

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης**



**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής**



**Πτυχιακή Εργασία**

**Διαδικασίες μετρήσεων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων  
από VDTs (Video Display Terminals)**

**Γεώργιος Σωμαράκης AM:2304**

**Επιβλέπων καθηγητής: Στρατάκης Δημήτριος**

## **Abstract**

Extremely-low-frequency (ELF) and Very-low-frequency (VLF) electromagnetic fields exist today because of the multiple applications of electricity and are a subject of scientific study on their likely unfavorable repercussions on human health. In the present thesis the ELF and VLF fields are determined initially and their sources of exposure in the environment are presented. Then potential effects of ELF and VLF fields as well as of the existing Greek and International limits of exposure are discussed. Also, the International Standard IEEE Std 1140-1994 is presented according to which the measurements in CRT monitors have been taken and their uncertainty has been calculated. Finally, the process of reception of measurements is described and their results are presented, compared to the safe exposure limits of public in ELF electromagnetic fields.

### **KEYWORDS**

Extremely low frequency ELF, Very low Frequency VLF, CRT monitors, Safety exposure limits, International Standard IEEE Std 1140-1994, Measurement uncertainty.

## Σύνοψη

Τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρομαγνητικά πεδία υφίστανται λόγω των πολλαπλών εφαρμογών του ηλεκτρισμού αποτελούν σήμερα αντικείμενο επιστημονικής μελέτης για τις πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία προσδιορίζονται αρχικά τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και παρουσιάζονται οι πηγές έκθεσης τους στο περιβάλλον. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις έρευνες για ενδεχόμενες επιδράσεις των χαμηλόσυχνων πεδίων καθώς και των υπαρχόντων Ελληνικών και διεθνών ορίων έκθεσης. Επίσης, παρουσιάζεται το πρότυπο IEEE Std 1140-1994 σύμφωνα με το έγιναν οι μετρήσεις σε CRT οθόνες και θα υπολογίστηκε η αβεβαιότητα τους. Τέλος, περιγράφεται η διαδικασία λήψης μετρήσεων και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τους σε σύγκριση με τα επίπεδα αναφοράς για την ασφαλή έκθεση του κοινού σε χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

### **ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ**

ΗΜ Πεδία χαμηλής-πολύ χαμηλής συχνότητας, CRT οθόνες, Καρκίνος, Όρια ασφαλούς έκθεσης, Διεθνές πρότυπο IEEE Std 1140-1994, Αβεβαιότητα μέτρησης.

## Πίνακας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	7
1.1.	Αρχιτεκτονική Οθόνης VDT [1] .....	8
2.	Θέματα Υγείας .....	10
2.1.	Προβλήματα με την Όραση.....	11
2.2.	Κόπωση και μυοσκελετικά προβλήματα.....	11
2.3.	Εκπομπές Ακτινοβολίας .....	12
2.3.1.	Θέματα Υγείας-Έκθεση σε ELF-VLF ακτινοβολίες.....	12
2.3.1.1.	Καρκίνος του Εγκεφάλου [1] .....	14
2.3.1.2.	Καρκίνος του Μαστού [2].....	14
2.3.1.3.	Λευχαιμία [3].....	16
2.3.1.4.	Μεταλλάξεις [4] .....	18
2.3.1.5.	Αποβολή, γονιμότητα και αναπαραγωγική ικανότητα [5] .....	19
2.4.	Μέτρα Αντιμετώπισης:.....	21
2.4.1.	Διεθνή Πρότυπα Έκθεσης ΗΜ ακτινοβολίες [5] .....	23
3.	Ακτινοβολίες [6].....	29
3.1.	ELF [8] .....	33
3.2.	VLF [9].....	40
3.2.1.	Κατάλογος VLF μεταδόσεων .....	47
4.	Εισαγωγική Διαδικασία για το Πειραματικό μέρος της Πτυχιακής [6] .....	51
4.1.	Γενικές προϋποθέσεις.....	51
4.1.1.	Τοποθεσία του υπό δοκιμή VDT και του αισθητήρα μετρήσεων .....	51
4.1.2.	Τάση Γραμμής.....	52
4.2.	Υπόβαθρο ηλεκτρικών πεδίων .....	52
4.3.	Υπόβαθρο μαγνητικού πεδίου (πυκνότητα μαγνητικής ροής) .....	52
4.4.	Εξοπλισμός Δοκιμών Ηλεκτρικού πεδίου .....	53
4.4.1.	Ηλεκτρικό πεδίο ανιχνευτής μέτρησης .....	53
4.4.2.	Φίλτρα ανιχνευτή και επεξεργασίας σήματος .....	55
4.4.3.	Βαθμονόμηση.....	56
4.5.	Διαδικασία μέτρησης έντασης ηλεκτρικού πεδίου.....	57
4.5.1.	Δοκιμαστικό στήσιμο ενός VDT.....	57
4.5.2.	Διαδικασία μέτρησης.....	57
4.5.3.	Αβεβαιότητα των μετρήσεων .....	59
4.6.	Εξοπλισμός δοκιμής μαγνητικού πεδίου .....	61

4.6.1.	Ανιχνευτής μέτρησης μαγνητικού πεδίου .....	61
4.6.2.	Φίλτρα αισθητήρων και επεξεργασίας σήματος.....	61
4.6.3.	Βαθμονόμηση.....	62
4.7.	Διαδικασία μέτρησης πυκνότητας μαγνητικής ροής.....	63
4.7.1.	Δοκιμαστική εγκατάσταση VDT.....	63
4.7.2.	Διαδικασία μέτρησης.....	63
4.7.3.	Αβεβαιότητα μετρήσεων .....	66
5.	Διαδικασία Πειράματος.....	69
5.1.	Εξοπλισμός Μετρήσεων.....	69
5.2.	Διαδικασία Μετρήσεων.....	72
5.2.1.	Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου .....	72
5.2.1.1.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=0^\circ$ .....	73
5.2.1.2.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=45^\circ$ .....	75
5.2.1.3.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=90^\circ$ .....	77
5.2.1.4.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=135^\circ$ .....	79
5.2.1.5.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=180^\circ$ .....	81
5.2.1.6.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=225^\circ$ .....	83
5.2.1.7.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=270^\circ$ .....	85
5.2.1.8.	Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=315^\circ$ .....	87
5.2.2.	Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου.....	89
5.2.2.1.	Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=0^\circ$ .....	89

5.2.2.2. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=45^\circ$ .....	91
5.2.2.3. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=90^\circ$ .....	93
5.2.2.4. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=135^\circ$ .....	95
5.2.2.5. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=180^\circ$ .....	97
5.2.2.6. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=225^\circ$ .....	99
5.2.2.7. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=270^\circ$ .....	101
5.2.2.8. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία $\theta=315^\circ$ .....	103
6. Συμπεράσματα.....	105
Παράρτημα Α.....	107
Περιγραφή Πεδιόμετρου και Αισθητήρα (PROBE).....	107
Παράρτημα Β.....	114
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΜΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ.....	114
B1. Πιστοποιητικό βαθμονόμησης του πεδιομέτρου PMM 8053A.....	114
B2. Πιστοποιητικό βαθμονόμησης του αισθητήρα/αναλυτή EHP-50C.....	115
Παράρτημα Γ.....	116
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ MATLAB.....	116
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ Gui.....	116
ΚΩΔΙΚΑΣ MATLAB :.....	120
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	120
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	121
Παραπομπές.....	123
Βιβλιογραφία.....	124

## 1. Εισαγωγή

Στην παρούσα πτυχιακή θα γίνει αναφορά στα ηλεκτρικά και μαγνητικά παιδιά που εκπέμπονται από VDTs (Video Display Terminals).

Πριν τη διαδικασία όμως των μετρήσεων πρέπει να αναλύσουμε την δομή και την αρχιτεκτονική των οθονών αυτών και επίσης τα είδη των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που εκπέμπον.

Τα VDTs παράγουν χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, λόγω των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για να παράγουν και να μετακινούν μια δέσμη ηλεκτρονίων που φωτίζει την οθόνη ενός καθοδικού σωλήνα (CRT). Αυτές οι οθόνες χρησιμοποιούνται σε τηλεοπτικούς δέκτες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αυτόματες ταμειακές μηχανές, video games, και άλλες τέτοιες συσκευές. Εκτιμάται ότι τα προηγούμενα χρόνια, υπήρχαν εκατοντάδες χιλιάδες VDTs σε όλη την Ελλάδα και δεκάδες εκατομμύρια σε ολόκληρο τον κόσμο, πριν ξεκινήσουν να βγαίνουν σε παραγωγή οθόνες διαφορετικής τεχνολογίας. Διαφορετικές τεχνολογίες, όπως οι οθόνες τρανζίστορ και οθόνες υγρών κρυστάλλων.



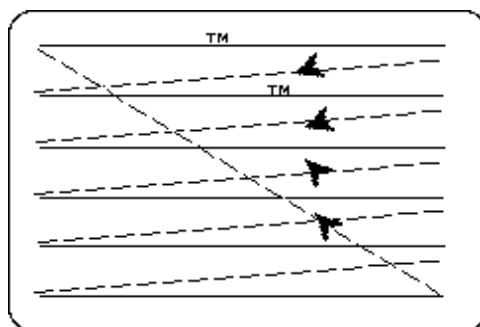
Digital VT320 terminal

Η εικόνα από πάνω απεικονίζει ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός VDT. Το αντικείμενο που θα αναλύσουμε και θα ασχοληθούμε είναι η οθόνη και οι ακτινοβολίες που εκπέμπονται από αυτή.

## 1.1. Αρχιτεκτονική Οθόνης VDT [1]

Στο VDT η οθόνη είναι τεχνολογίας CRT. Μια οθόνη CRT αποτελείται από ένα γυάλινο περίβλημα που έχει εκκενωθεί, ένα πυροβόλο ηλεκτρονίων στο λαιμό στο πίσω μέρος του σωλήνα καθώς και μία οθόνη εξωτερικά επικαλυμμένη με φώσφορο. Υπάρχουν αρκετές σπείρες καλωδίων που βρίσκονται γύρω από το εξωτερικό του λαιμού που είναι γνωστές συνολικά ως πηνίο εκτροπής. Το πηνίο εκτροπής και το κύκλωμα χρησιμοποιούνται για την καθοδήγηση και μαζί με την κίνηση περιστροφής του μετασχηματιστή, είναι οι κύριες πηγές των μαγνητικών πεδίων που εκπέμπονται..

Η δέσμη ηλεκτρονίων “βάβει” την οθόνη φωσφόρου με μια σειρά από οριζόντιες γραμμές. Οι διαδοχικές γραμμές μετατοπίζονται κατακόρυφα προκειμένου να καλυφθεί η οθόνη από πάνω προς τα κάτω. Η οριζόντια και η κατακόρυφη διεύθυνση της δέσμης ηλεκτρονίων γίνεται από ταχύτατα μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία στο λαιμό του σωλήνα.



Για κάθε οριζόντια γραμμή η δέσμη πρέπει να σαρώνει σταθερά όλη την οθόνη με ένα αυξανόμενο μαγνητικό πεδίο, ενώ η δέσμη ηλεκτρονίων είναι ενεργοποιημένη. Μόλις η δέσμη φθάσει το δεξί άκρο της οθόνης, η δέσμη ηλεκτρονίων διακόπτεται και μεταφέρεται στην αριστερή πλευρά της οθόνης μέσω ενός ταχέως μειούμενου μαγνητικού πεδίου. Αυτός ο συνδυασμός βραδέως και ταχέως μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου παράγει μία πριονωτή κυματομορφή.

Για μια τυπική λειτουργία οθόνης υπολογιστή VGA, περίπου 31.500 οριζόντιες γραμμές ζωγραφίζονται κάθε δευτερόλεπτο. Αυτό απαιτεί ένα μαγνητικό πεδίο των 31,5 kHz ευθυγραμμισμένο, ή πολωμένο στην κατακόρυφη κατεύθυνση. Οι συχνότητες οριζόντιας εκτροπής κυμαίνονται από περίπου 15,75 kHz, μέχρι πάνω από 60 kHz. Παρά το γεγονός ότι το μαγνητικό πεδίο έχει ρυθμιστεί ώστε να αλληλεπιδρά με τη δέσμη ηλεκτρονίων μέσα στο CRT, κάθετα πολωμένα πριονωτά πεδία περίθλασης στην οριζόντια συχνότητα εκτροπής, εμφανίζονται γύρω από τη CRT. Η κατακόρυφη εκτροπή της δέσμης ηλεκτρονίων απαιτεί ένα οριζόντια πολωμένο μαγνητικό πεδίο το οποίο παράγει επίσης οριζόντια πεδία περίθλασης σε απόσταση από το πηνίο. Αρκετές εκατοντάδες οριζόντιες γραμμές (τυπικά από 200 έως πάνω από 800), πρέπει να είναι “βαμμένες”, ενώ η δέσμη σαρώνει από πάνω



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

προς τα κάτω, το προιονωτό σχήμα μαγνητικού πεδίου που χρησιμοποιείται για κατακόρυφη μετατόπιση είναι σε συχνότητα αρκετές εκατοντάδες φορές χαμηλότερο από την οριζόντια συχνότητα παραμόρφωσης και περιλαμβάνει μια αναλογικά μικρότερη ποσότητα ενέργειας. Τυπικές συχνότητες κυμαίνονται μεταξύ 30 και 75 Hz, ανάλογα με τη λειτουργία γραφικών.

Το περιεχόμενο της συχνότητας των ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών από ένα CRT περιέχει περισσότερα από τις θεμελιώδεις συχνότητες των δύο προιονωτών κυμάτων. Οι ημιτονοειδείς συνιστώσες αυτών των σημάτων εκτείνονται σε τουλάχιστον 200 kHz, μολονότι τα πλάτη των υψηλότερης συχνότητας συνιστωσών είναι πολύ χαμηλότερα από τις θεμελιώδεις συχνότητες. Μέχρι και το 94% της ενέργειας είναι στη θεμελιώδη συχνότητα της οριζόντιας εκτροπής κυκλώματος.

Η ενέργεια που παράγεται από ένα VDT εκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα, ως εξής:

1. ακτινών X και υπεριώδους φωτός (μήκη κύματος κάτω από 400 nm)
2. ορατό φως (700 - 400 nm,  $4,3-7,5 \times 10^{14}$  Hz)
3. υπέρυθρη ακτινοβολία από τη θερμότητα που παράγεται από τα ηλεκτρονικά συστήματα
4. πολύ χαμηλή και χαμηλή συχνότητα ενέργειας (VLF και LF, 3-300 kHz)
5. εξαιρετικά χαμηλή συχνότητα ενέργειας (ELF, 30-300 Hz) και
6. στατικά ηλεκτρικά πεδία

Οι CRTs είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε οι ακτίνες X και οι υπεριώδεις ακτίνες να απορροφούνται από την οθόνη και μόνο το ορατό φως να μεταδίδεται.

VLF και LF μαγνητική ενέργεια δημιουργείται από το οριζόντιο σύστημα εκτροπής που κινεί την δέσμη ηλεκτρονίων από αριστερά προς δεξιά. ELF μαγνητική ενέργεια παράγεται από το κατακόρυφο σύστημα εκτροπής που κινεί την δέσμη ηλεκτρονίων από την κορυφή προς τα κάτω. Ανησυχίες σχετικά με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία έχουν επικεντρωθεί σε μαγνητικά πεδία σε όλες αυτές τις συχνότητες. Τα πεδία συχνότητας ELF που δημιουργούνται από VDTs εγείρουν ζητήματα παρόμοια με εκείνα που αφορούν τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, τα οποία είναι επίσης στην περιοχή ELF. Τα VLF και LF μαγνητικά πεδία προκαλούν μεγαλύτερα ηλεκτρικά πεδία στο σώμα από ό, τι τα χαμηλότερης συχνότητας μαγνητικά πεδία ίδιας δύναμης, και έτσι είναι μια πρόσθετη ανησυχία ως προς την τεχνολογία VDT.

## 2. Θέματα Υγείας

Έχουν εγερθεί διάφορα ερωτήματα σχετικά με τις αρνητικές συνέπειες για την υγεία που συνδέονται με τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που βρίσκονται κοντά στον καθοδικό σωλήνα (CRT) που χρησιμοποιείται σε ένα VDT. Τηλεοπτικοί δέκτες χρησιμοποιούν επίσης CRTs με παρόμοιο τρόπο, αλλά ανησυχίες για τις επιπτώσεις στην υγεία έχουν επικεντρωθεί γύρω από το VDT.

Η συχνή χρήση των VDTs έχει προκαλέσει πολλά αρνητικά σχόλια και ερωτήματα για το σε τι ποσοστό η συχνή χρήση είναι επιβλαβή για την υγεία. Για παράδειγμα πολλοί άνθρωποι διαπιστώνουν πως έχουν αυξημένη κόπωση, καταπόνηση και ερεθισμό των ματιών, θολή όραση, πονοκεφάλους, άγχος, και πόνο στο λαιμό, τη πλάτη, τα χέρια, και τους μύες. Έρευνα έχει δείξει ότι αυτά τα συμπτώματα μπορούν να προκύψουν από προβλήματα με τον εξοπλισμό, τους χώρους εργασίας, το περιβάλλον στο γραφείο, ή από ένα συνδυασμό αυτών. Ανησυχίες σχετικά με πιθανή έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, επίσης, έχουν τεθεί.

Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz - 300 GHz)[12]

Ζώνη συχνότητων	Μαγνητική επαγωγή (mT)	Πυκνότητα ρεύματος (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/Kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/Kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα ισχύος S (W/m <sup>2</sup> )
0Hz	40	-	-	-	-	-
>0-1Hz	-	8	-	-	-	-
1-4Hz	-	8/f	-	-	-	-
4-1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1 KHz-100 KHz	-	f/500	-	-	-	-
100 KHz-10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz-10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

## 2.1. Προβλήματα με την Όραση

Οπτικά προβλήματα, όπως η καταπόνηση των ματιών και ο ερεθισμός είναι από τις πιο συχνά αναφερόμενες καταγγελίες όσον αφορά τους χρήστες VDTs. Αυτά τα οπτικά συμπτώματα μπορεί να προκύψουν από ακατάλληλο φωτισμό, έντονο φως από την οθόνη, η κακή τοποθέτηση της ίδιας της οθόνης.

Τα προβλήματα αυτά, συνήθως, μπορούν να διορθωθούν με την αλλαγή της θέσης ή του φωτισμού είτε του VDT που χρησιμοποιείται, είτε του μέρους που βρίσκεται ο χρήστης.

Πολλές θέσεις εργασίας που χρησιμοποιούν VDTs απαιτούν μεγάλες χρονικές περιόδους μπροστά από μια οθόνη. Κατά συνέπεια, μερικοί άνθρωποι μπορεί να χρειάζονται διορθωτικό φακό για να αποφεύγεται η καταπόνηση των ματιών και οι πονοκέφαλοι. Εξετάσεις όρασης θα πρέπει, συνεπώς, να διεξάγονται για να εξασφαλιστεί η έγκαιρη ανίχνευση και η διόρθωση της κακής όρασης. Οφθαλμολογικά ειδικοί θα πρέπει να ενημερώνονται για τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών με χρήση VDTs .

## 2.2. Κόπωση και μυοσκελετικά προβλήματα

Εργασίες που έγιναν με τη χρήση VDTs μπορεί να απαιτούν ακινησία για μεγάλο χρονικό διάστημα και συνήθως περιλαμβάνουν μικρές και συχνές κινήσεις των ματιών, του κεφαλιού, των χεριών και των δαχτύλων. Διατηρώντας μια σταθερή θέση του σώματος για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει κόπωση των μυών και, εάν η εν λόγω πρακτική είναι συνεχής, μπορεί τελικά να οδηγήσει σε μυϊκό πόνο και τραυματισμό.

Χρήστες VDTs επίσης υπόκεινται σε ενδεχόμενο κίνδυνο ανάπτυξης διαφόρων μυοσκελετικών παθήσεων, όπως το σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα, και η τενοντίτιδα.

Οι μυοσκελετικές παθήσεις είναι τραυματισμοί στους μυς, τις αρθρώσεις, τους τένοντες, ή τα νεύρα, που προκαλούνται ή επιδεινώνονται από την εργασία. Πρώιμα συμπτώματα μυοσκελετικών παθήσεων περιλαμβάνουν πόνο και πρήξιμο, μούδιασμα και φαγούρα, απώλεια δύναμης, και μειωμένο εύρος κίνησης.

## 2.3. Εκπομπές Ακτινοβολίας

Όταν εκτιθέμεθα σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μια ποσότητα ενέργειας από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία απορροφάται από το σώμα μας. Ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης ενέργειας ή SAR (Specific Absorption Rate) εκφράζει την απορροφούμενη ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και μάζας στα διάφορα μέλη του σώματος. Υπάρχει ο μέσος ολόσωμος SAR που εκφράζει την μέση τιμή της απορροφούμενης ενέργειας σε όλο το σώμα και ο τοπικός SAR που αναφέρεται στην τοπική απορρόφηση σε μια περιοχή του σώματος (η περιοχή αυτή συνήθως ορίζεται σε 10g ιστού). Στη περίπτωση των κινητών τηλεφώνων τα αντίστοιχα μεγέθη είναι ο τοπικός SAR στην περιοχή του κεφαλιού και στην περίπτωση των σταθμών βάσης ο μέσος ολόσωμος SAR.

Ένα άλλο θέμα ανησυχίας για τους χρήστες VDTs είναι το κατά πόσον οι εκπομπές από την ακτινοβολία, όπως οι ακτίνες X ή τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας και τα πολύ χαμηλά εύρη συχνοτήτων, αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Κάποιοι εργαζόμενοι, συμπεριλαμβανομένων των εγκύων, ανησυχούν ότι η υγεία τους θα μπορούσε να επηρεαστεί από ηλεκτρομαγνητικά πεδία που εκπέμπονται από VDTs.

Η απειλή από την έκθεση ακτινών X είναι μειωμένη σε μεγάλο βαθμό, λόγω των πολύ χαμηλών επιπέδων εκπομπών. Οι ραδιοσυχνότητες καθώς και τα εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικά πεδία βρίσκονται ακόμα υπό έρευνα παρά τις χαμηλές τιμές εκπομπών. Μέχρι σήμερα, όμως, δεν υπάρχει κανένα αποδεικτικό στοιχείο ότι τα χαμηλά επίπεδα της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από VDTs θέτουν σε κίνδυνο την υγεία χρηστών VDTs [2][ 3].

### 2.3.1. Θέματα Υγείας-Έκθεση σε ELF-VLF ακτινοβολίες

Όταν ένας άνθρωπος εκτίθεται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η απορρόφηση της ενέργειας εξαρτάται από την ένταση και την συχνότητα της ακτινοβολίας και πολλούς άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά του σώματός του (μέγεθος, βάρος, στάση κλπ) αλλά και τις συνθήκες έκθεσης (συχνότητα, πόλωση, κατεύθυνση απ' όπου έρχεται η ακτινοβολία, αν είναι τοπική ή ολόσωμη έκθεση κ.α.). Προκειμένου να υπάρξουν όρια που να εξασφαλίζουν την προστασία των ανθρώπων ανεξαρτήτως των χαρακτηριστικών του σώματός τους προέκυψαν τα επίπεδα αναφοράς που προϋποθέτουν συνθήκες μέγιστης σύζευξης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το εκτιθέμενο σε αυτή άτομο, παρέχοντας έτσι έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας. Τα επίπεδα αναφοράς είναι μεγέθη που

περιγράφουν την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ένταση ηλεκτρικού πεδίου, ένταση μαγνητικού πεδίου και πυκνότητα ισχύος) και μπορούν να συγκριθούν με μετρηθείσες τιμές. Η τήρηση των επιπέδων αναφοράς εξασφαλίζει σε κάθε περίπτωση και την τήρηση των βασικών περιορισμών για την απορροφούμενη ενέργεια. Επειδή οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι διαφορετικές, οι τιμές των επιπέδων αναφοράς δεν είναι ακριβώς οι ίδιες αλλά διαφέρουν ανάλογα με το σύστημα κινητής τηλεφωνίας. [8]

Γενικά, οι επιστημονικές έρευνες σχετικά με τις επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο χρηματοδοτούνται από πολλούς φορείς, άλλους με ιδιωτικό και άλλους με δημόσιο ή μη κερδοσκοπικό χαρακτήρα. Έτσι, σημαντικό κομμάτι της επιστημονικής έρευνας χρηματοδοτείται από διεθνείς φορείς, κρατικές υπηρεσίες και οργανισμούς προστασίας της υγείας. Οι μεγάλες εταιρείες-πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, όπως και οι εταιρείες που κατασκευάζουν συσκευές κινητών τηλεφώνων, έχουν τους δικούς τους επιστήμονες που παρακολουθούν τις επιστημονικές εξελίξεις και χρηματοδοτούν ένα κομμάτι της επιστημονικής έρευνας. Υπάρχουν κάποιοι που ισχυρίζονται ότι οι επιστημονικές έρευνες που έχουν κάποια μορφή χρηματοδότηση από εταιρείες-παρόχους κινητής τηλεφωνίας δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων από το σύνολο της έρευνας. Ωστόσο, η άποψη αυτή είναι αντίθετη με την γενική αρχή της σύγχρονης επιστήμης σύμφωνα με την οποία όλες οι απόψεις που είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες είναι αποδεκτές. Ο μόνος λόγος για να εξαιρεθεί κάποια έρευνα από την εξαγωγή των συμπερασμάτων είναι να μην έχει διεξαχθεί με δόκιμη επιστημονική μεθοδολογία [12].

Ανάμεσα στις χιλιάδες δημοσιευμένες επιστημονικές εργασίες που αφορούν τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο, υπάρχει και ένας αριθμός μελετών που ισχυρίζονται ότι υπάρχουν και κάποιες (μη θερμικές) επιδράσεις που μπορούν να εμφανιστούν σε τιμές κάτω των θεσπισθέντων ορίων. Οι διεθνείς φορείς, όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας και η ICNIRP, καθώς και οι εθνικοί οργανισμοί ακτινοπροστασίας, σταθμίζουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα αποτελέσματα όλων των μελετών, λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα και την βαρύτητά κάθε μίας, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και καταλήγουν σε συμπεράσματα βάσει του συνόλου της επιστημονικής έρευνας και όχι βάσει μεμονωμένων μελετών [4].

### 2.3.1.1. Καρκίνος του Εγκεφάλου [1]

Έρευνες που έχουν γίνει στις ΗΠΑ και στον Καναδά καταδεικνύουν πως η υπερβολική έκθεση σε ακτινοβολίες ELF μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο στον εγκέφαλο κυρίως σε άτομα που βρίσκονται στον εργασιακό τους χώρο.

Η σχέση μεταξύ της έκθεσης σε μαγνητικά πεδία, στο χώρο εργασίας, και το καρκίνο του εγκεφάλου ερευνήθηκε χρησιμοποιώντας πληθυσμιακή κάλυψη και έλεγχο των δεδομένων που λήφθηκαν από 8 επαρχίες του Καναδά.

Οι μετρήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε άνδρες, ανάλογα με το πόσο έχουν εκτεθεί σε μαγνητική ακτινοβολία στο χώρο εργασίας τους. Για παράδειγμα, από (<0.3, 0.3-0.6 και πάνω από 0.6  $\mu\text{T}$ ). Συνολικά βρέθηκαν 133 περιπτώσεις ανθρώπων στο χώρο εργασίας του (από τις 543) δηλαδή το 14% που έστω και ένας στη δουλειά του εκτέθηκε σε ακτινοβολία μεγαλύτερη των 0.3 $\mu\text{T}$ .

Σαν αποτέλεσμα ένας όχι συγκεκριμένα αυξημένος κίνδυνος καρκίνου παρατηρήθηκε μεταξύ ανδρών που έχουν έστω και μία φορά δουλέψει σε χώρο εργασίας στον οποίο εκτέθηκαν σε μαγνητικές ακτινοβολίες μεγαλύτερες των 0,6 $\mu\text{T}$  σε σχέση με εκείνους με έκθεση σε μαγνητική ακτινοβολία μικρότερη των 0.3 $\mu\text{T}$ .

Άλλη έρευνα στην Δανία μας δίνει τα εξής στοιχεία για την υπερβολική έκθεση ατόμων σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Πάνω από το μέσο όρο έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία έχει συσχετιστεί με ορισμένες καλοήθειες ιατρικές παθήσεις όπως η αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση, άλλες νευρολογικές νόσους, καταθλιπτικά συμπτώματα και αυτοκτονίες. Ο κύριος συγγραφέας διεξήγαγε μια πανεθνική μελέτη της θνησιμότητας στη Δανία από 21.236 άνδρες που απασχολούνται σε εταιρείες κοινής ωφέλειας μεταξύ του 1900 και του 1993. Τα αίτια του θανάτου διαπιστώθηκαν για την 1 Ιανουαρίου 1974, έως την 31η Δεκεμβρίου 1993, καθώς και η συγκεκριμένη αιτία θνησιμότητας αναλύθηκε με χρόνος αναμονής και εκτίμηση των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων έκθεσης σε 50 Hz.

### 2.3.1.2. Καρκίνος του Μαστού [2]

Στο σπίτι πολλές ηλεκτρικές συσκευές εκπέμπουν ακτινοβολίες και υπάρχουν υποθέσεις ότι η ακτινοβολία αυτή συνδέεται με παθήσεις όπως ο καρκίνος. Για παράδειγμα για να διερευνηθεί κατά πόσον η χρήση των ηλεκτρικών κουβερτών, μία από τις μεγαλύτερες πηγές ηλεκτρομαγνητικό πεδίου έκθεσης στο σπίτι, συνδέεται με τον κίνδυνο καρκίνου του γυναικείου μαστού, αναλυτές ανέλυσαν στοιχεία από μια βασισμένη στον πληθυσμό των ΗΠΑ μελέτη ελέγχου περιστατικών. Οι 2.199 περιπτώσεις ασθενών ήταν ηλικίας κάτω των 55 ετών και είχαν πρόσφατα διαγνωστεί με καρκίνο του μαστού μεταξύ του 1990 και 1992. Οι 2009 έλεγχοι ταιριάζουν με

περιπτώσεις κατά ομάδων ηλικίας των 5 ετών και τη γεωγραφική περιοχή που έγιναν οι έλεγχοι. Ο κίνδυνος καρκίνου σε άτομα ηλικίας κάτω των 45 ετών, που είχαν χρησιμοποιήσει ηλεκτρικές κουβέρτες, θερμαινόμενα στρώματα νερού και ηλεκτρικά μαξιλάρια, είναι αν όχι μηδενικός, πολύ μικρός. Αυτό ισχύει και για γυναίκες με ηλικία μεγαλύτερη ή ίση των 45 χρόνων.

Δεν υπήρχε σημαντική διακύμανση του κινδύνου όσων αφορά τη διάρκεια χρήσης, με το αν η συσκευή είχε χρησιμοποιηθεί μόνο για να θερμάνει το κρεβάτι ή χρησιμοποιείται για όλη τη νύχτα. Πιθανούς παράγοντες κινδύνου του καρκίνου του μαστού που σχετίζονται με την χρήση ηλεκτρικής κουβέρτας δεν συγχέουν ουσιαστικά τις έρευνες. Τα στοιχεία αυτά δεν υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η χρήση ηλεκτρικής κουβέρτας αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού μεταξύ των γυναικών κάτω από την ηλικία των 55 ετών.

Σε χώρες με μικρά ποσοστά εμφάνισης καρκίνου του μαστού, όπως οι Ανατολικές χώρες, έχουν ξεκινήσει και τα ποσοστά αυτά αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Παρά το γεγονός ότι τα ποσοστά του γυναικείου καρκίνου του μαστού είναι χαμηλότερα στην Κίνα, για παράδειγμα, από ό, τι στις Δυτικές χώρες, τα ποσοστά έχουν αρχίσει να αυξάνονται ραγδαία. Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται σε αλλαγές σε καθιερωμένους παράγοντες κινδύνου καρκίνου του μαστού, αλλά είναι πιθανό ότι η έκθεση σε επαγγέλματα και καρκινογόνες ουσίες στο περιβάλλον στη Σαγκάη, επίσης, συνέβαλαν στην αύξηση της συχνότητας. Χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα που συλλέγονται από το Shanghai Cancer Registry και το Chinese Third National Census για τη μελέτη του κινδύνου καρκίνου του μαστού κατά επάγγελμα και κατά την έκθεση στο επάγγελμα. Τυποποιημένοι συντελεστές επίπτωσης (SIRS) χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση παρατηρημένων περιπτώσεων στον αναμενόμενο αριθμό των περιπτώσεων, με βάση τις συχνότητες εμφάνισης στη Σαγκάη και το ποσοστό των γυναικών σε κάθε επάγγελμα, σύμφωνα με την απογραφή του 1982. Στατιστικά αυξημένα SIRS για καρκίνο του μαστού είχαν δει για μια σειρά από επαγγελματικές κατηγορίες, με το μεγαλύτερο κίνδυνο να φαίνεται μεταξύ επιστημονικών ερευνητών. Διοικητικοί υπάλληλοι, πολιτικοί και προσωπικό ασφαλείας, καθώς και κατασκευαστές καουτσούκ και πλαστικών προϊόντων είχαν επίσης σημαντικές υπερβάσεις. Σημαντικά ελλείμματα κινδύνου παρατηρήθηκαν για τις κατηγορίες των εργαζομένων παραγωγής και των συναφών εργαζομένων, εργαζόμενοι στις κατασκευές, και χειριστές εξοπλισμού μεταφορών.

Για συγκεκριμένα επαγγέλματα, το υψηλότερο SIRS είχε παρατηρηθεί μεταξύ των γιατρών της κινεζικής Δυτικής ιατρικής (SIR = 14,7, 95) και οι γιατροί της κινεζικής ιατρικής (SIR = 7,2, 95%). Επίσης, βρέθηκε ότι υπάρχει αυξημένο SIRS μεταξύ των εκπαιδευτικών σε κάθε επίπεδο της εκπαίδευσης, βιβλιοθηκονόμων, των υπαλλήλων, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών μηχανικών, νοσοκόμων, τεχνικών εργαστηρίων, λογιστών και λογιστές, κατασκευαστές προϊόντων από καουτσούκ, υφαντών, και πλεκτοβιομηχανιών. Με βάση ένα μικρό αριθμό που εκτίθενται, τα SIRS ήταν αυξημένα τόσο για την μέση πιθανότητα όσο και για το υψηλό επίπεδο της έκθεσης



σε φυτοφάρμακα. Οι αυξήσεις στα επαγγέλματα που αναφέρονται εδώ υποστηρίζονται από ορισμένες προηγούμενες εκθέσεις. Διαπίστωση μας για τον αυξημένο κίνδυνο που συνδέεται με το βενζόλιο, επίσης, έχει αναφερθεί στο παρελθόν, η διαπίστωση για οργανικούς διαλύτες είναι νέα. Ωστόσο, η βιβλιογραφία σχετικά με τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού που αφορούν την επαγγελματική έκθεση είναι περιορισμένη και δεν υπάρχει συνεκτικός όγκος βιβλιογραφίας.

### 2.3.1.3. Λευχαιμία [3]

Σε μελέτες ασθενών-μαρτύρων, η διαστρέβλωση ή συστηματικό λάθος μπορεί να προκύψει από έναν αριθμό πηγών. Σφάλματα που οφείλονται στην εσφαλμένη κατάταξη των ασθενειών μπορεί να προκύψουν από εσφαλμένη διάγνωση. Εσφαλμένη διάγνωση μπορεί να συμβεί όταν οι πληροφορίες σχετικά με την έκθεση είναι ανύπαρκτες, ελλιπείς, ή με οποιονδήποτε τρόπο παραβιαστούν. Για παράδειγμα, οι εκθέσεις μπορεί να προέλθουν από πηγές εντός και εκτός σπιτιού, το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των οποίων μπορεί να ποικίλλουν ευρέως μεταξύ των σπιτιών. Εσφαλμένη έκθεση μπορεί να προκύψει από τη τεχνική μέτρησης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έκθεσης και από τον τρόπο που αυθαίρετα κατηγοριοποιούνται στοιχεία έκθεσης.

Μεροληψία διαστρέβλωσης προκύπτει από κάποια συστηματική διαφορά στον τρόπο που οι περιπτώσεις και οι έλεγχοι επιλέγονται έτσι ώστε θέτει σε κίνδυνο τη συγκρισιμότητά τους. Οι διαφορές μεταξύ των περιπτώσεων και ελέγχων μπορούν να προκύψουν από τη διαφορά εκχώρησης της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης, όπως για παράδειγμα, από την απρόσεκτη ή ακατάλληλη χρήση τυχαίων ψηφίων κλήσης για την επιλογή των ελέγχων και μια βασισμένη στον πληθυσμό εγγραφή για να επιλεγούν οι περιπτώσεις.

Για την ελαχιστοποίηση ή την αποφυγή ενδεχομένου μεροληψίας επιλογής, οι έλεγχοι πρέπει να είναι παρόμοιοι, και να επιλέγονται από τον ίδιο πληθυσμό ως περιπτώσεις. Σε γενικές γραμμές, οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την επιλογή ελέγχων δεν είναι αρκετές τεκμηριωμένες για να επιτρέψει μια κριτική αξιολόγηση των δυνητικών επιπτώσεών τους στη μελέτη αποτελεσμάτων.

Μεροληψία στην επιλογή των ελέγχων έχει συχνά προταθεί ως μια πιθανή εξήγηση για την παρατηρούμενη συσχέτιση μεταξύ κωδικών σύρματος, μαγνητικών πεδίων και παιδικής λευχαιμίας, Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία που να υποστηρίζουν ή να επικυρώνουν τον ισχυρισμό αυτό.

Έξι μελέτες για την οικιστική έκθεση και τη παιδική λευχαιμία έχουν εξετασθεί. Όλες ήταν καλά σχεδιασμένες, αλλά όλες έχουν περιορισμούς που κάνουν την κριτική αξιολόγηση ελαφρώς προβληματική. Τα αποτελέσματα του Green (1999) και Schuz (2001) έχουν ορισμένες εσωτερικές ασυμφωνίες. Ο Green διαπιστώθηκε σημαντική



αύξηση της επικινδυνότητας σε επίπεδο έκθεσης, όπου άλλοι έχουν επανειλημμένα βρει κανένα πρόσθετο κίνδυνο. Ο Schuz βρήκε αυξημένο κίνδυνο για την ενδιάμεση έκθεση το βράδυ αλλά όχι για την 24ωρη έκθεση. Οι McBride και Green χρησιμοποίησαν μια έκδοση του Wertheimer και Leeper κωδικούς σύρματος χωρίς την επικύρωση της χρήσης του για τις μελέτες 1998/1999, στον Καναδά

Έρευνες έχουν γίνει σε πολλά μέρη του κόσμου για τον εντοπισμό και την επιβεβαίωση ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα προκαλεί παιδική λευχαιμία. Από τις ΗΠΑ μέχρι και τη Νέα Ζηλανδία έχουν γίνει εξετάσεις. Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα των εξετάσεων αυτών ώστε να συμπεράνουμε κατά πόσο η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες αυξάνει τον κίνδυνο παρουσίας παιδικής λευχαιμίας.

Ο πληθυσμός της Νέας Ζηλανδίας είναι μικρότερος από 4 εκατομμύρια, καθιστώντας δύσκολη την απόκτηση μεγάλων δειγμάτων για μελέτες ασθενών-μαρτύρων σπάνιων νόσων, όπως η παιδικής ηλικίας λευχαιμία. Ως εκ τούτου, ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να συλλέξει δεδομένα με τέτοιο τρόπο, και με τέτοια αυστηρότητα, ώστε τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στις μελλοντικές μετα-αναλύσεις. Όλες οι περιπτώσεις λευχαιμίας εντοπίστηκαν μέσα από τρεις πηγές μητρώων στη Νέα Ζηλανδία. Παιδιά ηλικίας 0 έως 14 χρονών και να διαγνωσθούν μεταξύ του 1990 και του 1993 ήταν επιλέξιμα για ένταξη στη μελέτη. Τα κριτήρια ένταξης ήταν η κατοικία να είναι στη Νέα Ζηλανδία κατά τη στιγμή της διάγνωσης, και η γέννηση να έχει γίνει στην Νέα Ζηλανδία.

