



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

## Πτυχιακή εργασία

με θέμα

*Τεχνικές Λήψης Μετρήσεων  
Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων  
και Μικροκυματικών Δικτυωμάτων*

από τον **Νικόλαο Τρυφονόπουλο**.

*Εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. **Ιωάννη Βαρδιάμπαση**  
στα πλαίσια του “ΕΠΕΑΕΚ II – Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ –  
Μελέτη-Σχεδίαση ευφώνων κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική  
ανάπτυξη-λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)”*

Χανιά, Σεπτέμβριος 2004



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ο. Βαρδιάμπαση για την καθοδήγηση και τη στήριξη που μου παρείχε. Το ενδιαφέρον και η συνεχής ενασχόληση του, με βοήθησαν στην κατά το δυνατόν αρτιότερη εμβάθυνση μου στο αντικείμενο. Οι ιδέες και ο ενθουσιασμός του για κάθε τι καινοτόμο, με βοήθησαν να ανταπεξέλθω σε ότι δυσκολίες παρουσιάστηκαν με αποτέλεσμα να αποκομίσω τα μέγιστα από αυτή μας τη συνεργασία. Επίσης τον ευχαριστώ για τη συμπαράσταση και την ενθάρρυνση που μου παρείχε, παράγοντες που αποτέλεσαν κίνητρο για συνεχή εξέλιξη.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές, οι οποίοι κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο Τμήμα κατέβαλλαν κάθε δυνατή προσπάθεια να μας παρέχουν μια ανθρωποκεντρική παιδεία και συνάμα μια σύγχρονη και ανταγωνιστική εκπαίδευση πάνω στο αντικείμενο.

Ιδιαίτερων ευχαριστιών χρίζουν και οι συνάδελφοί μου Σπίνου Ιωάννα, Ζαούτης Βαγγέλης, Μαρέντη Ελισάβετ, Καραμιχάλης Κώστας οι οποίοι πάντοτε βοηθούσαν στη δημιουργία ενός ευχάριστου και δημιουργικού χώρου εργασίας στο Εργαστήριο Μικροκυματικών Επικοινωνιών & Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών.

Θερμές ευχαριστίες, βεβαίως, αξίζουν στους γονείς μου, οι οποίοι τόσο με την ηθική αλλά και με την οικονομική τους στήριξη, με βοήθησαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου, παρέχοντας μου από τα πιο απαραίτητα μέχρι τα πιο ασήμαντα.

Θερμά ευχαριστώ τον αδερφό μου Χρήστο για τις ατέλειωτες συμβουλές ακαδημαϊκού περιεχομένου και όχι μόνο, καθώς επίσης και τον Μωυσή, το Σπύρο, την Παρασκευή και το Νεκτάριο για την πολύχρονη φιλία τους.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, περιγράφεται η αρχή λειτουργίας του αναλυτή φάσματος καθώς και οι κυριότερες λειτουργίες του. Τα πιο σημαντικά μέρη του αναλύονται διεξοδικά, ενώ εξηγείται λεπτομερώς ο τρόπος σύνδεσης παρόμοιων συσκευών, οι οποίες χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο επικοινωνίας, προκειμένου να ανταλλάξουν δεδομένα μεταξύ τους ή με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επίσης, αναλύονται αρκετές βασικές αλλά και προχωρημένες τεχνικές λήψης μετρήσεων μέσα από καθόλα επεξηγηματικά παραδείγματα και εργαστηριακά πειράματα. Οι τεχνικές αυτές σκοπό έχουν να βοηθήσουν όχι μόνο τον αρχάριο χρήστη αλλά και τον έμπειρο χειριστή του οργάνου στις περισσότερες των περιπτώσεων. Επιπρόσθετα, η εργασία αυτή περιλαμβάνει ένα σετ εργαστηριακών μετρήσεων σχετικά με τους πιο γνωστούς τομείς της καθημερινής μας ζωής όπως είναι η κινητή τηλεφωνία, η τηλεόραση, και η αναλογική και ψηφιακή μετάδοση ραδιοφωνικού σήματος.

Μια αρκετά λεπτομερής μελέτη παρουσιάζεται επίσης σε αυτή την εργασία, η οποία σχετίζεται με τον αναλυτή δικτυωμάτων (ή αναλυτή κυκλωμάτων), ένα εξαιρετικά χρήσιμο όργανο όταν έχουμε να μελετήσουμε αντικείμενα που αφορούν στις κεραίες και στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι βασικές λειτουργίες του οργάνου αυτού αναλύονται στα δυο τελευταία κεφάλαια αυτής της εργασίας ενώ περιλαμβάνονται αναλυτικά παραδείγματα και εργαστηριακά πειράματα. Έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις λειτουργίες του οργάνου που σχετίζονται με τα μικροκύματα, δίνοντας έμφαση στη μέτρηση των χαρακτηριστικών μιας κεραίας, όπως είναι ο SWR και η απεικόνιση της εμπέδησης στο χάρτη Smith, κ.ά.

Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί ώστε η εργασία αυτή να είναι άμεσα κατανοήσιμη και εμπεδύσιμη από σπουδαστές με βασικές γνώσεις πάνω στο αντικείμενο των μικροκυμάτων διατάξεων και της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, χωρίς ωστόσο να θυσιάζεται στο βωμό της απλούστευσης, η γνώση που μπορεί κανείς να αντλήσει από μια τέτοια εργασία.

## ABSTRACT

In this thesis, are described the way a spectrum analyzer works and its basic functions. The most useful menus are being analyzed meticulously and is explained how to connect such devices, using a specific protocol, with each other or with a PC in order to make measurements easier and easy to share. Also, a lot of basic and advanced techniques in taking measurements are being analyzed through explanatory examples. These techniques are about to help not only the “rookie” but also the professional, in the most of the cases. Furthermore, there is a complete set of lab measurements in the most popular sections of our everyday life, such as cell phones, television, analog and digital audio broadcasting.

A quite circumstantial disquisition is also present in this thesis, which has to do with network analyzer, a quite useful device especially when studying antennas and propagation topics. Basic operations and functions are also analyzed and many typical examples and experiments are being discussed. The author has coped with the “microwave” part of the device emphasizing on antenna factor measurements, such as SWR, Smith Chart, etc.

Special attention has paid so that this thesis to be as easy-to-read as possible for students with basic knowledge of microwave and propagation theory without sacrificing the precious amount of advanced knowledge someone can derive from such a study.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- 1.1 Αρχή λειτουργίας του Αναλυτή Φάσματος
- 1.2 Οι βασικές λειτουργίες του Αναλυτή Φάσματος
- 1.3 Αναλυτική περιγραφή των βασικών πλήκτρων και λειτουργιών του αναλυτή φάσματος
  - 1.3.1 Τα βασικότερα πλήκτρα.
  - 1.3.2 Η ομάδα πλήκτρων INSTRUMENT STATE
  - 1.3.3 Η ομάδα πλήκτρων MARKER
  - 1.3.4 Η ομάδα πλήκτρων CONTROL
- 1.4 Σύνδεση και επικοινωνία του Αναλυτή Φάσματος με τον υπολογιστή
  - 1.4.1 Σύνδεση του Αναλυτή Φάσματος με τον υπολογιστή
  - 1.4.2 Αποθήκευση της οθόνης του αναλυτή φάσματος σε εικόνα.
  - 1.4.3 Αποθήκευση των Trace Data του Αναλυτή Φάσματος
  - 1.4.4 Αποθήκευση των ρυθμίσεων του Αναλυτή Φάσματος σε αρχείο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- 2.1 Βελτιώνοντας τις μετρήσεις ισχύος του σήματος με τη μέθοδο της διόρθωσης πλάτους
- 2.2 Μετρήσεις διέγερσης και απόκρισης. Απώλειες σε ένα φίλτρο εξαιτίας του ανακλώμενου σήματος
- 2.3 Μετρώντας σήματα χαμηλής ισχύος
- 2.4 Αναγνωρίζοντας σήματα προερχόμενα από εσωτερική παραμόρφωση
- 2.5 Επιλέγοντας τη καλύτερη μέθοδο ανίχνευσης του σήματος
- 2.6 Μετρώντας σήματα ριπής (Burst Signals) μέσω της φασματικής ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου
- 2.7 Μετρήσεις σημάτων διαμορφωμένων κατά πλάτος χρησιμοποιώντας μηδενικό span (zero span) και FFT (Fast Fourier Transformation).
- 2.8 Θέτοντας όρια προδιαγραφών στις μετρήσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΟΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

- 3.1 Μετρήσεις στην περιοχή συχνοτήτων 88 MHz – 108 MHz
- 3.2 Μετρήσεις στα UHF IV και UHF V
- 3.3 Μετρήσεις στην περιοχή συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας
- 3.4 Μετρήσεις στο κανάλι 11 του ψηφιακού ραδιοφώνου

