πλάτους παλμού του δέκτη	0	dB	Ορθογώνια	1,732	0,000	0,000	Calibration Certificate: 4563 Page 9/ΕΛΟΤ EN 62493:2015, Table G.2
5	Ρυθμός επανάληψης παλμών του δέκτη	0	dB	Ορθογώνια	1,732	0,000	0,000	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
6	Επιπέδου θορύβου	0	dB	Κανονική (2)	2	0,000	0,000	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
7	Αποπροσαρμογή	0,085	dB	Μορφής U	1,414	0,060	0,004	CISPR 16-4-2:2003, Table A.1
8	Διακρίβωση δικτύωματος προστασίας (protection network)	0,3	dB	Κανονική (2)	2	0,150	0,023	Calibration Certificate: EHF-16-006A
9	Διακύμανση απόστασης κεφαλής μέτρησης-δοκιμίου	-0,367 / +0,352	dB	Κανονική (1)	1	0,360	0,130	ΕΛΟΤ EN 62493:2015, Table G.2
10	Διακύμανση διαμέτρου της κεφαλής μέτρησης	-0,423 / +0,365	dB	Κανονική (1)	1	0,390	0,152	ΕΛΟΤ EN 62493:2015, Table G.2

Παράρτημα Δ: Υπολογισμός αβεβαιότητας της δοκιμής για τη μέτρηση επαγόμενου πεδίου από φωτιστικό εξοπλισμό

1 1	Μήκος κανονικού καλωδίου	0	dB			0,000	0,000	ΕΛΟΤ EN 62493:2015, Table G.2
1 2	Επαναληψιμότητα συστήματος	0,5	dB	Κανονική (1)	1	0,500	0,2500	-
						$u_c(y)$	$\sum u_c^2(y)$	
1 3	Τυπική αβεβαιότητα		dB	Κανονική		0,788	0,621	
	Διευρυμένη αβεβαιότητα		dB	Κανονική, k=2	2	1,576		

Βιβλιογραφία

- [1] Henry W.OTT, "Electromagnetic Compatibility Engineering", John Wiley & Sons Inc. Publication August 2009
- [2] Clayton R. Paul, "Introduction to Electromagnetic Compatibility", Second Edition, 2009
- [3] Ιωάννης Β. Πανταζόπουλος, "Υπολογισμός αβεβαιοτήτων σε εξοπλισμό δοκιμών Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2008
- [4] Κωνσταντίνος Ν. Ζακούλας, "Ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποίησης διαδικασιών διακρίβωσης εξοπλισμού ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας", Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2010
- [5] Μαρία Τοφαρίδου, "Η τεχνολογία του φωτισμού και η επιρροή της στον άνθρωπο και την οικιακή κατανάλωση ενέργειας", Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., 2007
- [6] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, "Εξοικονόμηση ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων", Εργαστήριο Φωτοτεχνίας Ε.Μ.Π. , Παρουσίαση
- [7] Καρυστιναίου Μαρία-Μαργαρίτα, "Εφαρμογές Διόδων Εκπομπής Φωτός - μελέτη και ανάπτυξη νέου προϊόντος", Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014
- [8] Zoran Zegarac, "EMC Characteristics of Lighting Systems", 2013
- [9] EN 55015:2013, "Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment"
- [10] EN 62493:2015, "Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic Field"
- [11] G. Schmidt and I. Berta, "Radiated Radiofrequency Emission from the Plasma of Compact Fluorescent Lamps", 2011
- [12] Ι. Αθ. Σταθόπουλος, "Τεχνική οδηγία διεξαγωγής μέτρησης εκπεμπόμενων ραδιοδιαταραχών", 2014
- [13] Ι. Αθ. Σταθόπουλος, "Τεχνική οδηγία διεξαγωγής μέτρησης ακτινοβολούμενων ραδιοδιαταραχών", 2012
- [14] Ι. Αθ. Σταθόπουλος, "Τεχνική οδηγία διεξαγωγής μέτρησης αγόμενων ραδιοδιαταραχών", 2012
- [15] Τεχνική οδηγία διεξαγωγής δοκιμής Van der Hoofden, 2016