ΕΜC ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ. Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΝ 55022 ΣΤΟ ΕΝ 55032: ΑΛΛΑΓΕΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΤΕΣ

Π.Κ. Παπασταμάτης, Ε.Π. Νικολοπούλου, Ι.Φ. Γκόνος, Ι.Α. Σταθόπουλος
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Τ.Κ. 15780, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα
ppapastamatis@central.ntua.gr

Περίληψη

Το ισχύον για δεκαετίες Πρότυπο ΕΝ 55022 που κάλυπτε τις απαιτήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών για εξοπλισμό πληροφορικής αποσύρθηκε στις 5 Μαρτίου του 2017 και πλέον τεκμήριο συμμόρφωσης για την κυκλοφορία των προϊόντων αυτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση εξασφαλίζει το νέο Πρότυπο ΕΝ 55032, το οποίο καλύπτει ολόκληρη την οικογένεια πολυμεσικού εξοπλισμού.
Η μετάβαση αυτή επηρεάζει, αφενός τα εργαστήρια μετρήσεων που θα πρέπει να προσαρμόσουν τις εσωτερικές διαδικασίες τους στις νέες κατευθύνσεις του Προτύπου και αφετέρου τους κατασκευαστές, οι οποίοι θα πρέπει να ανανεώσουν τους τεχνικούς φακέλους των προϊόντων τους επαναλαμβάνοντας τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών. Με δεδομένο ότι τροποποιημένες διαδικασίες μέτρησης θα παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα, σε ορισμένες περιπτώσεις θα προκύψει η ανάγκη για επανασχεδίαση των προϊόντων. Διαφοροποιήσεις εντοπίζονται σε πληθώρα σημείων, όπως μεταξύ άλλων, η ελάχιστη απαιτούμενη διάταξη υπό έλεγχο, οι συνθήκες ελέγχου για οθόνες, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε υπηρεσίες δικτύου, οι απαιτήσεις τοποθέτησης/διάταξης του δοκιμίου για τη μέτρηση των ακτινοβολούμενων διαταραχών, ζητήματα μονωτικής στήριξης των καλωδίων, δοκιμές σε καλώδια οπτικών ινών κ.ά.
Στην παρούσα εργασία γίνεται αρχικά μια εκτενής ανασκόπηση των προαναφερθέντων αλλαγών με ιδιαίτερη έμφαση σε αλλαγές ως προς την εφαρμογή των μετρήσεων αναλόγως με τις θύρες του εξοπλισμού, τον απαιτούμενο τρόπο τοποθέτησης και διάταξης του δοκιμίου και την προσομοίωση της λειτουργίας μέγιστων εκπομπών. Ως παράδειγμα, αντιπαραβάλλονται οι μετρήσεις των εκπομπών ενδεικτικού εξοπλισμού πληροφορικής που διεξήχθησαν στο διαπιστευμένο Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π., αρχικά σύμφωνα με το ΕΝ 55022 και στη συνέχεια σύμφωνα με το ΕΝ 55032 και γίνεται συνολικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων και αξιολόγηση της επίδρασης κάθε παραμέτρου που διαφοροποιείται ανάμεσα στα δύο Πρότυπα.

Λέξεις-Κλειδιά: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, εξοπλισμός πληροφορικής εκπεμπόμενες διαταραχές, ΕΝ 55022, ΕΝ 55032.

Abstract

The standard EN 55022 which has been covering for decades the electromagnetic emission requirements for information technology equipment was withdrawn on March 5th, 2017 and since then presumption of conformity for the shipping of these products in the European Union is given by the newly issued standard EN 55032 which covers the entire family of multimedia equipment. This transition affects not only the testing laboratories which will have to adjust their internal procedures to the new directions of the Standard, but manufacturers as well, which are obliged to repeat the emission measurements. Given the fact that modified measurement procedures will produce different results, in some cases the redesigning of the products might be necessary.
Discrepancies between the standards are identified in various parameters such as the minimum setup, the display and network exercising of the equipment under test, the requirements for the

radiated emissions measurement setup, cable insulating support issues, testing of optic fiber cables etc.
An overview of the abovementioned changes is at first presented in this work with emphasis on alterations regarding the applicability of the measurements depending on the port type, the measurement setup and the achievement of the maximum emission conditions. As an example, the radiated emission measurements of indicative information technology equipment are compared. The measurements are conducted in the High Voltage Laboratory of the National Technical University of Athens initially according to the EN 55022 and consecutively according to EN 55032. An overall discussion of the results is presented and the effect of each parameter which is modified between the two standards is evaluated.

Keywords: Electromagnetic compatibility, information technology equipment, radiated emissions, EN 55022, EN 55032.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τη νέα Οδηγία 2014/53/ΕΕ η οποία θέτει το νομοθετικό πλαίσιο για την κυκλοφορία ραδιοεξοπλισμού στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ένα από τα βασικά προαπαιτούμενα για τη διάθεση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών στην ευρωπαϊκή αγορά είναι μεταξύ άλλων η επιτυχής διεξαγωγή δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electromagnetic Compatibility- EMC), οι οποίες περιλαμβάνουν τις δοκιμές ατρωσίας (Immunity) και τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών (Electromagnetic Emissions). Με την πρώτη κατηγορία δοκιμών εξετάζεται η ευαισθησία μιας συσκευής απέναντι σε ηλεκτρομαγνητικές παρενοχλήσεις, ενώ με τη δεύτερη καταγράφονται τα επίπεδα της αγόμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας κατά τη λειτουργία της συσκευής, τα οποία μπορεί πιθανώς να επιδράσουν στη λειτουργία γειτονικών συσκευών δημιουργώντας για αυτές ένα δυσμενές ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον.