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**

- 4.1 Αρχή λειτουργίας του αναλυτή κυκλωμάτων
- 4.2 Οι βασικές λειτουργίες του αναλυτή κυκλωμάτων

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

- 5.1 Μετρώντας την απόκριση μεταφοράς (Transmission Response)
- 5.2 Μετρώντας την απόκριση του κυκλώματος σε ανακλάσεις (Reflection Response)
- 5.3 Πραγματοποιώντας μετρήσεις ισχύος σε λειτουργία ευρείας ζώνης
- 5.4 Μετρώντας την εμπέδηση χρησιμοποιώντας το χάρτη Smith
- 5.5 Μέτρηση του SWR και εξαγωγή του χάρτη Smith λογαριθμο-περιοδικής κεραίας

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

- A. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ
- B. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΔΙΚΩΝΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ
- Γ. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΟΑΝΟΚΕΡΑΙΑΣ
- Δ. ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ STANDARDS ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ UHF IV ΚΑΙ UHF V
- E. ΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΩΝ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ

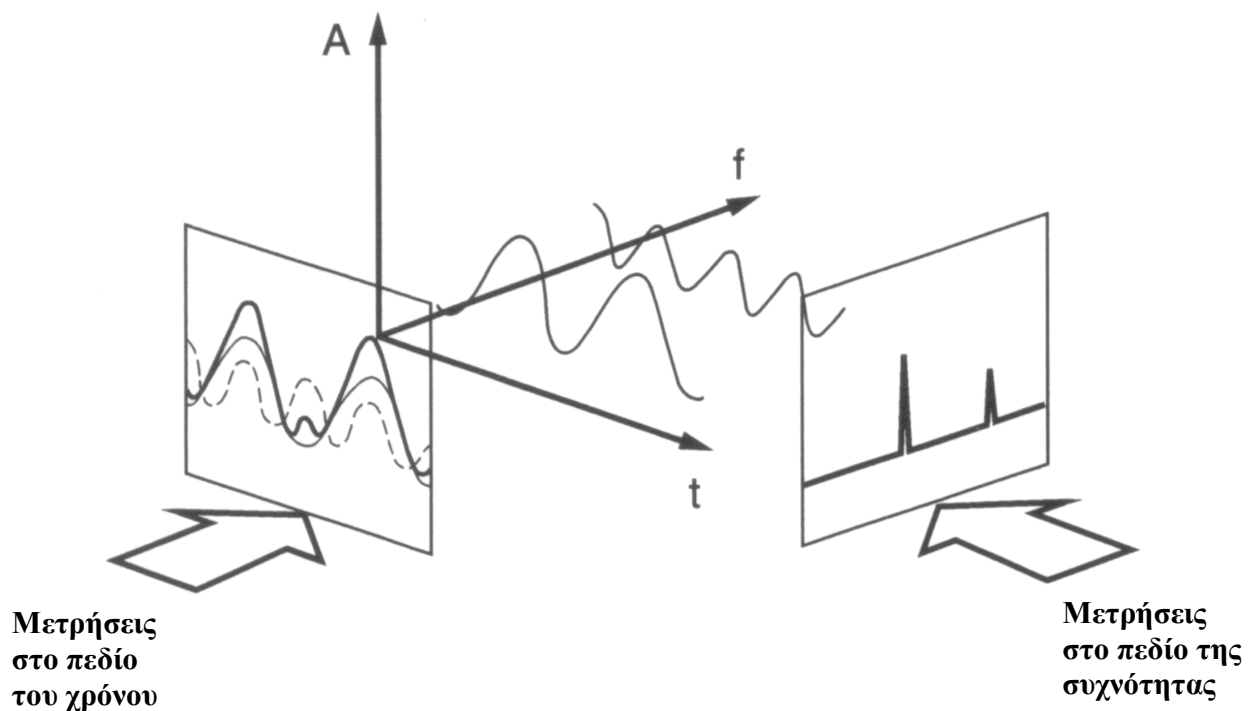
## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

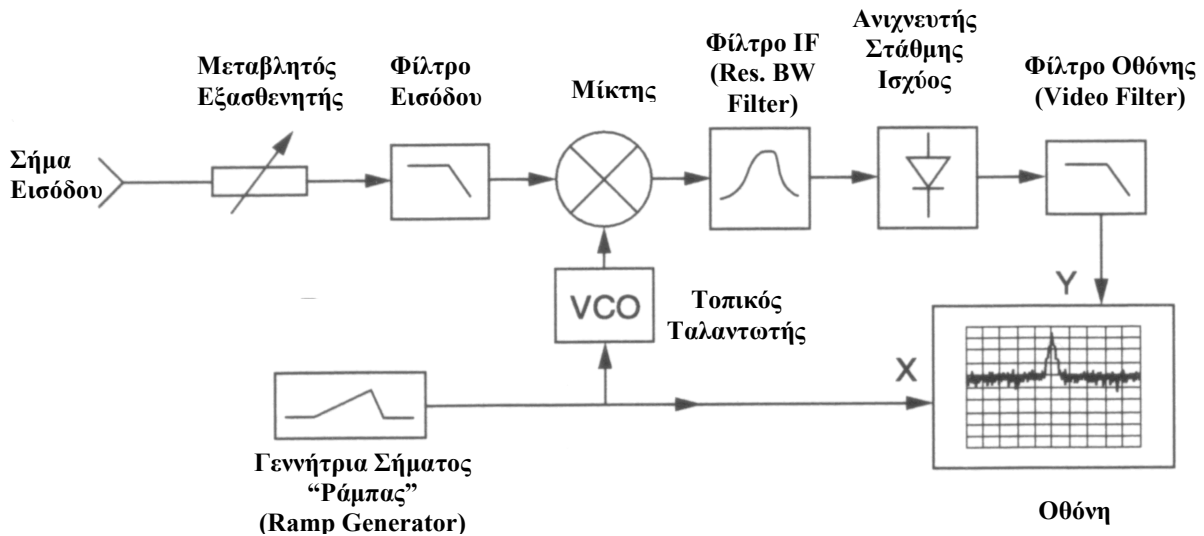
### 1.1 Αρχή λειτουργίας του Αναλυτή Φάσματος

Ο αναλυτής φάσματος, όπως και ο παλμογράφος, είναι ένα από τα πιο βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη και παρατήρηση σημάτων. Η βασική του διαφορά σε σχέση με τον παλμογράφο, είναι το γεγονός ότι ο παλμογράφος απεικονίζει τα σήματα στο πεδίο του χρόνου ενώ ο αναλυτής φάσματος μας παρέχει μια «εικόνα» του σήματος στο πεδίο της συχνότητας.



Σχήμα 1. Πεδία μετρήσεων

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται ένα γενικό μπλοκ διάγραμμα ενός swept tuned αναλυτή φάσματος.



Σχήμα 2. Το μπλοκ διάγραμμα ενός αναλυτή φάσματος

Η λειτουργία του αναλυτή φάσματος με βάση το Σχήμα 2 μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

Το εφαρμοζόμενο σήμα στην είσοδο του αναλυτή φάσματος, οδηγείται μέσω ενός εξασθενητή σε ένα χαμηλοπερατό φίλτρο. Ο εξασθενητής περιορίζει το πλάτος του σήματος ενώ το φίλτρο αποκόπτει τις τυχόν «ανεπιθύμητες», για την πραγματοποίηση της μέτρησής μας, συχνότητες. Αμέσως μετά το χαμηλοπερατό φίλτρο, το σήμα διέρχεται από τη βαθμίδα του μίκτη, η οποία ως δεύτερη είσοδο έχει το σήμα που παράγει η βαθμίδα ενός ταλαντωτή ελεγχόμενου από τάση (VCO, Voltage Controlled Oscillator). Η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή ελέγχεται από μια γεννήτρια σήματος τύπου «ράμπας» (ramp generator), η τάση της οποίας οδηγεί τον οριζόντιο άξονα της οθόνης του αναλυτή (τον άξονα δηλαδή στον οποίο απεικονίζεται η συχνότητα). Καθώς μεταβάλλουμε τη συχνότητα του ταλαντωτή, το σύνθετο πλέον σήμα στην έξοδο του μίκτη, διέρχεται μέσα από το φίλτρο των ενδιάμεσων συχνοτήτων (IF filter ή Resolution Bandwidth Filter). Πρέπει να σημειωθεί ότι το εν λόγω φίλτρο είναι μη μεταβλητό, σταθερής δηλαδή συχνότητας. Έπεται η βαθμίδα του ανιχνευτή της στάθμης ισχύος του σήματος, η οποία στην έξοδό της παράγει μια DC τάση ανάλογη με την ισχύ που δέχεται στην είσοδο του ο ανιχνευτής και κατά συνέπεια και ο αναλυτής φάσματος, ενώ ταυτόχρονα οδηγεί το κατακόρυφο κομμάτι της οθόνης του οργάνου. Καθώς ο αναλυτής φάσματος σαρώνει το πεδίο της συχνότητας, το σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδο του οργάνου εμφανίζεται στην οθόνη, αφού πλέον το όργανο έχει αποκτήσει τις συντεταγμένες των σημείων της οθόνης (X, Y) από τις αντίστοιχες βαθμίδες, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Με τον τρόπο αυτό απεικονίζεται το φασματικό περιεχόμενο του σήματος εισόδου για την προεπιλεγμένη περιοχή συχνοτήτων η οποία μας ενδιαφέρει.