Εξαιρέσεις ήταν όλα τα θετά τέκνα. Όλες οι περιπτώσεις παιδικής λευχαιμίας επιβεβαιώθηκαν από ανεξάρτητη επανεξέταση. Ένα σύνολο από 131 περιπτώσεις λευχαιμίας εντοπίστηκαν. Οι έλεγχοι επιλέχθηκαν τυχαία από τα εθνικά αρχεία γεννήσεων και τα συμφωνημένα 1:1 ως υποθέσεις σχετικά με την ηλικία και το φύλο. Πληροφορίες από αμφότερες τις περιπτώσεις και τους ελέγχους λήφθηκαν με εις βάθος συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις για την απόκτηση των 121 από τα 131 περιπτώσεων, είναι επιλέξιμες περιπτώσεις (ποσοστό συμμετοχής του 92%). Μια λίστα της ηλικίας και της των φύλων-συμφωνημένων μαρτύρων ελήφθη από το Μητρώο Γεννήσεως και από τηλεφωνικούς καταλόγους και εκλογικούς καταλόγους. Η συνέντευξη περιλάμβανε επίσης ερωτήσεις σχετικά με τη χρήση συσκευών. Η κοινωνική τάξη ήταν με βάση το επάγγελμα των γονέων, με την μεγαλύτερη εκ των δύο να ανατεθεί στο παιδί. Μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου έγιναν για 24 ώρες κατά τη στιγμή της συνέντευξης σε δύο δωμάτια που συχνάζει το παιδί άνω των δύο ετών πριν από τη διάγνωση. Οι μετρήσεις έγιναν για 115 από τις 121 επιλέξιμες περιπτώσεις λευχαιμίας και για 117 από 121 επιλέξιμους μάρτυρες.

Σημεία επιλέχθηκαν εκ των προτέρων στα 0.1 και 0.2  $\mu\text{T}$ , έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμα με παρόμοιες μελέτες. Ωστόσο, μερικά σπίτια είχαν μέση έκθεση σε μαγνητικό πεδίο πάνω από 0.2  $\mu\text{T}$ , έτσι ώστε σημεία τομής όπως, 0.017 και 0.055  $\mu\text{T}$  επίσης εξετάστηκαν. Ένας πιθανός παράγοντας σύγχυσης είχε προσαρμοστεί εάν

προσθέτοντας στο μοντέλο άλλαζε το OR κατά περισσότερο από 10%. Μόνο η κοινωνική τάξη απαιτούσε προσαρμογή σε αυτή τη μελέτη. Συνολικά, τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής είναι αδιαμφισβήτητα. Καμία θετική συσχέτιση δεν ανιχνεύθηκε για λευχαιμία παιδικής ηλικίας και μετρούμενο μαγνητικό πεδίο έκθεσης στα επίπεδα  $> 0.2\mu\text{T}$  στο υπνοδωμάτιο του παιδιού. Υπήρχαν μη σημαντικές ενώσεις σε χαμηλότερα σημεία τομής. Επίσης, δεν υπήρχε καμία απόδειξη της σχέσεως έκθεσης-αντίδρασης. Όταν  $0.017$  και  $0.055\mu\text{T}$  σημεία τομής χρησιμοποιήθηκαν για να διαιρέσουν το φάσμα έκθεσης στην κρεβατοκάμαρα, καμία σημαντική αύξηση του κινδύνου δεν ανιχνεύθηκε για το υψηλότερο σημείο. Πολλαπλές συγκρίσεις διεξήχθησαν και ορισμένα θετικά ευρήματα θα μπορούσαν να αναμένονται λόγω παραλλαγών στις πιθανότητες. Άλλες αδυναμίες που περιλαμβάνουν χαμηλή στατιστική ισχύ λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος στα υψηλότερα επίπεδα της έκθεσης, και το γεγονός ότι μαγνητικά πεδία παρακολουθήθηκαν για κάθε παιδί μόνο στην σπίτι να είναι κατηλλειμένο στη συνέντευξη. Δεν είναι σαφές εάν τα παιδιά με σύνδρομο Down είχαν αποκλεισθεί (έχουν ένα αυξημένο κίνδυνο για λευχαιμία). Από την άποψη της αντοχής, η μελέτη ήταν με βάση τον πληθυσμό, και πέτυχε ικανοποιητικά ποσοστά συμμετοχής, μειώνοντας τη πιθανότητα για μεροληψία επιλογής.

### 2.3.1.4. Μεταλλάξεις [4]

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα μέτρια επίπεδα μη ιονίζουσας ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία, για παράδειγμα, 50/60 Hz μαγνητικά πεδία των περίπου 1 mT, δεν είναι μεταλλαξιογόνα. Ωστόσο, δεν είναι γνωστό αν τα πεδία μπορούν να ενισχύσουν τη δράση των γνωστών μεταλλαξιογόνων. Για να διερευνηθεί το ζήτημα αυτό, ένα αυστηρό πειραματικό πρωτόκολλο, το οποίο περιλαμβάνει τύφλωση και συστηματικούς αρνητικούς ελέγχους, τέθηκε σε εφαρμογή, ελαχιστοποιώντας τη δυνατότητα προκαταλήψεων του παρατηρητή ή πειραματικών αντικειμένων. Ως μοντελοποιημένο σύστημα, επιλέχθηκε να μετρηθούν οι συχνότητες μετάλλαξης που προκαλούνται από ακτίνες γάμμα 2 Gy σε οξειδοαναγωγικά ευαίσθητα υποξανθίνης-γουανίνης φωσφοριβοζυλο τρανσφεράση (HPRT) γονίδια σε κύτταρα ωοθηκών κινεζικού χάμστερ. Ελέγχθηκε αν μια έκθεση 12 ωρών σε μία 60 Hz ημιτονοειδή ταλάντωση μαγνητικής πυκνότητας ροής (BRMS = 0,7 mT) θα μπορούσε να επηρεάσει τις μεταλλαξιογόνες επιπτώσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας στο γενετικό HPRT γονίδιο. Καθορίστηκε ότι το μαγνητικό πεδίο επάγει στην έκθεση κατά προσέγγιση 1,8-φορές αύξηση στην HPRT συχνότητα μετάλλαξης. Επιπλέον πειράματα σε BRMS = 0,23 και 0,47 mT αποκάλυψαν ότι η επίδραση μειώθηκε σε χαμηλότερες πυκνότητες ροής. Η έκθεση πεδίου δεν ενίσχυσε την προκαλούμενη από ακτινοβολία κυτταροτοξικότητα ή συχνότητες μετάλλαξης σε κύτταρα που δεν εκτίθενται σε ιονίζουσες ακτινοβολίες. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι περιορισμένης αντοχής, ταλάντωσης μαγνητικά πεδία μπορεί να δρουν ως ενισχυτής της μεταλλαξιγένεσης σε θηλαστικά κύτταρα.

2.3.1.5. Αποβολή, γονιμότητα και αναπαραγωγική ικανότητα [5]

Εκθέσεις για αποβολές μεταξύ των γυναικών που χρησιμοποιούν τερματικά οθόνη βίντεο (VDT) οδήγησαν στην αρχική ανησυχία σχετικά με τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και των αποβολών. Οι περισσότερες από τις προηγούμενες μελέτες για αποβολές και τη χρήση των VDTs τις ηλεκτρικές κουβέρτες και ηλεκτρικούς θερμαντήρες κρεβατιού που χρησιμοποιούνται σαν υποκατάστατα, παρά τα προσωπικά μέτρα, δεν μπόρεσαν να αξιολογήσουν το μαγνητικό πεδίο έκθεσης.

Μελέτες και εκθέσεις λοιπόν προέκυψαν σε πολλές περιοχές του κόσμου ώστε να διαπιστωθεί αν η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία επηρεάζει τις γυναίκες στον τοκετό καθώς και τη γονιμότητά τους, όπως επίσης το πόσο επηρεάζει η ακτινοβολία στις αποβολές .

Παρακάτω θα δούμε σχετικές αναφορές που έγιναν σε διάφορες περιοχές καθώς και τα αποτελέσματά τους.

Για να μελετηθεί η επίδραση των μαγνητικών πεδίων στον κίνδυνο των αποβολών διεξήχθη μια βασισμένη στον πληθυσμό προοπτική μελέτη μεταξύ των εγκύων γυναικών μέσα σε ένα μεγάλο την υγεία φορέας συντήρησης. Όλες οι γυναίκες με θετικό τεστ εγκυμοσύνης σε λιγότερο από 10 εβδομάδες κύησης και που κατοικούν στη περιοχή του Σαν Φρανσίσκο ήρθαν σε επαφή για τη συμμετοχή στη μελέτη. Διεξήχθη σε πρόσωπο με πρόσωπο συνεντεύξεις για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με παράγοντες κινδύνου για την αποβολή και άλλους πιθανούς αγωγικούς παράγοντες. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν επίσης ζητηθεί να φορέσουν ένα μέτρο μέτρησης μαγνητικού πεδίου για 24 ώρες και να τηρούν ημερολόγιο των δραστηριοτήτων τους. Στοιχεία για την έκβαση της εγκυμοσύνης λήφθηκαν μέσω αναζήτησης σε κέντρα υγείας, ιατρικά διαγράμματα και τηλεφωνική παρακολούθηση. Χρησιμοποιήθηκε το υπόδειγμα αναλογικού κινδύνου Cox για την εξέταση του μαγνητικού πεδίου-αποβολή σύνδεσης. Ένα σύνολο από 969 υποκείμενα περιελήφθησαν στις τελικές αναλύσεις. Παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε η σύνδεση μεταξύ κινδύνου αποβολής και του μέσου όρου του επιπέδου μαγνητικών πεδίων, ο κίνδυνος αποβολής αυξήθηκε με την αύξηση του επιπέδου της μέγιστης έκθεσης σε μαγνητικό πεδίο με όριο περίπου 16 milligauss (Mg). Το ποσοστό αναλογίας (RR) που συνδέονται με την έκθεση σε μαγνητικά πεδία 16 mg (vs <16 mg) ήταν 1,8 (95% εμπιστοσύνης διάστημα (CI) = 1,2-2,7). Ο κίνδυνος παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα για τα επίπεδα της μέγιστης έκθεσης σε μαγνητικά πεδία 16 mg. Η σχέση ήταν ισχυρότερη για τις πρόωρες αποβολές (<10 εβδομάδες κύησης) (RR = 2,2, 95% CI = 1,2 - 4,0) και μεταξύ των "ευπαθών" γυναικών με πολλαπλές απώλειες προηγούμενων εμβρύων ή υπογονιμότητας (RR = 3,1, 95% CI = 1.3 - 7.7). Μετά τον αποκλεισμό των γυναικών που ανέφεραν ότι το καθημερινό μοτίβο δραστηριότητας τους κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δεν αποτελούσε την τυπική καθημερινή τους δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, η σύνδεση ενισχύθηκε, RR = 2,9

(95% CI = 01.06 - 05.03) για τη μέγιστη έκθεση σε μαγνητικά πεδία 16 mG, RR = 5,7 (95% CI = 2,1 - 15,7) για την πρόωρη αποβολή, και RR = 4,0 (95% CI = 01.04 - 11.05) μεταξύ των ευπαθών γυναικών. Τα ευρήματά παρείχαν ισχυρές ενδεχόμενες ενδείξεις ότι η προγεννητική μέγιστη έκθεση σε μαγνητικά πεδία πάνω από ένα ορισμένο επίπεδο (πιθανώς περίπου 16 mg) μπορεί να συνδέεται με τον κίνδυνο αποβολής. Αυτή η παρατηρούμενη σύνδεση είναι απίθανο να οφείλεται σε ανεξέλεγκτες τάσεις ή μη καταμετρημένους παράγοντες σύγχυσης.

Λόγο τις λεπτές θέσης του προβλήματος των αποβολών καθώς και διαφόρων άλλων παραγόντων, οι μετρήσεις και τα πειράματα που αφορούσαν αυτό το θέμα περιορίστηκαν σε πειράματα θηλαστικών ζώων κατά την κύησή τους.

Παρακάτω θα δούμε τέτοιες έρευνες.

Αρσενικές και θηλυκές αναπαραγωγικές λειτουργίες έχουν προταθεί ως πιθανώς ευαίσθητοι στόχοι για τις βιολογικές επιδράσεις των 60 Hz (συχνότητα δικτύου) μαγνητικών πεδίων (MF). Ωστόσο, τα πειραματικά δεδομένα που σχετίζονται με αυτή την υποτιθέμενη σύνδεση είναι πολύ περιορισμένα. Στην μελέτη που περιγράφεται μελέτη, η "αναπαραγωγική αξιολόγηση με συνεχή αναπαραγωγή" ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις πιθανές επιπτώσεις της έκθεσης MF για την αναπαραγωγική απόδοση, την εμβρυϊκή ανάπτυξη, καθώς και την πρόωμη μεταγεννητική ανάπτυξη σε αρουραίους. Ομάδες ίδιας ηλικίας αρουραίων Sprague-Dawley (40 ζεύγη αναπαραγωγής / ομάδα) εκτέθηκαν συνεχώς (18.5 ώρες ανά ημέρα) σε γραμμικά πολωμένα, μη παροδική 60 Hz MF σε εντάσεις πεδίου από 0 Gauss (G, εικονικού ελέγχου), 0,02 G, 2,0 G ή 10,0 G. Μια πρόσθετη ομάδα 40 αναπαραγωγικών ζευγών έλαβαν διακοπτόμενη (1 ώρα με / 1 ώρα εκτός) έκθεση σε 10,0 G πεδία. F0 ζεύγη αναπαραγωγής εκτέθηκαν σε MF ή εικονικά πεδία για 1 εβδομάδα πριν από το ζευγάρι, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 14 εβδομάδων συγκατοίκησης, και κατά τη διάρκεια τριών εβδομάδων κρατούμενης περιόδου μετά τη συμβίωση. Η διάρκεια της περιόδου της συμβίωσης επιλέχθηκε να είναι επαρκής για την παράδοση πέντε νεογνών στην ομάδα ελέγχου. Νεογνά από τα τελικά F1 απορρίμματα από καθένα ζευγάρι αναπαραγωγής εκτέθηκαν σε MF ή εικονικά πεδία μέχρι τη σεξουαλική ωριμότητα, όπου συμβίωσαν σε MF ή εικονικά πεδία για 7 ημέρες με νεογνά από την ίδια ομάδα έκθεσης, και κρατήθηκαν σε MF ή εικονικά πεδία για 22 ημέρες για να επιτρέψουν την παράδοση των νεογνών F2 για αξιολόγηση. Καμία ένδειξη της έκθεσης που σχετίζονται με τοξικότητα δεν προσδιορίστηκε σε κανένα αρουραίο στις F0, F1, F2 ή γενιές. Εμβρυϊκή βιωσιμότητα και βάρη σώματος σε όλα τα νεογνά των ομάδων που εκτέθηκαν σε MF ήταν συγκρίσιμες με εκείνες των εικονικών ελέγχων. Καμία σημαντική διαφορά μεταξύ εικονικού ελέγχου και MF-εκτεθειμένων ομάδων δεν παρατηρήθηκε σε κάθε μέτρηση αναπαραγωγικής ικανότητας (σκουπιδιών / ζευγάρια αναπαραγωγής, το ποσοστό γονιμότητας ζευγαριών, η λανθάνουσα κατάσταση σε τοκετό, το μέγεθος των σκουπιδιών, ή η αναλογία φύλου) είτε στην F0 ή F1 γενιά. Η έκθεση των Sprague-Dawley στα 60 Hz MF ενισχύθηκε έως 10,0 G, είτε κατά τη διάρκεια της αιχμής της

αναπαραγωγικής περιόδου (F0) ή κατά τη διάρκεια της κύησης και σε όλη τη διάρκεια ζωής τους (F1) δεν έχει βιολογικά σημαντικές επιπτώσεις στην αναπαραγωγική απόδοση. Αυτά τα αποτελέσματα δεν υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η έκθεση σε καθαρά, γραμμικά πολωμένα 60 Hz MF είναι μια σημαντική παράμετρος ή επιδρά τοξικά στην ανάπτυξη. Μια άλλη έρευνα έδειξε το εξής. Για να διερευνήσουν τις επιπτώσεις μιας εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) μαγνητικού πεδίου σχετικά με τη γονιμότητά τους, ενήλικοι αρσενικοί και θηλυκοί Sprague-Dawley αρουραίοι εκτέθηκαν σε 50 Hz ημιτονοειδές μαγνητικό πεδίο περίπου 25μT (rms) για 90 ημέρες πριν ζευγαρώσουν με μη εκτεθειμένους ομολόγους. Η έκθεση σε ένα πεδίο 50Hz μειώνει την ανδρική γονιμότητα του αρουραίου. Ο αριθμός των εγκύων θηλυκών μειώθηκε όταν ζευγαρώσαν με εκτεθειμένα αρσενικά, και ο αριθμός των απορροφήσεων αυξήθηκε. Τα αποτελέσματα του μαγνητικού πεδίου στην ανδρική γονιμότητα φαίνεται να είναι εν μέρει αναστρέψιμα, όταν η ίδια εκτεθειμένη ομάδα των ανδρών όπου ξαναζευγαρώσαν 45 και 90 ημέρες μετά την απομάκρυνση από τα πεδία. Η έκθεση των ενήλικων θηλυκών αρουραίων σε 50 Hz μαγνητικά πεδία για 90 ημέρες πριν από το ζευγάρωμα μείωσε σημαντικά τη γονιμότητά τους. Οι μέσοι αριθμοί των εμφυτεύσεων και της διαβίωσης των εμβρύων ανά γέννα ήταν επίσης σημαντικά μειωμένα στην ομάδα των 50 Hz. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι χαμηλής συχνότητας μαγνητικά πεδία έχουν κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στη γονιμότητα των αρσενικών και των θηλυκών αρουραίων.

Τα αποτελέσματα λοιπόν είναι ανάμεικτα και διαφέρουν μεταξύ τους. Το αν λοιπόν επηρεάζει την κύηση, τη γονιμότητα και την πιθανότητα αποβολής η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία έχει ακόμα περιθώρια εξακρίβωσης.

Δεν περιορίζονται σε αυτά μόνο οι κίνδυνοι αλλά και σε αρκετούς άλλους τομείς που όμως δεν θα τους δούμε στη παρούσα εργασία.

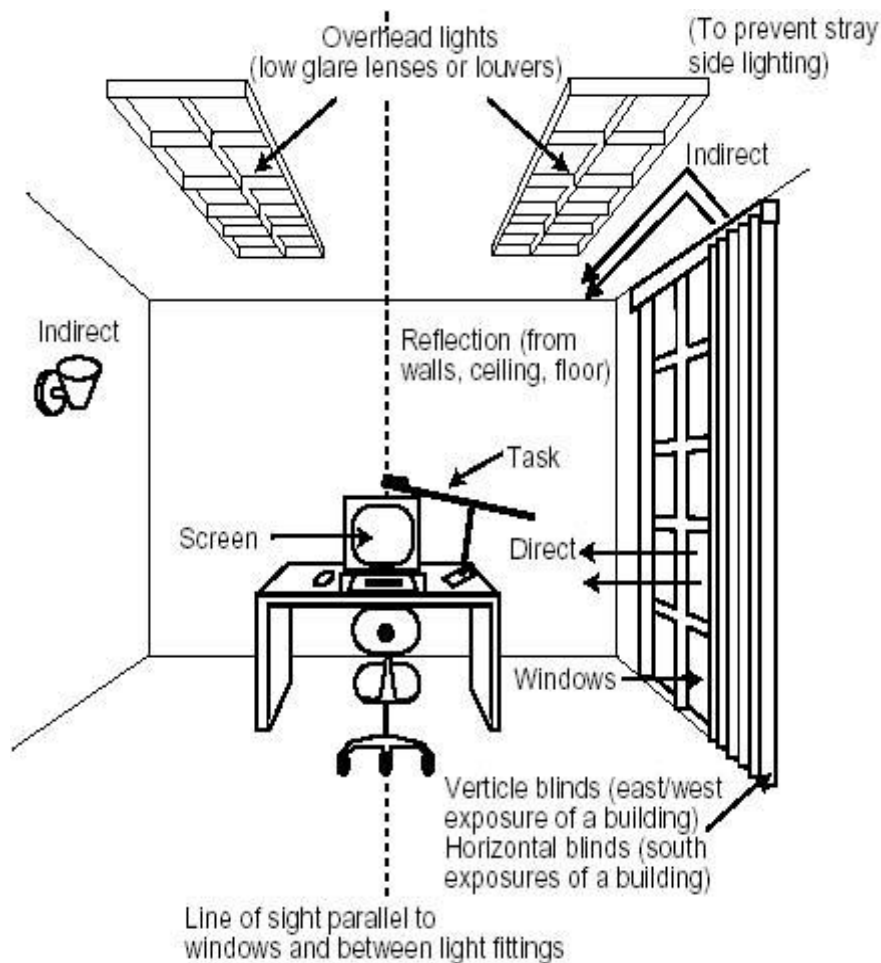
### **2.4. Μέτρα Αντιμετώπισης:**

Υπάρχουν, όπως αναφέραμε και παραπάνω, μέτρα για την αντιμετώπιση των τραυματισμών αλλά και των οπτικών βλαβών.

Για παράδειγμα ο φωτισμός του χώρου που βρίσκεται το VDT έχει 4 προδιαγραφές για μια σωστή, οπτικά, λειτουργία.

Αυτές είναι η ποσότητα, η αντίθεση και η άμεση και αντανακλώμενη ένταση φωτός.



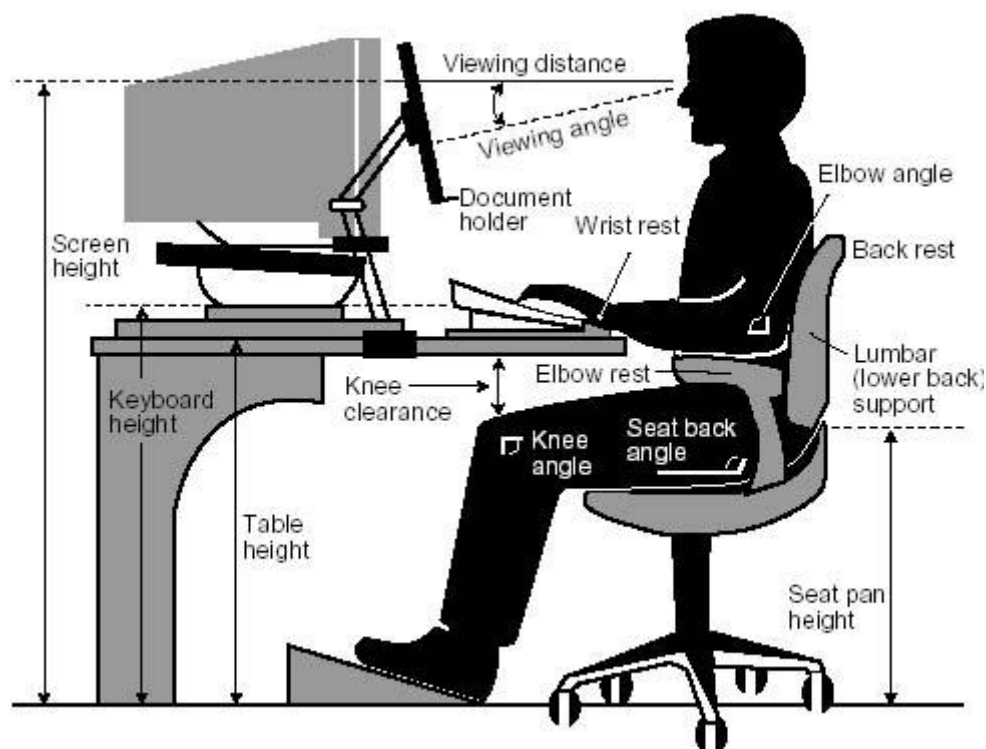


Συγκεκριμένα, η ποσότητα του φωτός που υπάρχει στο χώρο που βρίσκεται το VDT δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή. Αυτό μαζί με την αντίθεση της οθόνης πρέπει οπωσδήποτε να ρυθμίζεται ώστε να μην είναι και τα δύο εξίσου έντονα ή το αντίθετο.

Επίσης η ανατακλώμενη ένταση φωτός που μπορεί να εμφανιστεί μέσα από την οθόνη πρέπει να αποφεύγεται. Αυτό μπορεί να καταπολεμηθεί με τη σωστή θέση στο χώρο του VDT αλλά και την σωστή κλίση που έχει ως προς το σημείο που βρίσκεται ο χρήστης.

Επιπλέον, η θέση του VDT στο γραφείο, πρέπει να ορίζεται ανάλογα με τη δουλειά που κάνει ο χρήστης.

Για παράδειγμα αν ο χρήστης απαιτείται να έχει συχνή οπτική επαφή με το VDT τότε θα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς μπροστά του και σε σημείο ώστε να μην κουράζονται τα μάτια του. Επίσης και η στάση του σώματός του πρέπει να είναι σωστή. Δηλαδή να κάθεται αναπαυτικά μεν, αλλά όχι με τρόπο που μπορεί να βλάψει τη σπονδυλική του στήλη. Ακόμα και το ύψος του γραφείου, η καρέκλα και το υποβοηθητικό για τα πόδια μπορούν να συντελέσουν στην σωστή ή όχι στάση του σώματος και ως εκ τούτου την αποφυγή τραυματισμών.



#### 2.4.1. Διεθνή Πρότυπα Έκθεσης ΗΜ ακτινοβολίες [5]

Τα μέτρα αντιμετώπισης για την υπερβολική έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, είναι ποικίλα. Για παράδειγμα ανάλογα αν η έκθεση γίνεται στο χώρο κατοικίας, σημαίνει ότι οι ηλεκτρικές συσκευές δεν τηρούν τις προδιαγραφές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό αποφεύγεται με ενδελεχή έλεγχο των χαρακτηριστικών των συσκευών και την απομάκρυνση από το σπίτι συσκευών που δεν τηρούν τις προϋποθέσεις.

Όσον αφορά τον εργασιακό τομέα, ευθύνη για την υπερβολική έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες έχει η εταιρία. Είναι υποχρέωση της να τηρεί τους κανόνες ασφαλείας και τα διεθνή πρότυπα, που αφορούν την έκθεση των εργαζομένων της σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες.

Παρακάτω θα δούμε τα επιτρεπόμενα όρια τα οποία ορίζονται από το κράτος και την Ελληνική νομοθεσία.

Τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού για την Ελλάδα ορίζονται στις παραγράφους 9 και 10 (κατά περίπτωση) του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) με

θέμα “Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις” και στα άρθρα 2-4 της υπ’ αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) Κοινής Απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά». Η προαναφερθείσα Κ.Υ.Α. βασίστηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε., L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999, «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz - 300 GHz».

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι τόσο στην προαναφερθείσα Κ.Υ.Α. όσο και στη Σύσταση της Ε.Ε. προβλέπονται βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι βασικοί περιορισμοί βασίζονται άμεσα σε αποδεδειγμένες επιπτώσεις στην υγεία και σε βιολογικές μελέτες ενώ τα επίπεδα αναφοράς χρησιμοποιούνται για την πρακτική εκτίμηση της έκθεσης προκειμένου να διαπιστωθεί το ενδεχόμενο υπέρβασης των βασικών περιορισμών.

Διευκρινίζεται εδώ ότι οι βασικοί περιορισμοί για την έκθεση του κοινού στα εκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, βασίστηκαν σε όλες τις μέχρι σήμερα αποδεδειγμένες επιδράσεις και έχουν οριστεί με μεγάλους συντελεστές ασφαλείας (μεγέθους περίπου 50) έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τις διαφορές όσον αφορά την ηλικία και την κατάσταση της υγείας του κοινού. Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί πως τα επίπεδα αναφοράς που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της έκθεσης προέρχονται από τους βασικούς περιορισμούς, υπό συνθήκες μέγιστης σύζευξης του πεδίου με το εκτιθέμενο σε αυτό άτομο, παρέχοντας έτσι το μέγιστο βαθμό προστασίας.

Ακόμα πρέπει να τονιστεί πως ως όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού στην Ελλάδα (παραγρ. 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431) θεωρούνται το 70% των τιμών της Ε.Ε., εισάγοντας έτσι ένα πρόσθετο συντελεστή ασφαλείας. Επίσης ειδικά σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραιάς σε απόσταση μέχρι 300 μέτρων από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, προβλέπεται περαιτέρω μείωση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού (παραγρ. 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431), καθώς αυτά απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών της Ε.Ε. Πρέπει λοιπόν εδώ να υπογραμμιστεί ότι σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες που έχουν θεσπίσει από τα αυστηρότερα όρια στην Ευρώπη.[14]

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι βασικοί περιορισμοί της σύστασης της Ε.Ε. για την περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz για την πυκνότητα του επαγόμενου ρεύματος. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι βασικοί περιορισμοί για την περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10GHz για τον ρυθμό ειδικής απορρόφησης (SAR). Για συχνότητες από 10-300GHz οι βασικοί περιορισμοί αφορούν την πυκνότητα ισχύος και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3. Στους Πίνακες 2.1 έως 2.3 παρουσιάζονται και οι βασικοί περιορισμοί στην Ελληνική Νομοθεσία, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή των συντελεστών μείωσης 70% και 60% κατά περίπτωση.



## ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ

**Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την πυκνότητα του επαγόμενου ρεύματος στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10MHz .**

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (mA/m <sup>2</sup> )	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (mA/m <sup>2</sup> )	60% τιμών ΕΕ (mA/m <sup>2</sup> )
Πυκνότητα επαγόμενου ρεύματος	$f / 500$	$f / 714$	$f / 833$

**Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απορροφούμενη ενέργεια από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz-10GHz .**

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (W/kg)	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (W/kg)	60% τιμών ΕΕ (W/kg)
Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος	0,08	0,056	0,048
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό	2	1,4	1,2
Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα	4	2,8	2,4

**Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την πυκνότητα ισχύος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην περιοχή συχνοτήτων 10-300GHz.**

Φυσικό Μέγεθος	Τιμές ΕΕ (W/m <sup>2</sup> )	Ελληνική νομοθεσία	
		70% τιμών ΕΕ (W/m <sup>2</sup> )	60% τιμών ΕΕ (W/m <sup>2</sup> )
Πυκνότητα Ισχύος	10	7	6

**Επίπεδα αναφοράς της Ελληνικής Νομοθεσίας σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων όπως προκύπτουν για συντελεστή μείωσης 70% και 60% για τα μεγέθη ης έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E), της έντασης του μαγνητικού πεδίου (H) και της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος επίπεδου κύματος (P).**

Περιοχή Συχνοτήτων	70%			60%			Εφαρμογές
	E (V/m)	H (A/m)	P (W/m <sup>2</sup> )	E (V/m)	H (A/m)	P (W/m <sup>2</sup> )	
10-400MHz	23.4	0.0611	1,4	21.7	0.0565	1,2	ραδιοφωνία FM, επικοινωνίες TETRA, εκπομπές VHF, κ.α.
600 MHz	28.2	0.0758	2.1	26.1	0.0702	1.8	εκπομπές TV UHF
800 MHz	32.5	0.0876	2.8	30.1	0.0811	2.4	
900 MHz	34.5	0.0929	3.1	31.9	0.0860	2.7	κινητή τηλεφωνία GSM-900
1800 MHz	48.8	0.1313	6.3	45.2	0.1216	5.4	κινητή τηλεφωνία GSM-1800
2-300GHz	51	0.1339	7	47.2	0.1239	6	κινητή τηλεφωνία UMTS, μικροκυματικές ζεύξεις, δορυφορικές επικοινωνίες

Σύμφωνα με την σημείωση 8 του πίνακα 2 της ΚΥΑ 53571/3839/6-9-2000 στην περίπτωση των παλμικά διαμορφωμένων πεδίων, όπως για παράδειγμα στο περιβάλλον ραντάρ, προτείνεται ο μέσος όρος της πυκνότητας ισχύος εφ' όλου του εύρους του παλμού να μην υπερβαίνει το 1000πλάσιο των επιπέδων αναφοράς, ή οι εντάσεις των πεδίων να μην υπερβαίνουν το 32πλάσιο των επιπέδων αναφοράς. Οι παραπάνω περιορισμοί για τις τιμές κατά την διάρκεια των παλμών είναι αυστηρότεροι από τους αντίστοιχους περιορισμούς για την μέση τιμή των μεγεθών εάν το duty cycle είναι μικρότερο από 1/1000.

Σε περίπτωση που περίπτωση μηχανήματος ή συσκευής ή κάποιο ηλεκτρικό μηχάνημα το οποίο θα μπορούσε να υπερβαίνει το όριο που ορίζει η νομοθεσία θα πρέπει να γίνουν μετρήσεις για την επαλήθευση. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται από ειδικευμένα άτομα τα οποία παίρνουν τις μετρήσεις σύμφωνα με το πρότυπο που ορίζει επίσης η Ελληνική νομοθεσία. Αυτό είναι το εξής.

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από κλιμάκιο του Γραφείου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών της Ε.Ε.Α.Ε. με σκοπό την καταγραφή των επιπέδων της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και την εξακρίβωση της συμμόρφωσης ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού όπως αυτά ορίζονται στις παραγράφους 9 και 10 (κατά περίπτωση) του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) με θέμα “Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις” και στα άρθρα 2-4 της υπ’ αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) Κοινής Απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά». Τα όρια αυτά αναλύονται περαιτέρω στην επόμενη παράγραφο.

Ο τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία ορίζεται στην υπ’ αριθ. 2300 ΕΦΑ (493) Κ.Υ.Α. (ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα κάτωθι πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN 61566:1999 «Μετρήσεις της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας – Ένταση πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 100 kHz έως 1 GHz»
- ΕΛΟΤ EN 50383, 2003 “Βασικό πρότυπο για τον υπολογισμό και την μέτρηση έντασης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του SAR σχετικά με την έκθεση του ανθρώπου σε ραδιοσταθμούς βάσης και σταθερούς τερματικούς σταθμούς για ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα (110 MHz - 40 GHz)”
- ΕΛΟΤ EN 50400, 2006 “Βασικό πρότυπο για την επίδειξη συμμόρφωσης σταθερού εξοπλισμού για ραδιομετάδοση (110MHz-40GHz) που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε ασύρματα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα με τους βασικούς περιορισμούς ή τις στάθμες αναφοράς σχετικά με την έκθεση γενικού πληθυσμού στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων, όταν πρόκειται να τεθούν σε υπηρεσία”

- CEPT Revised ECC/REC/(02)04, “Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz)”
- ETSI EG 202 373 V.1.1.1, 2005 “Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Guide to the methods of measurement of Radio Frequency (RF) fields”
- IEEE Std C95.3-2002, «IEEE Recommended Practice For Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 100kHz-300GHz»
- Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 1422-3, 2007 «Συνεγκατάσταση κεραιών ραδιοεπικοινωνιών - Μέρος 3: Τεχνικές Δοκιμών και Μετρήσεων - Όρια», Έκδοση 1η
- ΕΛΟΤ EN 50420, 2006 “Βασικό πρότυπο για την αποτίμηση της έκθεσης του ανθρώπου στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία από αυτόνομο πομπό ευρυεκπομπής (30 MHz - 40 GHz) ”.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί εδώ πως το Γραφείο Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών της Ε.Ε.Α.Ε. έχει διαπιστευτεί από το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης (Ε.ΣΥ.Δ.) ως ικανό, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025, να διενεργεί μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων (όπως καθορίζεται στο πιστοποιητικό διαπίστευσης για δοκιμές με αρ. 117(2),16/04/2007).

Πραγματοποιούνται σειρές μετρήσεων που αφορούν τις εντάσεις του ηλεκτρικού πεδίου, του μαγνητικού πεδίου και την πυκνότητα ισχύος, σε σημεία που κρίνεται από το κλιμάκιο της υπηρεσίας μας ότι πρέπει να διεξαχθούν μετρήσεις προκειμένου να ελεγχθούν οι πιο «επιβαρυνμένες» από πλευράς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, θέσεις και συνθήκες έκθεσης του κοινού και να διαπιστωθεί η συμμόρφωση ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης που καθορίζονται στην κείμενη νομοθεσία.

Τα επίπεδα αναφοράς αφορούν τα μετρήσιμα φυσικά μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E), της έντασης του μαγνητικού πεδίου (H) και της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος επίπεδου κύματος (P). Στο πρώτο πίνακα παραπάνω, παρουσιάζονται τα επίπεδα αναφοράς για τα τρία αυτά φυσικά μεγέθη όπως ορίζονται στην σύσταση της Ε.Ε., σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

Δεδομένου του ότι δεν είναι ισοδύναμη η εφαρμογή ενός συντελεστή μείωσης στις τιμές των μεγεθών που αφορούν τα επίπεδα αναφοράς και τους βασικούς περιορισμούς και επειδή η τήρηση των βασικών περιορισμών είναι το ζητούμενο σε κάθε περίπτωση, ενώ τα επίπεδα αναφοράς είναι ουσιαστικά ενδιάμεσα μετρήσιμα μεγέθη που διευκολύνουν πρακτικά την διαπίστωση της συμμόρφωσης με τους βασικούς περιορισμούς, προκύπτει ότι η εφαρμογή των συντελεστών μείωσης στο 60% και 70% κατά περίπτωση, αφορά αποκλειστικά τα μεγέθη των βασικών περιορισμών. Με αυτόν τον τρόπο, άλλωστε, διασφαλίζεται ότι σε κάθε περίπτωση η μη υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς συνεπάγεται και την μη υπέρβαση των βασικών περιορισμών, ενώ η υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς, δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη και την υπέρβαση των βασικών περιορισμών. Τα επίπεδα αναφοράς της ελληνικής νομοθεσίας λοιπόν προκύπτουν έτσι ώστε να τηρούνται σε κάθε περίπτωση οι βασικοί περιορισμοί των πινάκων 2.1 έως 2.3 που προαναφέρθηκαν.

Δηλαδή, τα επίπεδα αυτά προκύπτουν από την εφαρμογή συντελεστή μείωσης 70% ή 60% ανάλογα με την περίπτωση, στα επίπεδα αναφοράς της Ε.Ε. για τα μεγέθη E και H όταν πρόκειται για την τήρηση των βασικών περιορισμών που αφορούν επαγόμενα ρεύματα και E2, H2 και P όταν πρόκειται για την τήρηση των βασικών περιορισμών που αφορούν SAR ή πυκνότητα ισχύος.

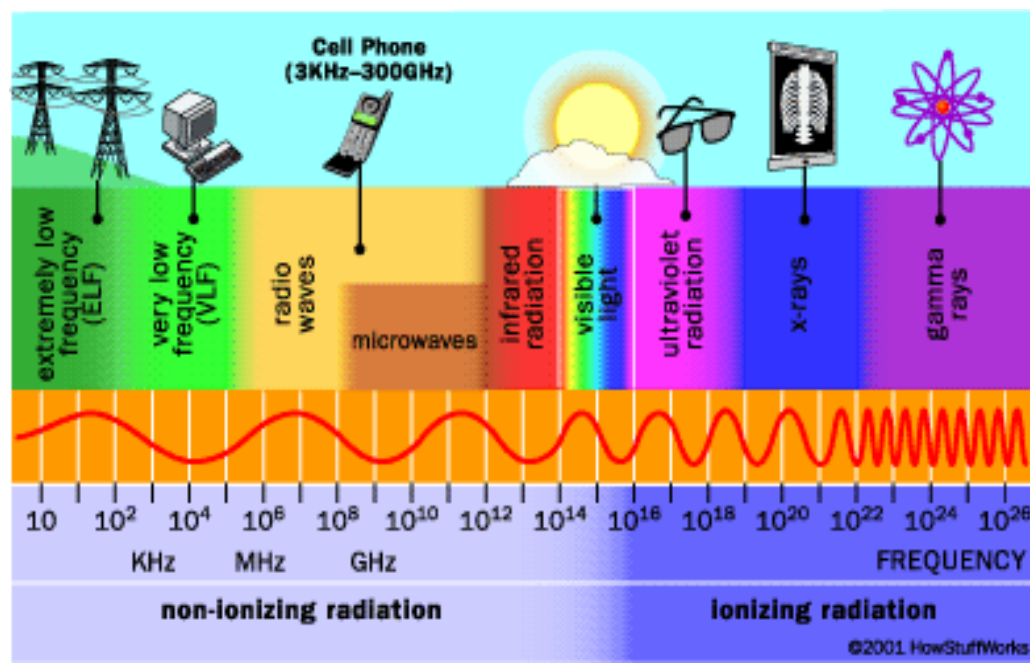
Ο τρόπος εφαρμογής των συντελεστών μείωσης (70% ή 60% κατά περίπτωση όπως προβλέπεται στις παραγράφους 9 και 10, αντίστοιχα, του άρθρου 31 του ν. 3431, ΦΕΚ 13/Α/3.2.2006) στις τιμές που καθορίζονται στα άρθρα 2<sup>ο</sup>4 της υπ' αριθ. 53571/3839 ΚΥΑ (ΦΕΚ. 1105/Β/6.9.2000) και οι προκύπτουσες τιμές αναφέρονται αναλυτικά στην «Εγκύκλιο της Ε.Ε.Α.Ε. για τον καθορισμό ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν. 3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006)» της 12-01-2007 με Α.Π. Π/105/104, που εκδόθηκε κατόπιν σχετικής απόφασης του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΕΑΕ στην 183η Συνεδρίαση του της 30.6.2006.