Μία από τις μεγαλύτερες οικογένειες προϊόντων ευρείας χρήσης είναι ο πολυμεσικός εξοπλισμός ο οποίος περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους κατηγορίες προϊόντων: εξοπλισμό πληροφορικής, εξοπλισμό ήχου, εικόνας και φωτισμού ψυχαγωγίας και δέκτες αναμετάδοσης. Μέχρι το 2015 οι απαιτήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών αυτών των προϊόντων καλύπτονταν από τα επιμέρους πρότυπα προϊόντος EN 55022, EN 55103-1 και EN 55013 αντίστοιχα. Το πρόσφατο πρότυπο EN 55032 που καλύπτει το σύνολο του πολυμεσικού εξοπλισμού ήρθε να ενοποιήσει και να αντικαταστήσει τα παραπάνω πρότυπα, καθώς από το Μάρτιο του 2017 είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του ώστε να τεκμηριώνεται η συμμόρφωση με την Οδηγία 2014/53/ΕΕ.

Το Πρότυπο EN 55032 που αναφέρεται σε πολυμεσικό εξοπλισμό με ονομαστική τάση λειτουργίας που δεν υπερβαίνει τα 600V rms AC ή DC, κατά ένα μεγάλο μέρος βρίσκεται σε συμφωνία με τα παλαιότερα επιμέρους πρότυπα με βασικότερο στοιχείο τη διατήρηση των επιτρεπτών ορίων για την αγόμενη και εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αλλά και την κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού σε κλάσεις Α και Β ως προς την αυστηρότητα των ορίων. Το Πρότυπο αποτελεί έναν αναλυτικό οδηγό ως προς τη διαδικασία μέτρησης, τη διάταξη/χωροθέτηση και τα όρια στις επιμέρους συχνοτικές περιοχές για τις εξής παραμέτρους:

- Κάθε είδος μέτρησης (αγόμενες και εκπεμπόμενες διαταραχές)
- Κάθε είδος θύρας (AC τροφοδοσία, DC τροφοδοσία, θύρα σήματος)

- Κάθε τύπο δοκιμίου (επιτραπέζιο, επιδαπέδιο ή και συνδυασμό αυτών)
- Κάθε εναλλακτική μέθοδο/χώρο μέτρησης (για τις εκπεμπόμενες διαταραχές: πλήρης ανηχωικός θάλαμος FAR, ημιανηχωικός θάλαμος SAC, ανοικτός χώρος OATS, θάλαμος GTEM, θάλαμος αντήχησης RVC και για τις αγόμενες διαταραχές: ασύμμετρο τεχνητό δικτύωμα AAN, τεχνητό δικτύωμα AMN, χωρητικό δικτύωμα μέτρησης τάσης CVP, δικτύωμα μέτρησης ρεύματος current probe)

Ωστόσο το Πρότυπο EN 55032 παρουσιάζει και αρκετές διαφοροποιήσεις οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο από τα εργαστήρια μετρήσεων, αλλά και από τους κατασκευαστές, διότι μετά την απαιτούμενη επανεξέταση των προϊόντων τους ενδεχομένως να προκύψουν διαφορετικά αποτελέσματα, να κριθούν ορισμένα από αυτά ακατάλληλα και να χρειαστεί εκ νέου σχεδίαση και βελτιστοποίησή τους . Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρατίθενται ορισμένα από τα βασικότερα σημεία ασυμφωνίας μεταξύ των Προτύπων (https://www.nwemc.com, 2014):

Πίνακας 1: Διαφορές μεταξύ των Προτύπων EN 55032, EN 55022, EN 55013 και EN 55103-1