## 1.2 Οι βασικές λειτουργίες του Αναλυτή Φάσματος



**Σχήμα 3.** Ο Αναλυτής Φάσματος HEWLETT PACKARD 8592B

1. Στο Σχήμα 3 φαίνεται η πρόσοψη του αναλυτή φάσματος. Στην κάτω δεξιά γωνία του οργάνου υπάρχει ο διακόπτης **LINE** ο οποίος θέτει τη συσκευή εντός ή εκτός λειτουργίας. Κάθε φορά που ενεργοποιούμε τη συσκευή, αυτή πραγματοποιεί έναν εσωτερικό αυτοέλεγχο. Μετά την ενεργοποίηση πρέπει να αφήσουμε το όργανο για κάποιο χρονικό διάστημα έως ότου αποκτήσει την κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του, προκειμένου να έχουμε πιο ακριβείς μετρήσεις. Να σημειωθεί ότι το όργανο εξακολουθεί να καταναλώνει ενέργεια εάν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο τροφοδοσίας, ακόμα και αν ο παραπάνω διακόπτης είναι στη θέση off.
2. Η έξοδος **100 MHz COMB OUT** μας παρέχει ένα σήμα αναφοράς, συχνότητας 100 MHz με αρμονικές οι οποίες φθάνουν τα 22 GHz.
3. Το κουμπί **INTENSITY** χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τη φωτεινότητα της οθόνης ανάλογα με το περιβάλλον εργασίας του χειριστή.  
*Προσοχή!:* Δεν πρέπει ποτέ να θέτουμε τη μέγιστη τιμή στην παράμετρο **INTENSITY** διότι υπάρχει κίνδυνος να υποστεί «έγκαυμα» η επίστρωση φωσφόρου της οθόνης του οργάνου.
4. Η έξοδος **CAL OUT 300 MHz -20 dBm** μας παρέχει ένα σήμα 300 MHz στα -20 dBm το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το calibration του οργάνου.
5. Η υποδοχή **PROBE PWR** μας παρέχει τροφοδοσία για ac probes ή άλλα αξεσουάρ του αναλυτή φάσματος.

6. Η είσοδος **INPUT 50Ω** είναι το σημείο εισόδου του σήματος που θέλουμε κάθε φορά να εξετάσουμε. Συγκεκριμένα, ο αναλυτής φάσματος του εργαστηρίου Μικροκυματικών Τηλεπικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών, Hewlett Packard 8592B, μπορεί να συντονιστεί στην περιοχή συχνοτήτων 9 kHz – 22 GHz.  
*Προσοχή!:* Η ισχύς του σήματος εισόδου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 Watt ή τα +30 dBm ενώ δεν πρέπει να εφαρμόζουμε ποτέ συνεχές (DC) σήμα στην είσοδο του αναλυτή φάσματος. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν κάποιο από τα παραπάνω συμβεί, θα καταστραφεί ο εξασθενητής εισόδου του οργάνου ή/και η βαθμίδα του μίκτη.
7. Τα πλήκτρα με το χαρακτηρισμό **STEP**, ο **τροχός ρύθμισης** και η ομάδα πλήκτρων **DATA**, χρησιμοποιούνται για να μεταβάλλουμε την τιμή της λειτουργίας η οποία είναι κάθε φορά ενεργή.
8. Η ομάδα πλήκτρων **MARKER** περιλαμβάνει πλήκτρα που ελέγχουν τις λειτουργίες του κέρσορα του αναλυτή φάσματος σήματος, παρέχοντας ταυτόχρονα πληροφορίες για το πλάτος και τη συχνότητα του κάθε σημείου της κυματομορφής. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα εντοπισμού της κορυφής του σήματος. Εκτενής αναφορά σε αυτή την ομάδα πλήκτρων θα γίνει παρακάτω.
9. Η ομάδα πλήκτρων **CONTROL** περιλαμβάνει πλήκτρα από τα οποία μας δίνεται η δυνατότητα να ελέγξουμε το resolution BW, να μεταβάλλουμε το χρόνο σάρωσης, να αποθηκεύσουμε και να διαχειριστούμε κυματομορφές και γενικά να ελέγξουμε την οθόνη του οργάνου. Εκτενής αναφορά σε αυτή την ομάδα πλήκτρων θα γίνει παρακάτω.
10. Η ομάδα πλήκτρων **INSTRUMENT STATE** περιλαμβάνει λειτουργίες που αφορούν στην κατάσταση και τον τρόπο λειτουργίας του αναλυτή φάσματος. Από αυτά τα πλήκτρα είναι προσβάσιμες ειδικές λειτουργίες όπως το self-calibration, η επαναφορά του οργάνου στις εργοστασιακές του ρυθμίσεις, κ.ά. Εκτενής αναφορά σε αυτή την ομάδα πλήκτρων θα γίνει παρακάτω.
11. Τα πλήκτρα **FREQUENCY**, **SPAN**, **AMPLITUDE**, ενεργοποιούν τις βασικότερες λειτουργίες του αναλυτή φάσματος σχετικά με τη συχνότητα, την λεπτομέρεια απεικόνισης της κυματομορφής και την ισχύ του σήματος.
12. Το πλήκτρο **HOLD** απενεργοποιεί κάθε ενεργοποιημένη λειτουργία, έτσι ώστε σε περίπτωση που πατηθεί κάποιο από τα πλήκτρα των ομάδων DATA, STEP, ή αλλάξει η θέση του τροχού ρύθμισης να μην αλλάξει καμία από τις ρυθμίσεις του οργάνου.
13. Δίπλα από την οθόνη του αναλυτή φάσματος υπάρχουν τα **ενεργά πλήκτρα** ή **softkeys** τα οποία κάθε φορά αντιστοιχούν σε άλλη λειτουργία, ανάλογα με το ποιο από τα υπόλοιπα πλήκτρα έχουμε πατήσει και σε ποιο μενού λειτουργιών βρισκόμαστε.



### 1.3 Αναλυτική περιγραφή των βασικών πλήκτρων και λειτουργιών του αναλυτή φάσματος

Με μια γρήγορη ματιά στην πρόσοψη του αναλυτή φάσματος, μπορεί εύκολα να καταλάβει κανείς ότι τα τρία πλήκτρα με τις ενδείξεις **FREQUENCY**, **SPAN**, **AMPLITUDE**, καθώς επίσης και ο τροχός ρύθμισης επιτελούν τις πιο σημαντικές λειτουργίες του οργάνου. Παρακάτω αναλύονται οι λειτουργίες αυτές.

#### 1.3.1 Τα βασικότερα πλήκτρα

- Το πλήκτρο **FREQUENCY**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, εμφανίζονται στο δεξιό μέρος της οθόνης (τμήμα λειτουργιών) οι παρακάτω λειτουργίες. Παρακάτω αναλύονται οι πιο σημαντικές:

**CENTER FREQ:** Καθορίζουμε την κεντρική συχνότητα συντονισμού του αναλυτή φάσματος.

**START FREQ:** Καθορίζουμε την αρχική συχνότητα απεικόνισης ενός σήματος στην οθόνη του οργάνου.

**STOP FREQ:** Καθορίζουμε την τελική συχνότητα απεικόνισης ενός σήματος στην οθόνη του οργάνου.

**CF STEP (AUTO, MAN):** Καθορίζουμε το βήμα με το οποίο θα μεταβάλλεται η τιμή της κεντρικής συχνότητας κάποιας παραμέτρου που έχουμε επιλέξει, σε κάθε πάτημα των πλήκτρων της ομάδας STEP. Για να συμβούν τα παραπάνω θα πρέπει η τιμή της λειτουργίας **CF STEP** να είναι **MAN**.

- Το πλήκτρο **SPAN**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, εμφανίζονται στο δεξιό μέρος της οθόνης (τμήμα λειτουργιών) οι παρακάτω λειτουργίες. Παρακάτω αναλύονται οι πιο σημαντικές:

**SPAN:** Καθορίζουμε την τιμή του span.

**FULL SPAN:** Θέτουμε το span στη μέγιστή του τιμή.

**ZERO SPAN:** Θέτουμε 0 την τιμή του span. Η λειτουργία αυτή αλλάζει εντελώς τη συμπεριφορά του αναλυτή φάσματος και τον μετατρέπει σε παλμογράφο. Η συγκεκριμένη λειτουργία αναλύεται στην παράγραφο 2.7.