Άλλες χώρες πέραν της Ελλάδος ακολουθούν κάποια διαφορετικά πρότυπα τα οποία όμως δεν έχουν πολλές διαφορές με αυτά της Ελλάδας. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης ακολουθείται κατά γράμμα η Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ισχύουν τα όρια της ICNIRP. Οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Μεγάλη Βρετανία, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και άλλες χώρες έχουν εφαρμόσει όρια που βασίζονται στις θερμικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και είναι πρακτικά ίδια με αυτά της ICNIRP. Η Ελβετία και η Ιταλία έχουν εκδώσει νόμους με τους οποίους ορίζουν ότι σε ευαίσθητους χώρους, όπως κατοικίες, σχολεία κλπ, εφαρμόζονται όρια για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι υποπολλαπλάσια αυτών της ICNIRP. Πολλές χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης έχουν υιοθετήσει όρια για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά της ICNIRP, βάσει κάποιων αδημοσίεωτων επιστημονικών ερευνών που αναφέρουν μη θερμικές επιδράσεις. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την εναρμόνιση των ορίων έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλο τον κόσμο [15].

Τα όρια της ICNIRP βασίστηκαν στην επιστημονική έρευνα και προέκυψαν εφαρμόζοντας μεγάλους συντελεστές ασφαλείας (της τάξης του 50, όπως προαναφέρθηκε). Η εφαρμογή των επιπλέον συντελεστών μείωσης στην Ελληνική Νομοθεσία δεν τεκμαίρεται από τα επιστημονικά δεδομένα. Ήταν, όμως, μια καθαρά πολιτική απόφαση που βασίστηκε στα πλαίσια της «αρχής της προφύλαξης», δηλαδή στην λήψη μέτρων χωρίς να είναι σίγουρο ότι υπάρχει κάποιος κίνδυνος. Η μείωση των ορίων στην Ελληνική Νομοθεσία δεν θα πρέπει να κάμψει την εμπιστοσύνη μας στην επιστημονική κοινότητα και στα όρια που έχουν επιστημονική βάση.

### 3. Ακτινοβολίες [6]

Στο Κεφ.1 είδαμε επιγραμματικά τα είδη ενέργειας που εκπέμπονται από VDTs. Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε θεωρητικά δύο είδη ακτινοβολιών. Τις VLF (Very Low Frequency) και ELF (Extremely Low Frequency).

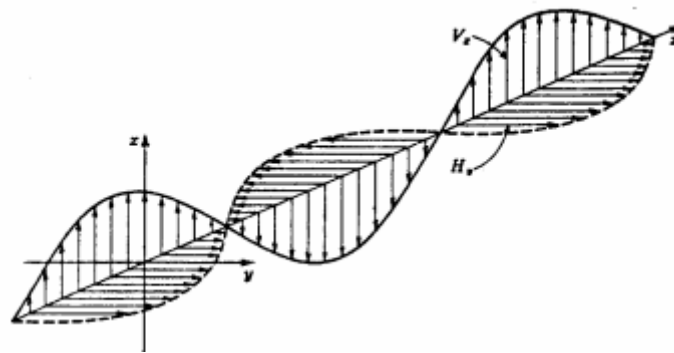


Για να μελετήσουμε όμως αυτές τις δύο ακτινοβολίες θα πρέπει να κατανοήσουμε κάποια γενικά θέματα όσον αφορά τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

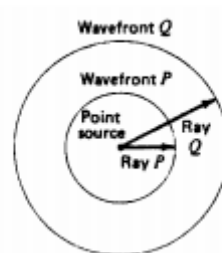
FREQUENCY	DESCRIPTION
30 GHZ - 300 GHZ	extremely high frequency
3 GHZ - 30 GHZ	superhigh frequency
300 MHZ - 3 GHZ	ultrahigh frequency
30 MHZ - 300 MHZ	very high frequency
3 MHZ - 30 MHZ	high frequency
300 KHZ - 3 MHZ	medium frequency
30 KHZ - 300 KHZ	low frequency
3 KHZ - 30 KHZ	very low frequency
300 HZ - 3 KHZ	voice frequency
Up to 300 HZ	extremely low frequency

## ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι ταλαντώσεις που μεταδίδονται στον ελεύθερο χώρο με την ταχύτητα του φωτός ( $c = 299.792.500 \pm 300 \text{m/sec}$ , για τις περισσότερες εφαρμογές). Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων έχει πολλές ομοιότητες με την διάδοση των κυμάτων που δημιουργούνται στο νερό όταν μια πέτρα διαταράξει την ισορροπία του, με μια σημαντική διαφορά. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι εγκάρσια ενώ τα κύματα στο νερό διαμήκη. Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι κάθετα μεταξύ τους όπως δείχνει και το σχήμα παρακάτω. Αυτή είναι μια θεώρηση που πρακτικά δεν μπορεί να ελεγχθεί αφού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι μη ορατά. Ωστόσο η θεώρηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των κυμάτων κατά τα φαινόμενα της ανάκλασης της διάθλασης και της περίθλασης.



Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα που εκπέμπεται από μια σημειακή πηγή διαδίδεται στον ελεύθερο χώρο ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Η διάδοση του κύματος είναι σφαιρική όπως φαίνεται και στο σχήμα :



Για να απλουστεύσουμε την έννοια της διάδοσης φανταζόμαστε ακτίνες που εκπέμπονται από την σημειακή πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε απόσταση P από την σημειακή πηγή το κύμα έχει μια συγκεκριμένη φάση. Η ακτίνα αφήνει την σημειακή πηγή όταν η τάση και το ρεύμα είναι μέγιστα σε ένα κύκλωμα το οποίο τροφοδοτεί την σημειακή πηγή π.χ. σε ένα μέγιστο του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

Όλα τα σημεία εκείνα τα οποία έχουν την ίδια φάση σχηματίζουν ένα επίπεδο το οποίο ονομάζεται μέτωπο κύματος. Αν το μήκος της ακτίνας Q είναι διπλάσιο του P



τότε η νέα σφαίρα που δημιουργείται έχει επιφάνεια 4 φορές μεγαλύτερη της σφαίρας ακτίνας  $R$ . Αποδεικνύεται, ότι η συνολική ισχύς της σημειακής πηγής εξαπλώνεται καλύπτοντας τετραπλάσια περιοχή (σφαιρική) για κάθε διπλασιασμό της απόστασης. Έτσι αν ορίσουμε την πυκνότητα ισχύος σαν ακτινοβολούμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας τότε η πυκνότητα ισχύος ελαττώνεται στο  $\frac{1}{4}$  της τιμής της όταν η απόσταση από την πηγή διπλασιάζεται [7].

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες αυτές καθ' αυτές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά και από τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας. Επειδή η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται σημαντικά από την συχνότητα στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συχνοτήτων με τον άξονα της συχνότητας να είναι σε λογαριθμική κλίμακα. Τα κύματα διαδίδονται σε ευθείες τροχιές εκτός αν η ατμόσφαιρα με τα χαρακτηριστικά της αλλάξουν την πορεία τους. Εκτός ελαχίστων περιπτώσεων κύματα σε συχνότητες άνω της περιοχής HF διαδίδονται σε ευθείες τροχιές. Τα κύματα αυτά ονομάζονται μερικές φορές τροποσφαιρικά κύματα επειδή διαδίδονται στην τροπόσφαιρα, το στρώμα της ατμόσφαιρας πιο κοντά στο έδαφος. Για συχνότητες κάτω από την ζώνη HF τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται γύρω από την γη, ορισμένες φορές κάνοντας πλήρη περιστροφή. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι δημιουργείται ένα είδος κυματοδηγού μεταξύ του χαμηλότερου επιπέδου της ιονόσφαιρας και της επιφάνειας της γης. Τα κύματα αυτά ονομάζονται κύματα επιφανείας και χρησιμοποιούνται για διαδόσεις χωρίς οπτική επαφή. Ηλεκτρομαγνητικά κύματα στις συχνότητες της ζώνης HF ανακλώνται από την ιονόσφαιρα και ονομάζονται ουράνια ή ιονοσφαιρικά κύματα. Τέτοιου είδους κύματα εκπέμπονται προς τον ουρανό ανακλώνται από την ιονόσφαιρα και επιστρέφουν στο έδαφος πολύ πέρα από τον ορίζοντα. Για να φθάσουν τα κύματα αυτά σε δέκτες που βρίσκονται στο άλλο ημισφαίριο της γης πρέπει να ανακλαστούν μεταξύ της γης και τη ιονόσφαιρας αρκετές φορές [10].

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ



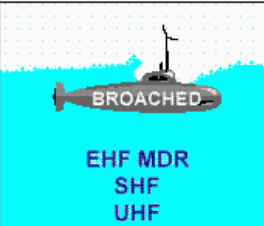

Περιοχή συχνοτήτων (f)	Ονομασία συχνοτήτων (m)	Μήκος κύματος λ	Ονομασία κύματος	Εμβέλεια κατά προσέγγιση (km)	Κύριες χρήσεις
30Hz - 3kHz	Εξαιρετικά χαμηλές (ELF)	$> 10^7 - 10^5$			Σύνδεση με υποβρύχια
3 - 30kHz	Πολύ χαμηλές (VLF)	$10^6 - 10^4$		$> 1500$	Μεγάλης εμβέλειας χρήση στο ναυτικό και στο στρατό
30 - 300kHz	Χαμηλές (LF)	$10^3 - 10^2$	Μακρά κύματα (LW)	$> 1500$	Μεγάλης εμβέλειας χρήση στο ναυτικό και στο στρατό
300kHz - 3MHz	Μεσαίες (MF)	$10^3 - 10^2$	Μεσαία κύματα (MW)	$< 1500$	Ραδιοφωνικές μεταδόσεις
3 - 30MHz	Υψηλές (HF)	$10^2 - 10$	Βραχεία κύματα (SW)	σε όλο τον κόσμο	Ραδιοφωνικές μεταδόσεις
30 - 300MHz	Πολυ υψηλές, (VHF)	$10 - 1$	Υπερβραχεία κύματα	μόλις πάνω από τον ορίζοντα	Ήχος υψηλής ποιότητας
300 - 3000MHz	Υπερυψηλές (UHF)	$1 - 10^{-1}$	Υπερβραχεία κύματα	ορίζοντας	Συνδέσεις τηλεοπτικές ή κινητής τηλεφωνίας
3 - 30GHz	Σούπερ υψηλές συχνοτήτες (SHF)	$10^{-1} - 10^{-2}$	Μικροκύματα	36000	Συνδέσεις μικροκυμάτων ν.π.χ. δορυφόροι
30 - 300GHz	Εξαιρετικά υψηλές συχνοτήτες (EXF)	$10^{-2} - 10^{-3}$	Μικροκύματα		
υπέρυθρο ορατό φως		$0.7 - 0.4\mu\text{m}$			



### 3.1. ELF [8]

Εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) κύματα είναι ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ραδιοκύματα) με συχνότητα 3 - 30 Hz, και με αντίστοιχα μήκη κύματος από 100.000 έως 10.000 χιλιόμετρα. Στην επιστήμη της ατμόσφαιρας, ένας εναλλακτικός ορισμός δίνεται συνήθως, από τα 3 Hz στα 3 kHz (SLF). Στη σχετική επιστήμη της μαγνητόσφαιρας, οι χαμηλότερης συχνότητας ηλεκτρομαγνητικές ταλαντώσεις (παλμοί που συμβαίνουν κάτω από ~ 3 Hz) θεωρείται ότι βρίσκονται στο ULF φάσμα, το οποίο επίσης έτσι ορίζεται διαφορετικά από τις ζώνες ραδιοεπικοινωνιών της ITU.

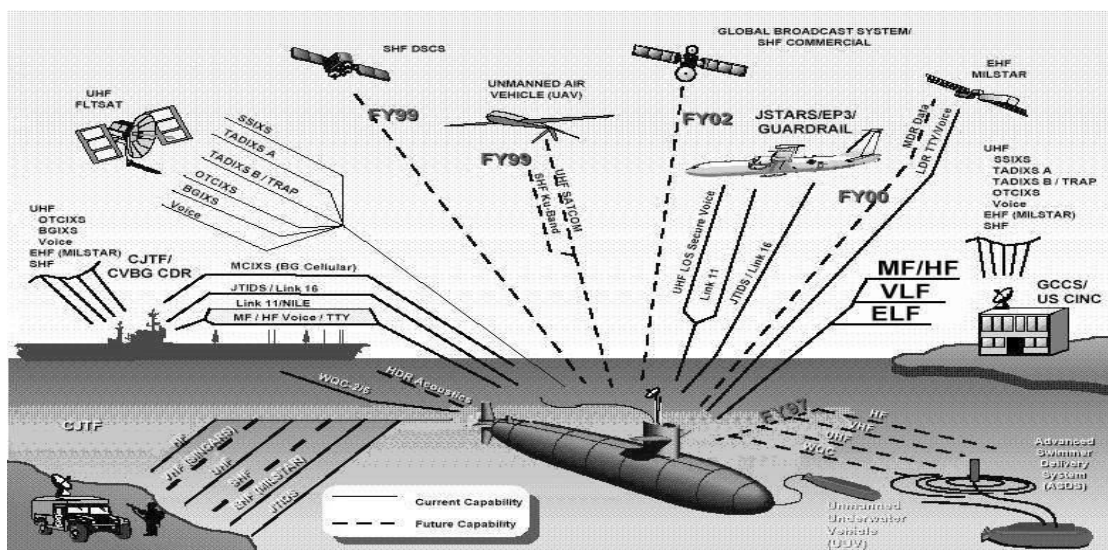
ELF ραδιοκύματα δημιουργούνται από κεραυνούς και φυσικές διαταραχές στο μαγνητικό πεδίο της Γης, έτσι είναι αντικείμενο έρευνας των επιστημόνων. Λόγω της δυσκολίας της κατασκευής κεραιών που μπορεί να εκπέμψουν τόσο μεγάλα κύματα, οι συχνότητες ELF έχουν χρησιμοποιηθεί μόνο σε πολύ λίγα τεχνητά συστήματα επικοινωνίας. ELF κύματα μπορούν να διαπεράσουν θαλασσινό νερό, οπότε οι στρατοί των ΗΠΑ και της Ρωσίας έχουν χρησιμοποιήσει ELF εγκαταστάσεις μεταφοράς για να επικοινωνήσουν με τα βυθισμένα υποβρύχια τους. Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος που ρέει σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, 50 ή 60 Hz, εμπίπτει στην εν λόγω ζώνη συχνοτήτων, και τα δίκτυα ενέργειας είναι μια ακούσια πηγή ακτινοβολίας ELF. Αυτό δείχνει και η παρακάτω εικόνα.

CORE		LOW RISK	OVERT
STEALTH	COVERT		
 <p>ICE</p> <p>COPY</p> <p>VLF ELF</p>	 <p>ESM COMMS</p> <p>P/D</p> <p>EHF LDR/MDR SHF UHF</p> <p>VHF HF VLF ELF</p>	 <p>BROACHED</p> <p>EHF MDR SHF UHF</p> <p>VHF HF VLF ELF</p>	 <p>SURFACED</p> <p>EHF MDR SHF UHF</p> <p>VHF HF VLF ELF</p>
	LOW-MED	HIGH	HIGH

Communication Capabilities for Submarine Operations

Ένας διαφορετικός ορισμός για τις ELF ακτινοβολίες είναι ο εξής. Το ELF είναι μια subradio συχνότητα. Μερικά ιατρικά επιστημονικά περιοδικά στα άρθρα τους αναφέρονται στην ELF, στο πλαίσιο του «εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (το ELF) μαγνητικά πεδία (MF)" με συχνότητες από 50 Hz και 50-80 Hz. Υπηρεσίες των Ηνωμένων Πολιτειών, όπως η NASA, περιγράφουν το ELF ως μη ιονίζουσες ακτινοβολίες, με συχνότητες μεταξύ 0 και 300 Hz. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει χρησιμοποιήσει το ELF για να αναφερθεί στην έννοια της «εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων (ΗΜΠ)" και επίσης αναφέρεται σε «ELF ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία στην περιοχή συχνοτήτων» 0 έως 100.000 Hz (100 kHz). "Ο ΠΟΥ ανέφερε επίσης ότι σε συχνότητες μεταξύ 0 και 300Hz, το μήκος κύματος στον αέρα είναι πολύ μεγάλο (6000 km στα 50Hz και 5000 km με ταχύτητα 60Hz), και, σε πρακτικές καταστάσεις, τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ενεργούν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και υπολογίζονται ξεχωριστά.

Λόγω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του, το θαλασσινό νερό προστατεύει τα υποβρύχια από τις πιο υψηλές συχνότητες ραδιοκυμάτων, καθιστώντας την επικοινωνία μέσω ασυρμάτου με βυθισμένα υποβρύχια σε συνήθεις συχνότητες αδύνατη. Σήματα στην περιοχή συχνοτήτων ELF, ωστόσο, τα κύματα μπορούν να διεισδύσουν πολύ βαθύτερα. Δύο παράγοντες περιορίζουν τη χρησιμότητα των ELF καναλιών επικοινωνίας: ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων μερικών χαρακτήρων ανά λεπτό και, σε μικρότερο βαθμό, η μονόδρομη φύση λόγω του ότι είναι δύσκολο να εφαρμοστεί η εγκατάσταση μιας κεραίας του απαιτούμενου μεγέθους σε ένα υποβρύχιο (οι κεραίες πρέπει να είναι πολύ μεγάλου μεγέθους για τους χρήστες για την επίτευξη επιτυχούς επικοινωνίας). Σε γενικές γραμμές, τα ELF σήματα χρησιμοποιήθηκαν για την παραγγελία ώστε ένα υποβρύχιο να ανέλθει σε ένα ρηχό βάθος όπου θα μπορούσε να λάβει κάποια άλλη μορφή επικοινωνίας.



Μια από τις δυσκολίες που τίθενται κατά την μετάδοση στην περιοχή συχνοτήτων ELF είναι το μέγεθος της κεραίας, επειδή το μήκος της κεραίας πρέπει να είναι τουλάχιστον ένα ουσιαστικό κλάσμα του μήκους των κυμάτων. Με απλά λόγια, ένα 3 Hz (κύκλος ανά δευτερόλεπτο) σήμα θα έχει ένα μήκος κύματος ίσο με την απόσταση των EM κυμάτων που ταξιδεύουν μέσα από ένα συγκεκριμένο μέσο σε ένα τρίτο του δευτερολέπτου. Λαμβάνοντας υπόψη το δείκτη διάθλασης, τα ELF κύματα διαδίδονται ελαφρά βραδύτερα από την ταχύτητα του φωτός στο κενό. Όπως χρησιμοποιείται σε στρατιωτικές εφαρμογές, το μήκος κύματος είναι 299.792 χιλιόμετρα (186.282 km) ανά δευτερόλεπτο διαιρούμενο με 50-85 Hz, το οποίο ισούται με περίπου 3.500 έως 6.000 km (2.200 σε 3.700 μίλια). Παρακάτω η εικόνα παρουσιάζει μια στρατιωτική βάση των ΗΠΑ εκπομπής ELF σημάτων. Αυτό είναι συγκρίσιμο με τη διάμετρο της Γης περίπου 12.742 χιλιόμετρα (7.918 mi). Λόγω αυτής της τεράστιας απαίτησης μεγέθους, για τη μετάδοση σε διεθνές επίπεδο χρησιμοποιώντας συχνότητες ELF, η ίδια η Γη αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της κεραίας, και εξαιρετικά μακρά καλώδια είναι απαραίτητα στο έδαφος. Διάφορα μέσα, όπως ηλεκτρική επιμήκυνση, λαμβάνονται για να κατασκευαστούν πρακτικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί με μικρότερα μεγέθη.

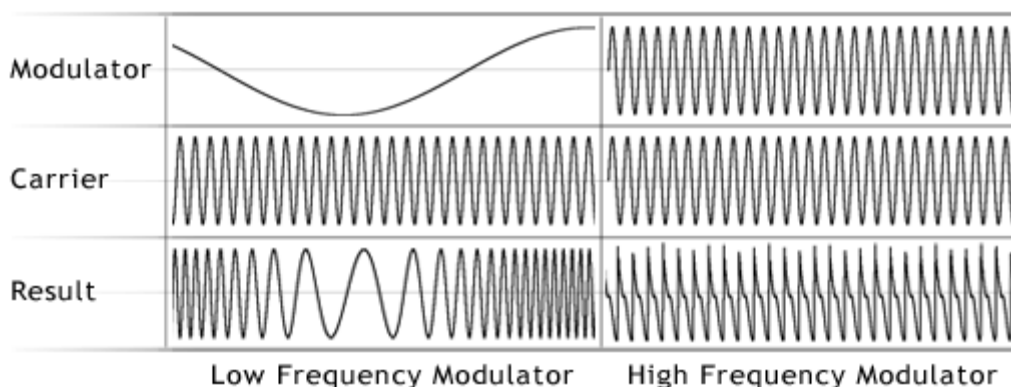




Οι ΗΠΑ διατηρούσαν δύο περιοχές, στον Chequamegon-Nicolet Εθνικό Δρυμό, στο Wisconsin και στο Escanaba River State Forest, στο Michigan (αρχικά ονομάστηκε Project Sanguine, στη συνέχεια συρρικνώθηκε και μετονομάστηκε σε Project ELF πριν από την κατασκευή), έως ότου αποσυναρμολογήθηκαν, ξεκινώντας από τα τέλη του Σεπτεμβρίου 2004. Και οι δύο εγκαταστάσεις χρησιμοποιούσαν μεγάλες γραμμές μεταφοράς ενέργειας, τα λεγόμενα δίπολα εδάφους, ως καλώδια. Αυτά τα καλώδια ήταν σε πολλαπλά σκέλη που κυμαίνονται 22,5 - 45 χιλιόμετρα (14,0 έως 28 μίλια). Λόγω της αναποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου, σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνταν για να λειτουργήσει το σύστημα.

Υπήρξαν ορισμένες ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές οικολογικές επιπτώσεις των σημάτων ELF. Το 1984, ένας ομοσπονδιακός δικαστής διέκοψε τα έργα και απαίτησε περισσότερες περιβαλλοντικές για την υγεία μελέτες. Η απόφαση αυτή ακυρώθηκε από ένα ομοσπονδιακό εφετείο με βάση το ότι το Ναυτικό των ΗΠΑ δήλωσε ότι δαπάνησε πάνω από 25 εκατομμύρια δολάρια για τη μελέτη των επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων με τα αποτελέσματα να δείχνουν ότι ήταν παρόμοια με την επίδραση που παράγεται από το πρότυπο γραμμών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόφαση δεν έγινε δεκτή από όλους και εκείνη την εποχή το ELF ήταν σε χρήση, ορισμένοι πολιτικοί στο Wisconsin όπως οι γερουσιαστές Herb Kohl, Russ Feingold και ένα μέλος του Κογκρέσου ο Dave Obey ζήτησαν το κλείσιμο του. Παρόμοιες ανησυχίες κατά το παρελθόν έχουν διατυπωθεί σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και την υγεία.

Υπάρχουν και άλλες χρήσεις των ELF σημάτων. Για παράδειγμα πομποί στην περιοχή των 20Hz, επίσης, βρίσκονται σε μετρητές ελέγχου αγωγών, επίσης γνωστούς ως "PIGS". Μερικοί ραδιοφωνικοί ραδιοερασιτέχνες εγγράφουν ELF (ή ακόμη και χαμηλότερα) σήματα από πολύ μεγάλες χειροποίητες ερασιτεχνικά κεραίες, και τις επιστρέφουν πίσω σε υψηλότερες ταχύτητες για να πιάσουν φυσικές διακυμάνσεις στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της Γης. Αυξάνοντας την αναπαραγωγή αυξάνεται το βήμα, έτσι ώστε να εισάγεται στην ακουστική περιοχή συχνοτήτων.



## ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

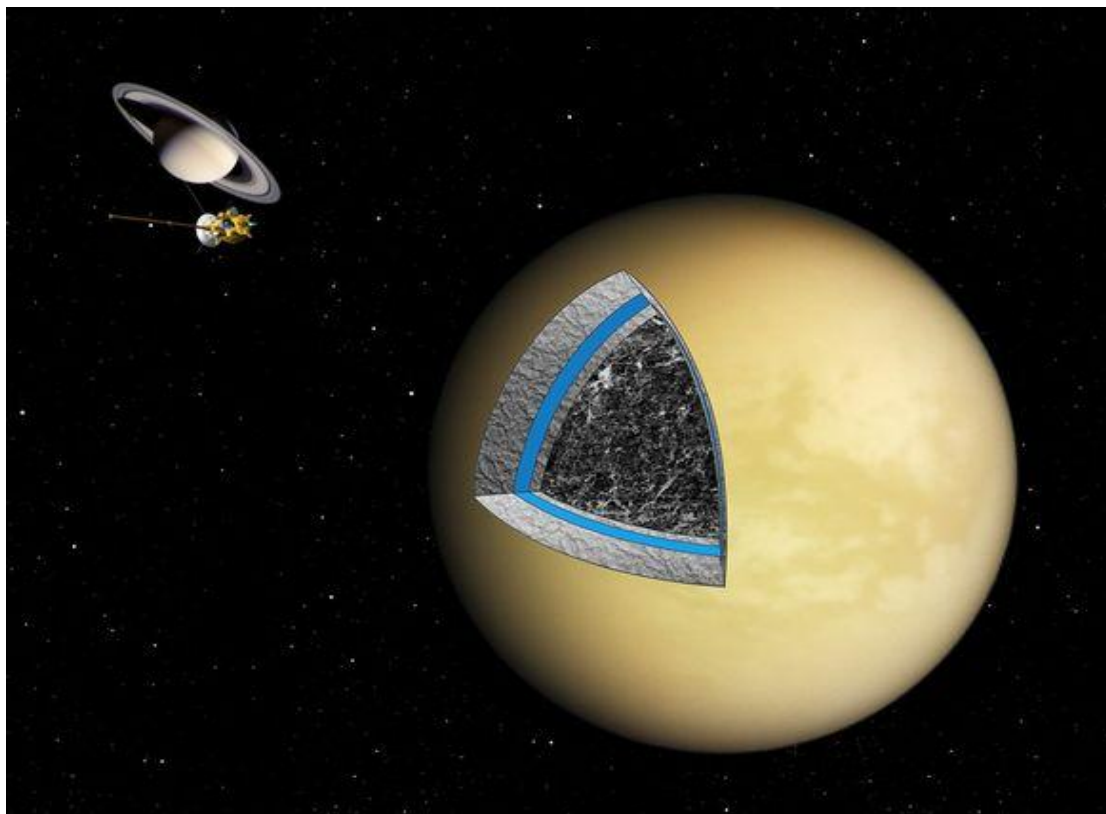
Τα φυσικά κύματα ELF υπάρχουν στη Γη, συντονίζονται στην περιοχή μεταξύ της ιονόσφαιρας και της επιφάνειας της Γης. Έχουν ξεκινήσει από κεραυνούς που κάνουν τα ηλεκτρόνια στην ατμόσφαιρα να ταλαντώνονται. Αν και VLF σήματα κατά κύριο λόγο προέρχονται από ηλεκτρικές εκκενώσεις, διαπιστώθηκε ότι ένα παρατηρήσιμο στοιχείο ELF (αργή ουρά) ακολούθησε το στοιχείο VLF σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις. Η θεμελιώδης λειτουργία της κοιλότητας της Γης-ιονόσφαιρας έχει μήκος κύματος ίσο με την περιφέρεια της Γης, το οποίο δίνει μια συχνότητα συντονισμού των 7,8Hz. Αυτή η συχνότητα, και υψηλότερες λειτουργίες συντονισμού των 14, 20, 26 και 32Hz εμφανίζονται ως κορυφές στο φάσμα ELF και ονομάζονται Schumann απήχηση.



Έχουν επίσης δοκιμαστικά εντοπιστεί στο φεγγάρι του Κρόνου τον Τιτάνα. Η επιφάνεια του Τιτάνα πιστεύεται ότι είναι ένας φτωχός ανακλαστήρας των κυμάτων ELF, οπότε τα κύματα μπορεί αντ' αυτού να αντανακλώνονται από τον υγρό πάγο το οποίο είναι όριο ενός ωκεανού κάτω από την επιφάνεια του νερού και της αμμωνίας, η ύπαρξη των οποίων προβλέπεται από ορισμένα θεωρητικά μοντέλα. Η ιονόσφαιρα

## ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

του Τιτάνα είναι επίσης πιο πολύπλοκη από ό, τι στη Γη, με τη κύρια ιονόσφαιρα να είναι σε υψόμετρο 1.200 km (750 mi), αλλά με ένα επιπλέον στρώμα φορτισμένων σωματιδίων στα 63 km (39 mi). Αυτό χωρίζει την ατμόσφαιρα του Τιτάνα σε δύο χωριστούς συντονισμένους θαλάμους. Η πηγή των φυσικών κυμάτων ELF στον Τιτάνα είναι ασαφής, καθώς δεν φαίνεται να υπάρχει εκτεταμένη δραστηριότητα αστραπών.



Τέλος, τεράστιες έξοδοι ισχύος ELF ακτινοβολίας 100.000 φορές της ισχύος του Ήλιου στο ορατό φως μπορεί να εκπέμπονται από μάγναστρα. Το πάλσαρ στον Νεφέλωμα του Καρκίνου ακτινοβολεί δυνάμεις αυτής της τάξης στη συχνότητα 30Hz. Ακτινοβολία αυτής της συχνότητας είναι κάτω από τη συχνότητα του πλάσματος του διαστρικού μέσου, έτσι αυτό το μέσο είναι αδιαφανές, και δεν μπορεί να παρατηρηθεί από τη Γη.

Στην ηλεκτρομαγνητική θεραπεία και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην υγεία, ηλεκτρομαγνητικά φάσματα μεταξύ 0 και 100Hz θεωρούνται εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας πεδία. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1970, έχουν εγερθεί ερωτήματα για το αν η έκθεση σε ELF ηλεκτρομαγνητικά πεδία (EMF) εντός αυτού του εύρους συχνοτήτων προκαλούν αρνητικές συνέπειες για την υγεία. Τον Οκτώβριο του 2005, ο ΠΟΗ συγκάλεσε μια ομάδα εργασίας με επιστημονικούς ειδικούς για την

αξιολόγηση των ενδεχόμενων κινδύνων για την υγεία που μπορεί να υπάρχουν από την «έκθεση σε ELF ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην περιοχή συχνοτήτων > 0 έως 100.000Hz (100kHz) σε σχέση με την παιδική λευχαιμία. Υπάρχουν θεμελιωμένες βιολογικές επιδράσεις από οξεία έκθεση σε υψηλά επίπεδα (πολύ πάνω από 100μT) που εξηγούνται από αναγνωρισμένους βιοφυσικούς μηχανισμούς. Υπερβολικά ELF μαγνητικά πεδία επάγουν ηλεκτρικά πεδία και ρεύματα στο σώμα που, σε πολύ υψηλές εντάσεις πεδίου, προκαλούν νευρική και μυϊκή διέγερση και αλλαγές στη διεγερσιμότητα των νευρικών κυττάρων στο κεντρικό νευρικό σύστημα. επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με βραχυπρόθεσμες, υψηλού επιπέδου έκθεσης έχουν καθοριστεί και αποτελούν τη βάση των δύο διεθνών κατευθυντήριων γραμμών του ορίου έκθεσης (ICNIRP, 1998 IEEE, 2002). Επί του παρόντος, οι οργανισμοί θεωρούν ότι τα επιστημονικά στοιχεία που σχετίζονται με πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από τη μακροπρόθεσμη, χαμηλού επιπέδου έκθεση σε ELF, είναι ανεπαρκή για να δικαιολογήσουν τη μείωση αυτών των ποσοτικών ορίων έκθεσης. Η μακροπρόθεσμη, χαμηλού επιπέδου έκθεση αξιολογείται ως μέση έκθεση σε οικιακές συχνότητες μαγνητικών πεδίων πάνω από 0,3 έως 0,4 μT, και υπολογίζεται ότι μόνο μεταξύ 1% και 4% των παιδιών ζουν σε τέτοιες συνθήκες. Μια κοινή πηγή των πεδίων ELF στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι 60 Hz ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία από υψηλής τάσης ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και δευτερεύουσες γραμμές διανομής, όπως εκείνες που βρίσκονται σε κατοικημένες γειτονιές. Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) έχει αξιολογήσει τα επιστημονικά δεδομένα και έχει ταξινομήσει τα ELF μαγνητικά πεδία ως «πιθανώς καρκινογόνα» για τον άνθρωπο. Το IARC βασίζει την κατάταξη αυτή σχετικά με τα ακόλουθα:

«Ανθρώπινα πληθυσμιακές μελέτες για την υγεία δείχνουν ασθενές αποδείξεις για συσχέτιση με την παιδική λευχαιμία, και μια μεγάλη βάση δεδομένων εργαστηριακών αποτελεσμάτων της μελέτης δείχνουν ανεπαρκή στοιχεία συσχετισμού με τον καρκίνο στα ζώα».

Για να το θέσουμε αυτό σε κάποιο πλαίσιο, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η "πιθανώς καρκινογόνα" ταξινόμηση εφαρμόζεται επίσης σε καφέ, βενζίνη καυσαέρια του κινητήρα και λαχανικά τουρσί, και χρησιμοποιείται συχνά για τους παράγοντες που απαιτούν περαιτέρω μελέτη. Εν ολίγοις, όταν όλες οι μελέτες αξιολογούνται από κοινού, τα στοιχεία δείχνουν ότι η συμβολή των ΗΜΠΙ στην αύξηση του κινδύνου του καρκίνου είναι πολύ αδύναμη. Επιδημιολογικές μελέτες υποδεικνύουν μια πιθανή σύνδεση μεταξύ της μακροχρόνιας επαγγελματικής έκθεσης σε ELF και τη νόσος του Αλτσχάιμερ.

Μια μελέτη από τον Reilly, το 1999 έδειξε ότι το όριο για την άμεση αντίληψη της έκθεσης σε ELF RF από ανθρώπους εθελοντές ξεκίνησαν γύρω στα 2 έως 5 kV / m σε 60 Hz με 10% των εθελοντών να ανιχνεύουν την ELF έκθεση σε αυτό το επίπεδο. Το ποσοστό ανίχνευσης αυξήθηκε στο 50% των εθελοντών, όταν το επίπεδο ELF είχε



αλλάζει σε 7 έως 20 kV / m. 5% του συνόλου των υποκειμένων της δοκιμής θεώρησαν την αντίληψη του ELF σε αυτά τα όρια ως ενοχλητική.

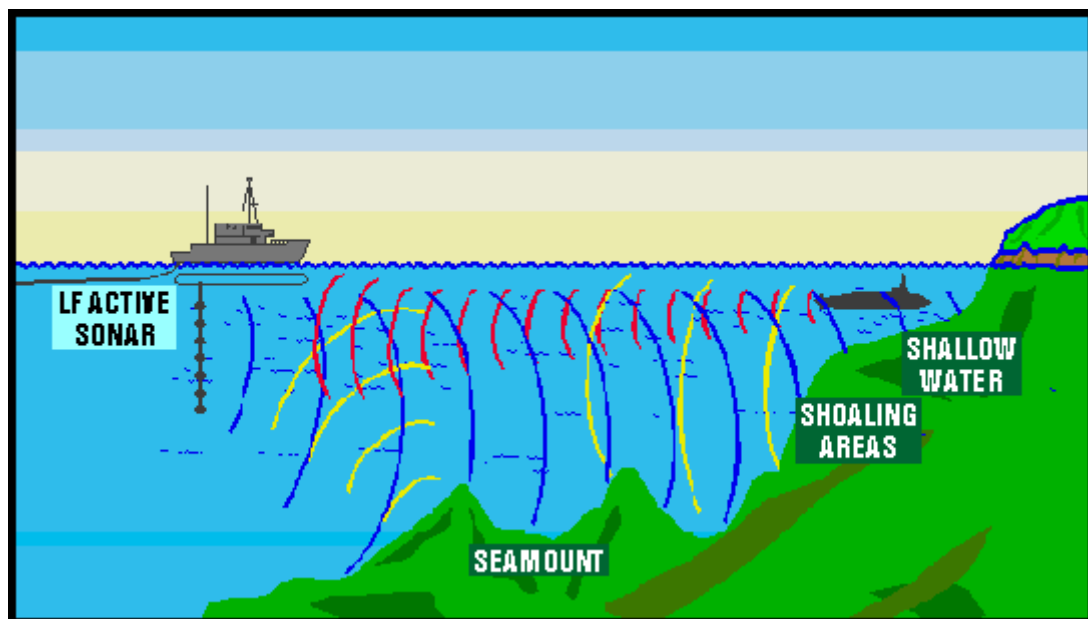
Τα ELF σε ανθρώπινα αντιληπτά kV / m επίπεδα λέγεται ότι δημιουργεί ένα ενοχλητικό αίσθημα μούδιασματος στις περιοχές του σώματος που έρχονται σε επαφή με τα ρούχα, ιδιαίτερα τα χέρια λόγω της επαγωγής του επιφανειακού φορτίου από το ELF. 7% των εθελοντών περιγράφουν τις εκκενώσεις σπινθήρων ως οδυνηρές, όπου το υποκείμενο ήταν καλά μονωμένο και άγγιξε ένα γειωμένο αντικείμενο εντός 5 kV / m πεδίου. 50% των εθελοντών περιγράφουν μια παρόμοια σπίθα εκκένωσης ως επώδυνη, σε 10 kV / m πεδίο.

### 3.2. VLF [9]

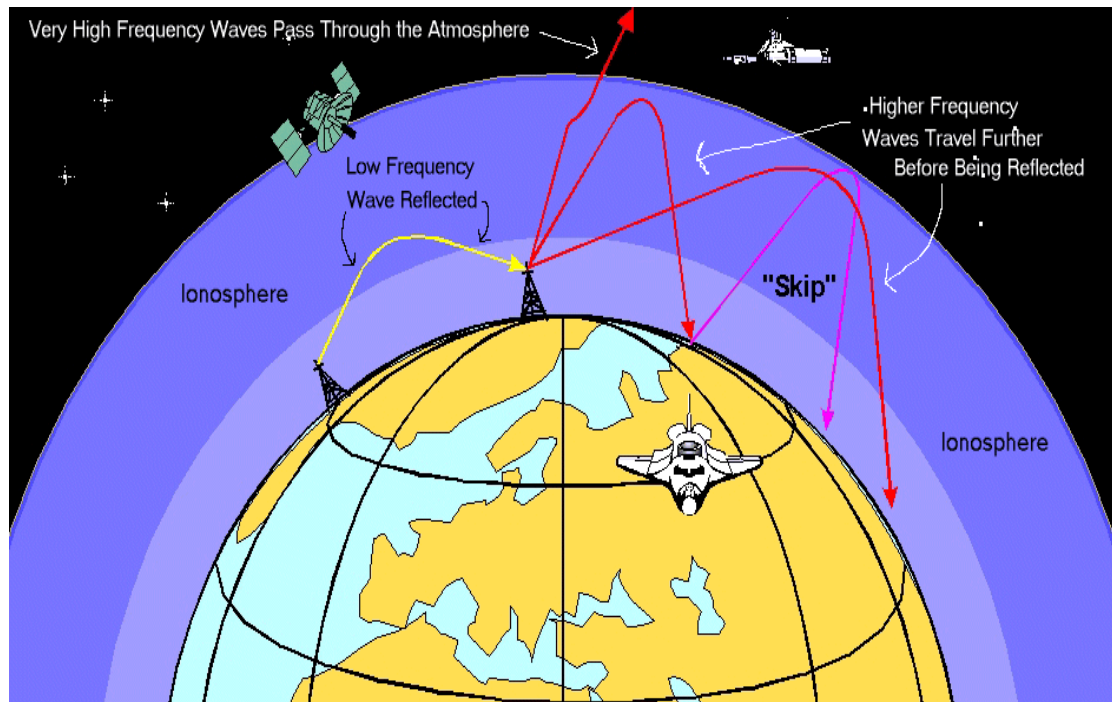
Πολύ χαμηλή συχνότητα ή VLF αναφέρεται σε ραδιοσυχνότητες (RF) στην περιοχή από 3 kHz έως 30 kHz και με μήκη κύματος από 10 έως 100 χιλιόμετρα. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει πολύ εύρος ζώνης σε αυτή τη ζώνη του ραδιοφάσματος, ο ήχος (φωνή), δεν μπορεί να μεταδοθεί, και χρησιμοποιούνται μόνο χαμηλού ρυθμού δεδομένων κωδικοποιημένα μηνύματα. Η μάλιστα VLF χρησιμοποιείται για μερικές υπηρεσίες ραδιοπλοήγησης, ραδιοφωνικούς σταθμούς της κυβέρνησης που μεταδίδουν χρονικά σήματα για να ρυθμίσουν τα ρολόγια ραδιοφώνου, και για ασφαλείς στρατιωτικές επικοινωνίες. Επειδή VLF κύματα διαπερνούν περίπου 40 μέτρα μέσα σε αλμυρό νερό, χρησιμοποιούνται για στρατιωτικές επικοινωνίες με τα υποβρύχια. Επίσης γνωστό ως το συγκρότημα myriametre ή κύμα myriametre καθώς τα μήκη κύματος κυμαίνονται από ένα έως δέκα myriametres (μια ξεπερασμένη μονάδα μέτρησης ίση με 10 χιλιόμετρα).