	EN 55032	EN 55022	EN 55013	EN 55103-1
Πεδίο εφαρμογής (Κατηγορία εξοπλισμού)	Εξοπλισμός πολυμέσων	Εξοπλισμός τεχνολογίας πληροφοριών	Δέκτες αναμετάδοσης ήχου και τηλεόρασης	Επαγγελματικός εξοπλισμός ήχου/εικόνας και φωτισμού
Ελάχιστη διάταξη	Καμία – καθορίζεται από το δοκίμιο και τις εξεταζόμενες θύρες	Απαιτείται ελάχιστη διάταξη Η/Υ	Καμία – καθορίζεται από το δοκίμιο και τις εξεταζόμενες θύρες	Καμία – καθορίζεται από το δοκίμιο και τις εξεταζόμενες θύρες
Καταπόνηση δοκιμίου (εικόνα)	Έγχρωμες μπάρες με μετακινούμενο στοιχείο	Κυλιόμενο “Η”	Έγχρωμες μπάρες με μετακινούμενο στοιχείο	Κυλιόμενο “Η”
Καταπόνηση δοκιμίου (δίκτυο)	Χρήση θύρας: ≥10% της ονομαστικής ικανότητας μόνο στα 10Mbps Τυπική χρήση για όλες τις άλλες ταχύτητες	Χρήση θύρας: ≥10% της ονομαστικής ικανότητας για όλες τις ταχύτητες	Χρήση θύρας: ≥10% της ονομαστικής ικανότητας για όλες τις ταχύτητες	Χρήση θύρας: ≥10% της ονομαστικής ικανότητας για όλες τις ταχύτητες
Αναφορά απόστασης μέτρησης	Από την κεραία έως το όριο του δοκιμίου	Από την κεραία έως την μπροστινή πλευρά του τραπεζιού	Από την κεραία έως την μπροστινή πλευρά του τραπεζιού	Από την κεραία έως την μπροστινή πλευρά του τραπεζιού
Σχετική θέση του δοκιμίου ως προς το τραπέζι	Πίσω πλευρά δοκιμίου κεντραρισμένη με την περιστρεφόμενη βάση του τραπεζιού	Τραπέζι κεντραρισμένο στην περιστρεφόμενη βάση του, δοκίμιο ευθυγραμμισμένο με την πίσω πλευρά του τραπεζιού	Τραπέζι κεντραρισμένο στην περιστρεφόμενη βάση του, δοκίμιο ευθυγραμμισμένο με την πίσω πλευρά του τραπεζιού	Τραπέζι κεντραρισμένο στην περιστρεφόμενη βάση του, δοκίμιο ευθυγραμμισμένο με την πίσω πλευρά του τραπεζιού
Μόνωση καλωδίων από το γειωμένο επίπεδο (ακτινοβολούμενες διαταραχές)	Επιτραπέζιος και επιδαπέδιος εξοπλισμός (≤150mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤150mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤150mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤150mm)

Μόνωση καλωδίων από το γειωμένο επίπεδο (ακτινοβολούμενες διαταραχές)	Επιτραπέζιος και επιδαπέδιος εξοπλισμός (≤150mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤150mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤120mm)	Μόνο για επιδαπέδιο εξοπλισμό (≤150mm)
Ελάχιστο μήκος βρόχου καλωδίων (μη οδηγούμενου στην μπροστινή πλευρά του δοκιμίου)	≥2m	Καμία απαίτηση	Καμία απαίτηση	Καμία απαίτηση
Μέτρηση αγόμενων διαταραχών σε οπτικές ίνες (μεταλλική θωράκιση)	Απαιτείται	Καμία απαίτηση	Καμία απαίτηση	Καμία απαίτηση

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1, οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις εντοπίζονται μεταξύ των Προτύπων EN 55022 και EN 55032. Η δοκιμή εξοπλισμού πληροφορικής απαιτούσε σύμφωνα με το EN 55022 μια πλήρη ελάχιστη διάταξη Η/Υ η οποία θα έπρεπε να περιλαμβάνει εκτός από την κεντρική μονάδα και οθόνη, πληκτρολόγιο, ποντίκι, καθώς και μία περιφερειακή μονάδα (για παράδειγμα έναν εκτυπωτή). Δεδομένου ότι η απαίτηση αυτή δεν υπάρχει στο EN 55032, η πιστοποίηση ενός Η/Υ μπορεί πλέον να διεξαχθεί με λιγότερες επιμέρους μονάδες οδηγώντας έτσι σε διαφορετικά αποτελέσματα. Διαφοροποιήσεις παρατηρούνται και στον τρόπο προσομοίωσης των λειτουργιών οπτικής απεικόνισης και μεταφοράς δεδομένων μέσω δικτύου Η κύρια παράμετρος που θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στις μετρούμενες εκπομπές είναι το σημείο αναφοράς για τον προσδιορισμό της θέσης της κεραίας, το οποίο πλέον τοποθετείται όχι πάνω στο δοκίμιο, αλλά στον νοητό κύκλο που ορίζεται από το εξεταζόμενο σύστημα. Επίσης, η επίδραση της θέσης των καλωδίων η οποία συχνά είναι ιδιαίτερα σημαντική και δυσχεραίνει την επαναληψιμότητα των μετρήσεων, αντιμετωπίζεται στο EN 55032 με την απαίτηση για συγκεκριμένο ελάχιστο μήκος καλωδίων. Λαμβάνοντας υπόψη όλες αυτές τις διαφοροποιήσεις, στην παρούσα εργασία γίνεται μία σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή των Προτύπων EN 55022 και EN 55032 για τη μέτρηση των ακτινοβολούμενων διαταραχών εξοπλισμού πληροφορικής με έμφαση στην επίδραση της κάθε επιμέρους παραμέτρου όπου εντοπίζεται διαφορά μεταξύ των Προτύπων.