**LAST SPAN:** Επαναφέρουμε την προηγούμενη τιμή του span που είχαμε εισάγει.

**BAND LOCK:** Κλειδώνουμε τον τοπικό ταλαντωτή του αναλυτή φάσματος σε μία από τις 4 περιοχές συχνοτήτων του οργάνου. Αυτές είναι οι ακόλουθες: *BAND 0:* 0 – 2.9 GHz, *BAND 1:* 2.75 – 6.4 GHz, *BAND 2:* 6.0 – 12.8 GHz, *BAND 3:* 12.4 – 19.0 GHz, *BAND 4:* 19.1 – 22 GHz

- Το πλήκτρο **AMPLITUDE**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, εμφανίζονται στο δεξιό μέρος της οθόνης (τμήμα λειτουργιών) οι παρακάτω λειτουργίες. Παρακάτω αναλύονται οι πιο σημαντικές, ενώ ενεργοποιώντας κάθε μια από αυτές μας δίνεται η δυνατότητα να:

**REF LVL:** Καθορίζουμε την τιμή της στάθμης αναφοράς ισχύος του οργάνου. Ένας πολύ χρήσιμος πρακτικός κανόνας για καλύτερο διαχωρισμό ασθενών σημάτων από το θόρυβο είναι να ελαχιστοποιούμε την τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου (και κατά συνέπεια και του εξασθενητή εισόδου) μέχρις ότου να τοποθετηθεί η κορυφή του σήματος μας όσο το δυνατόν πιο ψηλά γίνεται στην τελευταία γραμμή της βαθμονομημένης περιοχής της οθόνης του αναλυτή φάσματος

**ATTEN (AUTO, MAN):** Ελέγχουμε τη λειτουργία του εξασθενητή εισόδου του οργάνου. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου αυτής τόσο πιο εύκολα διαχωρίζονται τα ασθενή σήματα από το θόρυβο. Οι τεχνικές λήψης μετρήσεων χρησιμοποιώντας την λειτουργία ελέγχου του εξασθενητή εισόδου αναλύονται εκτενέστερα παράγραφο 2.3.

**SCALE (LOG, LIN):** Ρυθμίζουμε τον τρόπο βαθμονόμησης της οθόνης του οργάνου μας. Η κλίμακα βαθμονόμησης μπορεί να μεταβάλλεται λογαριθμικά (επιλέγουμε **LOG**) ή γραμμικά (επιλέγουμε **LIN**)

**AMPTD UNITS:** Ρυθμίζουμε τις μονάδες μέτρησης του πλάτους του σήματός μας. Μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε **dBm, dBmV, dBuV, Volts, Watts**.

**INPUT Z (50, 75):** Επιλέγουμε την αντίσταση εισόδου του οργάνου (50Ω ή 75Ω) ανάλογα με το τι καλώδια χρησιμοποιούμε και τι φορτίο έχουμε συνδέσει στην άλλη άκρη του καλωδίου.

### 1.3.2 Η ομάδα πλήκτρων INSTRUMENT STATE

Η συγκεκριμένη ομάδα πλήκτρων περιλαμβάνει 10 πλήκτρα (για τον αναλυτή φάσματος Hewlett Packard 8592B). Παρακάτω θα αναλυθούν οι σημαντικότερες και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες λειτουργίες που ενεργοποιούνται από κάποια από αυτά τα πλήκτρα.

- Το πλήκτρο **PRESET**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, ο αναλυτής φάσματος «επανεκκινείται», επαναφέροντας όλες τις ρυθμίσεις και τις τιμές των διαφόρων παραμέτρων οι οποίες μπορεί να έχουν αλλάξει στις αρχικές τους τιμές, όπως αυτές είναι καθορισμένες όταν ενεργοποιούμε το όργανο. Το συγκεκριμένο πλήκτρο είναι ίσως το πιο χρήσιμο πλήκτρο του οργάνου για τους αρχάριους και για αυτούς που δεν έχουν εξοικειωθεί με τις λειτουργίες του!

- Το πλήκτρο **MEAS/USER**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**FFT MEAS:** Μετατρέπει τα δεδομένα που έχει καταγράψει το όργανο όταν είναι σε λειτουργία zero span στο πεδίο της συχνότητας εφαρμόζοντας FFT (Fast Fourier Transform). Μετά την ενεργοποίηση της λειτουργίας αυτής, η οθόνη είναι σε λογαριθμική κλίμακα, με 10 dB ανά τομέα (div). Επίσης οι markers


βρίσκονται σε FFT mode προκειμένου να είναι πιο εύκολο για το χρήστη να κάνει τις μετρήσεις που θέλει με τη βοήθειά τους. Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε τους markers με τον συνηθισμένο τρόπο λειτουργίας τους πρέπει πρώτα να τους απενεργοποιήσουμε. Οι τεχνικές λήψης μετρήσεων χρησιμοποιώντας την λειτουργία FFT αναλύονται εκτενέστερα παράγραφο 2.7.

**3 dB POINTS:** Εισάγει αυτόματα δυο markers στα σημεία που βρίσκονται 3 dB χαμηλότερα από την κορυφή του σήματος, καθορίζει τη διαφορά συχνότητας μεταξύ των δυο markers, καθώς επίσης το όργανο απεικονίζει και το 3 dB bandwidth. Η απεικόνιση του πλάτους του σήματος πρέπει να είναι λογαριθμική.

**6 dB POINTS:** Εισάγει αυτόματα 2 markers στα σημεία που βρίσκονται 6 dB χαμηλότερα από την κορυφή του σήματος, καθορίζει τη διαφορά συχνότητας μεταξύ των δυο markers, καθώς επίσης το όργανο απεικονίζει και το 6 dB bandwidth. Η απεικόνιση του πλάτους του σήματος πρέπει να είναι λογαριθμική.

**LIMIT LINES:** Επιλέγοντας τη συγκεκριμένη λειτουργία εμφανίζεται ένα υπομενού λειτουργιών, από τις οποίες οι σημαντικότερες και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

Η λειτουργία **LIMITEST (ON, OFF)** ενεργοποιεί τη λειτουργία καθορισμού ορίων σχετικά με το σήμα, τα οποία όρια τα εισάγει ο χρήστης και εμφανίζονται στην οθόνη του αναλυτή φάσματος. Η συγκεκριμένη λειτουργία, η χρησιμότητά της καθώς επίσης και τεχνικές λήψης μετρήσεων αναλύονται διεξοδικά στην παράγραφο 2.8. Επιλέγοντας τη λειτουργία **EDIT LIMIT** έχουμε τη δυνατότητα να αλλάξουμε τις παραμέτρους που έχουμε εισάγει ενώ επιλέγοντας τη λειτουργία **NEW LIMIT** δημιουργούμε καινούργια όρια σύμφωνα με τα οποία θα εξετάσουμε το σήμα μας. Οι δυο αυτές λειτουργίες, δηλαδή η δημιουργία καινούριων ορίων και η μεταβολή των ήδη υπάρχοντων, γίνονται με τον ίδιο τρόπο και για το λόγο αυτό θα αναλυθεί η μια εξ αυτών.

Προκειμένου να δημιουργήσουμε καινούριες οριογραμμές, πρώτα επιλέγουμε τη λειτουργία **NEW LIMIT** και επιλέγουμε **LIMITS FIX**. Έπειτα επιλέγουμε **EDIT UPPER** για να καθορίσουμε το πάνω όριο πλάτους και κατόπιν **SELECT SEGMENT** για να επιλέξουμε την πρώτη γραμμή του πίνακα που περιέχει τις πληροφορίες για το ποια μορφή θα έχουν οι οριογραμμές που θα ορίσουμε. Εισάγουμε την επιθυμητή συχνότητα έναρξης της οριογραμμής επιλέγοντας τη λειτουργία **SELECT FREQ**, το όριο του πλάτους επιλέγοντας τη λειτουργία **SELECT AMPLITUD** και τον τύπο της οριογραμμής από τη λειτουργία **SELECT TYPE**. Αναφορικά με την τελευταία λειτουργία μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ τριών ειδών που είναι τα εξής: **SLOPE** (με κλίση), **FLAT** (επίπεδη), **POINT** (σημείο). Αφού τελειώσουμε με τη συμπλήρωση της πρώτης σειράς του πίνακα επιλέγοντας **SELECT SEGMENT** και πατώντας το πλήκτρο  μεταβαίνουμε στην επόμενη γραμμή του πίνακα. Τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονται μέχρι να συμπληρώσουμε όσες γραμμές του πίνακα είναι απαραίτητες προκειμένου να δώσουμε στις οριογραμμές το σχήμα που εμείς επιθυμούμε για τα άνω όρια τα οποία, το σήμα που μας

ενδιαφέρει, δεν πρέπει να υπερβαίνει. Η ρύθμιση των κάτω ορίων γίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο αφού πρώτα επιλέξουμε **EDIT LWR** από το μενού που βρισκόμαστε και συμπληρώνουμε τον πίνακα. Όταν τελειώσουμε τη συμπλήρωση του πίνακα επιλέγουμε από το τρέχον μενού **MORE 1 of 2, EDIT DONE**. Εάν θέλουμε να σβήσουμε τον πίνακα, από το τρέχον μενού επιλέγουμε **MORE 1 of 2, PURGE LIMITS**.