Λόγω του μεγάλου μηκών κύματός τους, τα VLF ραδιοκύματα μπορούν να διαθλούν γύρω από μεγάλα εμπόδια έτσι ώστε να μην εμποδίζονται από οροσειρές, και μπορεί να μεταδοθούν ως κύμα εδάφους ακολουθώντας την καμπυλότητα της Γης. Η κύρια λειτουργία μακράς διαδομένης απόστασης είναι ένας Γήινος-ιονοσφαιρικός μηχανισμός κυματοδηγού. Η Γη περιβάλλεται από ένα αγωγίμο στρώμα ηλεκτρονίων και ιόντων στην ανώτερη ατμόσφαιρα, την ιονοσφαιρικός στρώματος D σε υψόμετρο 60 χιλιομέτρων, η οποία αντανακλά τα VLF ραδιοκύματα. Η ιονόσφαιρα και η αγωγίμη Γη, σχηματίζουν ένα οριζόντιο "αγωγό" μερικών μηκών κύματος τα VLF υψηλό, ο οποίος δρα ως κυματοδηγός περιορίζοντας τα κύματα, ώστε να μην διαφεύγουν στο διάστημα. Τα κύματα να ταξιδεύουν σε μια τεθλασμένη διαδρομή γύρω από τη Γη, η οποία αντικατοπτρίζεται εναλλάξ από τη Γη και την ιονόσφαιρα, στον TM (εγκάρσια μαγνητική) mode.





Τα VLF κύματα έχουν πολύ χαμηλή εξασθένηση διαδρομής, 2-3 dB ανά 1000 km, με λίγο από την «εξασθένηση» που βιώνεται σε υψηλότερες συχνότητες. Αυτό συμβαίνει επειδή οι τα VLF κύματα ανακλώνται από τον πυθμένα της ιονόσφαιρας, ενώ τα υψηλότερης συχνότητας σήματα βραχέα επιστρέφουν στη Γη από υψηλότερα στρώματα στην ιονόσφαιρα, τα F1 και F2 στρώματα, με μία διεργασία διάθλασης και περνούν το μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής τους στην ιονόσφαιρα, έτσι ώστε να είναι πολύ πιο επηρεασμένα από κλίσεις ιονισμού και αναταράξεις. Ως εκ τούτου οι VLF μεταδόσεις είναι πολύ σταθερές και αξιόπιστες, και χρησιμοποιούνται για την υπεραστική επικοινωνία. Αποστάσεις διάδοσης των 5.000 με 20.000 χιλιόμετρα έχουν πραγματοποιηθεί. Ωστόσο, ο ατμοσφαιρικός θόρυβος (sferics) είναι υψηλός στη ζώνη, συμπεριλαμβανομένων των φαινομένων όπως "Whistlers», που προκαλείται από κεραυνό. Τα VLF κύματα μπορούν να διεισδύσουν στο θαλασσινό νερό σε βάθος τουλάχιστον 10 έως 40 μέτρων (30 έως 130 πόδια), ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη συχνότητα και την αλμυρότητα του νερού, έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με τα υποβρύχια.



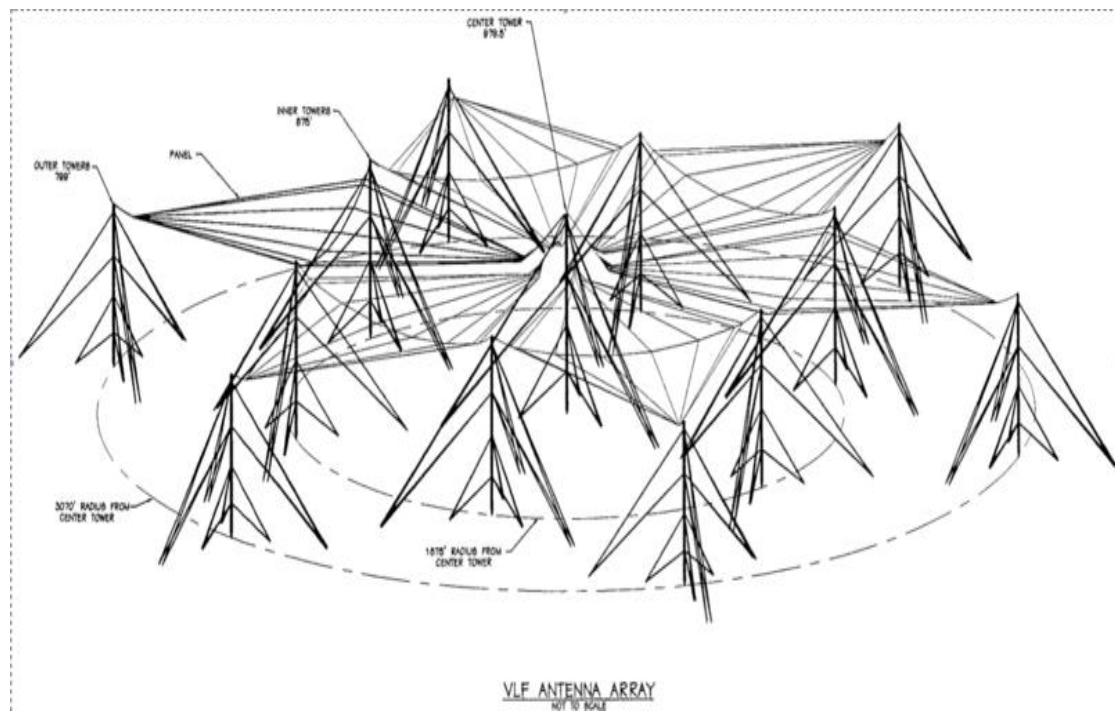
Ένα σημαντικό πρακτικό μειονέκτημα σε αυτή τη μάντα είναι ότι λόγω του μήκους των κυμάτων, πλήρους μεγέθους συντονισμού κεραίες (δίπολο ημίσεως κύματος ή ενός τετάρτου – κύματος μονοπολική κεραία) δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν λόγω του φυσικού ύψους τους. Κάθετες κεραίες πρέπει να χρησιμοποιούνται επειδή τα VLF κύματα διαδίδονται σε κάθετη πόλωση, αλλά η κατά ενός τετάρτου - κύματος κάθετη κεραία των 30 kHz θα είναι 2,5 χιλιόμετρα σε ύψος. Έτσι, πρακτικές κεραίες εκπομπής είναι ηλεκτρολογικά μικρές, ένα μικρό κλάσμα του μήκους κύματος. Λόγω της χαμηλής αντοχής στην ακτινοβολία τους είναι αναποτελεσματικές, ακτινοβολούν μόνο το 10% έως 50% της ισχύος του πομπού το περισσότερο, με το υπόλοιπο της ισχύος που καταναλώνει στην κεραία / εδάφους αντιστάσεις του συστήματος. Έτσι, πολύ υψηλής ισχύος πομποί (~ 1 μεγαβάτ) απαιτούνται για να ακτινοβολεί με αρκετή ισχύ για υπεραστική επικοινωνία.

Παρακάτω είναι μια εικόνα που δείχνει μια κεραία εκπομπής VLF σημάτων, η οποία βρίσκεται στην Ανταρκτική.



Κεραίες εκπομπής για τις VLF συχνότητες είναι πολύ μεγάλες κεραίες σύρματος, έως και ένα μίλι. Αποτελούνται από μια σειρά από χαλύβδινες κεραίες ραδιοφώνου, που συνδέονται στην κορυφή με ένα δίκτυο καλωδίων, που συχνά μοιάζουν με μια ομπρέλα ή άπλωμα. Είτε οι πύργοι τους ή τα κατακόρυφα σύρματα τους, χρησιμεύουν ως μονοπολικά καλοριφέρ, και τα οριζόντια καλώδια σχηματίζουν ένα χωρητικό υψηλό-φορτίο για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της κεραίας. Υψηλοί σταθμοί χρησιμοποιούν παραλλαγές της κεραίας, όπως η ομπρέλα κεραία "δέλτα" και η "trideco" κεραία, ή οι tuned flattop (triatic) κεραίες. Για χαμηλής ισχύος πομπούς, χρησιμοποιούνται ανεστραμμένες-L και T κεραίες.

Η παρακάτω εικόνα αναπαριστά σύμπλεγμα κεραιών διάδοσης VLF σημάτων του τύπου Trideco.



Για να ελαχιστοποιηθεί η ισχύς που καταναλώνεται στο έδαφος, οι κεραίες απαιτούν εξαιρετικά χαμηλά επίγεια συστήματα αντίστασης. Λόγω της αντίστασης του εδάφους, αντισταθμισμένα συστήματα χρησιμοποιούνται συχνά, που αποτελούνται από ακτινωτά δίκτυα καλωδίων χαλκού που υποστηρίζονται αρκετά πόδια πάνω από το έδαφος κάτω από την κεραία, η οποία εκτείνεται ακτινικά έξω από τον ιστό ή το κάθετο στοιχείο.

Οι απαιτήσεις για τις κεραίες για τη λήψη είναι λιγότερο αυστηρές, γιατί η ισχύς του πομπού είναι γενικά υψηλή για να ξεπεραστεί ο ατμοσφαιρικός θόρυβος. Ο ατμοσφαιρικός θόρυβος και όχι ο θόρυβος του δέκτη καθορίζει το σήμα δέκτη προς θόρυβο, και τόσο μικρές αναποτελεσματικές κεραίες λήψης μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Οι κεραίες βρόχου χρησιμοποιούνται συχνά για την υποδοχή.

Το φάσμα συχνοτήτων κάτω από το 9 kHz δεν διατίθεται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες χώρες χωρίς άδεια.

Οι VLF χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με τα υποβρύχια κοντά στην επιφάνεια (για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τον πομπό DHO38), ενώ οι ELF χρησιμοποιούνται για την πολύ βυθισμένα σκάφη. Οι VLF χρησιμοποιούνται επίσης για ραδιοφωνικούς φάρους πλοήγησης (alpha) και τα σήματα χρόνου (beta). Οι VLF χρησιμοποιούνται επίσης σε ηλεκτρομαγνητικές γεωφυσικές έρευνες.

Στις ΗΠΑ, ο χρόνος σήμα του σταθμού WWVL άρχισε να εκπέμπει ένα σήμα 500 W των 20 kHz τον Αύγουστο του 1963. Χρησιμοποίησε διαμόρφωση μετατόπισης

## ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

συχνότητας (FSK) για την αποστολή των δεδομένων, μετατοπίζοντας μεταξύ 20 kHz και 26 kHz. Η υπηρεσία WWVL διεκόπη τον Ιούλιο του 1972.



Ο πολύ μεγάλος πομπός κύματος SAQ στο Grimeton κοντά στο Varberg στη Σουηδία μπορεί να επισκέπτεται από το κοινό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως για την Ημέρα Alexanderson.

Ιστορικά, αυτή η μάντα χρησιμοποιήθηκε για ασύρματη διηπειρωτική επικοινωνία κατά την εποχή της ασύρματης τηλεγραφίας περίπου μεταξύ το 1900 και 1925. Έθνη κατασκεύασαν δίκτυα υψηλής ισχύος LF και VLF ραδιοφωνικούς σταθμούς που μεταδίδουν πληροφορίες κειμένου με τον κώδικα Μορς, ώστε να επικοινωνούν με τις αποικίες τους και στόλους τους. Πρόωρες προσπάθειες έγιναν για να χρησιμοποιούν ραδιοτηλέφωνο χρησιμοποιώντας διαμόρφωση πλάτους και μονό-πλευρικής ζώνης διαφοροποίησης εντός της ζώνης που αρχίζει από 20 kHz, αλλά το αποτέλεσμα δεν

ήταν ικανοποιητικό, επειδή το διαθέσιμο εύρος ζώνης ήταν ανεπαρκές για να περιέχει τις πλευρικές ζώνες.

Φυσικά σήματα στην μπάντα VLF χρησιμοποιούνται για μακρινές θέσεις περιοχών με αστραπές και για την έρευνα φαινομένων όπως παροδικά φωτεινά γεγονότα. Οι μετρήσεις των Whistlers χρησιμοποιηθήκαν για να βγάλουμε συμπεράσματα για τις φυσικές ιδιότητες της μαγνητόσφαιρας.

Υψηλή ισχύς επίγειων συχνοτήτων πομποί σε χώρες που λειτουργούν υποβρύχια στέλνουν σήματα που μπορεί να ληφθούν χιλιάδες μίλια μακριά. Πομποί τοποθεσίας καλύπτουν συνήθως μεγάλες περιοχές (πολλά στρέμματα ή τετραγωνικά χιλιόμετρα), με την εκπεμπόμενη ισχύ οπουδήποτε από 20 kW έως 2 MW. Υποβρύχια λαμβάνουν το σήμα χρησιμοποιώντας κάποια μορφή συρόμενης κεραίας η οποία επιπλέει ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του νερού - για παράδειγμα ένα BCAA (Ανωστικό Καλώδιο Κεραίας).

Σύγχρονοι δέκτες, όπως αυτοί που παράγονται από την Detic, χρησιμοποιούν εξελιγμένες τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος για την εξάλειψη των επιπτώσεων του ατμοσφαιρικού θορύβου (σε μεγάλο βαθμό προκαλούνται από κεραυνούς σε όλο τον κόσμο) και των παρακείμενων σημάτων διαύλου, την αύξηση του ωφέλιμου εύρους λήψης.

Λόγω του χαμηλού εύρους ζώνης διαθεσιμότητας δεν είναι δυνατόν να μεταδίδονται σήματα ήχου, επομένως όλες οι ανταλλαγές μηνυμάτων γίνονται με αλφαριθμητικά δεδομένα σε πολύ χαμηλούς ρυθμούς bit. Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι διαμόρφωσης:

- **OOK / CWK:** On-Off Διαμόρφωση κλειδώματος / Συνεχής Διαμόρφωση κλειδώματος κυμάτων. Απλός τρόπος μετάδοσης κώδικα Μορς, όπου μεταφορέας ανοιχτός = σήμα και κλειστός = χώρος. Αυτή είναι η απλούστερη δυνατή μορφή ραδιοφωνικής μετάδοσης, αλλά είναι δύσκολο για τους πομπούς να μεταδίδουν υψηλά επίπεδα ισχύος, και το σήμα μπορεί εύκολα να κατακλυσθεί με ατμοσφαιρικό θόρυβο, οπότε αυτό απλά χρησιμοποιείται για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή βασικές δοκιμές.
- **FSK:** Frequency-shift keying. Η παλαιότερη και απλούστερη μορφή διαμόρφωσης των ψηφιακών ραδιοφωνικών δεδομένων. Η συχνότητα αυξάνεται κατά 25 Hz (για παράδειγμα) από τον μεταφορέα να υποδεικνύει ένα δυαδικό "1" και τη μείωση κατά 25 Hz να υποδεικνύει ένα δυαδικό "0". Το FSK χρησιμοποιείται σε τιμές των 50 bit / s και 75 bit / s.
- **MSK:** Ελάχιστο-shift keying. Μια πιο εξελιγμένη μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιεί λιγότερο εύρος ζώνης για ένα δεδομένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από ό, τι το FSK. Αυτή είναι η κανονική λειτουργία των



επικοινωνιών σήμερα για τα υποβρύχια, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων έως και 300 bit/s- ή περίπου 35 8-bit ASCII χαρακτήρες ανά δευτερόλεπτο (ή την ισοδυναμία μιας φράσης κάθε δύο δευτερόλεπτα) - συνολικά 450 λέξεις ανά λεπτό.

Δύο εναλλακτικά σύνολα χαρακτήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν: 5-bit ITA2 ή 8-bit ASCII. Επειδή αυτές οι στρατιωτικές μεταδόσεις είναι σχεδόν πάντα κρυπτογραφημένες για λόγους ασφαλείας. Αν και είναι σχετικά εύκολο να λάβουν τα μηνύματα και να τα μετατρέψουν σε μια σειρά από χαρακτήρες, οι πολίτες δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν οποιαδήποτε κρυπτογραφημένα μηνύματα, επειδή πιθανότατα χρησιμοποιούν μιας χρήσης κλειδιά δεδομένου ότι το ποσό του κειμένου είναι τόσο μικρό.

Τα VLF σήματα συχνά παρακολουθούνται από ραδιοερασιτέχνες με απλούς ερασιτεχνικούς ραδιοφωνικούς δέκτες VLF οι οποίοι βασίζονται σε προσωπικούς υπολογιστές (PCs). Μια κεραία με τη μορφή ενός πηνίου από μονωμένο σύρμα συνδέεται με την είσοδο της κάρτας ήχου του υπολογιστή (μέσω ενός βύσματος) και τοποθετείται λίγα μέτρα μακριά από αυτό. Για λογισμικό χρησιμοποιούν τον Ταχύ μετασχηματισμό Fourier (FFT) σε συνδυασμό με μια κάρτα ήχου που επιτρέπει την λήψη όλων των συχνοτήτων κάτω από τη συχνότητα Nyquist ταυτόχρονα υπό τη μορφή spectrogrammes. Επειδή οι οθόνες καθοδικού σωλήνα είναι ισχυρές πηγές θορύβου στην περιοχή VLF, συνιστάται να καταγράφουν τα φασματογραφήματα στο σκληρό δίσκο με κάθε pc CRT οθόνες απενεργοποιημένες. Οι φασματογραφήματα δείχνουν πολλά μηνύματα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν VLF πομπούς, την οριζόντια απόκλιση δέσμης ηλεκτρονίων των τηλεοράσεων και μερικές φορές superpulses και εικοστούς δεύτερους παλμούς. Η ισχύς του σήματος λήψης μπορεί να ποικίλει με μια ξαφνική ιονοσφαιρική Διαταραχή. Αυτές προκαλούν το επίπεδο του ιονισμού να πέσει στην ατμόσφαιρα. Το αποτέλεσμα αυτού είναι ότι το σήμα VLF θα αντικατοπτρίζεται κάτω στη γη με μεγαλύτερη δύναμη.

### 3.2.1. Κατάλογος VLF μεταδόσεων

Χαρακτηριστικό κλήσης	Συχνότητα	Θέση του πομπού	Παρατηρήσεις
-	<b>11.905 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	<b>Alpha-Navigation</b>
-	<b>12.649 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	<b>Alpha-Navigation</b>
-	<b>14.881 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	
<b>HWU</b>	<b>15.1 kHz</b>	<b>Rosnay, Γαλλία</b>	<b>400 kW. [2]</b>



-	15.625 kHz	-	Συχνότητα για την οριζόντια απόκλιση _ δέσμης ηλεκτρονίων σε CRT τηλεοράσεις (576i)
-	15.734 kHz	-	Συχνότητα για την οριζόντια απόκλιση _ δέσμης ηλεκτρονίων σε CRT τηλεοράσεις (480i)
<b>GBR</b>	15.8 kHz	<b>Rugby, Αγγλία</b>	(Τακτικές μεταδόσεις σταμάτησαν τον Απρίλιο 2003), Πολλές δημοσιεύσεις που αναφέρονται σε συχνότητες ως 16 kHz
<b>JXN</b>	16.4 kHz	<b>Gildeskål (Νορβηγία)</b>	
<b>SAQ</b>	17.2 kHz	<b>Grimeton (Σουηδία)</b>	Ενεργή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις ( <b>Alexanderson Day</b> )
-	ca. 17.5 kHz	?	Παλμοί 24 δευτερολέπτων
<b>NAA</b>	17.8 kHz	<b>VLF σταθμός (NAA) στο Cutler, Maine</b>	Μεταδίδει περιστασιακά

			<b>Superpulses</b>
<b>RDL/UPD/UFQE/UPP/ UPD8</b>	<b>18.1 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη συμπεριλαμβανομένου του Matotchkinchar, Ρωσία)</b>	
<b>HWU</b>	<b>18.3 kHz</b>	<b>Le Blanc (Γαλλία)</b>	<b>Συχνά ανενεργό για μεγάλο χρονικό διάστημα</b>
<b>RKS</b>	<b>18.9 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	<b>Σπάνια ενεργό</b>
<b>GBZ</b>	<b>19.6 kHz</b>	<b>Anthorn (Μ.Βρετανία)</b>	<b>Πολλοί τρόποι λειτουργίας , ακόμη και Superpulses.</b>
<b>NWC</b>	<b>19.8 kHz</b>	<b>Exmouth, Δυτική Αυστραλία (AUS)</b>	<b>Χρησιμοποιείται για υποβρύχια επικοινωνία, 1 Megawatt.</b>
<b>ICV</b>	<b>20.27 kHz</b>	<b>Tavolara (Ιταλία)</b>	
<b>RJH63, RJH66, RJH69, RJH77, RJH99</b>	<b>20.5 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	<b>Time signal transmitter Beta</b>
<b>ICV</b>	<b>20.76 kHz</b>	<b>Tavolara (Ιταλία)</b>	
<b>HWU</b>	<b>20.9 kHz</b>	<b>Saint-Assise, Γαλλία</b>	
<b>RDL</b>	<b>21.1 kHz</b>	<b>Ρωσία (διάφορα μέρη)</b>	<b>Σπάνια ενεργό</b>
<b>NPM</b>	<b>21.4 kHz</b>	<b>Hawaii (ΗΠΑ)</b>	
<b>HWU</b>	<b>21.75 kHz</b>	<b>Rosnay, Γαλλία</b>	
<b>GBZ</b>	<b>22.1 kHz</b>	<b>Skelton (Μ.Βρετανία)</b>	

-	22.2 kHz	Ebino (Ιαπωνία)	
?	22.3 kHz	Ρωσία	Ενεργή μόνο στις 2 του κάθε μήνα, για ένα σύντομο χρονικό διάστημα 11:00-13:00 (αντίστοιχα τις 10:00 και τις 12:00 στο χειμώνα), αν η 2 κάθε μήνα δεν είναι Κυριακή
RJH63, RJH66, RJH69, RJH77, RJH99	23 kHz	Ρωσία (διάφορα μέρη)	Time signal transmitter Beta
DHO38	23.4 kHz	Κοντά στο Rhauderfehn (Γερμανία)	Υποβρύχιες επικοινωνίες
NAA	24 kHz	Cutler, Maine (ΗΠΑ)	Χρησιμοποιείται για υποβρύχια επικοινωνία, 2 Megawatt.
NLK	24.6 kHz	Seattle, Washington (ΗΠΑ)	192 kW. [8]
NLF	24.8 kHz	Arlington, Washington (ΗΠΑ)	Χρησιμοποιείται για υποβρύχια επικοινωνία

## **4. Εισαγωγική Διαδικασία για το Πειραματικό μέρος της Πτυχιακής [6]**

### **4.1. Γενικές προϋποθέσεις**

#### **4.1.1. Τοποθεσία του υπό δοκιμή VDT και του αισθητήρα μετρήσεων**

Το υπό δοκιμή VDT, ο αισθητήρας μέτρησης πεδίου (αισθητήρας), και ο επεξεργαστής / οθόνη (συσκευή ανάγνωσης ή ανιχνευτής) θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 1 m από όλες τις μεταλλικές κατασκευές και τα αντικείμενα.

Το υπό δοκιμή VDT πρέπει να είναι συνδεδεμένο στην παροχή ρεύματος με το καλώδιο τροφοδοσίας που παρέχεται από τον κατασκευαστή ως μέρος του εξοπλισμού. Το καλώδιο τροφοδοσίας πρέπει να τοποθετείται ως εξής: οριζόντια για 0,1 m από το αντικείμενο δοκιμής, και στη συνέχεια κάθετα προς τα κάτω τουλάχιστον στο 1 m.

Το καλώδιο παροχής του υπό δοκιμή VDT πρέπει να συνδέεται με τη φάση και τους ουδέτερους αγωγούς του κεντρικού δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αν η πρίζα επιτρέπει την ανταλλαγή των φάσεων και των ουδέτερων αγωγών, οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται με τη σύνδεση που δίνει την υψηλότερη Band I μέτρηση. Εάν το υπό δοκιμή VDT έχει σχεδιαστεί για να γειωθεί, τότε η σύνδεση γείωσης του καλωδίου ρεύματος πρέπει να συνδέεται με τη γείωση. Αν το καλώδιο ρεύματος του υπό δοκιμή VDT έχει ουδετερογείωση γείωση, τότε ο ουδέτερος πρέπει να συνδέεται με το έδαφος.

Συμπληρωματικές μονάδες που δεν αποτελούν μέρος της δοκιμής, όπως η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), πρότυπα βίντεο δοκιμής, γεννήτριες σήματος και τα καλώδια σύνδεσης που απαιτούνται για τη λειτουργία του VDT-πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε τα πεδία τους να μην υπερβαίνουν τα απαιτούμενα επίπεδα του περιβάλλοντος. Είναι αποδεκτό να προσθέσετε θωράκιση και καλώδια σε αυτές τις επιπλέον μονάδες εφόσον διατηρείται απόσταση 1 m από το πλησιέστερο μεταλλικό τμήμα του υπό δοκιμή VDT ή του αισθητήρα μέτρησης.

Τα καλώδια μεταξύ του αισθητήρα μέτρησης και του ανιχνευτή πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να μην επηρεάζουν τις μετρήσεις των τιμών του ηλεκτρικού πεδίου. Τα καλώδια δεν θα πρέπει να επηρεάζουν και τις μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου.

#### 4.1.2. Τάση Γραμμής

Η τάση της γραμμής ρεύματος του υπό δοκιμή VDT πρέπει να είναι εντός 3% της ονομαστικής αξίας του, όπως αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του κατασκευαστή. Η ονομαστική τιμή της τάσης γραμμής ισχύος πρέπει να καθορισθεί στην αναφορά και η πραγματική τιμή μέτρησης θα πρέπει να καταγραφεί. Εάν προκύψει μια διακύμανση τάσης, η δοκιμή θα πρέπει να εκτελείται στο κέντρο αυτής της διακύμανσης. Για την τελευταία αυτή περίπτωση, η τάση της γραμμής ισχύος και το εύρος πρέπει να καταγράφονται στην αναφορά.

#### 4.2. Υπόβαθρο ηλεκτρικών πεδίων

Όσον αφορά το υπόβαθρο των ηλεκτρικών πεδίων στο χώρο δοκιμής, συμπεριλαμβανομένων των διαταραχών που προκαλούνται από τα ηλεκτρικά καλώδια καθώς επίσης και των εσωτερικών “θορύβων” στο σύστημα μέτρησης, δεν πρέπει και τα δύο μαζί να υπερβαίνουν τα 2V/m στο BAND I και τα 0,2 V/m στο BAND II.

Το υπόβαθρο των ηλεκτρικών πεδίων θα πρέπει να μετριέται με το VDT σε ισχύ πριν την έναρξη των μετρήσεων του ηλεκτρικού πεδίου του VDT. Όλοι οι εξοπλισμοί, σήματος, ρεύματος, καθώς και τα περιφερειακά καλώδια πρέπει να είναι ανενεργά και να τερματίζονται στο VDT. Το καλώδιο τροφοδοσίας VDT πρέπει να απενεργοποιείται (αλλιώς το καλώδιο ρεύματος θα εκπέμπει ένα ηλεκτρικό πεδίο) κατά τις μετρήσεις υποβάθρου. Αν απαιτείται γείωση ή θωράκιση του περιφερειακού εξοπλισμού, ώστε να επιτευχθούν τα καθορισμένα επίπεδο περιβάλλοντος, οι γειώσεις και οι θωρακίσεις πρέπει να συνδέονται σε μια κοινή γείωση, και πρέπει να έχουν απόσταση 1m από οποιαδήποτε μεταλλική επιφάνεια του υπό δοκιμή VDT αλλιώς ο ανιχνευτής μετρήσεων θα πρέπει να συντηρηθεί.

Εάν ο αισθητήρας επανατοποθετείται, παρά να περιστραφεί το VDT, το υπόβαθρο των ηλεκτρικών πεδίων πρέπει να μετράται για κάθε θέση του αισθητήρα μέτρησης. Το επίπεδο θορύβου για κάθε τοποθεσία θα πρέπει να καταγράφεται στα πρακτικά της δοκιμής.

#### 4.3. Υπόβαθρο μαγνητικού πεδίου (πυκνότητα μαγνητικής ροής)

Το υπόβαθρο του μαγνητικού πεδίου στο χώρο δοκιμής, συμπεριλαμβανομένων των διαταραχών που προκαλούνται από τα ηλεκτρικά καλώδια καθώς επίσης και των

εσωτερικών “θορύβων” στο σύστημα μέτρησης, δεν πρέπει και τα δύο μαζί να υπερβαίνουν τα 40 nT στη Band I, και 5 nT στη Band II.

Το υπόβαθρο του μαγνητικού πεδίου θα πρέπει να μετριέται με το VDT σε ισχύ πριν την έναρξη των μετρήσεων του ηλεκτρικού πεδίου του VDT. Όλοι οι εξοπλισμοί, σήματος, ρεύματος, καθώς και τα περιφερειακά καλώδια πρέπει να είναι ανενεργά και να τερματίζονται στο VDT. Το VDT πρέπει να είναι απενεργοποιημένο κατά τη λήψη των μετρήσεων υποβάθρου. Αν απαιτείται γείωση ή θωράκιση του περιφερειακού εξοπλισμού, ώστε να επιτευχθούν τα καθορισμένα επίπεδο περιβάλλοντος, οι γειώσεις και οι θωρακίσεις πρέπει να συνδέονται σε μια κοινή γείωση, και πρέπει να έχουν απόσταση 1m από οποιαδήποτε μεταλλική επιφάνεια του υπό δοκιμή VDT αλλιώς ο ανιχνευτής μετρήσεων θα πρέπει να συντηρηθεί.

Εάν ο αισθητήρας επανατοποθετείται, παρά να περιστραφεί το VDT, το υπόβαθρο του ηλεκτρικού πεδίου πρέπει να μετράται για κάθε θέση του αισθητήρα μέτρησης. Το επίπεδο θορύβου για κάθε τοποθεσία θα πρέπει να καταγράφεται στα πρακτικά της δοκιμής.

### **4.4. Εξοπλισμός Δοκιμών Ηλεκτρικού πεδίου**

#### **4.4.1. Ηλεκτρικό πεδίο ανιχνευτής μέτρησης**

Στα περισσότερα πρότυπα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC), η αλληλεπίδραση των ανιχνευτών, των καλωδίων και του εξοπλισμού συνήθως ελαχιστοποιείται για να βελτιωθεί η ακρίβεια της μέτρησης ισχύς του πεδίου προς τα ιδανικά μαθηματικά μοντέλα. Ωστόσο, δεδομένου ότι τα VDTs έχουν κοινό εξοπλισμό διεπαφής χρήστη, ο ηλεκτρικός σχεδιασμός του ανιχνευτή πεδίου που περιγράφεται σε αυτό το πρότυπο προσπαθεί να προσεγγίσει τον τομέα που διαταράσσεται από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση του χειριστή.

Το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο από το υπό δοκιμή VDT θα πρέπει να προσδιορίζεται με μέτρηση της μετατόπισης του ρεύματος που επάγεται στην επιφάνεια του αισθητήρα μέτρησης του πεδίου. Σημειώνεται ότι τα υπολογισμένα ηλεκτρικά πεδία θα είναι διαταραγμένα σκόπιμα σε ένα σταθερό σημείο από το όργανο. Αυτή η εκούσια διαταραχή έχει ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια του αισθητήρα μέτρησης και έχει ως στόχο να προσεγγίζει τη διατάραξη που προκαλείται από έναν άνθρωπο χειριστή στο δυναμικό γείωσης. Τιμές αντοχής ηλεκτρικού πεδίου που λήφθηκαν ακολουθώντας τις διαδικασίες σε αυτό το πρότυπο δεν θα πρέπει να συγχέονται με ατάραχες μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου που αναφέρονται στην τεχνική βιβλιογραφία.

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο ανιχνευτής αποτελείται από ένα δίσκο διπλής όψης, χαλκό-επενδυμένα, τυπωμένα φύλλα κυκλώματος με ακτίνα  $r$  150,0 mm. Το στρώμα χαλκού απομακρύνεται στην εμπρόσθια πλευρά της όψης στο δακτύλιο μεταξύ των ακτινών  $r_1$  και  $r_2$ , ( $r_1 = 50$  mm και  $r_2 = 52$  mm). Η ακτίνα  $r_1$  θα πρέπει να είναι το ένα- τρίτο της εξωτερικής ακτίνας  $r$ . Το πλάτος του δακτυλίου  $r_1 - r_2 = 2$  mm. Ο χάλκινος δίσκος στο εσωτερικό του δακτυλίου είναι η ενεργή επιφάνεια μέτρησης, και συνδέεται με ένα τερματικό εισόδου ενός τελεστικού ενισχυτή με τη χωρητική ανατροφοδότηση. Το άλλο τερματικό εισόδου του τελεστικού ενισχυτή συνδέεται στο πίσω μέρος της όψης. Ο δακτύλιος χαλκού έξω από την ενεργό επιφάνεια και το πίσω μέρος της όψης είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους γύρω από την περιφέρεια.

Από το νόμο του Gauss :

$$\epsilon_0 EA = Q \quad (1)$$

Όπου

- $E$  είναι η μέση ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε όλη την επιφάνεια ανιχνεύσεως του ανιχνευτή ηλεκτρικού πεδίου.
- το  $A$  είναι το εμβαδόν της επιφανείας ανιχνεύσεως.
- το  $\epsilon_0$  είναι η διαπερατότητα του ελεύθερου χώρου.
- $Q$  είναι η επιβάρυνση που προκαλείται στην επιφάνεια ανιχνεύσεως από το ηλεκτρικό πεδίο

Αν υποθέσουμε ότι το  $E$  μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με γωνιακή συχνότητα,  $\omega$  (όπου  $\omega$  είναι ίσο με  $2\pi$  φορές της συχνότητας  $f$ , η προκαλούμενη επιβάρυνση ποικίλλει επίσης ημιτονοειδώς, με αποτέλεσμα ενός επαγωγικού ρεύματος,  $I$ , δίνεται (υποθέτοντας rms τιμές για το  $E$  και  $I$ )

$$I = \frac{dQ}{dt} = \epsilon_0 \omega EA \quad (2)$$

Για τα VDTs, το ηλεκτρικό πεδίο θα περιέχει αρμονικές, και η εξίσωση (2) θα έχει πρόσθετους όρους στη δεξιά πλευρά. Για τα το απλοποιημένο κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα A2 του Παραρτήματος Α (normative), η τάση εξόδου είναι  $V_0$

$$V_0 = \left( \frac{I}{\omega C} \right) = \frac{\epsilon_0 EA}{C} \quad (3)$$

όπου, το  $C$  είναι ο βρόχος ανάδρασης της χωρητικότητας του τελεστικού ενισχυτή.

Ο ανιχνευτής πρέπει να υποστηρίζεται από μια μηχανική συσκευή κατασκευασμένη από μη αγώγιμο, χαμηλής διηλεκτρικής σταθεράς υλικού.



#### 4.4.2. Φίλτρα ανιχνευτή και επεξεργασίας σήματος

Τα σήματα από τον ανιχνευτή πρέπει να φιλτράρονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές στον πίνακα 1.

Πίνακας 1 - Αποκρίσεις φίλτρων

	Band I(ELF)	Band II(VLF)
High-pass γωνιακή συχνότητα	5Hz	2kHz
High-pass χαρακτηριστικά	4ης τάξης Butterworth	4ης τάξης Butterworth
Low-pass γωνιακή συχνότητα	2000Hz	400kHz
Low-pass χαρακτηριστικά	2ης τάξης Butterworth	2ης τάξης Butterworth
Υψηλή διακοπή εξασθένισης ζώνης	40 dB το ελάχιστο	40 dB το ελάχιστο

ΣΗΜΕΙΩΣΗ-Υψηλής τάξης Butterworth και Chebyshev χαρακτηριστικά, μπορεί να αντικατασταθούν. Ο κυματισμός από το φίλτρο Chebyshev πρέπει να είναι <0,5 dB.

Το σήμα πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία από ένα πραγματικό μέσης τετραγωνικής ρίζας (rms) κύκλωμα, για να παρέχει μία ένδειξη ισχύος του ηλεκτρικού πεδίου και στις δύο ζώνες συχνοτήτων.

Αν ο κατακόρυφος ρυθμός ανανέωσης του υπό δοκιμή VDT είναι κοντά στη συχνότητα της γραμμής ρεύματος, το μετρούμενο ηλεκτρικό πεδίο αντοχής μπορεί να ποικίλει με το χρόνο εξαιτίας της παρουσίας των πεδίων συχνότητας ηλεκτρικής ισχύος (τόσο από το υπόβαθρο και την υπό δοκιμή μονάδα) και το συναφές παλμικό φαινόμενο. Εξαιτίας αυτής της πιθανής μεταβολής του χρόνου, η μέγιστη rms τιμή της ισχύος του ηλεκτρικού πεδίου πρέπει να μετράται χρησιμοποιώντας ένα αληθινό rms βολτόμετρο. Εάν η μέγιστη τιμή πεδίου κυμαίνεται από  $> \pm 5\%$  με το χρόνο, λόγω του περιορισμένου χρόνου μέτρησης, η μέτρηση πρέπει να επαναληφθεί έως ότου ο μέσος όρος των μέγιστων τιμών των πέντε μετρήσεων είναι σταθερός, μέσα στο  $\pm 5\%$ . Αυτή η μέση τιμή πρέπει να καταγραφεί.

### 4.4.3. Βαθμονόμηση

Ο ανιχνευτής, στο δυναμικό γειώσεως βαθμονομείται χρησιμοποιώντας διάταξη μιας παράλληλης πλάκας, με τον ανιχνευτή να εξυπηρετεί σαν μία από τις δύο πλάκες. Η ενεργός επιφάνεια μέτρησης του ανιχνευτή (πρώτη από τις δύο πλάκες στο σύστημα των δύο παράλληλων πλακών) θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση 30 mm από τη δεύτερη (ενεργοποιημένη) παράλληλη πλάκα, η οποία έχει ελάχιστη διάμετρο 300 mm. Η μονωτική λαβή που υποστηρίζει ο ανιχνευτής στο ηλεκτρικό πεδίο κατά τη διάρκεια της μέτρησης πρέπει να συνδεθεί με τον ανιχνευτή κατά τη διάρκεια αυτών των βαθμονομήσεων. Κατά τις βαθμονομήσεις, δεν πρέπει να υπάρχουν γειωμένα επίπεδα (μεταλλική κατασκευή ή αντικείμενα) μέσα σε απόσταση 1 m των παραλλήλων πλακών.