2. Πειραματική διάταξη

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, τα δύο Πρότυπα Προϊόντος, τα οποία μελετώνται και συγκρίνονται στη συγκεκριμένη εργασία, καθορίζουν τις απαιτήσεις σχετικά με τις ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές εξοπλισμού πληροφορικής. Συνεπώς, ο εξοπλισμός ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συγκριτικών συμπερασμάτων ανάμεσα στα δύο Πρότυπα είναι μία τυπική διάταξη ενός φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή, συνδεδεμένου με τον απαραίτητο βοηθητικό εξοπλισμό (περιφερειακά) για την προσομοίωση της τυπικής λειτουργίας του στο εκάστοτε ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον. Ο προς μέτρηση εξοπλισμός, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1, περιλαμβάνει:

- έναν φορητό υπολογιστή (δοκίμιο)
- έναν AC/DC μετατροπέα για την τροφοδότησή του. Παρά την χρήση του όρου «φορητός», στο Πρότυπο διευκρινίζεται με σαφήνεια ότι φορητός εξοπλισμός που

δύναται να λειτουργεί κανονικά κατά τη διαδικασία φόρτισής του, πρέπει να μετράται με συνδεδεμένο το σύστημα φόρτισης, στη συγκεκριμένη περίπτωση τον AC/DC μετατροπέα,
- έναν εκτυπωτή, για την προσομοίωση της τυπικής χρήσης της θύρας επικοινωνίας USB,
- βοηθητικό τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό για την προσομοίωση της μεταφοράς δεδομένων μέσω της θύρας Ethernet του υπολογιστή.

Ο μετρητικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων στους χώρους του διαπιστευμένου εργαστήριου Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Π., περιλαμβάνει:

- Ανηχωϊκό θάλαμο 3 μέτρων
- Bilog Κεραία: Schaffner CBL 6111D
- EMI Receiver: Schaffner SMR 4518 και Ομοαξονικά καλώδια
- Σύστημα Η/Υ για την καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων

Εικόνα 1: Πειραματική διάταξη

3. Πειραματική διαδικασία

Σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 55022 και EN 55032, για τον προσδιορισμό των ανώτατων τιμών των ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών του δοκιμίου θα πρέπει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις για 4 διαφορετικούς προσανατολισμούς του συστήματος υπό δοκιμή (Front, Left, Rear, Right), για τουλάχιστον 4 διαφορετικές τιμές ύψους της μετρητικής κεραίας (από 1 έως 4 μέτρα) και για 2 διαφορετικές πολώσεις της κεραίας (οριζόντια, κάθετη).

Για την πραγματοποίηση των συγκριτικών μετρήσεων ο προσανατολισμός του συστήματος ορίστηκε να είναι η οπίσθια πλευρά (Rear), το ύψος της κεραίας τα 1,5m και η πόλωση της κάθετη. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι παράμετροι προσομοίωσης της τυπικής λειτουργίας του δοκιμίου, καθώς και κάποιες λεπτομέρειες στη μετρητική διάταξη, διαφοροποιούνται στα δύο Πρότυπα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν μετρήσεις και για τις δύο περιπτώσεις με συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων όχι μόνο για τα εργαστήρια μετρήσεων, αλλά και για τους σχεδιαστές/κατασκευαστές προϊόντων.

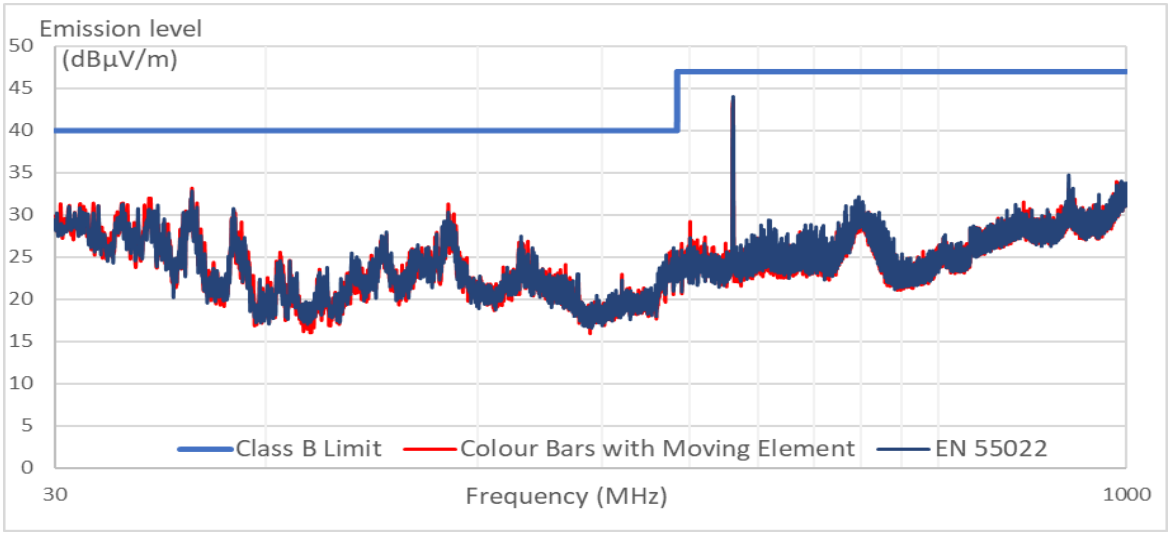
4. Αποτελέσματα

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη διαφοροποίηση των εκάστοτε παραμέτρων σύμφωνα με το νέο Πρότυπο Προϊόντος EN 55032 σε σχέση με το προηγούμενο (EN 55022).