Είναι δυνατόν να αποθηκεύσουμε τον/τους πίνακα/ες που δημιουργήσαμε στη μνήμη του αναλυτή φάσματος ή σε κάρτα μνήμης (σε όποια μοντέλα υποστηρίζουν αυτή τη δυνατότητα). Περισσότερες πληροφορίες καθώς επίσης και καθοδήγηση για το πως θα αποθηκεύσουμε και στη συνέχεια θα ανακτήσουμε τον πίνακα με τις παραμέτρους καθορισμού των οριογραμμών, υπάρχουν στο Operating Manual του οργάνου (Hewlett Packard 8592B) [1] στη σελίδα 1-20

**99% PWR BW:** Υπολογίζει την ισχύ όλων των σημάτων και επιστρέφει μια τιμή η οποία εκφράζει το εύρος συχνοτήτων στο οποίο βρίσκεται το 99% της συνολικής ισχύος

**% AM:** Απεικονίζει το ποσοστό της διαμόρφωσης πλάτους ενός σήματος το οποίο έχει μόνο αυτού του είδους διαμόρφωση. Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, το όργανο βρίσκει τη διαφορά πλάτους ανάμεσα στις δυο υψηλότερες κορυφές και υπολογίζει την εκατοστιαία διαμόρφωση για την διαφορά σε dB που είχε υπολογίσει.


**3 rd ORD MEAS:** Βρίσκει την τρίτη κατά σειρά πλάτους κορυφή μιας κυματομορφής και απεικονίζει τις διαφορές στη συχνότητα και το πλάτος σε σχέση με σήμα με τη μεγαλύτερη ισχύ. Για να κάνουμε χρήση της λειτουργίας αυτής πρέπει να έχουμε τρεις κυματομορφές στην οθόνη, ενώ επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία ισοδυναμεί με το να πιέζουμε το πλήκτρο **PEAK SEARCH** και να επιλέγουμε τις λειτουργίες **MARKER DELTA, NEXT PEAK, NEXT PEAK**

**DELTA MEAS:** Εντοπίζει και απεικονίζει τις διαφορές στη συχνότητα και το πλάτος μεταξύ δυο σημάτων με το μεγαλύτερο πλάτος. Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία ισοδυναμεί με το να πιέζουμε το πλήκτρο **PEAK SEARCH** και να επιλέγουμε τις λειτουργίες **MARKER DELTA, NEXT PEAK**

**PK-PK MEAS:** Εντοπίζει και απεικονίζει τις διαφορές στη συχνότητα και το πλάτος μεταξύ ενός σημείου μέγιστης ισχύος και ενός άλλου ελάχιστης. Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία ισοδυναμεί με το να πιέζουμε το πλήκτρο **PEAK SEARCH** και να επιλέγουμε τις λειτουργίες **MARKER DELTA** και κατόπιν να μετακινούμε τον δεύτερο marker στο σήμα με την ελάχιστη στάθμη ισχύος.

**AMP COR:** Ενεργοποιεί τη λειτουργία διόρθωσης πλάτους. Οι παράμετροι (πλάτος και συχνότητα) εισάγονται στο όργανο με τον τρόπο που περιγράφεται παρακάτω:

Εφόσον έχουμε επιλέξει τη λειτουργία **AMP COR** επιλέγουμε **EDIT AMP COR** και κατόπιν επιλέγουμε τη λειτουργία **SELECT POINT** και μετά **SELECT FREQ**. Εισάγουμε τη συχνότητα και έπειτα επιλέγουμε **SELECT AMPLITUDE** και εισάγουμε το κατά πόσο επιθυμούμε να διορθώσουμε το πλάτος του σημείου με τη συγκεκριμένη συχνότητα. Επιλέγουμε πάλι **SELECT POINT** και πατώντας το

πλήκτρο  μεταβαίνουμε στην επόμενη γραμμή του πίνακα για να εισάγουμε τα στοιχεία του επόμενου σημείου με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω για την εισαγωγή της πρώτης γραμμής του πίνακα. Αφού τελειώσουμε με την προσθήκη γραμμών στον πίνακα της διόρθωσης πλάτους, επιλέγουμε τη λειτουργία **EDIT DONE** και τελικά βλέπουμε το αποτέλεσμα της τεχνικής της «διόρθωσης πλάτους» στην οθόνη μας. Σε περίπτωση που θέλουμε να σβήσουμε τον συγκεκριμένο πίνακα επιλέγουμε τη λειτουργία **PURGE AMP COR**, ενώ εάν επιθυμούμε να απενεργοποιήσουμε τη λειτουργία «διόρθωσης πλάτους» (amplitude correction) από το μενού τη λειτουργίας **AMP COR** επιλέγουμε **AMP COR OFF**. Είναι δυνατόν να αποθηκεύσουμε τον πίνακα που δημιουργήσαμε στη μνήμη του αναλυτή φάσματος ή σε κάρτα μνήμης (σε όποια μοντέλα υποστηρίζουν αυτή τη δυνατότητα). Περισσότερες πληροφορίες καθώς επίσης και καθοδήγηση για το πως θα αποθηκεύσουμε και στη συνέχεια θα ανακτήσουμε τον πίνακα με τις παραμέτρους διόρθωσης πλάτους, υπάρχουν στο Operating Manual του οργάνου (Hewlett Packard 8592B) [1] στη σελίδα 1-20. Τεχνικές λήψης μετρήσεων χρησιμοποιώντας τη λειτουργία «διόρθωσης πλάτους» αναλύονται εκτενέστερα στην παράγραφο 2.1.

### 1.3.3 Η ομάδα πλήκτρων MARKER

- Το πλήκτρο **MKR**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**MARKER NORMAL:** Ενεργοποιεί σε περίπτωση που δεν φαίνεται στην οθόνη ή επαναφέρει τον marker στην κανονική κατάσταση λειτουργίας (π.χ. απενεργοποιεί τον marker Δ, αποδεσμεύει τον marker σε περίπτωση που του έχουμε ορίσει να παρακολουθεί την κορυφή του σήματος, κλπ). Χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα των ομάδων DATA, STEP ή τον τροχό ρύθμισης, ελέγχουμε τη θέση του marker.

**MARKER DELTA:** Ενεργοποιεί και εμφανίζει στην οθόνη του αναλυτή φάσματος έναν δεύτερο marker ακριβώς πάνω από τον ήδη υπάρχοντα normal marker. Αφού επιλέξουμε τη λειτουργία αυτή ο normal marker καθίσταται ανενεργός και μπορούμε να ελέγχουμε τον marker delta (ή marker Δ) με τον ίδιο τρόπο που ελέγχουμε και τον normal marker. Σημειώνεται ότι στην πάνω δεξιά γωνία της οθόνης, καθώς επίσης και στο μέσω της βαθμονομημένης περιοχής της οθόνης φαίνεται η διαφορά των δυο marker αναφορικά με τη συχνότητα και το πλάτος του σήματος.

**MARKERS OFF:** Απενεργοποιεί όλους τους markers συμπεριλαμβανομένου και αυτών που χρησιμοποιούμε για ανίχνευση κάποιας παραμέτρου του σήματος (της κορυφής του, για παράδειγμα). Επίσης απενεργοποιούνται και οι πληροφορίες (συχνότητα, πλάτος) που απεικονίζονται στην οθόνη για το συγκεκριμένο σημείο που βρίσκεται ο marker.

**MK PAUSE (ON, OFF):** Παγώνει την οθόνη του αναλυτή φάσματος για όσο χρόνο του καθορίσουμε στην παράμετρο DWELL TIME της οποίας την τιμή μπορούμε να ρυθμίσουμε αφού ενεργοποιήσουμε τη λειτουργία **MK PAUSE** πρώτα. Η τιμή της παραμέτρου κυμαίνεται από 2.0 msec έως 100 sec.