Το πεδίο βαθμονόμησης,  $E_c$ , Δίνεται από την εξίσωση:

$$E_c = V/d$$

όπου

- $V$  είναι η ημιτονοειδής τάση που εφαρμόζεται στις παράλληλες πλάκες
- $d$  είναι η παράλληλη απόσταση πλάκας (30 mm)

Για παράδειγμα, για να ληφθεί μία βαθμονόμηση του ηλεκτρικού πεδίου των 250 V / m, το  $V$  πρέπει να είναι 7,5 V. Η συνολική αβεβαιότητα (τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων) με αξία  $E_c$  λόγω της αβεβαιότητας των τιμών των  $V$  και  $d$  θα είναι  $< \pm 5\%$ .

Η βαθμονόμηση πρέπει να πραγματοποιείται σε 12 βαθμούς στο Band I και 8 βαθμούς στο Band II, με ημιτονοειδείς τάσεις να εφαρμόζονται στην παράλληλη πλάκα πυκνωτή στα επίπεδα και τις συχνότητες που ορίζονται παρακάτω:

- Band I: 50 V / m, 250 V / m, και 1 kV / m σε συχνότητες από 50 Hz, 100 Hz, 500 Hz, και 1 kHz.
- Band II: 10 V / m και 100 V / m σε συχνότητες από 15 kHz, 30 kHz, 60 kHz και 120 kHz.

Οι καταγεγραμμένες τιμές πρέπει να είναι  $\pm 5\%$  του υπολογιζόμενου  $E_c$ . Η θερμοκρασία του δωματίου κατά τη στιγμή της βαθμονόμησης πρέπει να καταγράφεται και μετέπειτα μετρήσεις του ηλεκτρικού πεδίου θα πρέπει να είναι περίπου στην ίδια θερμοκρασία (δηλαδή, μέσα σε απόσταση  $\pm 3^\circ \text{C}$ ). Μετρητές ηλεκτρικού επιπέδου που λειτουργούν με μπαταρία θα πρέπει να ελέγχονται για επαρκή επίπεδα τάσης της μπαταρίας κατά τη βαθμονόμηση και τη μετέπειτα χρήση.

## 4.5. Διαδικασία μέτρησης έντασης ηλεκτρικού πεδίου

### 4.5.1. Δοκιμαστικό στήσιμο ενός VDT

Το VDT πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε το οριζόντιο επίπεδο να βρίσκεται σε ορθή γωνία ως προς το επαπτόμενο επίπεδο. Η σωστή απόσταση γωνίας κατά μήκος της καθέτου στο επαπτόμενο επίπεδο που διέρχεται από το κεντρικότερο σημείο ανάμεσα στην επιφάνεια της οθόνης και στην πίσω πλευρά του VDT είναι  $L$ . Η προέλευση του κυλινδρικού συστήματος συντεταγμένων επιλέγεται να βρίσκεται σε μία απόσταση  $L/2$ , πίσω από την επιφάνεια της οθόνης στο κανονικό προς το επαπτόμενο επίπεδο μέσω του κεντρικότερου σημείου.

Ο  $Z$  - άξονας πρέπει να είναι σε ορθή γωνία προς το οριζόντιο επίπεδο. Η γωνιακή κατεύθυνση αναφοράς είναι κατά μήκος του προαναφερόμενου οριζόντιου επιπέδου στην κατεύθυνση προς τα έξω από την οθόνη. Η γωνία  $\theta$  είναι θετική στη αριστερόστροφη κατεύθυνση.

### 4.5.2. Διαδικασία μέτρησης

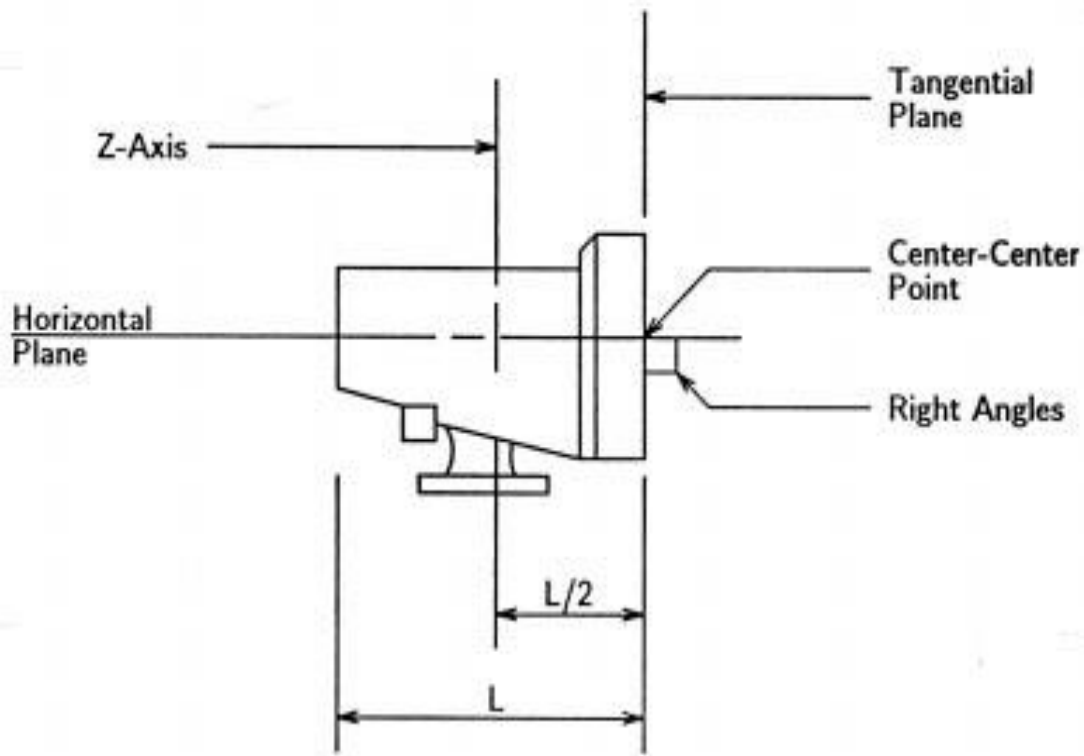
Η πραγματική ενεργός τιμή της μέγιστης έντασης του ηλεκτρικού πεδίου πρέπει να μετράται μπροστά από το αντικείμενο δοκιμής για το Band I και κατά 4 μέτρα για το Band II. Κατά τη διάρκεια αυτών των μετρήσεων, η μονάδα παρακολούθησης της επιφάνειας του δειγματολήπτη πρέπει να είναι κάθετα προς την ακτίνα του κύκλου μέτρησης  $R$ .

Οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται σε όλα τα σημεία έχοντας μια ελάχιστη απόσταση 0,3 m από την εξωτερική επιφάνεια του VDT, και με συντεταγμένες σε ένα κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων, σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$z = 0$$

$$R = \left(\frac{L}{2}\right) + 0.5 \text{ m}$$

$$\theta = 0^\circ \text{ για το Band I } 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ \text{ για το Band II}$$



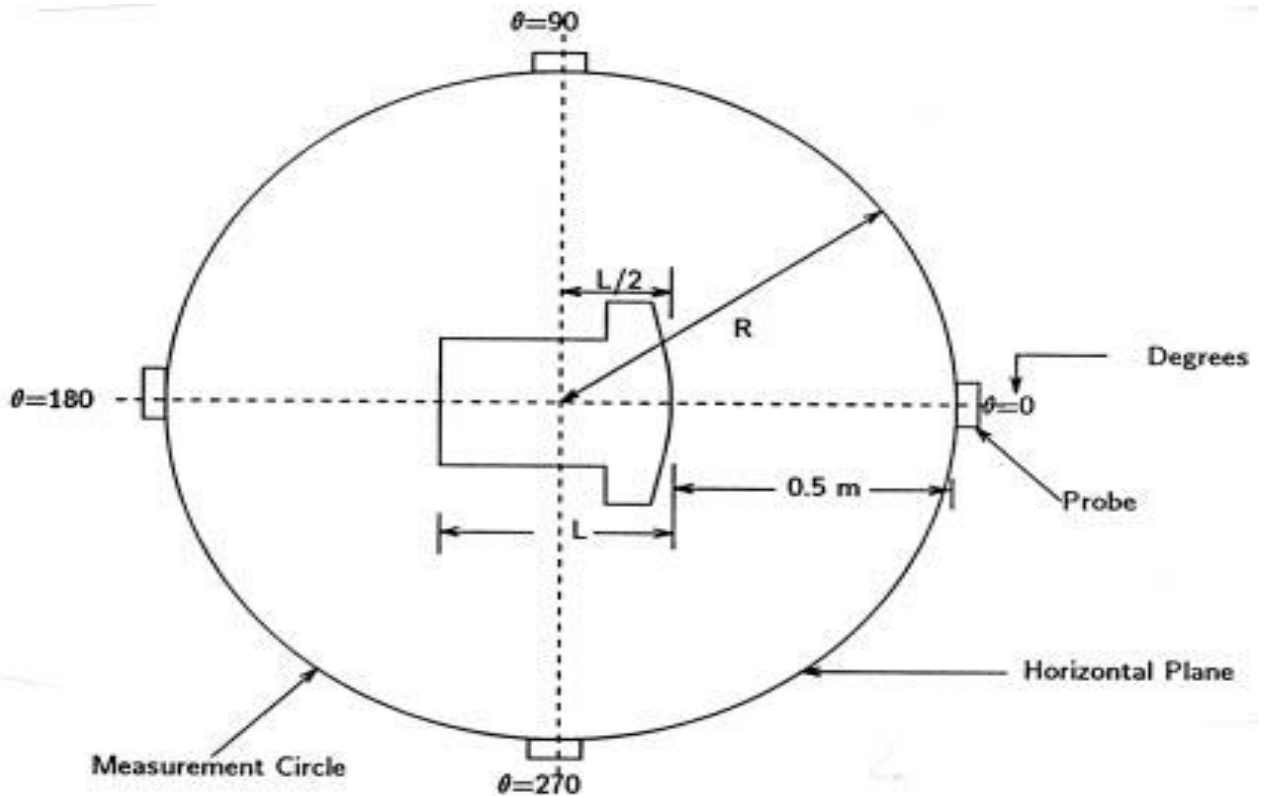
Φυσικά ευρύτερα ή μεγαλύτερα VDTs, όταν περιστρέφονται γύρω από τον άξονα z, μπορούν να έρθουν πολύ κοντά στο μηχάνημα μετρήσεως της ακτινοβολίας και να παραχθεί ένα διαστρεβλωμένο αποτέλεσμα. Επομένως οι μετρήσεις απαιτείται να λαμβάνονται στα καθορισμένα σημεία μόνον όταν η απόσταση διατηρείται στα 0.3m. Όλες οι μετρήσεις θα πρέπει να παρουσιάζονται ως πραγματικές αξίες της ενεργού τιμής της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε V / m για τις δύο περιοχές συχνοτήτων (ELF,VLF).

Για όλες τις ρυθμίσεις μέτρησης, ο αισθητήρας μέτρησης πρέπει να συνδέεται με την κοινή γείωση αναφοράς. Όταν μετριέται η Class I VDTs, το VDT καλώδιο γείωσης πρέπει να συνδέεται με την ίδια κοινή βάση αναφοράς. Class II VDTs δεν έχουν καλώδιο γείωσης. Οι μεταβλητές ρυθμίσεις χρήστη, όπως φωτεινότητα, αντίθεση, και οι έλεγχοι για το μέγεθος της εικόνας, καθορίζονται στο μέσο του φάσματος. Αν το VDT έχει stand-by mode, στο οποίο μόνο ένας δρομέας που αναβοσβήνει εμφανίζεται στην η οθόνη, οι μετρήσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται για τους δύο τρόπους λειτουργίας στο  $z = 0$  και  $\theta = 0$ . Εάν οι μετρούμενες τιμές σε αυτό το σημείο είναι εντός  $\pm 5\%$  μεταξύ των δύο τρόπων για τις δύο μπάντες συχνοτήτων (ELF,VLF), πρόσθετες μετρήσεις στο  $z = 0^\circ$  και  $\theta = 90^\circ, 180^\circ,$  και  $270^\circ$  δεν είναι απαραίτητες.

### 4.5.3. Αβεβαιότητα των μετρήσεων

Η αβεβαιότητα που συνδέεται με τη κάθε μέτρηση του πεδίου θα πρέπει να αναφέρεται. Οι αβεβαιότητες στη μέτρηση της μέγιστης έντασης ηλεκτρικού πεδίου προκύπτουν από δύο περιοχές προέλευσης, ως ακολούθως:

- Οι διαδικασίες ελέγχου και δοκιμής
- Το όργανο μέτρησης



Παραδείγματα αβεβαιοτήτων που οφείλονται στο ηλεκτρικό πεδίο μέτρησης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Τα αποτελέσματα της εγγύτητας του παρατηρητή και κοντινών αντικειμένων
- Η δρομολόγηση του καλωδίου του αισθητήρα
- Υπόβαθρο πεδίων εναλλασσόμενου ρεύματος
- Τοποθέτηση του αισθητήρα σε ανομοιόμορφα μέρη

Επειδή η χωρική κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου είναι άγνωστη, η αβεβαιότητα μέτρησης που σχετίζεται με την τοποθέτηση του αισθητήρα σε μια λανθασμένη απόσταση  $R$  από το VDT δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Ως εκ τούτου, η αβεβαιότητα στον εντοπισμό του ανιχνευτή σε μια απόσταση  $R$  από την προέλευση του κυλινδρικού συστήματος συντεταγμένων είναι περιορισμένη αυθαίρετα στα  $\pm 2\%$ . Τα αποτελέσματα της εγγύτητας που προκαλείται από τον παρατηρητή και των κοντινών αντικειμένων θα πρέπει να γίνουν αμελητέα (δηλ.,  $< 1\%$ ).

Παραδείγματα των αβεβαιοτήτων μέτρησης που οφείλονται στο όργανο μέτρησης είναι οι αβεβαιότητες στα παρακάτω:

- Διαδικασία βαθμονόμησης
- Απόκριση συχνότητας
- Η μη γραμμικότητα
- Θερμοκρασία
- Εφοδιασμός τάσης ανταπόκρισης της συσκευής

Για τους σκοπούς του παρόντος προτύπου, όλες οι μετρήσεις θα πρέπει να συνοδεύεται από πληροφορίες σχετικά με τη συνολική αβεβαιότητα μετρήσεων ( $U_{Total}$ ). Το  $U_{Total}$  πρέπει να αναφέρεται με τις συνιστώσες του, ως εξής:

- Το όργανο και τη βαθμονόμηση, το σχεδιασμό και τη χρήση αβεβαιότητας ( $U_I$ )
- Υπόβαθρο αβεβαιότητας μετρήσεων ( $U_{Back}$ )

Πέραν από την αναφορά του  $U_I$  και του  $U_{Back}$ , το  $U_{Total}$  πρέπει να αναφέρεται ως συν / πλην τοις εκατό ( $\pm\%$ ) αβεβαιότητας της τετραγωνικής ρίζας του αθροίσματος των τετραγώνων των  $U_I$  και  $U_{Back}$  σε αβεβαιότητα επί τοις εκατό, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$U_{Total} = [\pm \sqrt{(U_I^2 + U_{Back}^2)}]$$

Το  $U_I$ , το  $U_{Back}$  και το  $U_{Total}$  αναφέρονται σε επί τοις εκατό (όχι ντεσιμπέλ).

Με τον κατάλληλο σχεδιασμό του οργάνου, βαθμονομήσεων, και της χρήσης, το  $U_I$  δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $\pm 10\%$ . Η ακόλουθη εξίσωση δίνει το  $U_{Back}$  σε ποσοστό.

$$U_{Back} = \pm \left( \frac{F_{Back}}{F_m} \right) \times 100$$

Όπου :

- $F_{Back}$  είναι η μέγιστη μετρούμενη ένταση πεδίου στο υπόβαθρο
- $F_m$  είναι η μέγιστη μετρούμενη ένταση πεδίου

Το ακόλουθο παράδειγμα απεικονίζει την παροχή των απαιτούμενων πληροφοριών.

Ας υποθέσουμε ότι το πεδίο στο υπόβαθρο είναι  $E = 2 \text{ V / m}$  και το μετρούμενο πεδίο είναι  $10 \text{ V / m}$ .

Τότε το  $U_{Back}$  θα είναι  $20\%$

## 4.6. Εξοπλισμός δοκιμής μαγνητικού πεδίου

### 4.6.1. Ανιχνευτής μέτρησης μαγνητικού πεδίου

Ο αισθητήρας μέτρησης αποτελείται από τρεις κάθετες μεταξύ τους ομόκεντρες κυκλικές σπείρες, κάθε μία με έκταση 0,01 m<sup>2</sup>. Τα πηνία μπορούν να αποκλίνουν από το κυκλικό σχήμα όπου διασταυρώνονται. Η ελάχιστη εσωτερική διάμετρος πρέπει να είναι 110 χιλιοστά και η μέγιστη εξωτερική διάμετρος να είναι 116 χιλιοστά. Τα πηνία μέτρησης δεν πρέπει να επηρεάζονται από ηλεκτρικά πεδία.

Η συχνότητα συντονισμού του κάθε πηνίου καταλλήλως συνδεδεμένο με καλώδια και ενισχυτές πρέπει να είναι > 12 kHz για τη Band I και > 2,5 MHz για τη Band II. Οι συντονισμοί πρέπει να κατασταλούν από ωμική φόρτωση του καθενός πηνίου. Κάθε πηνίο πρέπει να συνοδεύεται από ολοκληρωμένα δίκτυα και ενισχυτές για να δημιουργηθεί η τάση εξόδου ανάλογα με την πυκνότητα μαγνητικής ροής και ανεξάρτητα από τη συχνότητα. Η απαίτηση για τη συχνότητα απόκρισης δίνεται από τη διαδικασία βαθμονόμησης.

### 4.6.2. Φίλτρα αισθητήρων και επεξεργασίας σήματος

Τα σήματα από τα συστήματα του πηνίου πρέπει να φιλτράρονται από υψηλής διέλευσης και χαμηλής διέλευσης φίλτρα.

Τα σήματα από τα τρία πηνία σε κάθε σει πηνίου πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος για τον υπολογισμό της ενεργού τιμής της πυκνότητας της μαγνητικής ροής του μεγέθους του φορέα σε δύο ζώνες συχνοτήτων. Είναι αποδεκτό να υπολογιστεί η ενεργός τιμή για κάθε ένα από τα σήματα του πηνίου χωριστά και να χρησιμοποιήσουμε τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων αυτών των ενεργών τιμών ως το αποτέλεσμα της δοκιμής.

Αν ο κατακόρυφος ρυθμός ανανέωσης του VDT την υπό δοκιμή είναι κοντά στη συχνότητα της γραμμής ισχύος, η πυκνότητας της μαγνητικής ροής που μετράται μπορεί να ποικίλει συναρτήσει του χρόνου εξαιτίας της παρουσίας μαγνητικών πεδίων της συχνότητα ισχύος (τόσο από το υπόβαθρο και μονάδα την υπό δοκιμή. Λόγω αυτής της δυνατότητας του χρόνου διακύμανσης, η μέγιστη τιμή rms πυκνότητας της μαγνητικής ροής μετράται με ένα πραγματικό βολτόμετρο rms. Εάν η μέγιστη τιμή του πεδίου κυμαίνεται από > ± 5% συναρτήσει του χρόνου, λόγω του περιορισμένου χρόνου μέτρησης, η μέτρηση πρέπει να επαναλαμβάνεται έως ότου ο μέσος όρος των μέγιστων τιμών των πέντε μετρήσεων είναι σταθερά εντός του ± 5%. Αυτή η μέση τιμή πρέπει να καταγραφεί.



### 4.6.3. Βαθμονόμηση

Βαθμονομήσεις εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου εκτελούνται κανονικά με την τοποθέτηση του μαγνητικού ανιχνευτή πεδίου σε ένα γνωστό πεδίο που παράγεται από ένα σύστημα πηνίου. Αυτή η διαδικασία δεν μπορεί να εφαρμοστεί στα περισσότερα εργαστήρια για μετρήσεις της Band I μαγνητικού πεδίου από VDTs διότι το υπόβαθρο της συχνότητα ισχύος των μαγνητικών πεδίων (της τάξης 100 nT) μπορεί να διαταράξει σημαντικά το πεδίο βαθμονόμησης. Μια εναλλακτική προσέγγιση για την βαθμονόμηση των ευαίσθητων κλιμάκων μέτρησης του μαγνητικού πεδίου είναι μέσω της χρήσης μιας τεχνικής έγχυσης τάσεως. Χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία, το volts / tesla που παράγεται από κάθε ανιχνευτή πηνίου (όταν συνδέεται με το κύκλωμα ανίχνευσης) θα πρέπει να προσδιορίζεται σε κάθε συχνότητα ενδιαφέροντος χρησιμοποιώντας ένα μαγνητικό πεδίο, τουλάχιστον δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο από το πεδίο στο υπόβαθρο. Το μαγνητικό πεδίο θα πρέπει να παραχθεί με πηνία Helmholtz έχοντας ακτίνα τουλάχιστον 20 cm. Οι τάσεις που αντιστοιχούν σε μικρότερα μαγνητικά πεδία, στη συνέχεια εγχέονται στο κύκλωμα ανίχνευσης για τη βαθμονόμηση των πιο ευαίσθητων κλιμάκων του μαγνητικού πεδίου μέτρησης στη BAND I. Ένα διαιρέτης τάσεως με μια γνωστή αναλογία, μια πηγή εναλλασσομένου ρεύματος (π.χ. μία γεννήτρια λειτουργίας), ένα ακριβές βολτόμετρο, και επαρκείς ηλεκτρική θωράκιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ένεση των γνωστών τάσεων στις συχνότητες που καθορίζονται στο πρότυπο αυτό. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η βαθμονόμηση, η εξάρτηση συχνότητας της αναλογίας του διαιρέτη της τάσεως, θα πρέπει επίσης να είναι γνωστή.

Αν τα μαγνητικά πεδία στο υπόβαθρο με συχνότητες στη BAND II είναι αμελητέα σε σχέση με τα πεδία που χρησιμοποιούνται για βαθμονομήσεις, ένα πηνίο Helmholtz μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τη βαθμονόμηση του πεδίου μέτρησης. Στην περίπτωση αυτή, ο συντονισμός συχνότητας του πηνίου Helmholtz πρέπει να είναι γνωστός, και οι συχνότητες βαθμονόμησης πρέπει να απομακρύνονται επαρκώς από τη συχνότητα συντονισμού για την αποφυγή σημαντικής διαταραχής του πεδίου κατά τη διάρκεια βαθμονομήσεων. Διαφορετικά οι τεχνικές ένεσης με τάση, μπορεί να επεκταθούν και σε συχνότητες στη BAND II.

Η συνολική αβεβαιότητα (τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων) για τον καθορισμό του μαγνητικού πεδίου που παράγεται από το πηνίο Helmholtz (λόγω της αβεβαιότητας στην μέτρηση ρεύματος και τις διαστάσεις του πηνίου) ή ισοδύναμη τάση χρησιμοποιώντας την τεχνική της ένεσης τάσεως (λόγω αβεβαιότητας στη μέτρηση τάσης) θα πρέπει να είναι  $\leq \pm 5\%$ . Βαθμονομήσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται σε 12 σημεία στη Band I και σε 8 σημεία στη Band II, με ημιτονοειδή πεδία στα επίπεδα και τις συχνότητες που καθορίζονται παρακάτω:

- Band I: 40 nT, 250 nT, και 20 000 nT σε συχνότητες των 50 Hz, 100 Hz, 500 Hz, και 1 kHz.
- Band II: 25 nT και 250 nT σε συχνότητες των 15 kHz, 30 kHz, 60 kHz και 120 kHz.

Όταν χρησιμοποιείται τεχνική τάσης ή έντασης, οι καταγραφόμενες τιμές πρέπει να είναι  $\pm 5\%$  του υπολογιζόμενου πεδίου βαθμονόμησης του πηνίου Helmholtz ή ισοδύναμου πεδίου. Η θερμοκρασία του δωματίου κατά τη στιγμή της βαθμονόμησης πρέπει να καταγράφεται και οι επόμενες μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου θα πρέπει να είναι περίπου στην ίδια θερμοκρασία (δηλ.,  $\pm 3^\circ \text{C}$ ). Μετρητές μαγνητικών πεδίων που λειτουργούν με μπαταρία θα πρέπει να ελέγχονται για τα κατάλληλα επίπεδα τάσεως της μπαταρίας κατά τη βαθμονόμηση και για τη μετέπειτα χρήση τους. Όταν οι βαθμονομήσεις γίνονται με ένα σύστημα πηνίου, η βαθμονόμηση πρέπει να γίνεται σε τρία ανεξάρτητα επίπεδα μέτρησης των πηνίων και σε ένα συνοπτικό, όπου περίπου η ίδια ροή περνά μέσα από όλα τα τρία πηνία.

### 4.7. Διαδικασία μέτρησης πυκνότητας μαγνητικής ροής

#### 4.7.1. Δοκιμαστική εγκατάσταση VDT

Το VDT πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε το οριζόντιο επίπεδο να βρίσκεται σε ορθή γωνία ως προς το εφαπτόμενο επίπεδο. Η σωστή απόσταση γωνίας κατά μήκος της καθέτου στο εφαπτόμενο επίπεδο που διέρχεται από το κεντρικότερο σημείο ανάμεσα στην επιφάνεια της οθόνης και στην πίσω πλευρά του VDT είναι  $L$ . Η προέλευση του κυλινδρικού συστήματος συντεταγμένων επιλέγεται να βρίσκεται σε μία απόσταση  $L/2$ , πίσω από την επιφάνεια της οθόνης στο κανονικό προς το εφαπτόμενο επίπεδο μέσω του κεντρικότερου σημείου.

Ο  $Z$  - άξονας πρέπει να είναι σε ορθή γωνία προς το οριζόντιο επίπεδο. Η γωνιακή κατεύθυνση αναφοράς είναι κατά μήκος του προαναφερόμενου οριζόντιου επιπέδου στην κατεύθυνση προς τα έξω από την οθόνη. Η γωνία  $\theta$  είναι θετική στη αριστερόστροφη κατεύθυνση.

#### 4.7.2. Διαδικασία μέτρησης

Η πραγματική ενεργός τιμή της μέγιστης πυκνότητας ροής πρέπει να μετράται σε 8 σημεία σε μια κυλινδρική επιφάνεια γύρω από το αντικείμενο δοκιμής και για τις δύο μπάντες Band I και II. Τα εύρη συχνοτήτων επιλέγονται από ειδικά φίλτρα στον εξοπλισμός μέτρησης.

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται σε όλα τα σημεία έχοντας μια ελάχιστη απόσταση 0,3m από την εξωτερική επιφάνεια από το VDT, και με συντεταγμένες σε ένα κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων, σύμφωνα με:

$$z = 0$$

$$R = \left(\frac{L}{2}\right) + 0.5 \text{ m}$$

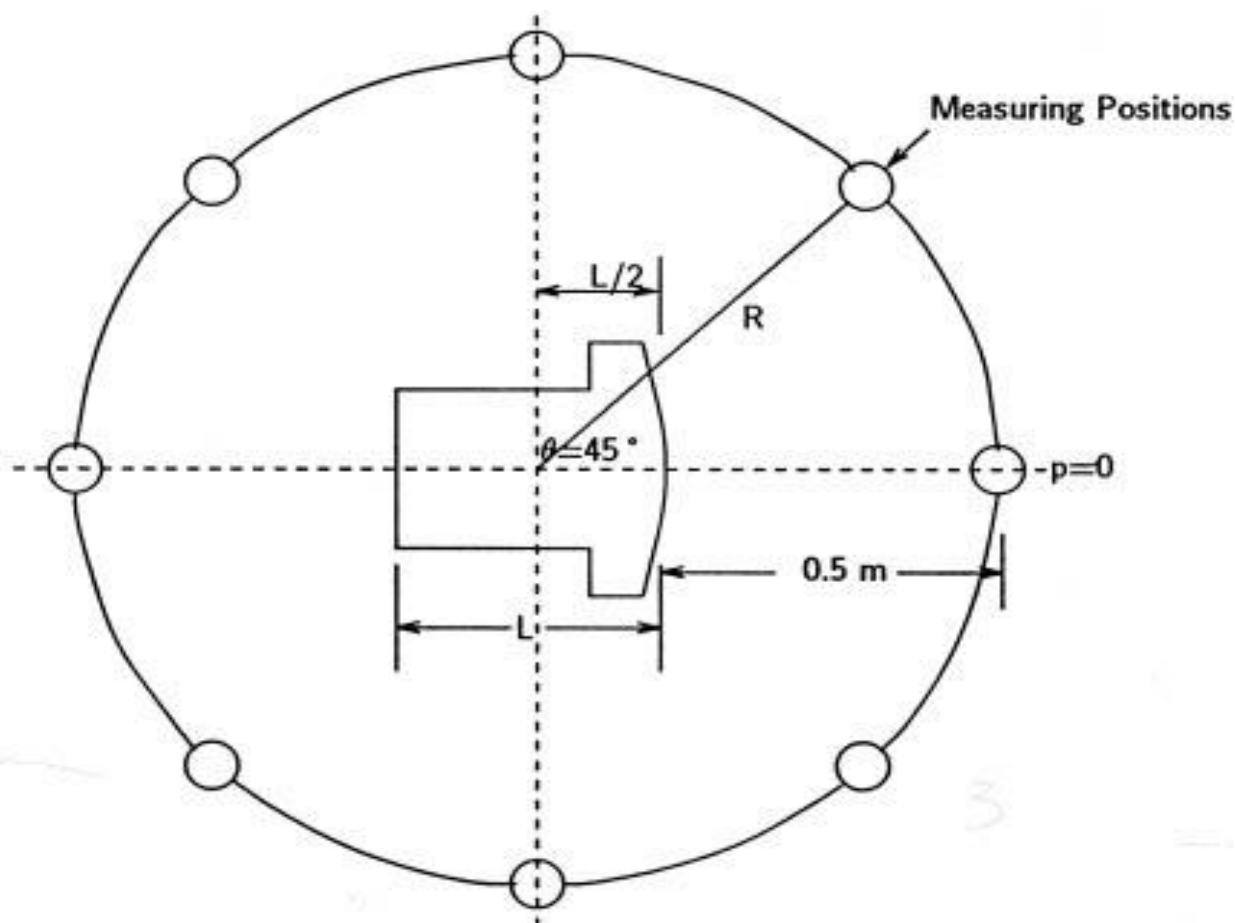
$\theta = p \times 45^\circ$  όπου το  $p$  αντιπροσωπεύει όλους τους ακέραιους αριθμούς στο εύρος  $0 \leq p \leq 7$

και

$$z = -0.3 \text{ m και } z = +0,3 \text{ m}$$

$$R = \frac{L}{2} + 0.5 \text{ m}$$

$$\theta = 0^\circ$$



Τυπικά, τα επίπεδα εκπομπών μπροστά από VDTs είναι υψηλότερα στη θέση  $z = 0$  και  $\theta = 0^\circ$ . Εάν διαπιστωθεί ότι τα παραπάνω δεν αληθεύουν σε κάθε δοκιμή, οι ακόλουθες πρόσθετες δοκιμές πρέπει να εκτελούνται.

$$z = -0.3 \text{ m και } z = +0,3 \text{ m}$$

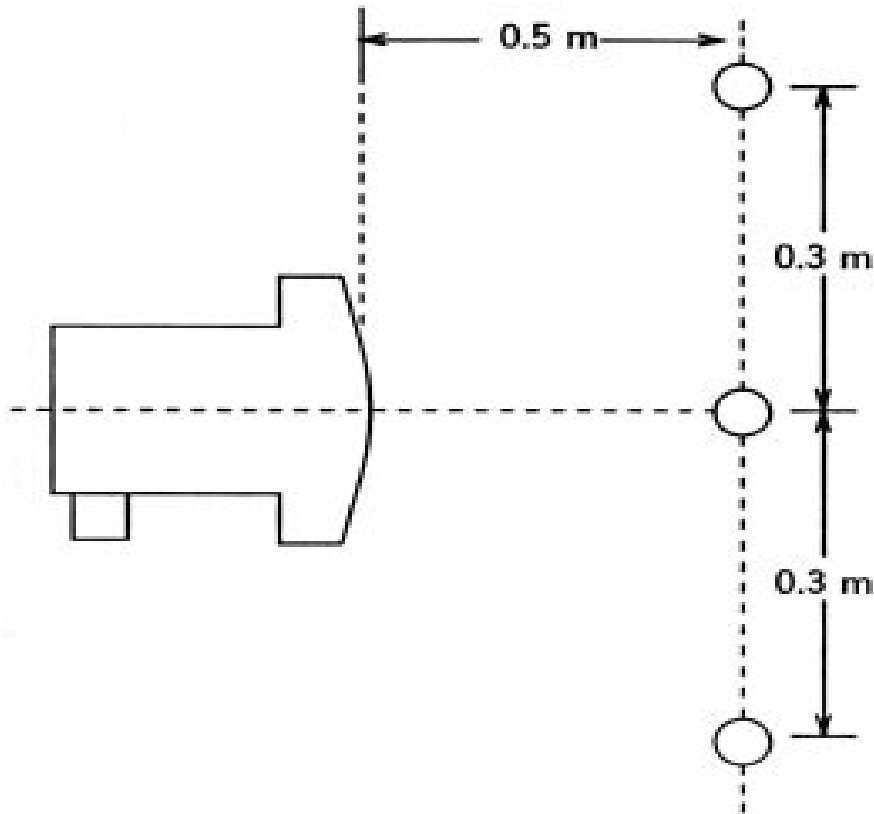
$$R = \frac{L}{2} + 0.5 \text{ m}$$

$$\theta = p \times 45^\circ \text{ όπου το } p \text{ αντιπροσωπεύει όλους τους ακέραιους αριθμούς στο εύρος } 0 \leq p \leq 7$$

Αν το VDT διαθέτει λειτουργία αναμονής, στην οποία μόνο ένας δρομέας που αναβοσβήνει εμφανίζεται στην οθόνη, τις μετρήσεις πρέπει να τις επαναλάβουμε και για τους δύο τρόπους λειτουργίας σε  $z = 0$ , και  $\theta = 0$ . Αν η μετρούμενη τιμή σε αυτό το σημείο είναι  $\pm 5\%$  μεταξύ των δύο καταστάσεων τόσο για τη μπάντα I και μπάντα II, δεν είναι αναγκαίες μετρήσεις και σε άλλα σημεία.

Οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται σε όλα τα σημεία με ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 0,3 m, από το αισθητήρα μετρήσεων ως προς το κοντινότερο σημείο μέτρησης του υπό δοκιμή VDT. Σωματικά ευρύτερες ή μεγαλύτερα VDTs, όταν περιστρέφονται γύρω από τον Z-άξονα, μπορεί να έρθουν πολύ κοντά με τον ανιχνευτή μέτρησης, παράγοντας παραμορφωμένα αποτελέσματα. Ως εκ τούτου απαιτείται όταν γίνεται μια μέτρηση, να διατηρείται η απόσταση των 0,3m [9].

Τα πηνία μέτρησης πρέπει να είναι σε στάση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



Το VDT θα εμφανίσει μια πλήρη οθόνη με ένα εν κινήσει κεφαλαίο “H”. Οι μεταβλητές ρυθμίσεις του χρήστη, όπως φωτεινότητα, αντίθεση και ο έλεγχος μεγέθους της εικόνας, θα πρέπει να ρυθμιστούν στο μέσο του εύρους.

Αν το VDT διαθέτει λειτουργία αναμονής, στην οποία μόνο ένας δρομέας που αναβοσβήνει εμφανίζεται στην οθόνη, τις μετρήσεις πρέπει να τις επαναλάβουμε και για τους δύο τρόπους λειτουργίας στο  $z = 0$ ,  $q = 0$ . Εάν διαφέρουν οι μετρούμενες τιμές σε αυτό το σημείο κατά  $> \pm 5\%$  μεταξύ των δύο καταστάσεων, όλα τα σημεία πρέπει να μετρούνται και με τους δύο τρόπους.

### 4.7.3. Αβεβαιότητα μετρήσεων

Η αβεβαιότητα που συνδέεται με κάθε μέτρηση του πεδίου θα πρέπει να αναφέρεται. Οι αβεβαιότητες στη μέτρηση της μέγιστης πυκνότητας μαγνητικής ροής προκύπτουν από δύο περιοχές προέλευσης, ως ακολούθως:

- Οι διαδικασίες ελέγχου και δοκιμής
- Το μηχάνημα μέτρησης

Παραδείγματα αβεβαιότητας των μετρήσεων λόγω των διαδικασιών δοκιμής και της πειραματικής μονάδας περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Υπόβαθρο πεδίων εναλλασσόμενου ρεύματος
- Τοποθέτηση του αισθητήρα σε ανομοιόμορφες πεδία
- Μεταβολή του τομέα ένδειξης λόγω των παλμικών φαινομένων
- Αποτελέσματα της εγγύτητας , κοντινών σιδηρομαγνητικών αντικειμένων

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αβεβαιότητα μπορεί να υπερβαίνει το 100%, όταν το πεδίο που παράγεται από τη μονάδα υπό δοκιμή προσεγγίζει την τιμή του πεδίου στο υπόβαθρο. Επειδή η χωρική κατανομή του μαγνητικού πεδίου είναι άγνωστη, η αβεβαιότητα μέτρησης που σχετίζεται με την τοποθέτηση του αισθητήρα σε εσφαλμένη απόσταση R από το VDT δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Ως εκ τούτου, η αβεβαιότητα στον εντοπισμό του ανιχνευτή σε μια απόσταση R από την προέλευση του κυλινδρικού συστήματος συντεταγμένων περιορίζεται αυθαίρετα σε  $\pm 2$  εκατοστά.

Παραδείγματα αβεβαιοτήτων μέτρησης που οφείλονται στο όργανο μέτρησης είναι ασάφειες όσον αφορά τα ακόλουθα:

- Διαδικασία βαθμονόμησης
- Απόκριση συχνότητας
- Η μη γραμμικότητα
- Ηλεκτρικό πεδίο παραλαβής
- Εφοδιασμός τάσης απόκρισης του οργάνου

Για τους σκοπούς του παρόντος προτύπου, όλες οι μετρήσεις θα πρέπει να συνοδεύονται από πληροφορίες σχετικά με τη συνολική μέτρηση αβεβαιότητας ( $U_{Total}$ ). Το  $U_{Total}$  πρέπει να αναφερθεί με τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το όργανο και τη βαθμονόμηση, το σχεδιασμό και τη χρήση αβεβαιότητας ( $U_I$ )
- Υπόβαθρο αβεβαιότητα μέτρησης ( $U_{Back}$ )

Πέραν από την αναφορά  $U_I$  και  $U_{Back}$ , το  $U_{Total}$  αναφέρεται ως συν / πλην τοις εκατό ( $\pm\%$ ) αβεβαιότητα της τετραγωνικής ρίζας του αθροίσματος των τετραγώνων των  $U_I$  και  $U_{Back}$  σε επί τοις εκατό αβεβαιότητα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση.

$$U_{Total} = [\pm \sqrt{(U_I^2 + U_{Back}^2)}]$$

$U_I$ ,  $U_{Back}$  και το  $U_{Total}$  αναφέρονται σε ποσοστό (όχι σε ντεσιμπέλ).

Με το κατάλληλο σχεδιαστικό μέσο, τις βαθμονομήσεις, και τη χρήση, το  $U_I$  δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $\pm 10\%$ . Η ακόλουθη εξίσωση δίνει το  $U_{Back}$  σε ποσοστό.



$$U_{Back} = \left( \pm \frac{F_{Back}}{F_m} \right) * 100$$

Όπου το:

$F_{Back}$  είναι η μέγιστη μετρούμενη πυκνότητα ροής στο υπόβαθρο.

$F_m$  είναι η μέγιστη μετρούμενη πυκνότητα ροής.

Οι πληροφορίες σχετικά με τις αβεβαιότητες μέτρησης επιτρέπουν την κατάλληλη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία αυτή δεν θέτει συγκεκριμένα όρια σχετικά με την αβεβαιότητα. Για παράδειγμα, όπως τα πεδία μέτρησης προσεγγίζουν τα επίπεδα στο υπόβαθρο, τότε η συνολική αβεβαιότητα μεγαλώνει.