Λειτουργία των μονάδων οπτικής απεικόνισης (Visual display units)

Σύμφωνα με το EN 55022, για οθόνες με δυνατότητα γραφικής απεικόνισης η οπτική απεικόνιση πραγματοποιείται με την χρήση επαναλαμβανόμενων γραμμάτων 'H'(scrolling Hs), ενώ σύμφωνα με το EN 55032 η τυπική λειτουργία εξασφαλίζεται με την αναπαραγωγή χρωματιστών λωρίδων και ενός κινούμενο οπτικού στοιχείου (Color bars with moving picture element). Οι μετρήσεις για αυτές τις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Σχήματος 1 οι διαφοροποιήσεις στις μετρήσεις βρίσκονται μέσα στα όρια της επαναληψιμότητας, συνεπώς η συγκεκριμένη αλλαγή στο νέο Πρότυπο δεν αναμένεται να επηρεάσει την πιθανότητα ενός δοκιμίου να επιτύχει στη δοκιμή.

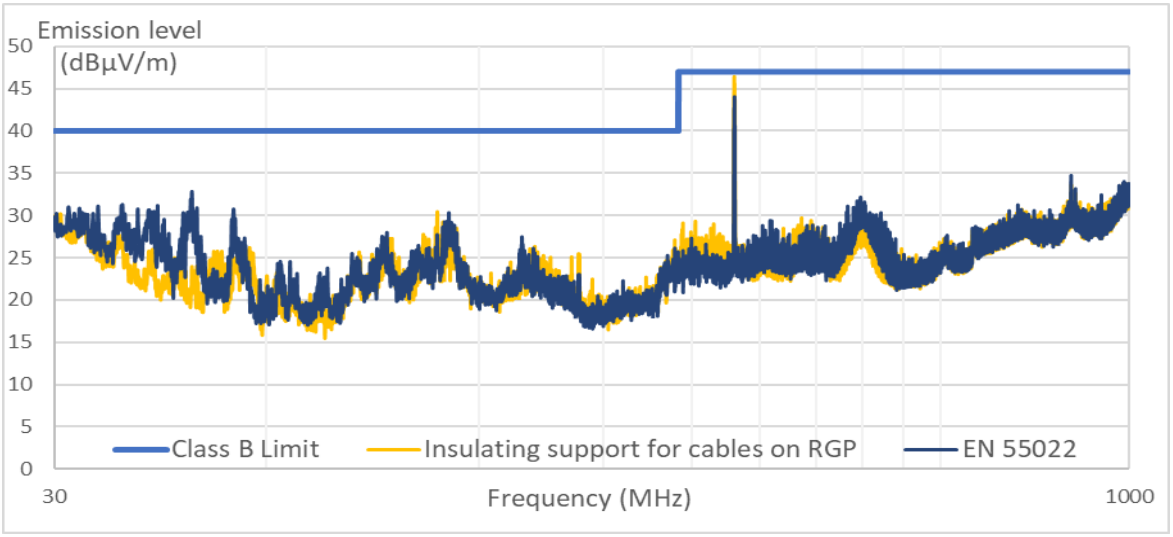


Σχήμα 1: Αποτελέσματα για διαφορετικές λειτουργίες μονάδων οπτικής απεικόνισης

Χρήση μονωτικού στηρίγματος στο οριζόντιο επίπεδο αναφοράς για στήριξη καλωδίων

Όπως έχει περιγραφεί και παραπάνω, στο νέο Πρότυπο EN 55032 η χρήση μονωτικού στηρίγματος στο οριζόντιο επίπεδο αναφοράς (horizontal reference ground plane –RGP) για απομόνωση καλωδίων, τα οποία συνδέουν το δοκίμιο με βοηθητικό εξοπλισμό εξωτερικά του θαλάμου, απαιτείται όχι μόνο για επιδαπέδιες διατάξεις (EN 55022), αλλά και για επιτραπέζιες, όπως η πειραματική διάταξη που μελετάται στην παρούσα εργασία.

Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση μελετήθηκε ως προς τη θύρα Ethernet του δοκιμίου, η οποία συνδέεται μέσω ενός καλωδίου δικτύου Cat5e με βοηθητικό τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό εξωτερικά του ανηχωϊκού θαλάμου. Στην πρώτη περίπτωση, σύμφωνα δηλαδή με το Πρότυπο EN 55022, το καλώδιο εφάπτεται του μεταλλικού οριζόντιου επιπέδου αναφοράς, ενώ στη δεύτερη χρησιμοποιείται μονωτικό στήριγμα πάχους 10cm για την απομόνωσή του. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των 2 μετρήσεων.



Σχήμα 2: Αποτελέσματα με/χωρίς χρήση μονωτικού στηρίγματος στο οριζόντιο επίπεδο αναφοράς

Από τις μετρήσεις του Σχήματος 2 προκύπτουν οι παρακάτω παρατηρήσεις.