**MARKER AMPTD:** Διατηρεί τον ενεργό marker σε όποιο σημείο της οθόνης έχει την προκαθορισμένη από το χρήστη ισχύ. Η τιμή της ισχύος καθορίζεται αφού πρώτα ενεργοποιηθεί η λειτουργία. Όταν ενεργοποιηθεί η συγκεκριμένη λειτουργία ο marker τοποθετείται σε όποιο σημείο έχει την επιλεγμένη από τη χρήστη στάθμη ισχύος, ακόμα και αν η συχνότητα του σήματος αλλάξει. Εάν δύο σημεία έχουν το προκαθορισμένο πλάτος (έστω για παράδειγμα ότι έχουμε ορίσει στον marker να τοποθετείται στο σημείο με ισχύ -50 dBm) τότε ο marker θα τοποθετηθεί στο αριστερότερο σημείο της οθόνης που έχει την προκαθορισμένη ισχύ (στο παράδειγμά μας, στο αριστερότερο σημείο της οθόνης με ισχύ -50 dBm). Εάν δεν υπάρχει κάποιο σημείο στην κυματομορφή με την προκαθορισμένη ισχύ τότε ο marker θα τοποθετηθεί σε εκείνο το επίπεδο ισχύος που του έχουμε καθορίσει και θα «σταματήσει» πάνω από τη συχνότητα με την πλησιέστερη, σε σχέση με αυτή που έχουμε ορίσει, ισχύ. Δηλαδή ο marker στην τελευταία περίπτωση θα προσπαθεί να εντοπίσει το σημείο της κυματομορφής που η ισχύς του θα είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην ισχύ που έχουμε καθορίσει στο marker.

Όταν ταυτόχρονα με τη λειτουργία **MARKER AMPTD**, ενεργοποιήσουμε και τον marker Δ, ο τρόπος λειτουργίας του ενεργού marker μας είναι πολύ χρήσιμος στο να μετράμε το εύρος σημάτων. Για παράδειγμα, τοποθετούμε έναν marker 20 dB χαμηλότερα από την κορυφή ενός σήματος και ενεργοποιούμε τη λειτουργία **MARKER DELTA** και κατόπιν τη λειτουργία **MARKER AMPTD**. Τότε η ένδειξη του marker απεικονίζει το 20 dB bandwidth.

**PK-PK MEAS:** Εντοπίζει και απεικονίζει τις διαφορές στο πλάτος και τη συχνότητα μεταξύ του σήματος με την μεγαλύτερη ισχύ και του σήματος με τη μικρότερη ισχύ.

- Το πλήκτρο **MKR** →

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**MARKER** → **CF:** Μεταβάλλει τις ρυθμίσεις του αναλυτή φάσματος έτσι ώστε η συχνότητα που είναι τοποθετημένος ο marker να γίνει η κεντρική συχνότητα.

**MARKER** → **REF LVL:** Μεταβάλλει τις ρυθμίσεις του αναλυτή φάσματος έτσι ώστε το πλάτος στον ενεργό marker να δώσει την τιμή του στο reference level του οργάνου.

**MARKER** → **CF STEP:** Μεταβάλλει το βήμα μεταβολής της κεντρικής συχνότητας έτσι ώστε να ταιριάζει στην τιμή του ενεργού marker. Πιέζοντας το πλήκτρο **FREQUENCY**, και επιλέγοντας τη λειτουργία **CF STEP (AUTO, MAN)** βλέπουμε την τιμή του βήματος. Εάν ο marker Δ είναι ενεργός, η τιμή του βήματος θα καθοριστεί στη διαφορά συχνότητας μεταξύ των δυο marker.

**MKR Δ SPAN:** Καθορίζει την αρχική και την τελική συχνότητα (start frequency, stop frequency) που θα απεικονίζεται η οθόνη και τους δίνει την τιμή των delta markers. Οι τιμές της αρχικής και της τελικής συχνότητας δεν θα πάρουν κάποια τιμή εάν ο delta marker είναι απενεργοποιημένος.

**MINIMUM → MARKER:** Μετακινεί τον ενεργό marker στο σημείο με τη μικρότερη ισχύ

**PEAK MENU:** Επιλέγοντας τη συγκεκριμένη λειτουργία μεταβαίνουμε στο ίδιο μενού με αυτό που θα μας εμφανιζόταν αν πιέζαμε το πλήκτρο **PEAK SEARCH**. Οι λειτουργίες του μενού αυτού περιγράφονται αναλυτικά στο σημείο που ασχολείται με το πλήκτρο **PEAK SEARCH**. Ενεργοποιώντας τη λειτουργία **PEAK MENU** αντί να πατήσουμε το πλήκτρο **PEAK SEARCH** μας επιτρέπει να έχουμε πρόσβαση στις λειτουργίες του παραπάνω πλήκτρου χωρίς να ξεκινήσει ο αναλυτής φάσματος καινούργια διαδικασία αναζήτησης κορυφής (peak search).

- Το πλήκτρο **SIGNAL TRACK**

Πιέζοντας το πλήκτρο αυτό, μετακινείται το σήμα το οποίο είναι πιο κοντά στον ενεργό marker, στο κέντρο της οθόνης και παραμένει εκεί. Πιέζοντας κάποιο από τα πλήκτρα **SIGNAL TRACK**, **PRESET** ή ενεργοποιώντας κάποια από τις λειτουργίες **MARKER NORMAL**, **MARKERS OFF**, η λειτουργία του **SIGNAL TRACK** ακυρώνεται.

Όταν το signal track είναι ενεργοποιημένο και το span έχει ρυθμιστεί αρκετά χαμηλά, ο αναλυτής φάσματος ενεργοποιεί τη λειτουργία auto-zoom. Δηλαδή μειώνει βηματικά το span έτσι ώστε το σήμα να παραμένει στο κέντρο της οθόνης. Εάν η τρέχουσα τιμή του span είναι 0 τότε η λειτουργία του πλήκτρου **SIGNAL TRACK** δεν μπορεί να ενεργοποιηθεί

### 1.3.4 Η ομάδα πλήκτρων CONTROL

- Το πλήκτρο **SWEEP**

Πιέζοντας το πλήκτρο αυτό εμφανίζονται οι ακόλουθες δυο λειτουργίες οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

**SWP TIME (AUTO, MAN):** Με τη χρήση αυτής της λειτουργίας επιλέγουμε τη χρονική διάρκεια στην οποία ο αναλυτής φάσματος σαρώνει το σύνολο των συχνοτήτων (frequency span) που απεικονίζεται στην οθόνη. Για οποιαδήποτε τιμή του span εκτός της μηδενικής, η τιμή της λειτουργία αυτής ρυθμίζεται από 20 ms έως 100 sec. Εάν το όργανο έχει ρυθμιστεί σε zero span, η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει το sweep time είναι 15 ms. Όπως είναι προφανές, μειώνοντας τον χρόνο σάρωσης (sweep time) αυξάνεται η συχνότητα σάρωσης.

**SWEEP (CONT, SGL):** Η λειτουργία αυτή εναλλάσσει τον τρόπο σάρωσης του οργάνου από συνεχή (continuous sweep) σε απλό (single sweep). Πατώντας το πλήκτρο **SGL SWP** από την ομάδα πλήκτρων **INSTRUMENT STATE** θέτει τον αναλυτή φάσματος σε single sweep mode, σαν να επιλέγαμε τη λειτουργία **SWEEP SGL**. Όταν είναι ενεργοποιημένη η λειτουργία continuous sweep τότε η μια σάρωση

διαδέχεται την άλλη στην οθόνη του οργάνου. Πατώντας το πλήκτρο **PRESET**, ενεργοποιώντας το όργανο, ή ενεργοποιώντας τη λειτουργία **PRESET SPECTRUM**, ενεργοποιείται το continuous sweep mode.

- Το πλήκτρο **BW**

Πιέζοντας το πλήκτρο αυτό εμφανίζονται οι ακόλουθες λειτουργίες, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

**RES BW (AUTO, MAN):** Η συγκεκριμένη λειτουργία μεταβάλλει το 3dB bandwidth της IF βαθμίδα του αναλυτή φάσματος σε 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz, 100 kHz, 300 kHz, 1 MHz, 3 MHz, 5 MHz. Καθώς το resolution bandwidth μειώνεται, ο χρόνος σάρωσης (sweep time) αυξάνεται προκειμένου να απεικονίζεται σωστά η ένδειξη του πλάτους του σήματος. Σε περίπτωση που το όργανο δεν μπορεί να αυξήσει άλλο το χρόνο σάρωσης εμφανίζεται το σύμβολο “#” δίπλα από το RES BW στην οθόνη. Εάν συμβεί αυτό προτείνεται να επαναφέρουμε το όργανο στον αυτόματο καθορισμό του resolution bandwidth. Η λειτουργία της παραμέτρου resolution bandwidth και ο ρόλος της σε προχωρημένες τεχνικές λήψης μετρήσεων αναλύεται διεξοδικά στην παράγραφο 1.1.