## 5. Διαδικασία Πειράματος

Η πειραματική διαδικασία για τη συλλογή τιμών έγινε την ημέρα Τρίτη 29 Οκτωβρίου 2013. Η διαδικασία έγινε στο Εργαστήριο Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (EMIA). Παρών στη λήψη των μετρήσεων πέρα του φοιτητή ήταν και ο υπεύθυνος πτυχιακής εργασίας.

Για λόγους πλήρους ενημέρωσης των αναγνωστών της παρούσας έκθεσης παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2.4.1 τα όρια έκθεσης σε μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Εκεί παρουσιάζεται εκτενώς η σύσταση 1999/519/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης προς τα Κράτη-μέλη για την υιοθέτηση μέγιστων επιτρεπτών τιμών έκθεσης σε μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, και επίσης παρουσιάζεται αναλυτικά η Ελληνική Νομοθεσία και οι αντίστοιχες τιμές ορίων έκθεσης.

Πρέπει δε να σημειωθεί ότι το EMIA εκτιμά, την σχέση των υπολογιζόμενων από τις μετρήσεις μεγίστων πιθανών τιμών των διαφόρων ποσοτήτων που σχετίζονται με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, με τα μέγιστα επιτρεπτά όρια έκθεσης τα οποία επιβάλλονται από την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία. Τα αποτελέσματα από την σύγκριση αυτή σχολιάζονται στα αντίστοιχα κεφάλαια συμπερασμάτων της παρούσας έκθεσης.

### 5.1. Εξοπλισμός Μετρήσεων

Όλες οι μετρήσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που αναφέρονται στην παρούσα έκθεση έγιναν με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού που υπάρχει στο Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου Κρήτης και συγκεκριμένα με τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (EMIA) του τομέα Τηλεπικοινωνιών και Πολυμέσων του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Ο εξοπλισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων (Extremely Low Frequencies – ELF), στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (Radiofrequencies – RF) και στην περιοχή των μικροκυματικών συχνοτήτων (Microwave Frequencies – MWF)

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Τα όργανα με τα οποία έγιναν οι μετρήσεις είναι τα εξής

- Πεδιόμετρο PMM 8053A (S/N: 142WK21212) με τον εξής αισθητήρα [25]:
  - Αναλυτής Ηλεκτρικού και Μαγνητικού πεδίου EHP50C (S/N: 241WM30403) που καλύπτει το εύρος συχνοτήτων 5Hz - 100KHz, που χρησιμοποιείται στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων.
- Κατάλληλα καλώδια οπτικών ινών για την διασύνδεση του Switching Control Box SB-04 με το πεδιόμετρο PMM 8053A. Τα καλώδια αυτά επιτρέπουν τον προγραμματισμό του πεδιομέτρου και του αναλυτή EHP50C από απόσταση, πράγμα που ελαχιστοποιεί την διαταραχή των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων κατά την διάρκεια των μετρήσεων.



**Το πεδιόμετρο PMM8053 του EMIA και ορισμένοι από τους διαθέσιμους αισθητήρες**

- Λογισμικά προγραμματισμού, ελέγχου και επεξεργασίας δεδομένων του φασματικού αναλυτή και του πεδιομέτρου, τα οποία έχουν αναπτυχθεί από μέλη του Εργαστηρίου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- Φορητό Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.

Όλα τα όργανα του Εργαστηρίου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών συνοδεύονται από κατάλληλα πιστοποιητικά ποιότητας, βαθμονόμησης (Certificates of Calibration) και άριστης λειτουργίας. Τα λογισμικά που έχουν αναπτυχθεί από μέλη του EMIA με σκοπό την επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται στον φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε από τον αναλυτή φάσματος είτε από το πεδίομετρο, ανταποκρίνονται σε διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές.[16]

Τα εφαρμοζόμενα πρότυπα στις περιπτώσεις μετρήσεων ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων, είναι τα παρακάτω:

- ΕΛΟΤ IEC 61786, “Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων. – Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις”, ΕΛΟΤ, 1998.
- CENELEC, EN50166-1, “Human exposure to electromagnetic fields. Low frequency (0-10 KHz)”, EN50166-1, CENELEC, 1995.
- IEEE Std 1308-1994, “IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters - 10 Hz to 3 kHz”, IEEE, December 1994.

Ειδικότερα αν πρόκειται για μετρήσεις σε ηλεκτρικές συσκευές οικιακής και παρόμοιας χρήσης εφαρμόζονται επιπρόσθετα και τα πρότυπα: [17]

- ΕΛΟΤ EN 50366, “Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής και παρόμοιας χρήσης – ηλεκτρομαγνητικά πεδία – Μέθοδοι αποτίμησης και μέτρησης”, ΕΛΟΤ, Μάιος 2003.
- IEEE Std 1140-1994, “IEEE Standard Procedures for the Measurement of Electric and Magnetic Fields From Video Display Terminals (VDTs) From 5 Hz to 400 kHz”, IEEE, March 17, 1994.

Δεν υπάρχει συντελεστής μείωσης στις χαμηλές συχνότητες, διότι οι χαμηλές συχνότητες δεν χρήζουν σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά και Ελληνικά δεδομένα και τη νομοθεσία, μείωση όπως οι περιοχές υψηλών συχνοτήτων.

Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι οι τιμές που καθορίζονται στους πίνακες των άρθρων 2-4 της Κ.Υ.Α. 53571/3839 Φ.Ε.Κ. 1105 Β', 6-9-2000 συμπίπτουν με τις τιμές που καθορίζονται στην σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 1999 περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία από 0 Hz ως 300 GHz (“Recommendation of the Council of July 12, 1999 relative to the exposure Limitation of the public to the electromagnetic fields from 0 Hz to 300 GHz”, 1999/519/CE). Η σύσταση αυτή εκδόθηκε από το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με βάση την οδηγία της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από μή Ιοντιζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP Guidelines, 1998, “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300GHz”), και καλούσε τα Κράτη μέλη να θεσπίσουν όρια μέγιστης επιτρεπτής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία μή ιοντιζουσών ακτινοβολιών.

## 5.2. Διαδικασία Μετρήσεων

Σύμφωνα με όλα τα πρωτόκολλα και τα Διεθνή Πρότυπα που ορίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και το EMIA, ξεκινήσαμε τη πειραματική διαδικασία. Ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες του προτύπου: IEEE Std 1140-1994, “IEEE Standard Procedures for the Measurement of Electric and Magnetic Fields From Video Display Terminals (VDTs) From 5 Hz to 400 kHz”, IEEE, March 17, 1994, στήσαμε το VDT και συνδέσαμε τα όργανα για τη δειγματοληψία. Συνδέσαμε το πεδιόμετρο, τύπου PMM 8053A με τον αναλυτή Ηλεκτρικού και Μαγνητικού πεδίου EHP50C μέσω καλωδίου οπτικών ινών για την διασύνδεση του Switching Control Box SB-04 με το πεδιόμετρο. Ενεργοποιήσαμε τον αναλυτή φάσματος ο οποίος στηριζόταν σε ειδική βάση και κατόπιν ενεργοποιήσαμε το πεδιόμετρο. Έπειτα φροντίσαμε να γίνουν οι σωστές συνδέσεις συσκευών στο VDT και να τις τοποθετήσουμε στο σωστά σημεία τα οποία διευκρινίζει το παραπάνω πρότυπο. Εφόσον όλα ήταν στη θέση τους και με γνώμονα πάντα τους περιορισμούς και τα πρότυπα που καθορίζονται για τη διαδικασία μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε εύρος χαμηλών συχνοτήτων ξεκίνησε η μέτρηση της ακτινοβολίας.

### 5.2.1. Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου

Το πεδιόμετρο το ορίσαμε να παίρνει rms μαγνητικές τιμές με χρόνο μέτρησης τα 6 λεπτά για κάθε σημείο στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις. Πρέπει να σημειωθεί, ότι εφόσον οι μετρήσεις με το πεδιόμετρο είναι μετρήσεις ενεργού τιμής για χρονική διάρκεια ενός εξαλέπτου όπως καθορίζεται από την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία, οι μετρήσεις αυτές καθώς και τα αποτελέσματα που τις συνοδεύουν αφορούν αυτό καθ' εαυτό το χρονικό διάστημα των έξι λεπτών κατά το οποίο λήφθηκαν και δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι οποιοδήποτε άλλο εξάλεπτο της ίδιας ή διαφορετικής μέρας τα αποτελέσματα θα είναι τα ίδια.

Οι μετρήσεις που λήφθηκαν αναλύονται στη συνέχεια.

- 5.2.1.1. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta = 0^\circ$

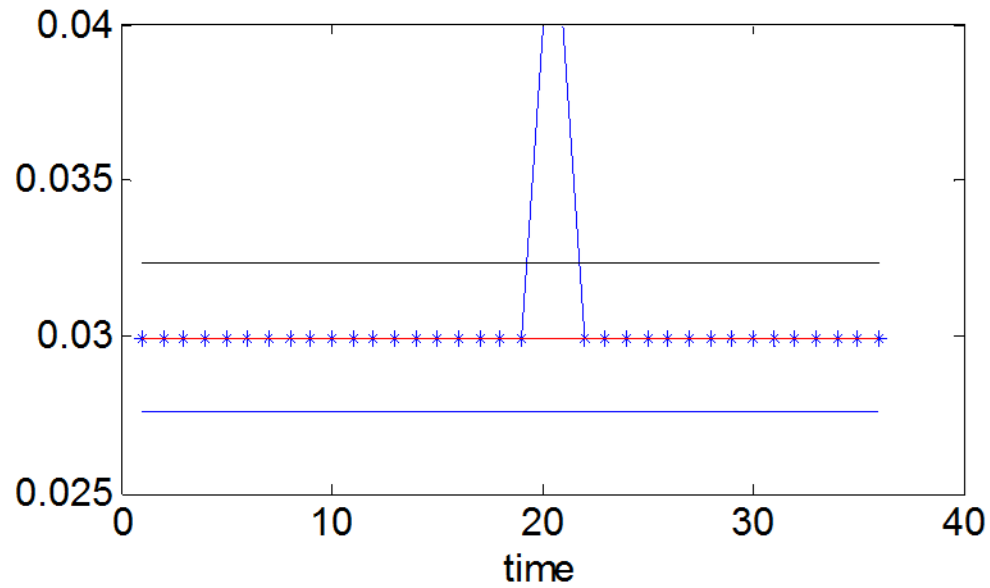
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.037 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k) k=1,96 προκύπτει ότι είναι: 7.9192



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=0^\circ$

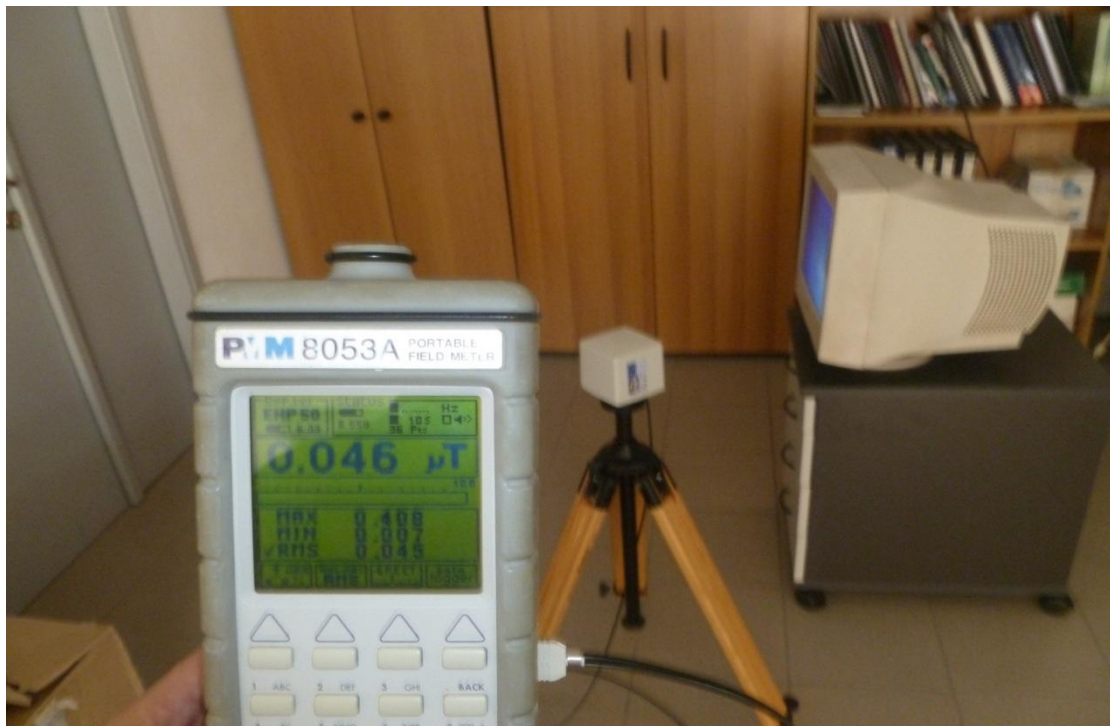
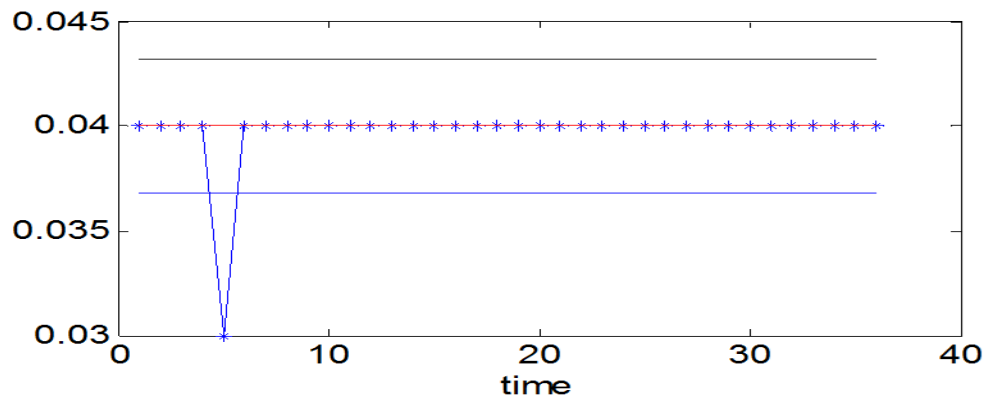
- 5.2.1.2. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta = 45^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.046 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta = 45^\circ$

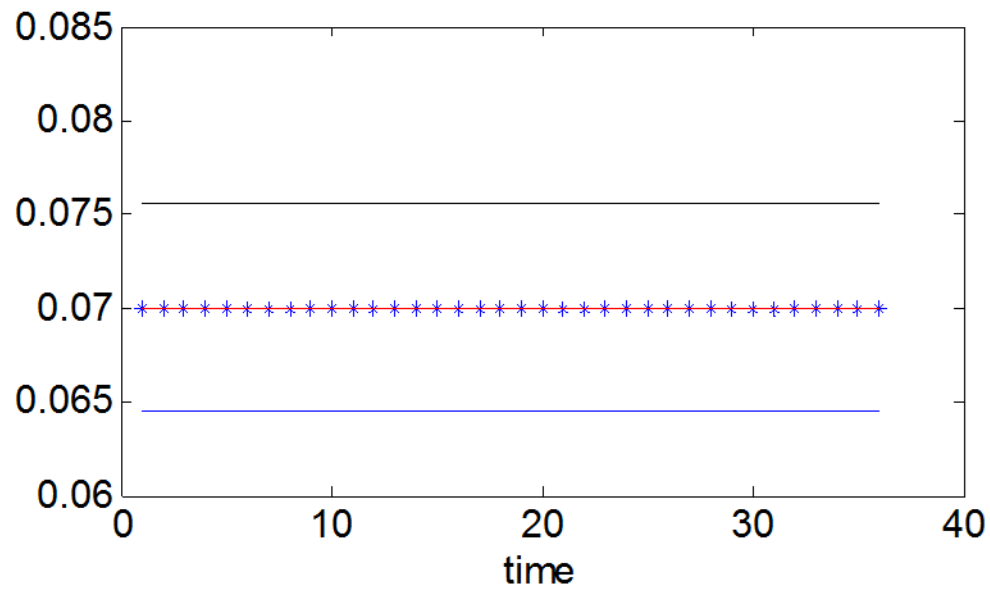
- 5.2.1.3. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=90^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.07 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=90^\circ$

- 5.2.1.4. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=135^\circ$

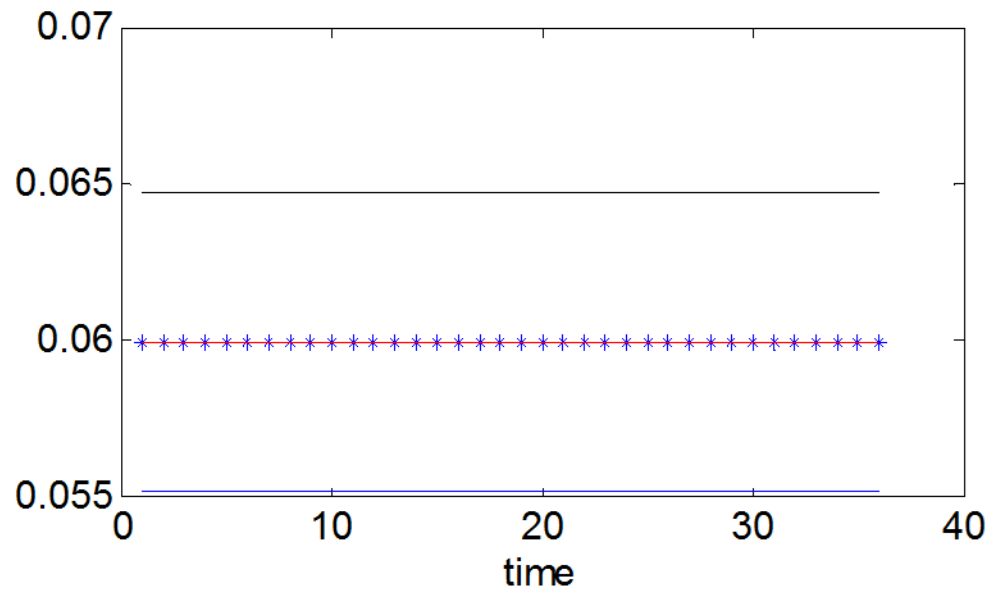
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.066 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=135^\circ$

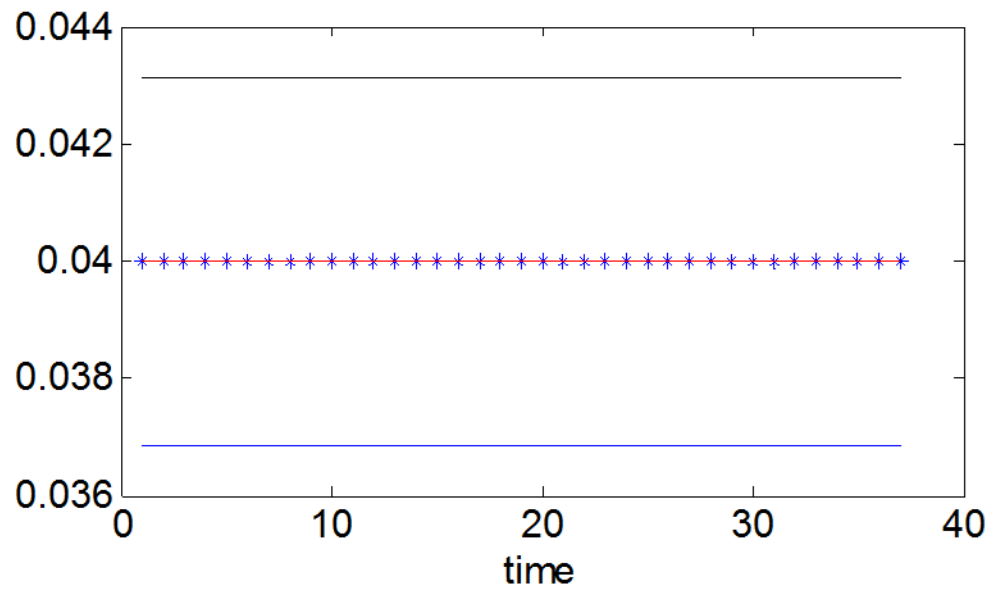
- 5.2.1.5. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=180^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.047 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.8114

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=180^\circ$

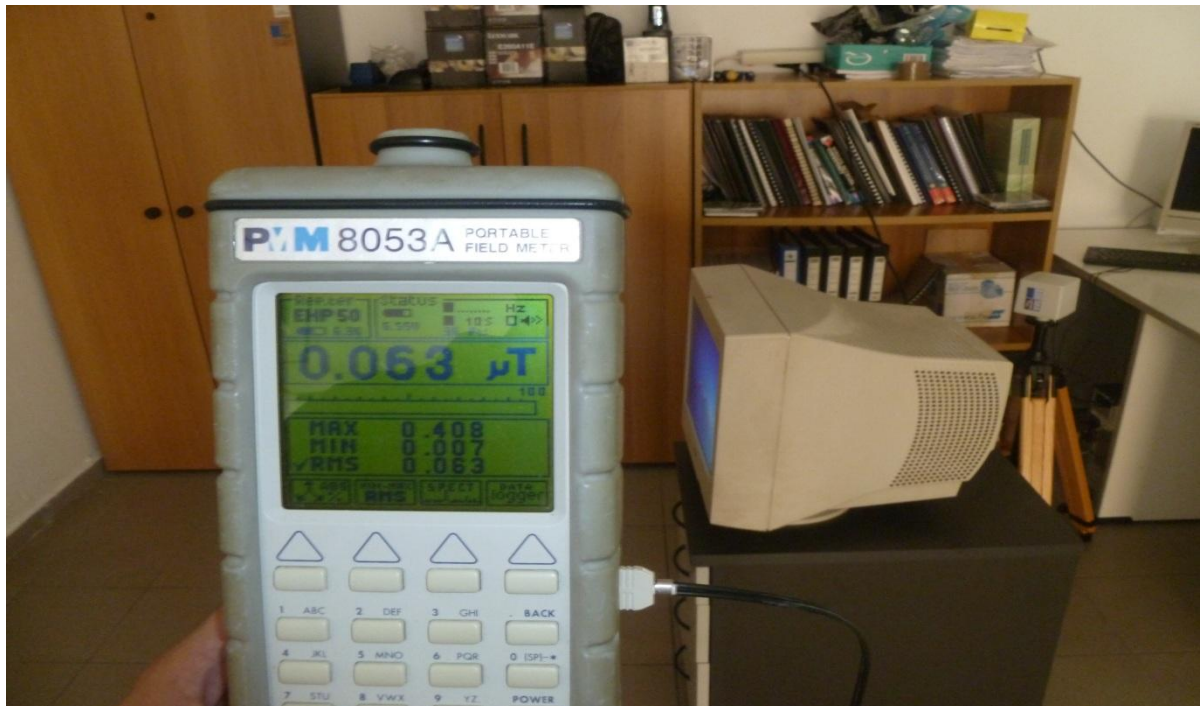
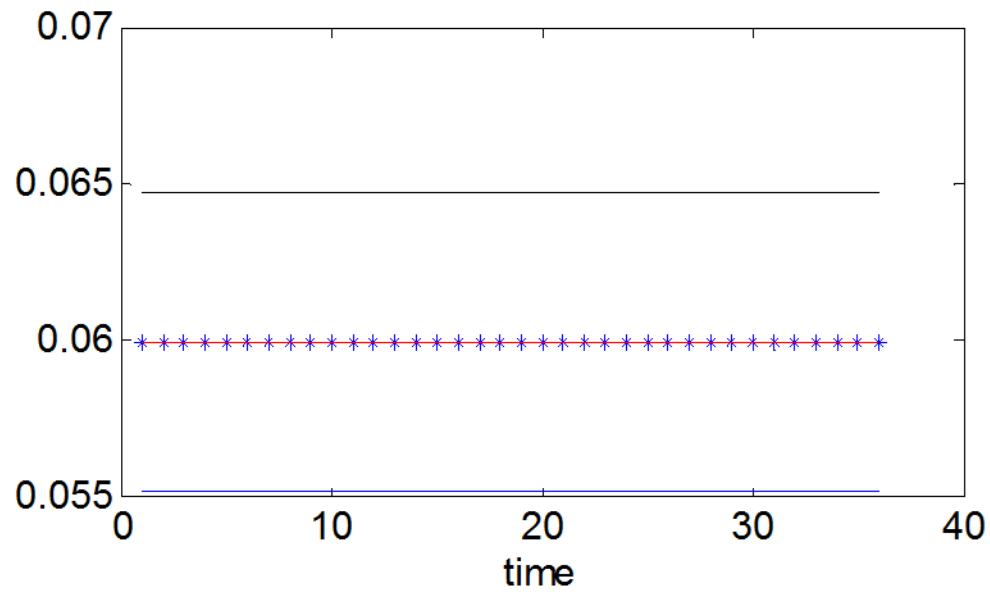
- 5.2.1.6. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=225^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.063 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=225^\circ$

- 5.2.1.7. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=270^\circ$

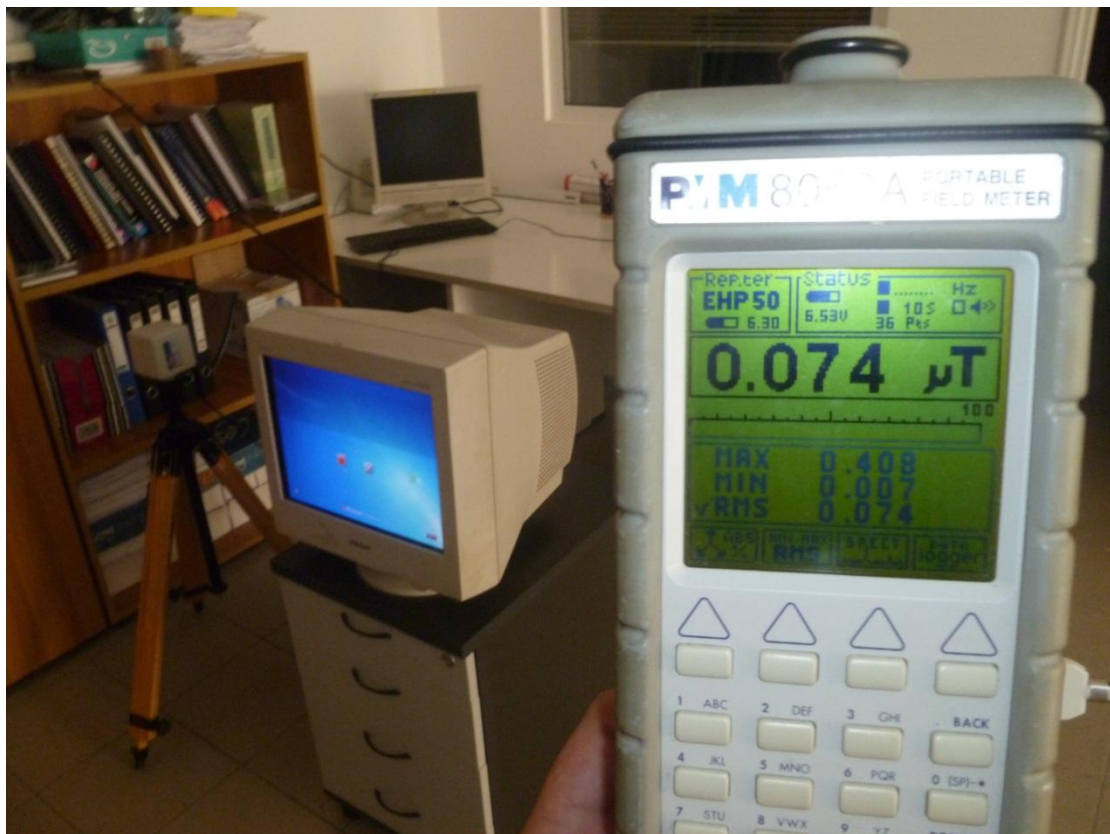
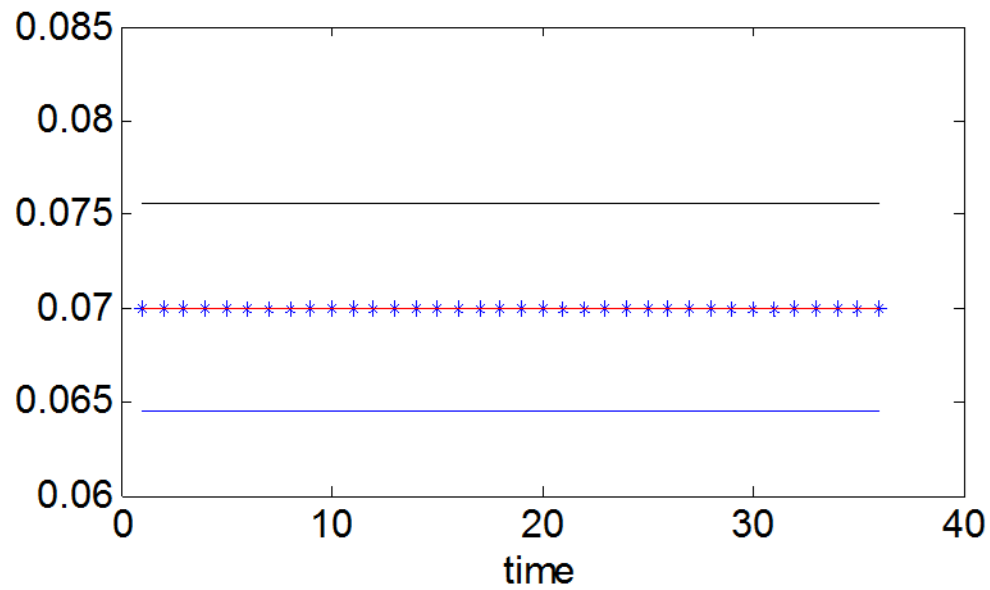
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.074 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=270^\circ$

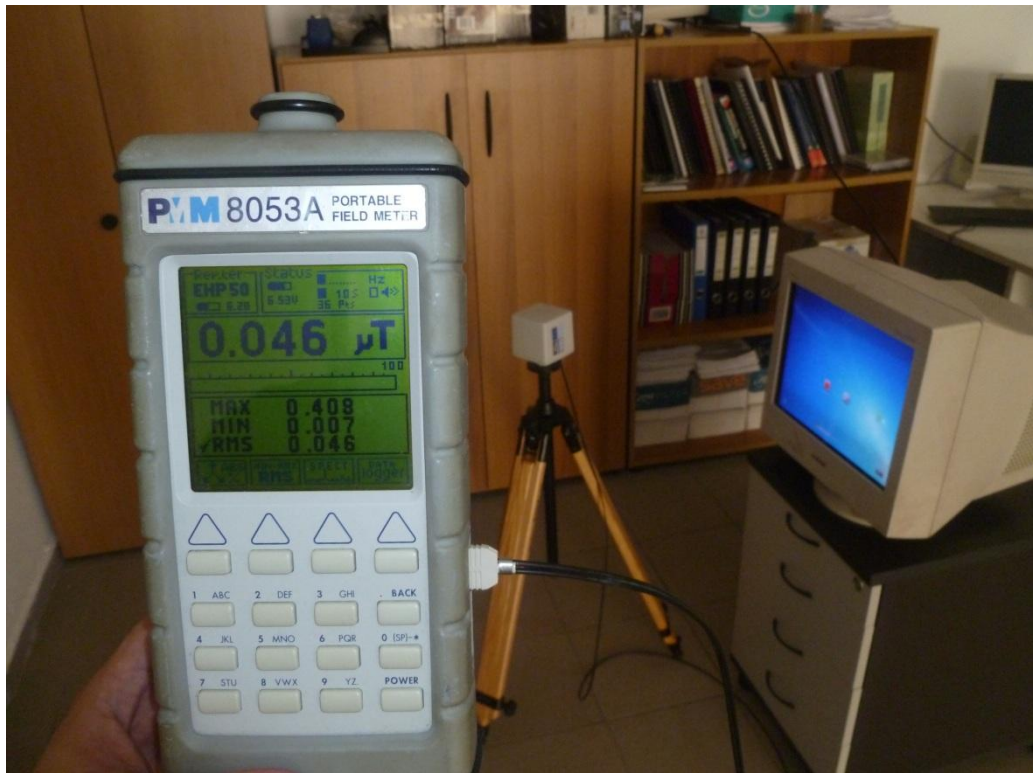
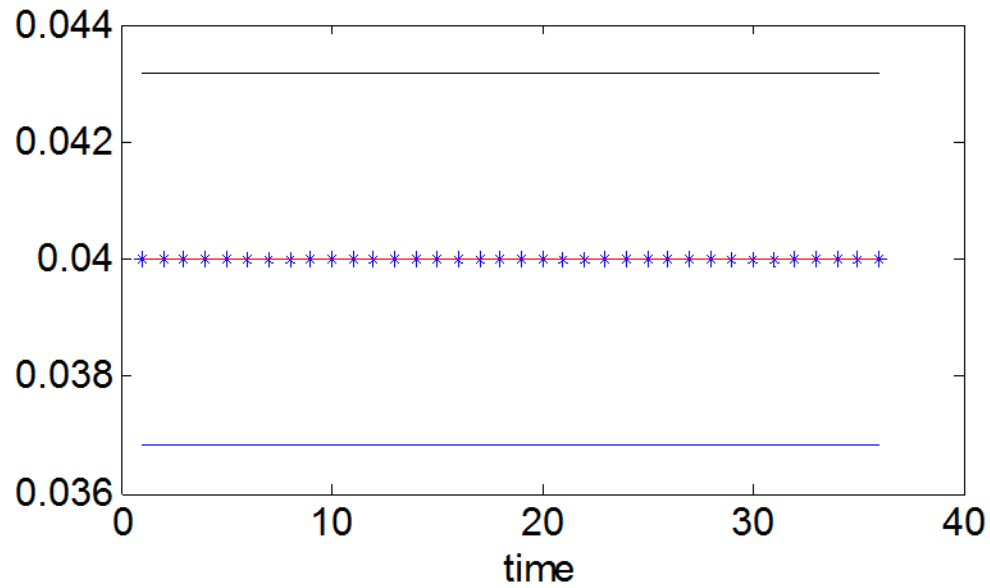
- 5.2.1.8. Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=315^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της μαγνητικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 100 $\mu$ T. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 0.046 $\mu$ T

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 7.9192

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση μαγνητικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=315^\circ$

### 5.2.2. Μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου

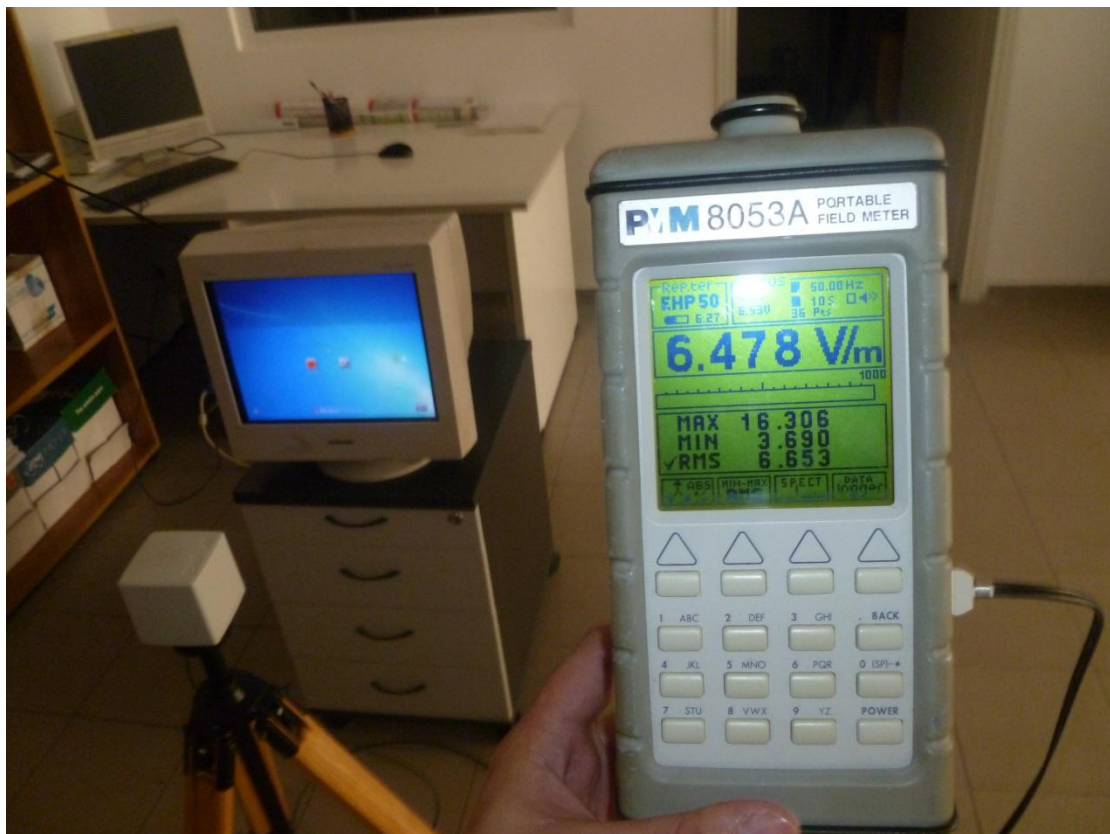
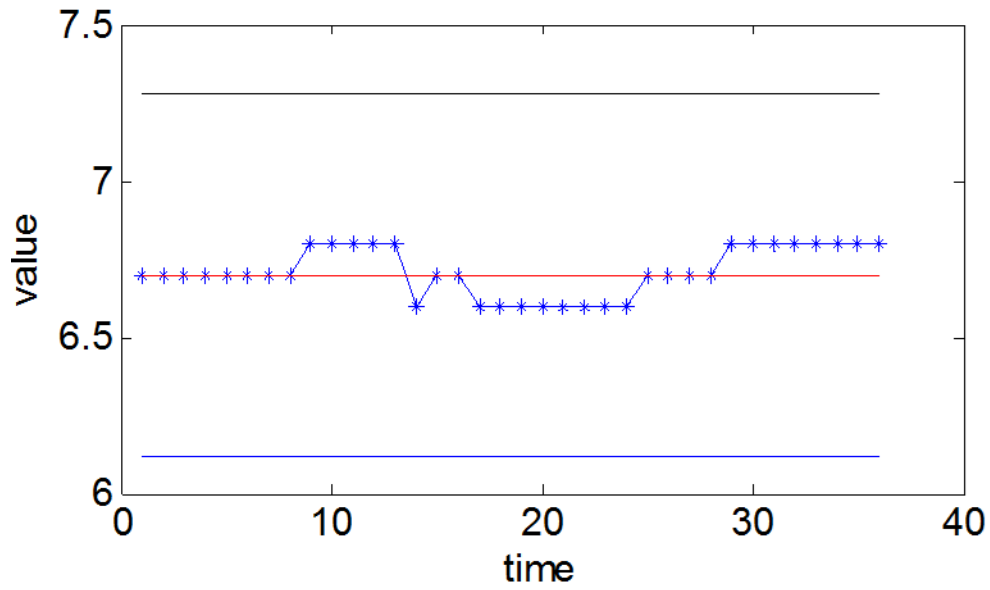
5.2.2.1. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=0^\circ$

Τύπος αισθητήρα μέτρησης	EHP-50C
Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης	5Hz ως 100KHz
Μετρούμενο μέγεθος	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου
Ημερομηνία μέτρησης	30/10/2013
Διάρκεια μέτρησης	5.8 min
Τύπος μέτρησης	Ενεργού τιμής (RMS)
Χρόνος δειγματοληψίας	10sec
Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα	0.8m
Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από το VDT	0.5m

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 6.7V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=0^\circ$