- Στο εύρος συχνοτήτων 37MHz–50MHz παρουσιάζεται μία μείωση των επιπέδων εκπομπών με την χρήση του μονωτικού στηρίγματος, η οποία είναι πιο αισθητή στο εύρος 45MHz–49MHz.
- Στο εύρος συχνοτήτων 230MHz-360MHz παρουσιάζεται μία αύξηση των επιπέδων με την χρήση του μονωτικού στηρίγματος

Οι συγκεκριμένες αποκλίσεις παρουσιάζονται αναλυτικότερα στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

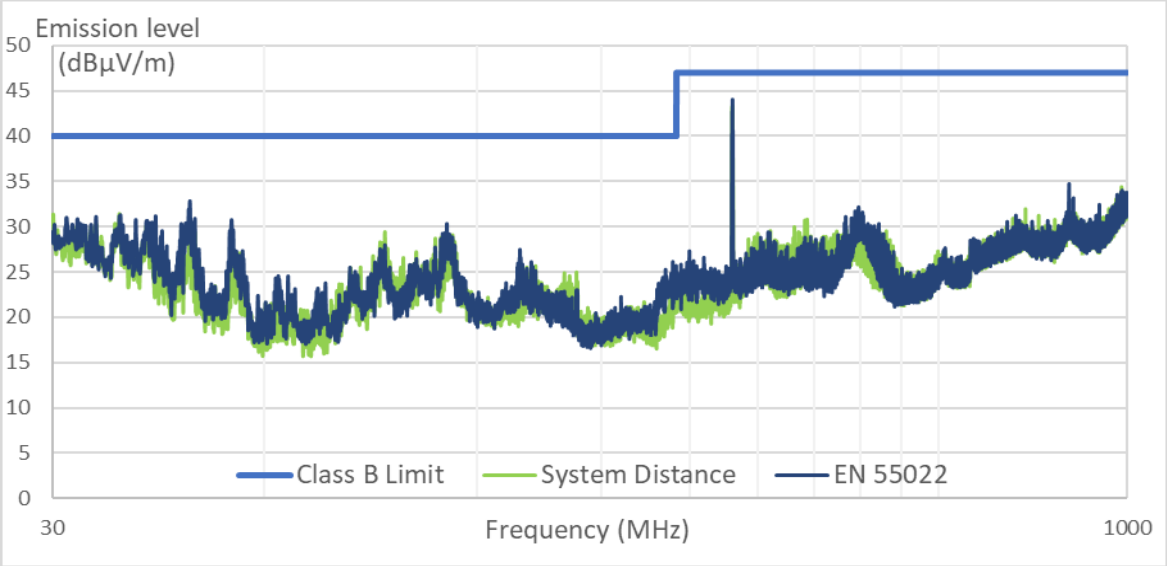
Πίνακας 1: Αποκλίσεις με την χρήση μονωτικού στηρίγματος στο οριζόντιο επίπεδο αναφοράς

Συχνότητα (MHz)	EN 55022 (dBμV/m)	Χρήση μονωτικού στηρίγματος (dBμV/m)	Απόκλιση (dBμV/m)
46,80	30,12	19,11	**-11,01**
46,86	31,95	20,13	**-11,82**
46,92	21,32	30,71	**-9,39**
242,04	21,87	27,52	**5,65**
276,48	33,41	43,61	**10,20**
323,94	23,25	28,48	**5,23**
356,34	23,57	28,62	**5,05**

Απόσταση συστήματος προς μέτρηση από την μετρητική κεραία

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, το Πρότυπο EN 55032 ορίζει ως την ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στο προς μέτρηση σύστημα και τη μετρητική κεραία τα 3m από την περιφέρεια του νοητού κύκλου που δημιουργεί το σύστημα, αντίθετα με το EN 55022, όπου η συγκεκριμένη απόσταση αναφερόταν στην απόσταση της κεραίας από την άκρη του τραπεζιού, στο οποίο είναι τοποθετημένο το σύστημα. Στο παράδειγμα της παρούσας εργασίας ο νοητός κύκλος του συστήματος έχει ακτίνα 50cm, συνεπώς η απόσταση της

κεραίας αυξάνεται σε σχέση με το προηγούμενο Πρότυπο επίσης κατά 50cm. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται οι δύο μετρήσεις.