**VID BW (AUTO, MAN):** Η παράμετρος αυτή ελέγχει τη λειτουργία του φίλτρου του αναλυτή φάσματος που βρίσκεται μετά τη βαθμίδα ανίχνευσης του σήματος. Καθώς το video bandwidth μειώνεται, ο χρόνος σάρωσης (sweep time) αυξάνεται προκειμένου να απεικονίζεται σωστά η ένδειξη του πλάτους του σήματος. Σε περίπτωση που το όργανο δεν μπορεί να αυξήσει άλλο το χρόνο σάρωσης εμφανίζεται το σύμβολο “#” δίπλα από το VID BW στην οθόνη. Εάν συμβεί αυτό προτείνεται να επαναφέρουμε το όργανο στον αυτόματο καθορισμό του video bandwidth. Η παράμετρος αυτή παίρνει τιμές από 30 Hz έως 3 MHz ενώ η χρησιμότητα της στη λήψη μετρήσεων κρίνεται περιορισμένη γι’ αυτό και δεν αναλύεται περαιτέρω.

**VBW/RBW RATIO:** Καθορίζει το λόγο του video bandwidth προς το resolution bandwidth. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη για σήματα χαμηλής ισχύος που είναι πολύ κοντά στη στάθμη ισχύος του θορύβου και επικαλύπτονται από αυτόν. Τότε ο λόγος αυτός αν τεθεί μικρότερος του 1 τότε μπορούμε να πάρουμε μια καθαρότερη εικόνα του σήματος μας.

**VID AVG (ON OFF):** Ενεργοποιώντας τη λειτουργία αυτή, εκκινείται η διαδικασία εύρεσης του μέσου όρου του απεικονιζόμενου σήματος. Η ενεργοποίηση της λειτουργίας αυτής δεν επηρεάζει τις αναλογικές λειτουργίες του αναλυτή φάσματος (όπως για παράδειγμα το χρόνο σάρωσης ή το resolution bandwidth) αφού στηρίζεται σε τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος. Στο αριστερό τμήμα της βαθμονομημένης περιοχής της οθόνης απεικονίζεται ο αριθμός των δειγμάτων που ελήφθησαν, προκειμένου να γίνει το video averaging. Είναι λογικό ότι όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός τόσο καλύτερη είναι η προσέγγιση του μέσου όρου των δειγμάτων, αλλά ταυτόχρονα ο χρόνος ολοκλήρωσης του υπολογισμού αυξάνεται. Ο αριθμός των δειγμάτων που θα ληφθούν μπορεί να καθοριστεί από το χρήστη με τους



τρόπους εισαγωγής που έχουν αναφερθεί παραπάνω, ενώ η εργοστασιακή ρύθμιση του οργάνου αναφορικά με τον αριθμό των δειγμάτων είναι 100.

**9 kHz EMI BW:** Θέτει το 6dB resolution bandwidth στα 9 kHz. Η ρύθμιση αυτή είναι χρήσιμη όταν εκτελούμε μετρήσεις Ηλεκτρομαγνητικών Παρεμβολών (EMI). Περαιτέρω ανάλυση της λειτουργίας ξεφεύγει από το αντικείμενο και το σκοπό της παρούσας εργασίας.

**120 kHz EMI BW:** Θέτει το 6dB resolution bandwidth στα 120 kHz. Η ρύθμιση αυτή είναι χρήσιμη όταν εκτελούμε μετρήσεις Ηλεκτρομαγνητικών Παρεμβολών (EMI). Περαιτέρω ανάλυση της λειτουργίας ξεφεύγει από το αντικείμενο και το σκοπό της παρούσας εργασίας.

- Το πλήκτρο **TRIG**

Πιέζοντας το παραπάνω πλήκτρο τα μενού επιλογών που εμφανίζονται αφορούν σε όποιες διαφορετικές μορφές manual και εξωτερικού triggering μπορεί να υποστηρίξει ο αναλυτής φάσματος. Εκτός από αυτήν τη λειτουργία για την οποία γίνεται αναφορά ευθύς αμέσως, οι υπόλοιπες απαιτούν πολύ καλό επίπεδο γνώσεων τόσο χειρισμού του οργάνου όσο και ηλεκτρονικών για το πότε θα χρησιμοποιηθεί η κάθε μια από αυτές, ενώ λάθος χρήση τους μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη λήψη εσφαλμένων μετρήσεων ή ακόμα και πρόκληση δυσλειτουργίας ή καταστροφής κάποιων βαθμίδων του οργάνου. Πιστεύεται ότι ο σπουδαστής αλλά και ο καθηγητής θα απαιτηθεί να κάνουν χρήση των λειτουργιών αυτών σπανιότατα ή και καθόλου και για το λόγο αυτό αποφεύγεται η ανάλυση τους.

**SWEEP (CONT, SGL):** Η λειτουργία αυτή είναι ακριβώς ίδια με αυτή που περιγράφεται στην ανάλυση των λειτουργιών του πλήκτρου **SWEEP**. Για αναλυτική περιγραφή αυτής της λειτουργίας ανατρέξτε στην παράγραφο που αναφέρεται στο πλήκτρο **SWEEP**.

- Το πλήκτρο **AUTO COUPLE**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο μας δίνεται ευκολότερη πρόσβαση στις λειτουργίες εκείνες οι οποίες μπορούν είτε να ρυθμιστούν αυτόματα από τον αναλυτή φάσματος, είτε manually από το χρήστη. Είναι δηλαδή συγκεντρωμένες όλες οι λειτουργίες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ενοποιημένες σε ένα πλήκτρο, για μεγαλύτερη διευκόλυνση του χρήστη αφού του επιτρέπεται να ελέγχει τον τρόπο καθορισμού των παραμέτρων τους (AUTOmatically ή MANually) έχοντας όλες τις λειτουργίες αυτές σε ένα μενού. Όλες οι λειτουργίες που υπάρχουν σε αυτό το μενού [**AUTO ALL, RES BW (AUTO MAN), VID BW (AUTO MAN), ATTEN (AUTO MAN), SWP TIME (AUTO MAN), CF STEP (AUTO MAN)**], εκτός της **AUTO ALL**, έχουν αναλυθεί παραπάνω. Αναφορικά με την **AUTO ALL**, όπως εύκολα καταλαβαίνει κανείς ο ρόλος της είναι να επαναφέρει όλες τις λειτουργίες στον αυτόματο καθορισμό της τιμής τους από τον αναλυτή φάσματος.

- Το πλήκτρο **DISPLAY**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**DSP LINE (ON OFF):** Εμφανίζει μια οριζόντια γραμμή στην οθόνη του οργάνου της οποίας μόνο η κατακόρυφη κίνηση ελέγχεται από το χρήστη καθώς κινείται πάνω στον άξονα του πλάτους του σήματος. Η τιμή του σημείου του κατακόρυφου άξονα με τον οποίο διασταυρώνεται απεικονίζεται στο αριστερό μέρος της οθόνης του οργάνου.

**THRESHLD (ON OFF):** Ορίζει ένα κάτω όριο, αναφορικά με το πλάτος, του απεικονιζόμενου σήματος. Οτιδήποτε κάτω από αυτό το όριο αποκόπτεται. Η λειτουργία αυτή έχει μονάδες πλάτους.

**CHANGE TITLE:** Αλλάζει τον τίτλο της οθόνης που φαίνεται στην πάνω δεξιά γωνία του οργάνου. Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία εμφανίζεται ένα μενού που περιλαμβάνει γράμματα, αριθμούς σύμβολα και άλλους ειδικούς χαρακτήρες (π.χ. ελληνικά). Όταν τελειώσουμε την πληκτρολόγηση του τίτλου πιέζουμε το πλήκτρο HOLD για να καταχωρηθεί ο τίτλος που εισάγαμε στο πάνω δεξιό τμήμα της οθόνης. Ο τίτλος μπορεί να έχει μήκος 53 χαρακτήρων και χρησιμοποιείται καθαρά για λόγους επεξήγησης και ταξινόμησης των μετρήσεων που παίρνουμε. Σε περίπτωση που ο τίτλος που εισάγαμε έχει πολλούς χαρακτήρες και επικαλύπτεται από τις ενδείξεις της οθόνης (annotations), τις απενεργοποιούμε με τον τρόπο που περιγράφεται παρακάτω στο σχετικό πεδίο [ANNOTATION (ON OFF)].