- 5.2.2.2. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=45^\circ$

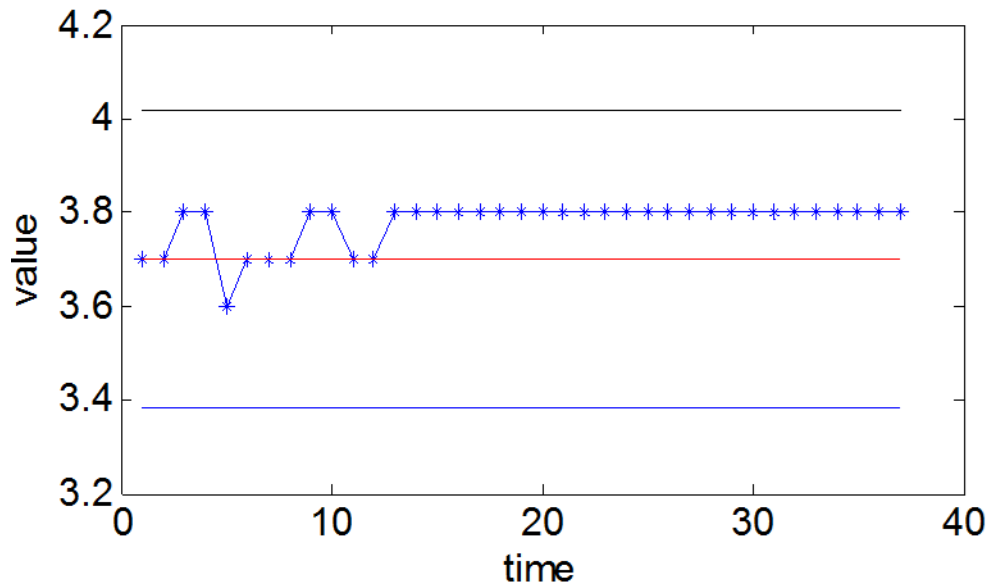
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 3.7V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.6038



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=45^\circ$

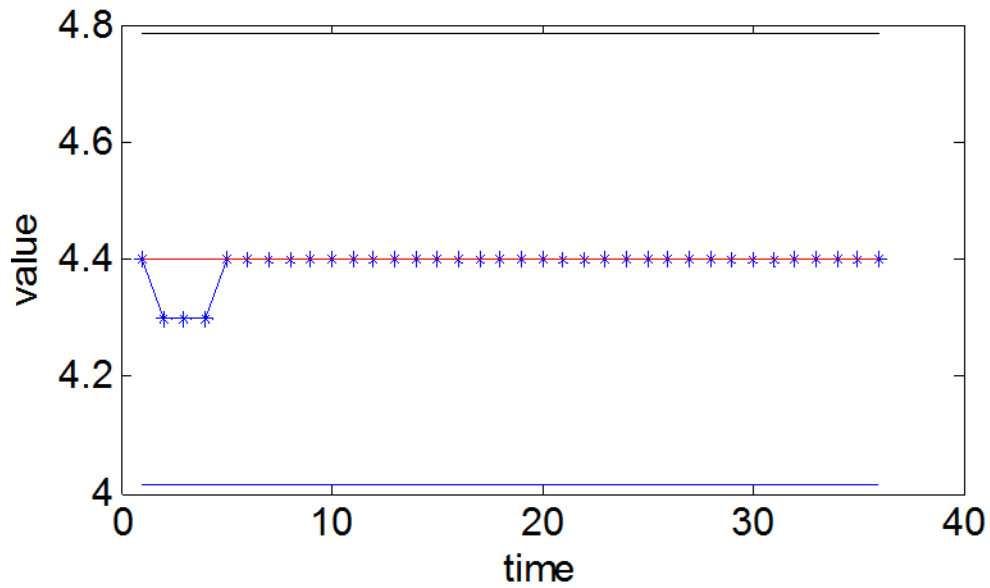
- 5.2.2.3. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=90^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 4.4V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=90^\circ$

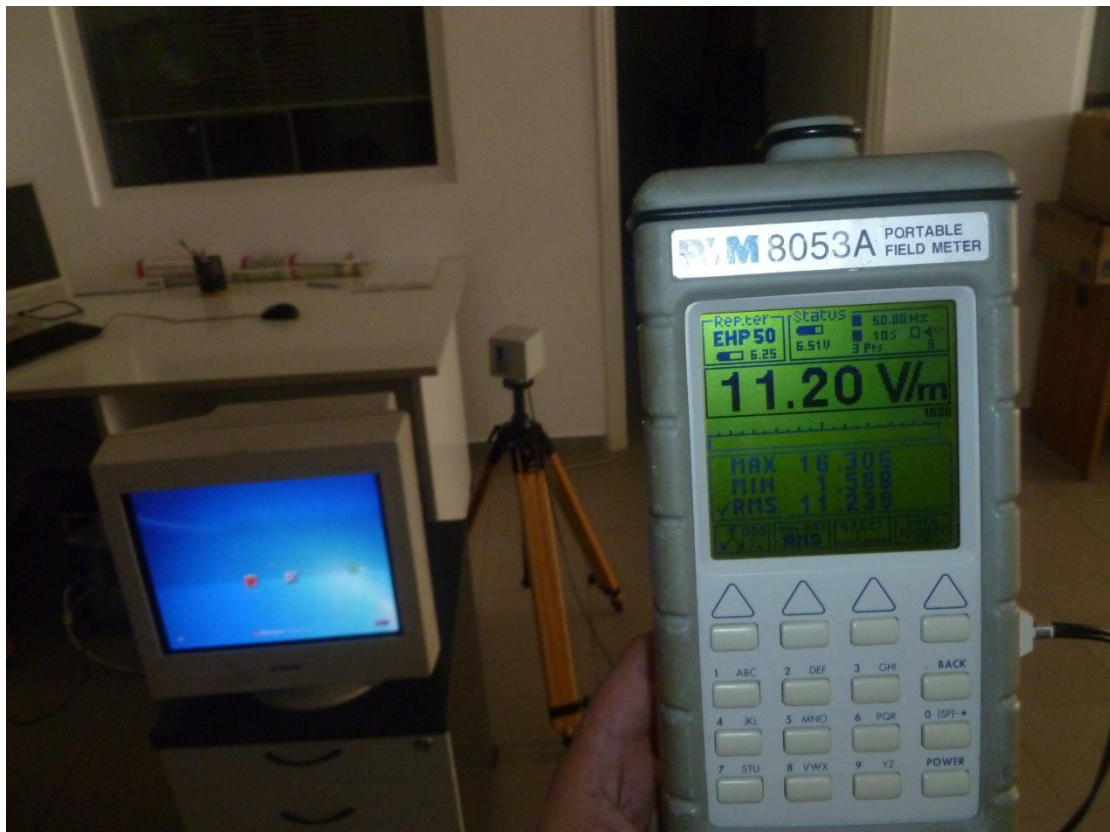
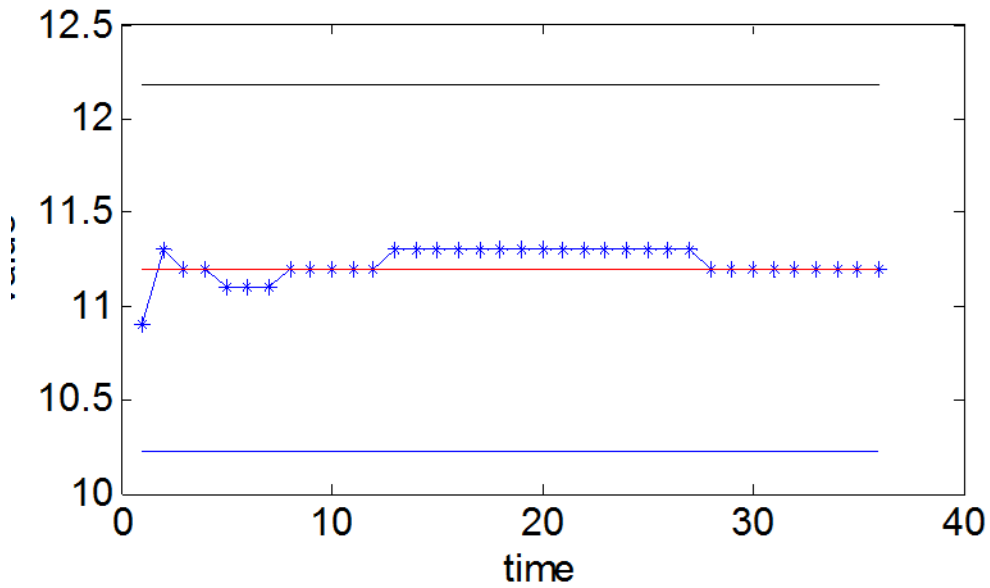
- 5.2.2.4. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=135^\circ$

Τύπος αισθητήρα μέτρησης	EHP-50C
Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης	5Hz ως 100KHz
Μετρούμενο μέγεθος	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου
Ημερομηνία μέτρησης	30/10/2013
Διάρκεια μέτρησης	5.8 min
Τύπος μέτρησης	Ενεργού τιμής (RMS)
Χρόνος δειγματοληψίας	10sec
Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα	0.8m
Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT	0.5m

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 11.2V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=135^\circ$

- 5.2.2.5. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=180^\circ$

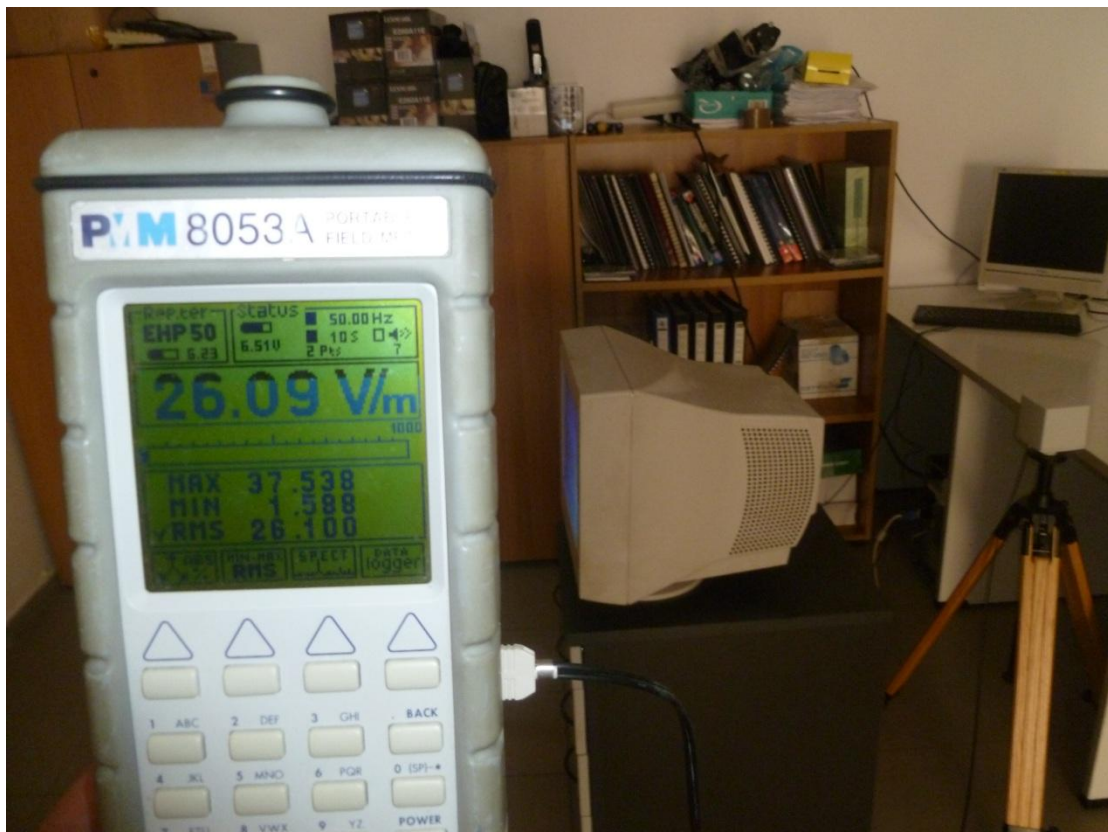
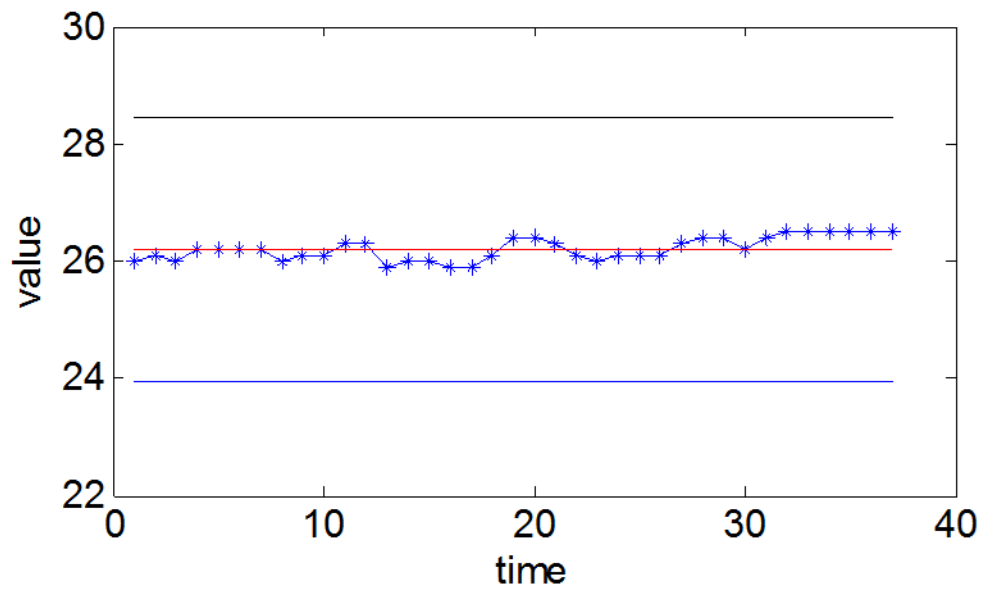
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 26.2V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.6038



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=180^\circ$

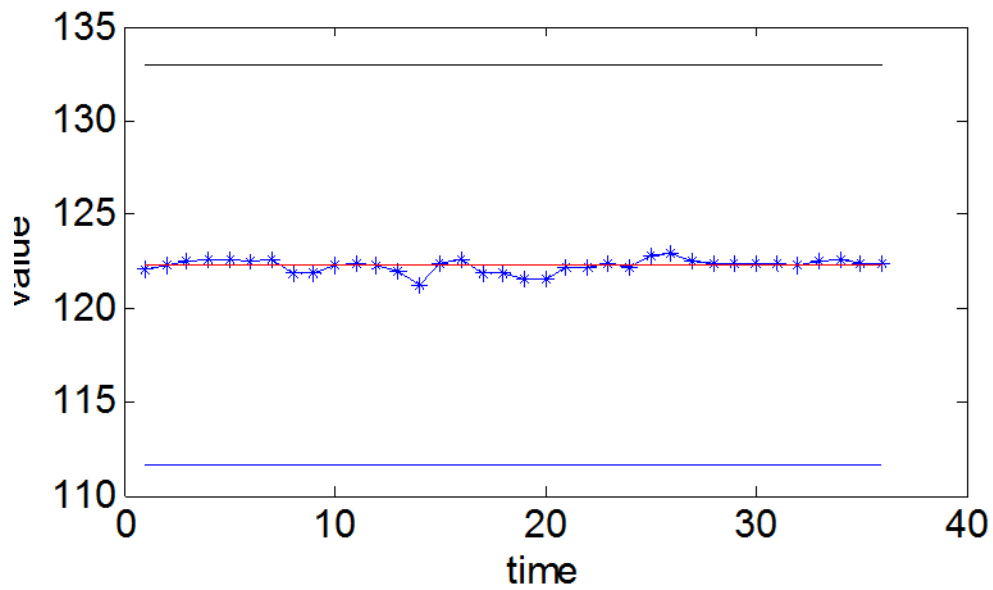
- 5.2.2.6. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=225^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 122.3V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=225^\circ$

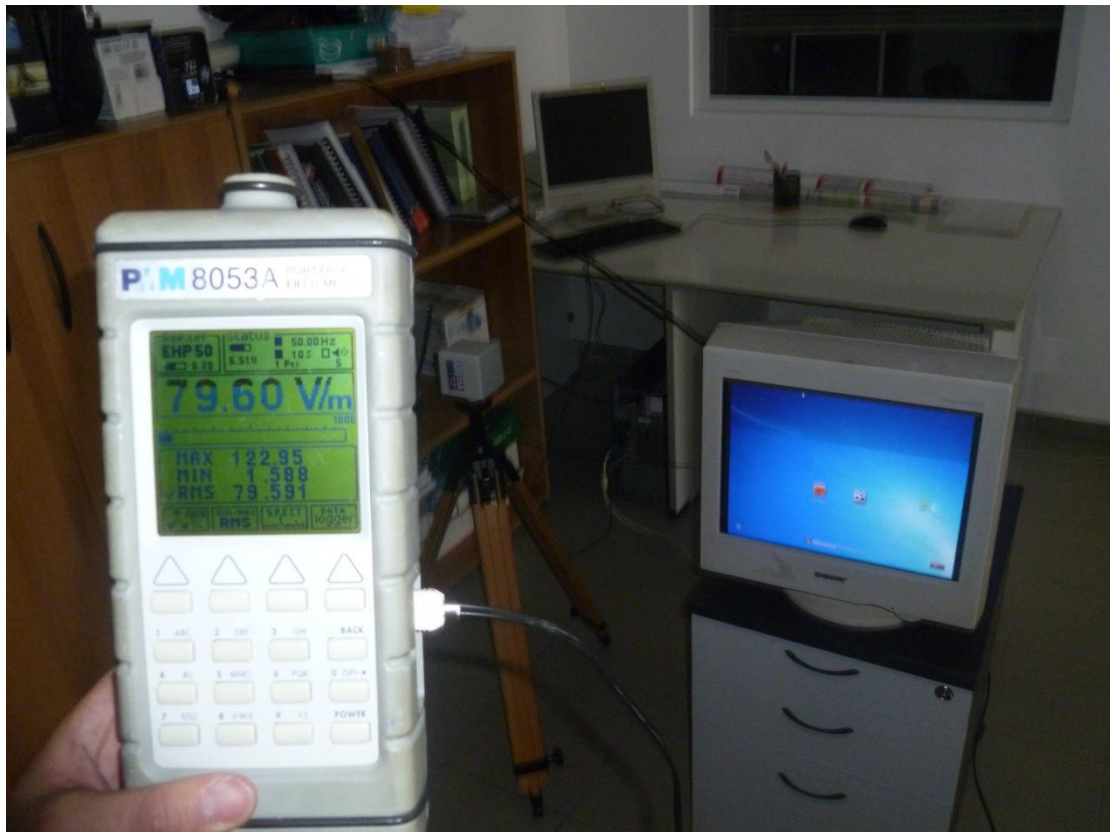
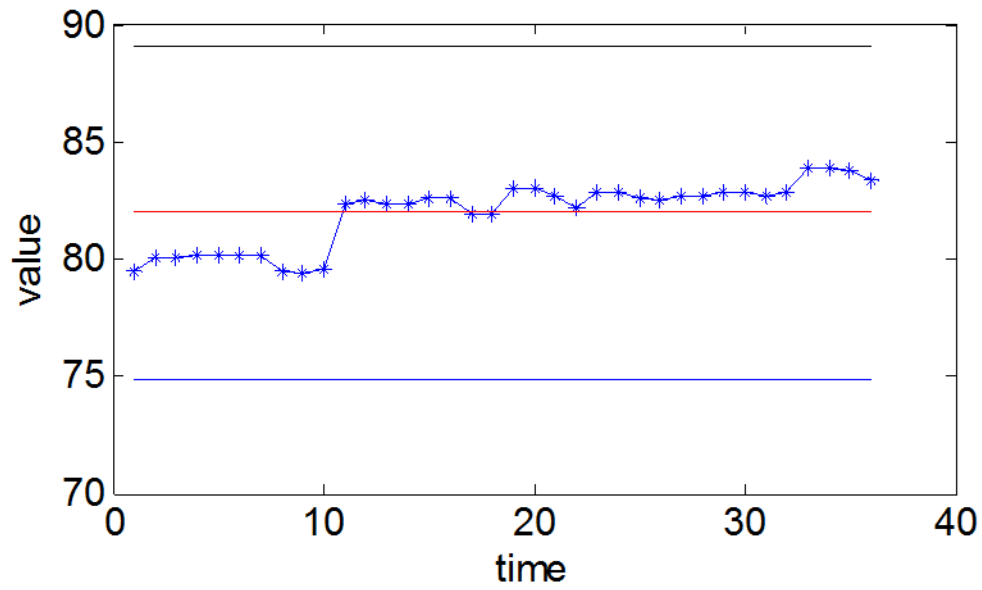
- 5.2.2.7. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=270^\circ$

<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 82V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=270^\circ$

- 5.2.2.8. Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδιόμετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=315^\circ$

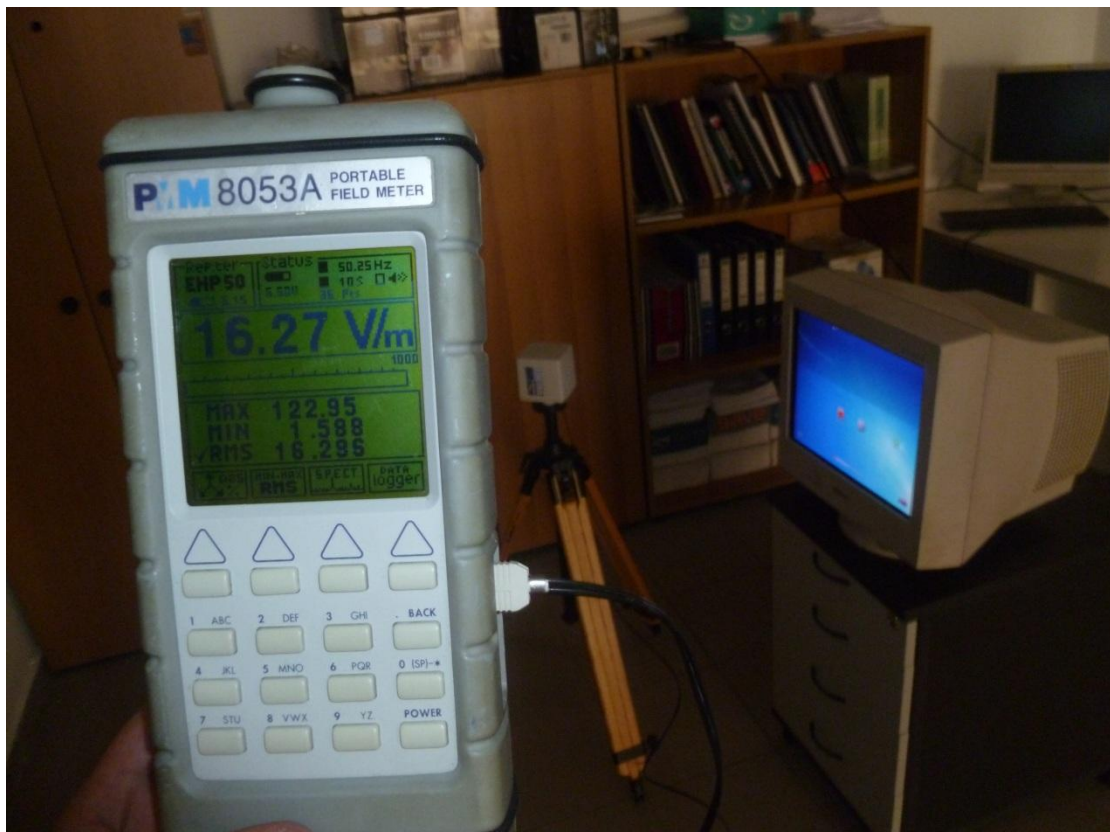
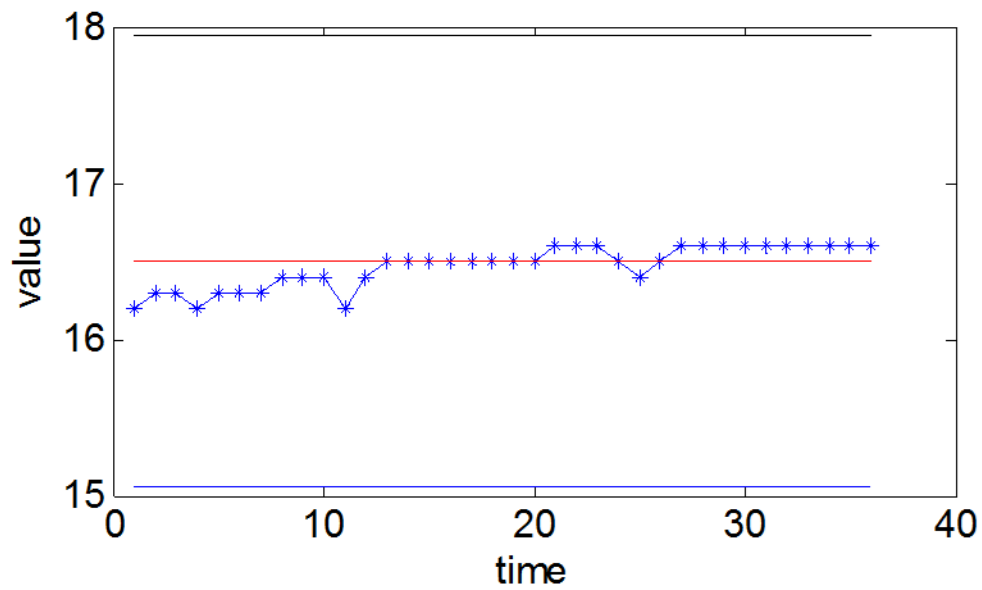
<b>Τύπος αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>EHP-50C</b>
<b>Εύρος συχνοτήτων αισθητήρα μέτρησης</b>	<b>5Hz ως 100KHz</b>
<b>Μετρούμενο μέγεθος</b>	<b>Ένταση ηλεκτρικού πεδίου</b>
<b>Ημερομηνία μέτρησης</b>	<b>30/10/2013</b>
<b>Διάρκεια μέτρησης</b>	<b>5.8 min</b>
<b>Τύπος μέτρησης</b>	<b>Ενεργού τιμής (RMS)</b>
<b>Χρόνος δειγματοληψίας</b>	<b>10sec</b>
<b>Ύψος αισθητήρα μέτρησης πάνω από το επίπεδο στήριξης του βοηθητικού τρίποδα</b>	<b>0.8m</b>
<b>Απόσταση αισθητήρα μέτρησης από τοVDT</b>	<b>0.5m</b>

Τα Επίπεδα Αναφοράς της ηλεκτρικής ακτινοβολίας για την συχνότητα των 50Hz είναι 5kV/m. Η υπολογιζόμενη από την μέτρηση μέση ενεργός τιμή της μαγνητικής επαγωγής για όλη την διάρκεια της μέτρησης αυτής βρέθηκε ότι ήταν 16.5V/m

Με βάση τα χαρακτηριστικά από την συγκεκριμένη μέτρηση, τα δεδομένα από τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης και τα χαρακτηριστικά από τα δεδομένα του κατασκευαστή του αισθητήρα EHP50, η υπολογιζόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας μετρήσεων με αισθητήρες) για την συγκεκριμένη μέτρηση διευρυμένη αβεβαιότητα U (Expanded Uncertainty) για επίπεδο βεβαιότητας (confidence level - στάθμη εμπιστοσύνης) 95,45% με παράγοντα κάλυψης (coverage factor - k)  $k=1,96$  προκύπτει ότι είναι: 8.7225



## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ



Μέτρηση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών συχνοτήτων με το πεδίομετρο και τον αισθητήρα - αναλυτή ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου EHP-50C για το VDT σε γωνία  $\theta=315^\circ$

## 6. Συμπεράσματα

Η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση οφείλεται γενικά σε όλα τα συστήματα τα οποία χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στην καθημερινή του ζωή λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας, π.χ. τα συστήματα κινητών επικοινωνιών GSM900, DCS1800 και UMTS, τις εκπομπές από τα συστήματα ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές κ.λ.π.

Για παράδειγμα μια τηλεόραση ή μια οθόνη υπολογιστή παλαιότερης τεχνολογίας εκπέμπει - εκτός από ιοντίζουσες ακτινοβολίες - και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες των οποίων το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων και σε απόσταση της τάξης των δύο μέτρων ενδέχεται να είναι μεγάλο

Επίσης ένας φούρνος μικροκυμάτων, ένα ασύρματο τηλέφωνο ή ακόμα και αυτή η εκ πρώτης όψεως αθώα και “πολύτιμη” συσκευή τηλεειδοποίησης που χρησιμοποιείται σε παιδικά δωμάτια, εκπέμπουν πεδία ραδιοσυχνοτήτων που σε μικρές αποστάσεις είναι εφάμιλλα των πεδίων που δημιουργούνται από τα κινητά τηλέφωνα.

Γεγονός είναι ότι όλες οι τιμές που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων που διενεργήθηκαν για τον σκοπό της παρούσας έκθεσης είναι κάτω από τα επίπεδα αναφοράς που έχουν θεσπιστεί από την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία, δεν σημαίνει παρά όλα αυτά ότι αποτελεί και τον κανόνα.

Γενικά η επίδραση μιας πηγής ραδιοκυμάτων (ως πηγές ραδιοκυμάτων πρέπει να εννοηθούν ακόμα και οι συσκευές οικιακής κατανάλωσης π.χ. φούρνοι μικροκυμάτων, ασύρματα τηλέφωνα, τηλεοράσεις κ.λ.π.) στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Την απόσταση από το σημείο της έκθεσης,
- Την ισχύ της πηγής,
- Την συχνότητα λειτουργίας της πηγής (τα όρια είναι εξαρτώμενα από την συχνότητα),
- Την διάρκεια της έκθεσης,
- Τον προσανατολισμό και την πόλωση της κεραίας εκπομπής,
- Το είδος της διαμόρφωσης του εκπεμπόμενου ραδιοκύματος,
- Το είδος του περιβάλλοντος στον χώρο της έκθεσης,
- Τον ίδιο τον ανθρώπινο οργανισμό (διαφορετική είναι η επίδραση στα παιδιά από ότι είναι στους ενήλικες).

Επομένως, σύμφωνα με τα προηγούμενα, κάθε περίπτωση έκθεσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή και να ελέγχεται εφόσον εμπνέει ανησυχία.

Κλείνοντας την παρούσα εργασία οφείλουμε να τονίσουμε, εάν βρισκόμαστε στην διεύθυνση του μεγίστου εκπομπής ενός συστήματος εκπομπής, στην περιοχή του φάσματος των μη ιοντίζουσών ακτινοβολιών τότε όσο απομακρυνόμαστε από το σύστημα αυτό, τόσο μικρότερη είναι και η επίδραση που δεχόμαστε από αυτό.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εδώ πρέπει να ειπωθεί ότι το γενικό συμπέρασμα το οποίο απορρέει από την μέχρι τώρα επιστημονική γνώση για τις επιδράσεις των πεδίων των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών στον άνθρωπο είναι ότι η τήρηση των επιπέδων αναφοράς και κατά συνέπεια των βασικών περιορισμών αποτελεί ισχυρό μέτρο προστασίας της ανθρώπινης υγείας τουλάχιστον όσον αφορά τις θερμικές επιπτώσεις των πεδίων αυτών.

Συνεκτιμώντας όμως και την πιθανότητα ύπαρξης μη θερμικών αποτελεσμάτων από μη ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες, καθώς και άλλους παράγοντες που δύνανται να επιδράσουν επιπρόσθετα στην επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας (ιοντίζουσες ακτινοβολίες, μόλυνση του περιβάλλοντος, τρόπος ζωής του σύγχρονου ανθρώπου κ.λ.π.), καταλήγουμε στο ότι για λόγους περαιτέρω προστασίας της ανθρώπινης υγείας θα πρέπει να τηρούνται οι αρχές της ελάχιστης προφύλαξης και της συνετούς αποφυγής από πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων και ραδιοσυχνοτήτων μέχρι την πλήρη διαλεύκανση του θέματος από την αρμόδια επιστημονική κοινότητα.

Τέλος όσον αφορά τις οθόνες CRT ισχύει ότι προείπαμε με τη μόνη διαφορά, ότι οι μετρήσεις έγιναν από συγκεκριμένη απόσταση, η οποία ορίζεται στο πρότυπο IEEE Std 1140-1994. Δεν έγιναν μετρήσεις σε απόσταση πιο κοντινή και δεν εξακριβώσαμε αν οι τιμές αλλάζουν σε βαθμό που να είναι επικίνδυνος για τον άνθρωπο. Επίσης ο χρόνος δειγματοληψίας ήταν περιορισμένος οπότε τα δείγματα που συλλέξαμε μπορεί να διαφέρουν σε βάθος χρόνου, μεγαλύτερο, από τον χρόνο δειγματοληψίας του συγκεκριμένου πειράματος.

## Παράρτημα Α

### Περιγραφή Πεδιομέτρου και Αισθητήρα (PROBE)

Στο παρόν παράρτημα περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του πεδιομέτρου PMM 8053A, σε συνδυασμό με τον αισθητήρα (probe) PMM EHP 50B (Σχήματα Α.1 – Α.3) που χρησιμοποιήσαμε για την λήψη των μετρήσεων.



Σχήμα Α.1: Πεδιομέτρο.



Σχήμα Α.2: Αισθητήρας (probe).



Σχήμα Α.3: Σύνδεση πεδιομέτρου με την οπτική ίνα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πεδιομέτρου και του αισθητήρα παρουσιάζονται στους Πίνακες Α.1 και Α.2 αντίστοιχα.

Εύρος συχνότητας	5Hz - 40GHz
Μονάδες μέτρησης	V/m, kV/m, $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\text{mW}/\text{cm}^2$ , $\text{W}/\text{m}^2$ , A/m, nT, $\mu\text{T}$ , mT
Μέτρηση πεδίου	X, Y, Z σε απόλυτες τιμές, επί τοις εκατό και συνολικό
Εσωτερική μνήμη	Έως 32700 μετρήσεις
Έξοδος	Οθόνη LCD 72×72mm, RS232
Είσοδος	Απ' ευθείας ή μέσω οπτικής ίνας
Εσωτερική μπαταρία	Επαναφορτιζόμενες NiMH μπαταρίες (5·1,2V)
Χρόνος λειτουργίας	24 ώρες
Χρόνος επαναφόρτισης	< 4 ώρες
Τροφοδοσία	DC, 10-15V, $I \approx 500\text{mA}$
Θερμοκρασία λειτουργίας	-10°C έως 40°C
Θερμοκρασία αποθήκευσης	-20°C έως 70°C
Μέγεθος / Βάρος	108×240×50mm / 1,07kg

Πίνακας Α.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του πεδιομέτρου PMM 8053A.

	Ηλεκτρικό πεδίο	Μαγνητικό πεδίο
Εύρος συχνότητας	5Hz -100kHz	
Επίπεδο κλίμακας	0.01V/m-100kV/m	1nT-10mT
Υπερφόρτιση	200kV/m (@50Hz)	20mT (@50Hz)
Ανάλυση	0.001V/m	1nT
Ευαισθησία	0.01V/m	1nT
Απόλυτο σφάλμα	$\pm 0.5\text{dB}$ (50Hz, 1 kV/m)	$\pm 0.5\text{dB}$ (50Hz, 0.1mT)
Ομαλότητα (40Hz-10kHz)	$\pm 0,5\text{dB}$	$\pm 0,5\text{dB}$
Γραμμικότητα (50Hz)	$\pm 0,2\text{dB}$ (1V/m-100kV/m)	$\pm 0,2\text{dB}$ (200nT-10mT)
SPAN	100Hz, 200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 10kHz, 100kHz	
Συχνότητα έναρξης	1,2% του SPAN	
Συχνότητα λήξης	ίση με του SPAN	
Απόρριψη ηλ. πεδίου	-	>20dB
Απόρριψη μαγν. πεδίου	>20dB	-
Σφάλμα θερμοκρασίας	0.05dB/ °C	
Διαστάσεις / Βάρος	96×96×115mm / 525g	
Εσωτερική μπαταρία	Επαναφορτιζόμενες NiMH μπαταρίες (5·1,2V)	
Χρόνος λειτουργίας	>10 ώρες>150 ώρες σε χαμηλής ισχύος λειτουργία	
Χρόνος επαναφόρτισης	< 4 ώρες	
Εξωτερική DC Τροφοδοσία	DC, 10-15V, $I \approx 500\text{mA}$	
Σύνδεση οπτικής ίνας	> 80m	
Ενημέρωση λογισμικού	Μέσω σειριακής θύρας	
Αυτόματος έλεγχος	Αυτόματα όταν ανάβει	
Θερμοκρασία λειτουργίας	-10°C έως 40°C	
Θερμοκρασία αποθήκευσης	-20°C έως 70°C	

Πίνακας Α.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα PMM EHP-50B.

### Εγκατάσταση του EHP-50B στο 8053A

Ο αισθητήρας EHP-50B συνδέεται στο πεδιομέτρο 8053A με τη βοήθεια οπτικής ίνας, γεγονός το οποίο επιτρέπει το χειρισμό του πεδιομέτρου εκτός του πεδίου δοκιμών.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Συγκεκριμένα, για την εγκατάσταση του probe EHP-50B, συνδέουμε α) την οπτική ίνα η οποία παρέχεται με το probe, στην υποδοχή του αισθητήρα με την επιγραφή OPTIC LINK, φροντίζοντας το βύσμα να ταιριάζει στην υποδοχή, β) και το άλλο άκρο της οπτικής ίνας στην υποδοχή με την επιγραφή OPTIC LINK του PMM 8053A. Ο συνδυασμός PMM EHP-50B μπορεί τώρα να ενεργοποιηθεί πατώντας το κόκκινο κουμπί POWER για ένα δευτερόλεπτο. Τότε το 8053A και το EHP-50B θα ξεκινήσουν να επικοινωνούν. Το EHP-50B θα αρχίσει να φορτώνει όλα τα εσωτερικά δεδομένα στο 8053A και στην οθόνη είναι πιθανό να εμφανιστεί ο τύπος του probe (EHP-50B) που συνδέθηκε και ο εσωτερικός τύπος του λογισμικού του.

### Ενεργοποίηση του EHP-50B στο 8053A

Μετά τη σύνδεση της οπτικής ίνας είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση του αισθητήρα EHP-50B, ώστε να αναγνωριστεί ο τύπος του από το πεδιόμετρο. Για να ενεργοποιήσουμε τη σύνδεση, χρησιμοποιούμε το PMM 8053A ως εξής:

1. Πιέζουμε το κουμπί SET για να ενεργοποιηθεί ένα παράθυρο από το οποίο οι κύριες παράμετροι και ρυθμίσεις μπορούν να επιλεγούν.
2. Επιλέγουμε την εντολή SERIAL.
3. Επιλέγουμε OPTICAL.

Με βοήθεια όλων αυτών των ρυθμίσεων γίνεται δυνατή μέσω της οπτικής ίνας, η σύνδεση και η αναγνώριση του EHP-50B από το 8053A.



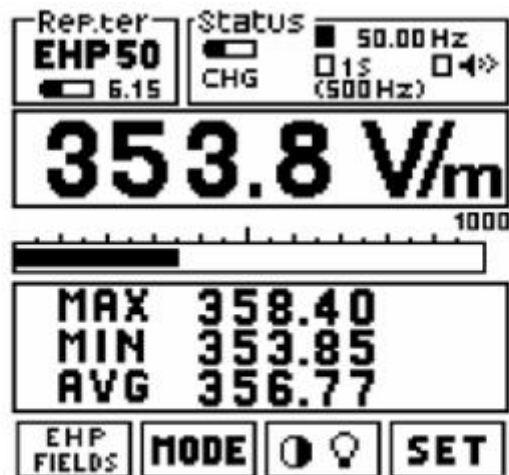
Αφού γίνει η απαραίτητη σύνδεση, ο τύπος του probe, EHP-50B, θα εμφανιστεί στην οθόνη του μετρητή, στο πάνω αριστερό πλαίσιο με την επιγραφή Rep.ter.



### Λειτουργία του πεδιομέτρου 8053A

Κατά τη λειτουργία του πεδιομέτρου μία τυπική οθόνη είναι αυτή του Σχήματος Α.4.





Σχήμα Α.4: Οθόνη του πεδιομέτρου κατά τη λειτουργία του.

- Στην πρώτη γραμμή του σχήματος Α.4 στο αριστερό πλαίσιο απεικονίζεται, όπως είδαμε, ο τύπος του probe που συνδέθηκε στο πεδιομέτρο και η φόρτιση της μπαταρίας.



- Στην πρώτη γραμμή του σχήματος Α.4 στο δεξί πλαίσιο φαίνεται το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας του PMM 8053A και μια ένδειξη σήματος κινδύνου. Επίσης, απεικονίζεται η συχνότητα στην οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις καθώς και η συχνότητα καταγραφής των μετρήσεων από το πεδιομέτρο.