Σχήμα 3: Αποτελέσματα για απόσταση συστήματος 3,5m και 3m

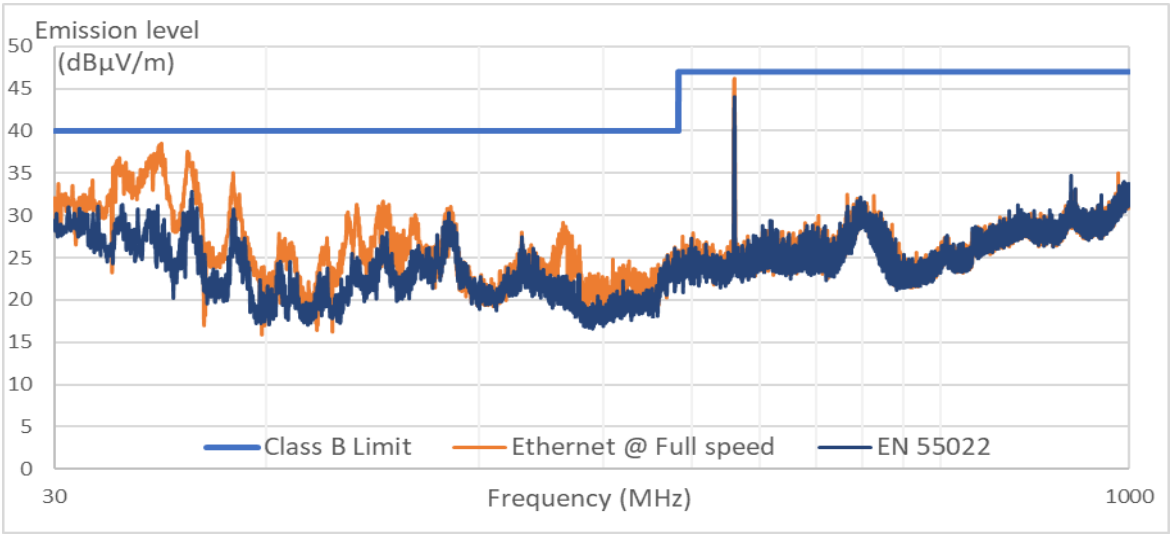
Τα αναμενόμενα αποτελέσματα από τη μετατόπιση του συστήματος κατά 50cm είναι της τάξεως των 20log(3/3,5)dBμV=-1,34dBμV. Η γενικότερη εικόνα των μετρήσεων φαίνεται να συμπίπτει με τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Παρατηρούνται σαφώς και συχνότητες στις οποίες οι μετρήσεις δεν ταυτίζονται με τις θεωρητικές. Αυτή η απόκλιση οφείλεται κυρίως στην αναδιάταξη των καλωδίων στο τραπέζι που τοποθετείται το προς μέτρηση σύστημα. Σε αυτό το σημείο οι συγγραφείς κρίνουν σημαντικό να αναφερθεί η πρακτική δυσκολία που παρουσιάζεται σε εργαστήρια μετρήσεων, που διαθέτουν τυπικούς ανηχωϊκούς θαλάμους 3m, να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη ελάχιστη απόσταση μέτρησης. Συνέπεια αυτής της δυσκολίας είναι η μη ορθή διάταξη των καλωδίων στην περίπτωση των μετρήσεων σε απόσταση 3,5m.

Ποσοστό χρήσης των θυρών δεδομένων κατά τη διάρκεια της μέτρησης

Το ποσοστό χρήσης των θυρών δεδομένων, και γενικότερα η ορθή προσομοίωση της τυπικής λειτουργίας των τηλεπικοινωνιακών θυρών, αποτελεί, όπως θα παρουσιαστεί και στα αποτελέσματα των μετρήσεων παρακάτω, σημαντική παράμετρο για τη αξιολόγηση των ακτινοβολούμενων ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών ενός δοκιμίου.

Οι δύο περιπτώσεις που δοκιμάστηκαν ήταν (i) 10% ποσοστό χρήσης επί της ονομαστικής ικανότητας της θύρας Ethernet (1Gbps) (EN 55022) και (ii)100% ποσοστό χρήσης της θύρας Ethernet (EN 55032). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4 που ακολουθεί.

Οι διαφορές ανάμεσα στα δύο Πρότυπα περιορίζονται, όπως ήταν αναμενόμενο στις χαμηλές συχνότητες (μέχρι τα 200MHz), όπου η επίδραση των καλωδίων στις συνολικές ακτινοβολούμενες εκπομπές είναι εντονότερη. Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συχνότητες με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις.



Σχήμα 4: Αποτελέσματα για χρήση θύρας Ethernet 10% και 100%

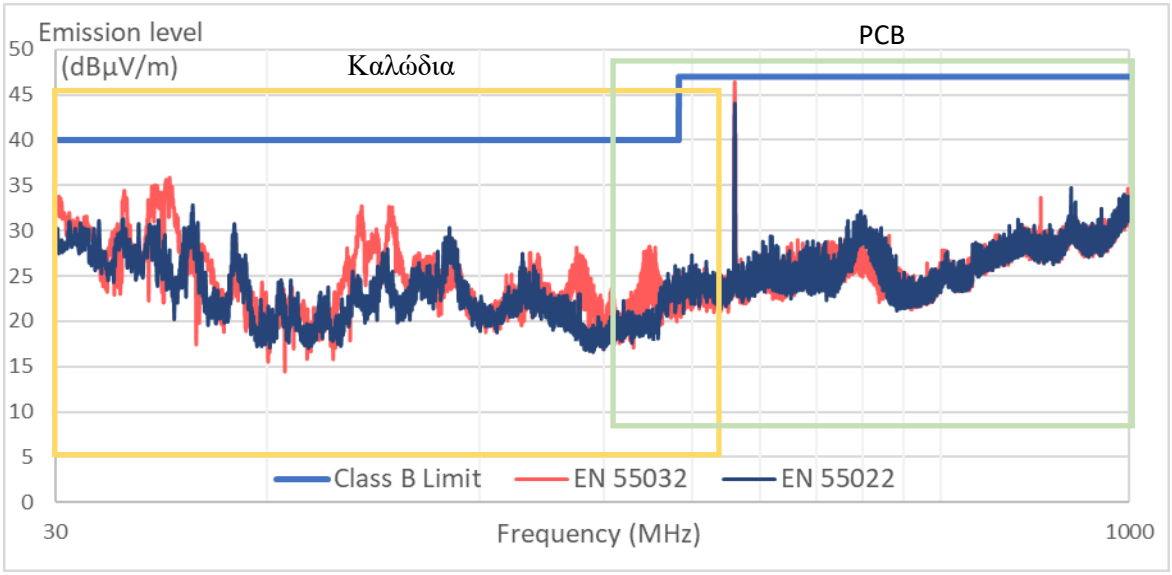
Πίνακας 2: Αποκλίσεις για ποσοστό χρήσης 100% της θύρας Ethernet

Συχνότητα (MHz)	EN 55022 (dBμV/m)	100% ποσοστό χρήσης της θύρας Ethernet	Απόκλιση (dBμV/m)
36,36	24,39	35,45	**11,06**
42,60	24,62	38,55	**13,93**
43,08	24,62	36,67	**12,05**
46,02	22,67	34,37	**11,70**
53,22	22,28	30,37	**8,09**
63,90	17,90	26,32	**8,42**
78,24	19,46	30,41	**10,95**
85,92	20,77	29,75	**8,98**
96,18	21,21	29,65	**8,44**
158,76	18,98	28,55	**9,57**

5. Συμπεράσματα

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν μετρήσεις με διαφοροποιημένη την εκάστοτε παράμετρο της μετρητικής διάταξης και διαδικασίας ανάμεσα στο νέο Πρότυπο Προϊόντος για εξοπλισμό πληροφορικής EN 55032 και το πρόσφατα αποσυρμένο Πρότυπο EN 55022. Στο Σχήμα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τελικές μετρήσεις του συστήματος, δηλαδή τα αποτελέσματα τα οποία θα προέκυπταν από τη μέτρηση του ίδιου δοκιμίου ακολουθώντας το σύνολο των απαιτήσεων των δύο αυτών Προτύπων.

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα του Σχήματος 5 με τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκριτικών μετρήσεων συμπεραίνουμε ότι συνολικά οι ακτινοβολούμενες ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές του συστήματος είναι αυξημένες για το νέο Πρότυπο, με την αύξηση να είναι εντονότερη στις χαμηλές συχνότητες (30MHz-220MHz) και με διαφοροποιήσεις έως και 12,25 dBμV/m. Όπως σημειώνεται και στο Σχήμα 5, εκπομπές στο εύρος συχνοτήτων 30MHz έως περίπου 350MHz οφείλονται ως επί το πλείστον σε εκπομπές από διασυνδετικά καλώδια, ενώ στο εύρος 350MHz έως 1GHz οι εκπομπές προέρχονται κυρίως από πλακέτες και συγκεκριμένους ταλαντωτές.



Σχήμα 5: Αποτελέσματα μετρήσεων σύμφωνα με το EN 55032 και το EN 55022

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες που εμφανίζονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις.

Πίνακας 3: Αποκλίσεις μετρήσεων σύμφωνα με το EN 55032 και το EN 55022

Συχνότητα (MHz)	EN 55032 (dBμV/m)	EN 55022 (dBμV/m)	Απόκλιση (dBμV/m)
43,20	35,36	23,50	**11,86**
43,98	34,81	22,78	**12,03**
44,28	32,44	20,19	**12,25**
81,66	32,73	21,24	**11,49**
81,72	32,48	21,24	**11,24**
276,00	46,43	42,78	**3,65**
276,66	40,77	31,84	**8,93**

Στο παράδειγμα της παρούσας εργασίας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αύξηση των εκπομπών οφείλεται σε σήματα/θόρυβο ο οποίος διέρχεται από τα καλώδια του συστήματος και εκπέμπεται στο περιβάλλον. Μικρή, αλλά κρίσιμη αύξηση των εκπομπών, λόγω του μικρού περιθωρίου της από το όριο επιτυχίας της δοκιμής (Class B Limit), παρουσιάζεται επίσης και στις συχνότητες 275MHz-276MHz, (οι οποίες αποτελούν αρμονικές του ταλαντωτή του κυκλώματος Ethernet με συχνότητα λειτουργίας τα 25MHz). Η αύξηση αυτή είναι αναμενόμενη, διότι οφείλεται στη μεγαλύτερη κατανάλωση του κυκλώματος λόγω της χρήσης του σε ονομαστική ταχύτητα.

Από τις 05/03/2017 αρκετοί κατασκευαστές και σχεδιαστές βρίσκονται αντιμέτωποι με μία αύξηση στις ακτινοβολούμενες ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές των προϊόντων πληροφορικής τους, παρόμοια με αυτή του Σχήματος 5. Κάποιοι από αυτούς, των οποίων τα προϊόντα επιτύγχαναν οριακά τη συμμόρφωση με τα όρια του Προτύπου EN 55022, ίσως χρειαστεί να επανασχεδιάσουν ή να μελετήσουν αναλυτικότερα το κομμάτι των θυρών επικοινωνίας ,καθώς και το είδος των καλωδίων που προδιαγράφουν για σύνδεση στον εξοπλισμό τους, ενώ ίσως απαιτηθεί να αναζητήσουν κυκλωματικά στοιχεία καλύτερης ποιότητας και εγκυρότερης πιστοποίησης.

Βιβλιογραφία

EN 55103-1: 2009, *"Electromagnetic compatibility - Product family standard for audio, video, audio-visual and entertainment lighting control apparatus for professional use - Part 1: Emissions"*

EN 55013: 2010, **"***Sound and Television Broadcast Receivers and Associated Equipment - Radio Disturbance Characteristics - Limits and Methods of Measurement***"**

EN 55022: 2010, *"Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement"*

EN 55032: 2015, *"Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission Requirements (CISPR 32: 2015)- Ed. 2.0"*

https://www.nwemc.com/news/2014/09/04/en-550322012-required-starting-march-5-2017