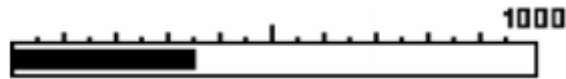


- Στη δεύτερη γραμμή του σχήματος Α.4 αναγράφεται η ψηφιακή τιμή της ένδειξης του οργάνου σύμφωνα με την ισχύουσα μονάδα μέτρησης. Αυτή η ένδειξη υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:  $222 \text{ V / m} = E_x + E_y + E_z$  ολικό . Επίσης μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τη μονάδα μέτρησης για το ηλεκτρικό ή το μαγνητικό πεδίο με δυο διαφορετικής κλίμακας τιμές μέσω ενός κομβίου που βρίσκεται στην πέμπτη γραμμή του σχήματος Α.4:



Επομένως, για το ηλεκτρικό πεδίο υπάρχουν οι επιλογές: α)  $1\text{k}=1000\text{V/m}$  και β)  $100\text{k}=100\text{kV/m}$  ενώ για το μαγνητικό οι επιλογές : α)  $100\mu=100\mu\text{T}$  και β)  $10\text{m}=10\text{mT}$ .

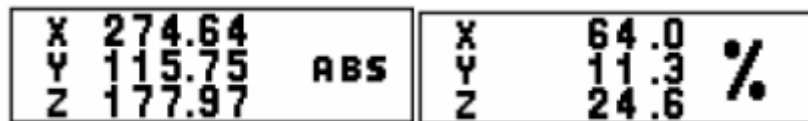
- Στην τρίτη γραμμή του σχήματος Α.4 αναγράφεται η αναλογική τιμή της ένδειξης του οργάνου η οποία μπορεί να είναι γραμμική ή λογαριθμική.



• Στην τέταρτη γραμμή και με την ενεργοποίηση του κουμπιού MODE (βρίσκεται στην πέμπτη γραμμή), το πεδίομετρο έχει τις εξής δυνατότητες απεικόνισης των αποτελεσμάτων:



1. ABS %: παρουσιάζονται οι τρεις ανυσματικές συνιστώσες του μετρούμενου πεδίου σε απόλυτες και ποσοστιαίες τιμές.

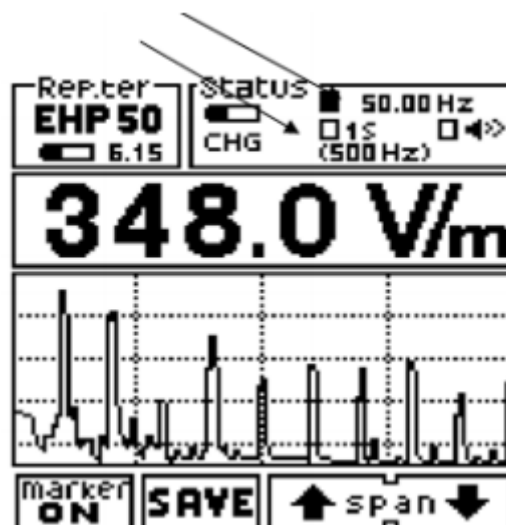


2. MIN-MAX/AVG, MIN-MAX/RMS: παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές εκφρασμένες ως αριθμητικοί μεσοί όροι (AVG) ή ως τετραγωνικοί μεσοί όροι (RMS). Παρακάτω δίνονται οι αναλυτικοί τύποι υπολογισμού για τους αριθμητικούς και τετραγωνικούς μέσους όρους.

$$AVG = \frac{1}{T} \int_0^T [E(t)] dt$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [E(t)]^2 dt}$$

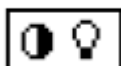
3. SPECT MODE: Σε αυτή τη λειτουργία, το EHP-50B παρουσιάζει μια FFT (γρήγορος μετασχηματισμός Fourier) ανάλυση μεταξύ των επιλεγμένων SPAN και εμφανίζει τα αποτελέσματα στην οθόνη του 8053A. Η υψηλότερη συχνότητα σήματος παρουσιάζεται στην πρώτη σειρά ενώ το set value του SPAN παρουσιάζεται στις αγκύλες του πλαισίου STATUS.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

4. DATA LOGGER: ο χρήστης αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων και τα' σώζει σε ένα αρχείο. Όλα τα αρχεία είναι αριθμημένα προοδευτικά και περιλαμβάνουν α) ημερομηνία και ώρα που ξεκίνησαν οι μετρήσεις β) τη μέση τιμή των μετρήσεων γ) την τιμή του κάθε μεμονωμένου δεδομένου δ) τα σχόλια του χρήστη.

Με βάση το σχήμα Α.4, στην πέμπτη γραμμή εκτός των επιλογών EHP FIELDS και MODE έχουμε τα εξής :



Το τρίτο κατά σειρά κουμπί μας δίνει τη δυνατότητα να προσαρμόσουμε το φωτισμό της οθόνης με βάση το περιβάλλον φωτισμό έτσι ώστε να βλέπουμε καλύτερα την οθόνη.



Το τέταρτο κατά σειρά κουμπί επιτρέπει στο χρήστη να επέμβει και να επιλέξει βασικές παραμέτρους και ρυθμίσεις για τις μετρήσεις.

Πατώντας λοιπόν το SET εμφανίζεται στην οθόνη ο παρακάτω πίνακας:



- Alarm: Με αυτή τη λειτουργία, όταν το μετρούμενο πεδίο υπερβεί την τάση κατωφλίου, ενεργοποιούνται κάποιες διαδικασίες, οι οποίες μας ειδοποιούν για αυτή την υπέρβαση.
- Μπορούμε να επιλέξουμε RMS ή AVG πατώντας τα βελάκια στο κάτω μέρος της σελίδας. Επίσης, μπορούμε εμείς να θέσουμε το χρονικό εύρος υπολογισμού των δυο παραπάνω μεγεθών.
- Freq: σε αυτή τη λειτουργία υπάρχουν δυο επιλογές, wideband και highest.
- Span: Δυνατότητα επιλογής φάσματος
- Serial: Υπάρχουν δυο επιλογές ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του πεδιομέτρου με το probe. Αν η σύνδεση είναι καλωδιακή τότε επιλέγουμε 'wired', ενώ αν η σύνδεση έγινε μέσω οπτικής ίνας επιλέγουμε 'optical'.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

- **Logger:** Καθορισμός δειγματοληψίας για τη λειτουργία απόκτησης και αποθήκευσης μετρήσεων πεδίου για μεγάλο χρονικό διάστημα.

- **Log.End:** αυτή η λειτουργία καθορίζει πόσος χρόνος απαιτείται για την απόκτηση των στοιχείων. Οι πιθανές επιλογές είναι:

1. χειροκίνητα: η καταγραφή θα σταματήσει χειροκίνητα.

2. 1 min : η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 1 λεπτό

3. 2 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 2 λεπτά.

4. 4 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 4 λεπτά.

5. 6 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 6 λεπτά.

6. 12 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 12 λεπτά.

7. 20 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 20 λεπτά.

8. 30 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 30 λεπτά.

9. 60 min: η καταγραφή θα σταματήσει μετά από 60 λεπτά.

- **Bar:** σε αυτό το πεδίο επιλέγουμε γραμμική ή λογαριθμική κλίμακα στην αναλογική μπάρα.

- **AutoOFF:** το πεδίομετρο μπορεί να σβήσει χειροκίνητα ή αυτόματα, αφού αυτό ήταν ενεργό για μια καθορισμένη χρονική διάρκεια, χωρίς να χρειαστεί να πατήσουμε κάποιο κουμπί. Υπάρχουν τρεις εναλλακτικές

1. disabled: χειροκίνητο σβήσιμο

2. 10 min: το PMM 8053A θα σβήσει μετά από 10 λεπτά

3. 60 min: το PMM 8053A θα σβήσει μετά από 60 λεπτά.

Αυτή η λειτουργία είναι ιδιαίτερα σημαντική στην μείωση κατανάλωσης μπαταρίας.

- **Time:** σε αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ώρα.

- **Date:** σε αυτό το πεδίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ημερομηνία.

## Παράρτημα Β

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ  
ΕΜΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ  
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Β1. Πιστοποιητικό βαθμολόγησης του πεδιομέτρου PMM 8053A

		<p>Narda Safety Test Solutions S.r.l. Headquarters Via Leonardo da Vinci, 21/23 20090 Segrate (MI) - ITALY Tel.: +39 02 2699871 Fax: +39 02 26998700 Manufacturing Plant Via Benessea, 29/B 17035 Cisano sul Neva (SV) Tel.: +39 0182 58641 Fax: +39 0182 586400</p>
<p><b>CERTIFICATE OF CALIBRATION</b> Certificato di taratura</p>		<p><b>Number</b> 21212-C701 <b>Numero</b></p>
<p><b>Item</b> <i>Oggetto</i></p>	<p>Electromagnetic Field Strength Meter</p>	<p>This calibration certificate documents the traceability to national/international standards, which realise the physical units of measurements according to the International System of Units (SI). Verification of traceability is guaranteed by mentioning used equipment included in the measurement chain. This equipment includes reference standard directly traceable to (inter)national standard (accuracy rating A) and working standard calibrated by the calibration laboratory of Narda Safety Test Solutions (accuracy rating B) by means of reference standard A or by other accredited calibration laboratory. The measurement uncertainties stated in this document are estimated at the level of twice the standard deviation (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence level of about 95%). The uncertainties are calculated in conformity to the ISO Guide (Guide to the expression of uncertainty in measurement). The metrological confirmation system for the measuring equipment used is in compliance with ISO 10012-1. The applied quality system is certified to UNI EN ISO 9001. Questo certificato di taratura documenta la tracciabilità a campioni primari nazionali o internazionali i quali realizzano la riferibilità alle unità fisiche del Sistema Internazionale delle Unità (SI). La verifica della tracciabilità è garantita elencando gli strumenti presenti nella catena di misura. La catena di riferibilità metrologica fa riferimento a campioni di prima linea direttamente riferiti a standard (internazionali (classe A), di seconda linea, tarati nel laboratorio metrologico della Narda Safety Test Solutions con riferibilità ai campioni di prima linea oppure tarati da Enti esterni accreditati (classe B). Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa 95%). Le incertezze di misura sono calcolate in riferimento alla guida ISO. La conferma metrologica della strumentazione usata è conforme alla ISO 10012-1. Il sistema di qualità è certificato ISO 9001.</p>
<p><b>Manufacturer</b> <i>Costruttore</i></p>	<p>Narda S.T.S. / PMM</p>	
<p><b>Model</b> <i>Modello</i></p>	<p>8053A</p>	
<p><b>Serial number</b> <i>Matricola</i></p>	<p>142WK21212</p>	
<p><b>Calibration method</b> <i>Metodo di taratura</i></p>	<p>Internal procedure PTP 09-29</p>	
<p><b>Date(s) of measurements</b> <i>Data(e) delle misure</i></p>	<p>18.01.2007</p>	
<p><b>Result of calibration</b> <i>Risultato della taratura</i></p>	<p>Measurements results within specifications</p>	
<p>COMPANY WITH QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001:2000 =</p>		
<p><b>Date of issue</b> <i>Data di emissione</i></p>	<p><b>Measure Operator</b> <i>Operatore misure</i></p>	<p><b>Person responsible</b> <i>Responsabile</i></p>
<p>18.01.2007</p>	<p> Claudio Morabito</p>	<p> Alessandro Rizzi</p>
<p>This calibration certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificate without signature are not valid. The user is recommended to have the object recalibrated at appropriate intervals. La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. Il certificato non è valido in assenza di firma. All'utente dello strumento è raccomandata la ricalibrazione nell'appropriato intervallo di tempo.</p>		

## B2. Πιστοποιητικό βαθμονόμησης του αισθητήρα/αναλυτή EHP-50C



Narda Safety Test Solutions S.r.l.  
 Headquarters Via Leonardo da Vinci, 21/23  
 20090 Segrate (MI) - ITALY  
 Tel.: +39 02 2699871 Fax: +39 02 26998700  
 Manufacturing Plant Via Benessea, 29/B  
 17035 Cisano sul Neva (SV)  
 Tel.: +39 0182 58641 Fax: +39 0182 586400

## CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificato di taratura

Number **30403-RC701**  
 Numero

<b>Item</b> <i>Oggetto</i>	Electric and Magnetic Field Analyzer
<b>Manufacturer</b> <i>Costruttore</i>	Narda S.T.S. / PMM
<b>Model</b> <i>Modello</i>	EHP50C
<b>Serial number</b> <i>Matricola</i>	241WM30403
<b>Calibration method</b> <i>Metodo di taratura</i>	Internal procedure PTP 09-31
<b>Date(s) of measurements</b> <i>Data(e) delle misure</i>	19.01.2007
<b>Result of calibration</b> <i>Risultato della taratura</i>	Measurements results within specifications

This calibration certificate documents the traceability to national/international standards, which realise the physical units of measurements according to the International System of Units (SI).

Verification of traceability is guaranteed by mentioning used equipment included in the measurement chain. This equipment includes reference standard directly traceable to (inter)national standard (accuracy rating A) and working standard calibrated by the calibration laboratory of Narda Safety Test Solutions (accuracy rating B) by means of reference standard A or by other accredited calibration laboratory.

The measurement uncertainties stated in this document are estimated at the level of twice the standard deviation (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence level of about 95%).

The uncertainties are calculated in conformity to the ISO Guide (Guide to the expression of uncertainty in measurement).

The metrological confirmation system for the measuring equipment used is in compliance with ISO 10012-1. The applied quality system is certified to UNI EN ISO 9001

Questo certificato di taratura documenta la tracciabilità a campioni primari nazionali o internazionali i quali realizzano la riferibilità alle unità fisiche del Sistema Internazionale delle Unità (SI).

La verifica della tracciabilità è garantita elencando gli strumenti presenti nella catena di misura.

La catena di riferibilità metrologica fa riferimento a campioni di prima linea direttamente riferiti a standard (inter)nazionali (classe A), di seconda linea, tarati nel laboratorio metrologico della Narda Safety Test Solutions con riferibilità ai campioni di prima linea oppure tarati da Enti esterni accreditati (classe B).

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa 95%).

Le incertezze di misura sono calcolate in riferimento alla guida ISO. La conferma metrologica della strumentazione usata è conforme alla ISO 10012-1. Il sistema di qualità è certificato ISO 9001.

COMPANY WITH QUALITY MANAGEMENT  
 SYSTEM CERTIFIED BY DNV  
 = ISO 9001:2000 =

**Date of issue**  
*Data di emissione*

19.01.2007

**Measure Operator**  
*Operatore misure*

  
.....  
Fabio Ferrari

**Person responsible**  
*Responsabile*

  
.....  
Gilberto Basso

This calibration certificate may not be reproduced other than in full. Calibration certificate without signature are not valid. The user is recommended to have the object recalibrated at appropriate intervals.  
 La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. Il certificato non è valido in assenza di firma. All'utente dello strumento è raccomandata la ricalibrazione nell'appropriato intervallo di tempo.



## Παράρτημα Γ

### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ MATLAB

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε για τη δημιουργία του κώδικα και του προγράμματος το οποίο αναλύει τις μετρηθείσες τιμές που κάναμε στο πείραμα είναι το Matlab 2013b.

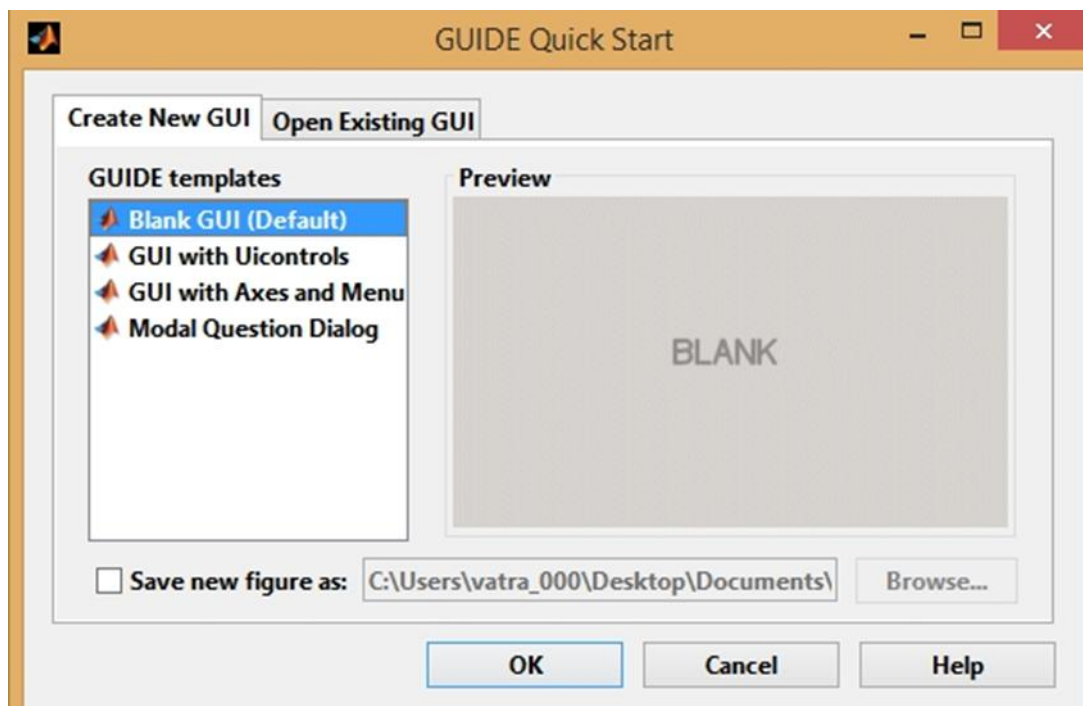
Το πρώτο στάδιο ήταν η δημιουργία του γραφικού πλαισίου το οποίο θα εμφανίζεται ξεκινώντας το πρόγραμμα. Μέσα από τις έτοιμες πλατφόρμες της Mathworks στο Matlab, δημιουργήθηκε το αρχικό πλαίσιο και μέσα σε αυτό φτιάξαμε τα κουμπιά, τα μενού και τα plots τα οποία εμφανίζονται.

Παρακάτω είναι τα βήματα που έγιναν για τη δημιουργία του γραφικού πλαισίου.

### ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ Gui

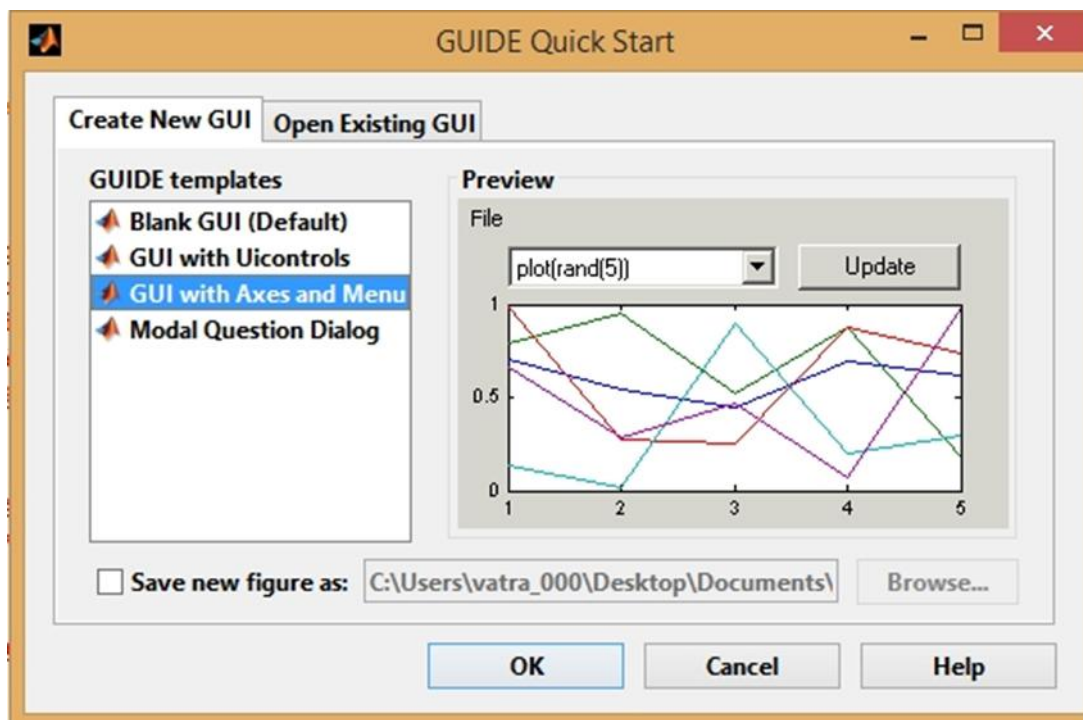
Η έναρξη της διαδικασίας κατασκευής του GUI γίνεται με την εντολή `guide` στο `command line` του Matlab.

Αυτή οδηγεί στο παρακάτω παράθυρο διαλόγου:

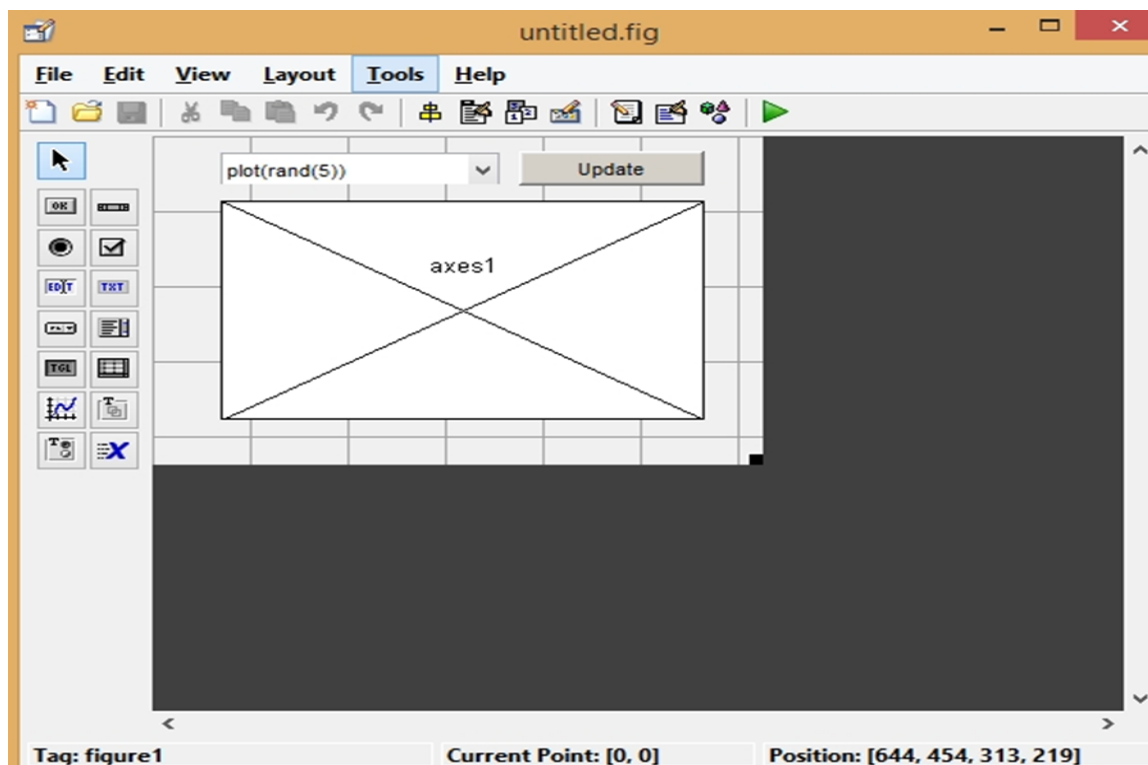


## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Εμείς με βάση το GUI που θέλαμε να φτιάξουμε, επιλέξαμε το πρότυπο που περιλαμβάνει γράφημα:

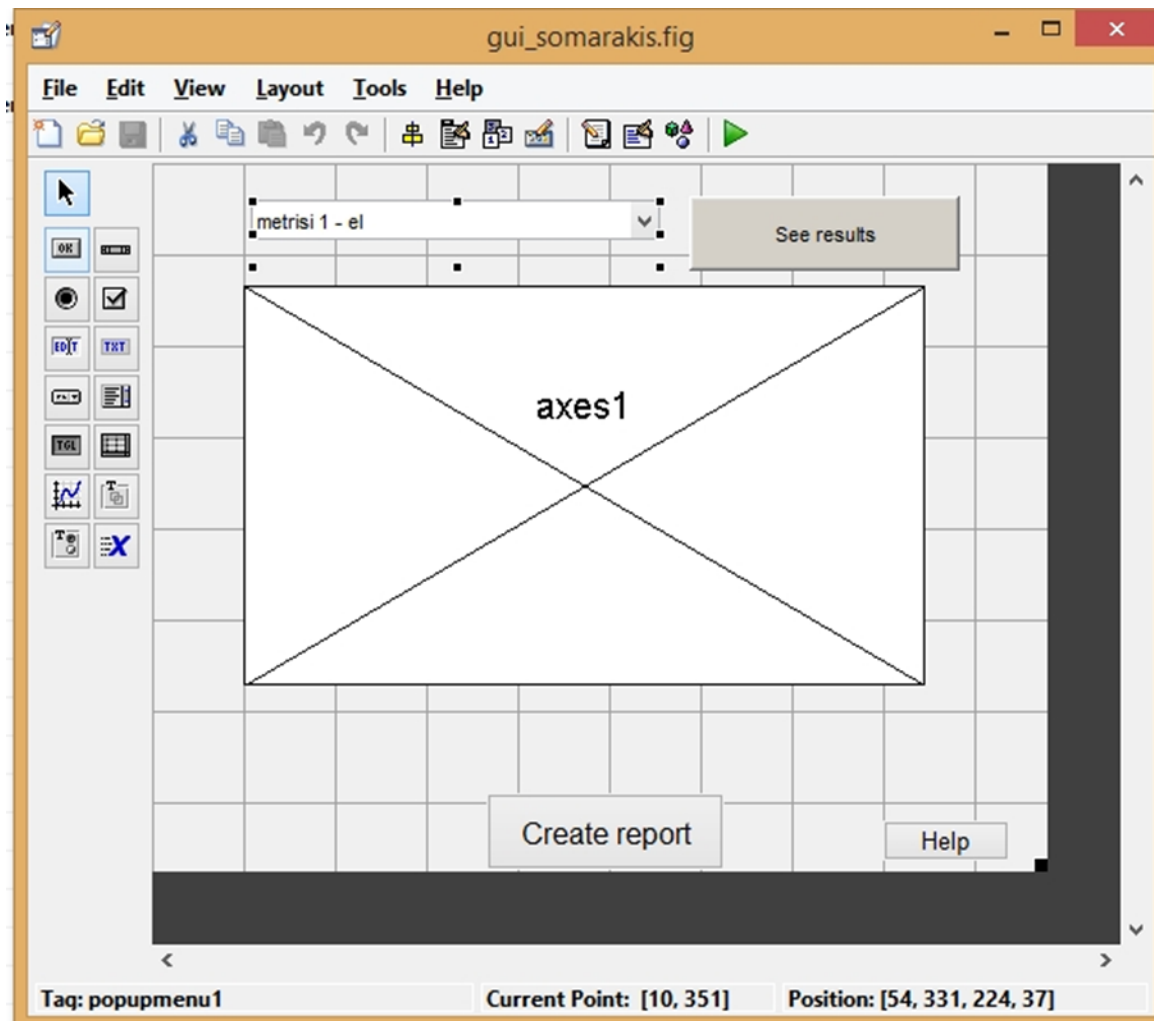


Το πρότυπο αυτό έχει την μορφή που φαίνεται παρακάτω:



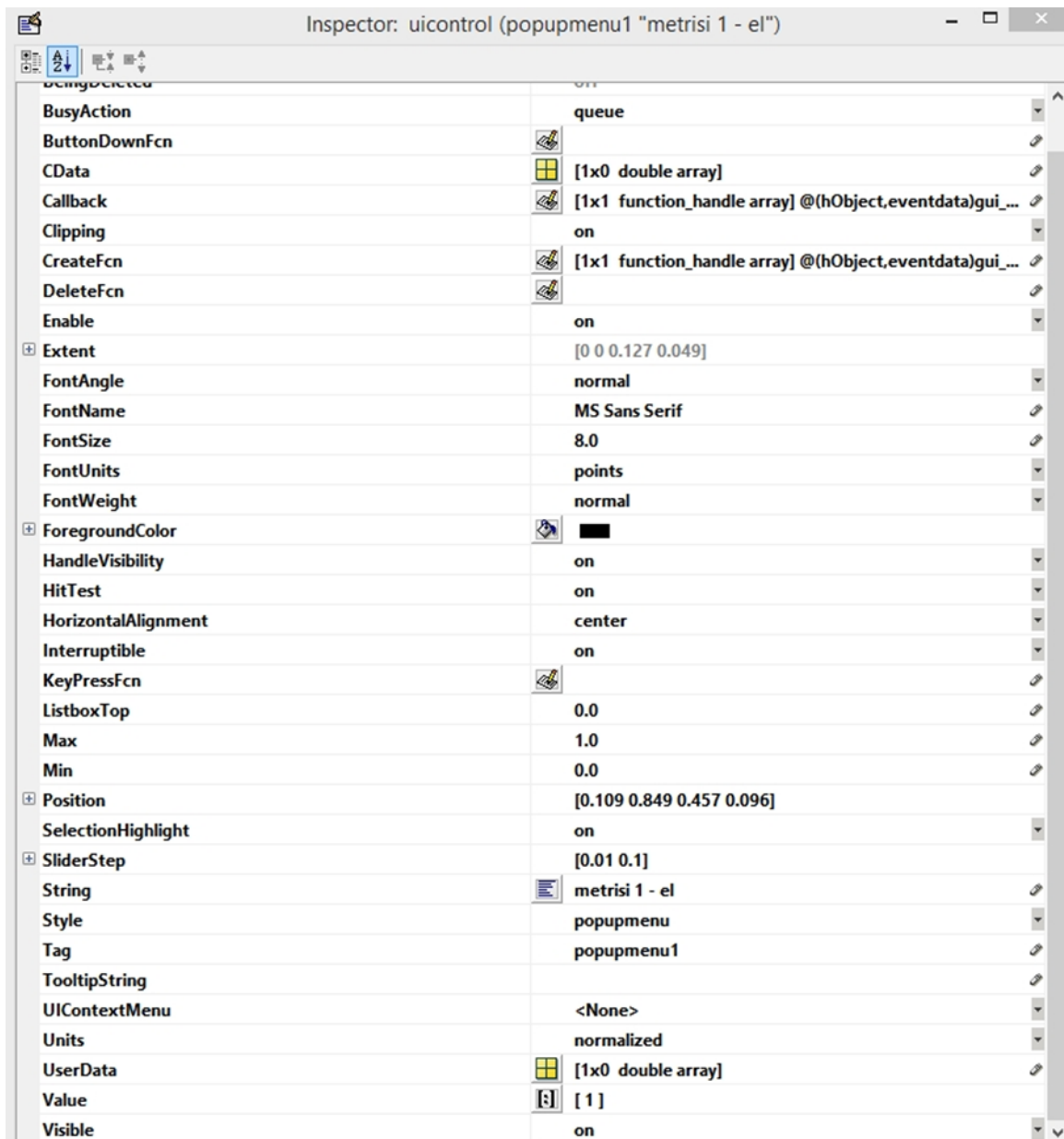
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στη συνέχεια διαμορφώνουμε τα επιμέρους κουμπιά και τα dropdown menu με βάση τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου προγράμματος. Έτσι παραδείγματος χάριν στο drop down menu ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία από τις 16 μετρήσεις:



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Η διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του κάθε κουμπιού και menu γίνεται από αντίστοιχο παράθυρο, όπως αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



**ΚΩΔΙΚΑΣ MATLAB :**

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

```
load('alldata.mat');
sumF=0;
sumUcFsa = 0;

switch popup_sel_index
case 1
    dataset = dataset1;
    chosenfile=1;
case 2
    dataset = dataset2;
    chosenfile=2;
case 3
    dataset = dataset3;
    chosenfile=3;
case 4
    dataset = dataset4;
    chosenfile=4;
case 5
    dataset = dataset5;
    chosenfile=5;
case 6
    dataset = dataset6;
    chosenfile=6;
case 7
    dataset = dataset7;
    chosenfile=7;
case 8
    dataset = dataset8;
    chosenfile=8;
case 9
    dataset = dataset9;
    chosenfile=9;
case 10
    dataset = dataset10;
    chosenfile=10;
case 11
    dataset = dataset11;
    chosenfile=11;
case 12
    dataset = dataset12;
    chosenfile=12;
case 13
    dataset = dataset13;
    chosenfile=13;
```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

```
case 14
    dataset = dataset14;
    chosenfile=14;
case 15
    dataset = dataset15;
    chosenfile=15;
case 16
    dataset = dataset16;
    chosenfile=16;
end
```

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

```
rms=dataset(1,3);
m = size(dataset,1);
for i = 1:m
    tempF=dataset(i,2)^2;
    datavalue(i) = dataset(i,2);
    rmsvalue(i)=rms;
    sumF = tempF + sumF;
end

Fsa = sqrt(sumF/m);
c = dataset(:,2)/(m*Fsa);

if chosenfile>8

    value = [12.2 4.71 12.2 10 2.33 8.17];
    divisor = [2 2 1.73 2 2 1];
else

    value = [12.2 3.51 12.2 10 2.33 6.05];
    divisor = [2 2 1.73 2 2 1];
end

ux = value./divisor;
U = 1.96*sqrt(sum(ux.^2));

for i=1:m
    Uc(i) = c(i)*U;
    tempUcFsa = Uc(i)^2;
    sumUcFsa = sumUcFsa + tempUcFsa;
end

UcFsa = sqrt(sumUcFsa);
UsaFsa = 1.96*UcFsa;
UsaFsaStr = num2str(UsaFsa);
uiwait(msgbox(['η αβεβαιότητα για τη μέτρηση ' chosenfile ' είναι ' UsaFsaStr],
'Uncertainty'));
```



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Παρατήρηση: Ο κώδικας υπολογισμού της αβεβαιότητας που εμφανίζεται παραπάνω συμφωνεί με το πρότυπο υπολογισμού αβεβαιότητας του πρωτοκόλλου IEEE Std 1140-1994 το οποίο είδαμε και στο κεφάλαιο 4.5.3.

Τέλος το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα της άμεσης εγγραφής δεδομένων σε αρχεία τύπου .doc μέσω έτοιμων εντολών που διαθέτει το Matlab. Το παρακάτω παράδειγμα κώδικα δείχνει ακριβώς αυτή τη διαδικασία:

```
WordFileName='Report.doc';
CurDir=pwd;
FileSpec = fullfile(CurDir,WordFileName);
[ActXWord,WordHandle]=StartWord(FileSpec);

fprintf('Document will be saved in %s\n',FileSpec);

Style='Page1';

TextString='ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ';
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,4]);

ActXWord.Selection.InlineShapes.AddPicture([pwd '\eks1.png']);
TextString="";
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,1]);
TextString='Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών';
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,1]);

TextString='Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής';
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,5]);

ActXWord.Selection.InlineShapes.AddPicture([pwd '\eks2.png']);
TextString="";
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,1]);

TextString='ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ';
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,1]);
TextString='Διαδικασίες μετρήσεων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων από VDTs
(Video Display Terminals)';
WordText(ActXWord,TextString,Style,[0,5]);
```

## Παραπομπές

1. <http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/vdt.htm>
2. <https://www.osha.gov/Publications/videoDisplay/videoDisplay.html>
3. <http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/vdt.htm>
4. <https://www.osha.gov/SLTC/elfradiation/>
5. [http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/ni/diadiakasia\\_metrisis](http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/ni/diadiakasia_metrisis)
6. <http://www.ilo.org/oshenc/part-vi/radiation-non-ionizing/item/658-vlf-and-elf-electric-and-magnetic-fields>
7. <http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C123/487/3182,12885/>
8. [http://en.wikipedia.org/wiki/Extremely\\_low\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/Extremely_low_frequency)
9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Very\\_low\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/Very_low_frequency)

## Βιβλιογραφία

1. Wrensch M, Yost M, Miike R, Lee G and Touchstone J.” **Adult glioma in relation to residential power frequency electromagnetic field exposures in the San Francisco Bay area.**” Epidemiology 1999;10(5),523-527.
2. Gammon MD, Schoenberg JB, Britton JA, Kelsey JL, Stanford JL, Malone KE, Coates RJ, Brogan DJ, Potischman N, Swanson CA and Brinton LA.” **Electric blanket use and breast cancer risk among younger women.**” Am. J. Epidemiol.1998;148:556-563.
3. Dockerty JD, Elwood JM, Skegg DC and Herbison GP. “**Electromagnetic field exposures and childhood cancers in New Zealand.**” Cancer Causes Control 1998;9(3):299-309.
4. Tateno H, Iijima S, Nakanishi Y, Kamiguchi Y and Asaka A.” **No induction of chromosome aberrations in human spermatozoa exposed to extremely low frequency electromagnetic fields.**” Mutat Res 1998;414(1-3):31-35.
5. Belanger K, Leaderer B, Hellenbrand K, Holford TR, McSharry J, Power ME and Bracken MB.” **Spontaneous abortion and exposure to electric blankets and heated water beds.**” Epidemiology 1998;9(1):36-42.
6. IEEE Std 1140-1994, “**IEEE Standard Procedures for the Measurement of Electric and Magnetic Fields From Video Display Terminals (VDTs) From 5 Hz to 400 kHz**”, IEEE, March 17, 1994.
7. ΕΛΟΤ IEC 61786, “**Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων. – Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις**”, ΕΛΟΤ, 1998.
8. CENELEC, EN50166-1, “**Human exposure to electromagnetic fields. Low frequency (0-10 KHz)**”, EN50166-1, CENELEC, 1995.
9. IEEE Std 1308-1994, “**IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters - 10 Hz to 3 kHz**”, IEEE, December 1994.

10. *Νόμος 3431*, “**Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις**”, ΦΕΚ Α’ 13/3-2-2006.
11. *CENELEC prEN 50413*, “**Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)**”, CENELEC, Nov., 2003.
12. *EU Council*, “**Recommendation of the Council of July 12, 1999 relative to the exposure Limitation of the public to the electromagnetic fields (from 0 Hz to 300 GHz)**”, 1999/519/CE, 1999.
13. *Εργαστήριο Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών*, “**Πρωτόκολλο μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων**”, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, ΕΜΙΑ, 2007.
14. *ΚΥΑ 3060(ΦΟΡ) 238*, “**Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων**”, ΦΕΚ 512Β’/25-04-2002.
15. *ΕΛΟΤ IEC 61786*, “**Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων. – Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις**”, ΕΛΟΤ, 1998.
16. *CENELEC, EN50166-1*, “**Human exposure to electromagnetic fields. Low frequency (0-10 KHz)**”, EN50166-1, CENELEC, 1995.
17. *ΕΛΟΤ EN 50366*, “**Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής και παρόμοιας χρήσης – ηλεκτρομαγνητικά πεδία – Μέθοδοι αποτίμησης και μέτρησης**”, ΕΛΟΤ, Μάιος 2003.
18. *Australian radiation protection and Nuclear Safety Agency*, “**Measurement of Residential power frequency Magnetic Fields**”, ARPANSA Technical report No 134, ISSN 0157-1400, March 2002.
19. *Documents of NRPB*, “**Advise on Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (0-300 GHz)**”, National Radiological Protection Board, Volume 15 No.2, 2004.
20. *SCPI Consortium*, “**Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI), Volume 1: Syntax and Style**”, USA, May 1999.

21. *D. Stratakis, T. Xenos, T. Yioultsis, V. Zacharopoulos, N. Farsaris, I. Zacharopoulou and C. Katsidis*, “**Automation in Electromagnetic Field Measurements**”, in Proc. 2nd Annu. Conf. Telecommunications & Multimedia, ISBN: 960-88785-2-7, Heraklion, Crete, Greece, Jul. 2006.
22. *BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML.*, “**Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement**”, International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland. ISBN 92-67-10188-9, 1<sup>st</sup> ed., 1993.
23. *EA-4/02*, “**Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration**”, European co-operation for Accreditation, December 1999.
24. *D. Stratakis, A. Miaoudakis, C. Catsidis, T. Xenos and V. Zacharopoulos*, “**On the Uncertainty Estimation of Electromagnetic Field Measurements Using Field Sensors: A General Approach**”, Radiation Protection Dosimetry, accepted for publication.
25. *PMM 8053A User’s Manual*, “**System for the electromagnetic fields measurement from 5Hz up to 40 GHz**”, PMM 2004.