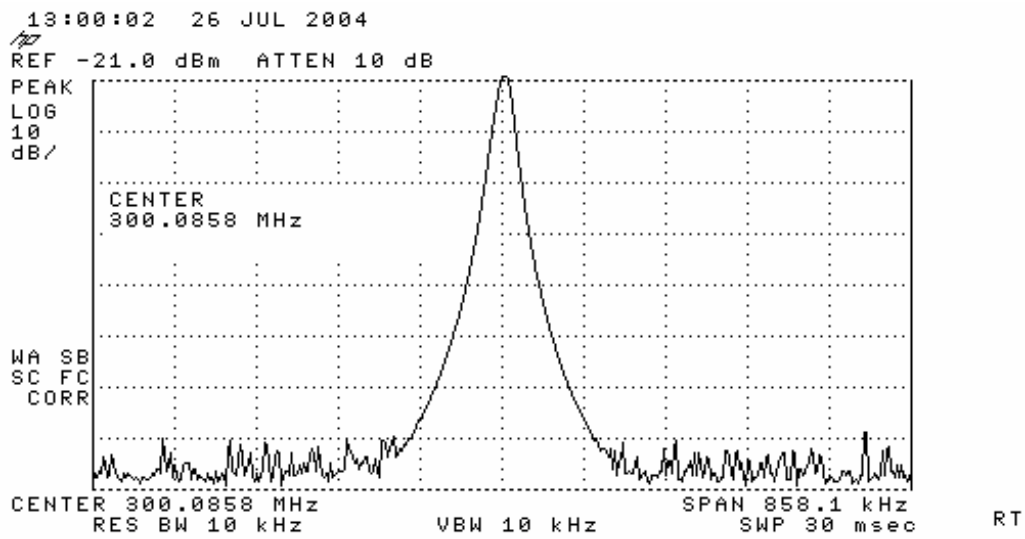
**GRAT (ON OFF):** Ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη διαγράμμιση της οθόνης

**ANNOTATION (ON OFF):** Ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τις ενδείξεις της οθόνης εκτός από τη διαγράμμιση και την απεικόνιση της κυματομορφής του σήματος.

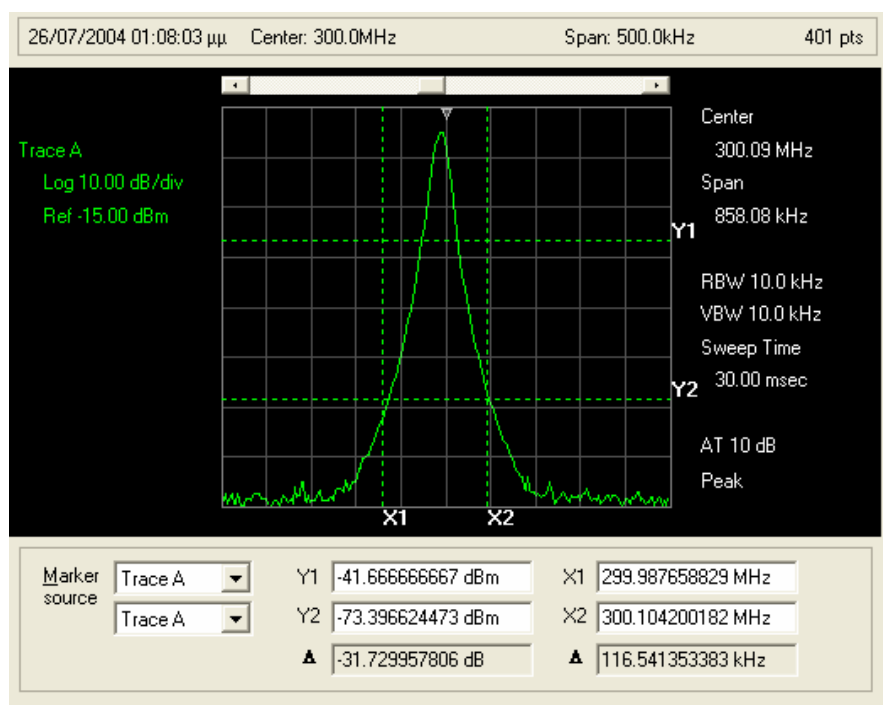
#### 1.4 Σύνδεση και επικοινωνία του Αναλυτή Φάσματος με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Μια ακόμα από τις πολλές δυνατότητες του αναλυτή φάσματος HP 8592B είναι η σύνδεση του με ηλεκτρονικό υπολογιστή, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στο χρήστη να:

- Αποθηκεύει την ένδειξη της οθόνης σε μορφή BMP, GIF, PCX, και TIF, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.
- Να κάνει capture τα σημεία δειγματοληψίας του οργάνου (trace data), και αφού τα στείλει στον Η/Υ, να τα αποθηκεύσει, να εστιάσει πάνω σε κάποια σημεία του σήματος που ενδέχεται να έχουν περισσότερο ενδιαφέρον, και να πάρει πληροφορίες για το αποθηκευμένο σήμα και για τα διάφορα σημεία του με τη βοήθεια των cursors X1, X2, Y1, Y2, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 4. Η ένδειξη της οθόνης σε μορφή GIF



Σχήμα 5. Η απεικόνιση των trace data του οργάνου στην οθόνη του H/Y

- Τέλος ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει τις ρυθμίσεις του οργάνου σε αρχείο στον υπολογιστή του. Με τον τρόπο αυτό, εάν θελήσει κάτω από τις ίδιες συνθήκες να επαναλάβει μια μέτρηση

χωρίς να χρειαστεί να εκτελέσει ξανά την ενδεχομένως χρονοβόρα διαδικασία της ρύθμισης του οργάνου, μπορεί να φορτώσει το αρχείο που περιέχει τις ρυθμίσεις, στον αναλυτή φάσματος και να πάρει τις μετρήσεις που θέλει.

#### 1.4.1 Σύνδεση του Αναλυτή Φάσματος με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Ο αναλυτής φάσματος συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με έναν μετατροπέα GP-IB σε USB ο οποίος φαίνεται στο Σχήμα 6.



**Σχήμα 6.** Ο μετατροπέας GPIB σε USB της Agilent


Ο μετατροπέας αυτός έχει 3 led:

**READY:** Είναι αναμμένο όταν η σύνδεση μεταξύ Η/Υ και οργάνου λειτουργεί κανονικά, χωρίς κανένα πρόβλημα.

**FAIL:** Είναι αναμμένο όταν ο μετατροπέας GP-IB/USB 82357A τροφοδοτείται αλλά δεν υπάρχει επικοινωνία με τον Η/Υ (πιθανόν να μην έχουν εγκατασταθεί οι drivers της συσκευής, να μην έχει ξεκινήσει το πρόγραμμα IO Libraries Control, ή ακόμα να μην λειτουργεί κανονικά η USB θύρα του Η/Υ)

**ACCESS:** Αναβοσβήνει όταν γίνεται μεταφορά δεδομένων.

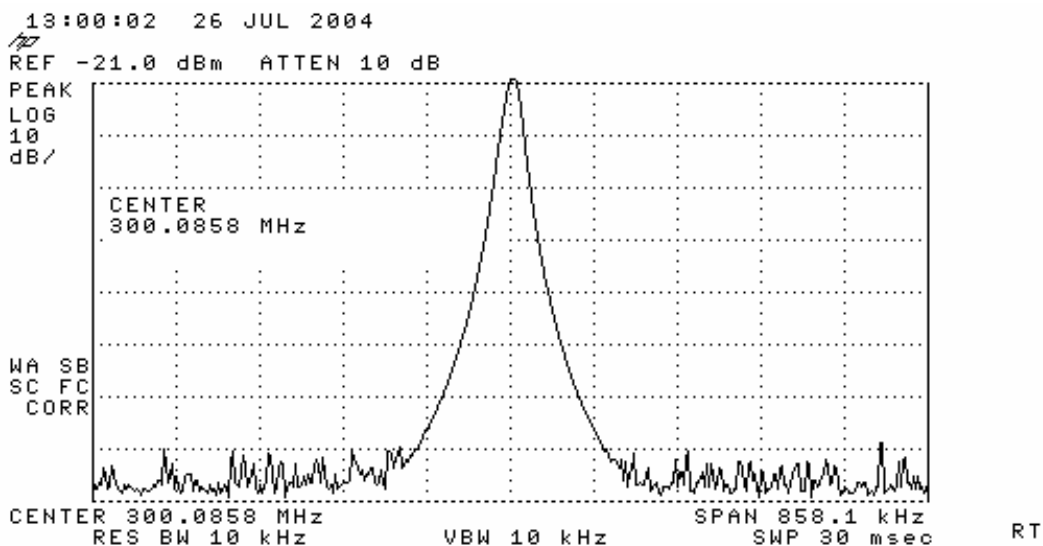
Εάν και τα τρία παραπάνω led είναι αναμμένα σημαίνει πως οι drivers του μετατροπέα GP-IB/USB 82357A είναι σωστά εγκατεστημένοι, αλλά δεν έχει καθοριστεί ακόμα η διεύθυνση ή το πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Να σημειωθεί ότι βασική προϋπόθεση για την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστή και οργάνου είναι να φορτωθούν το πρόγραμμα “IO Libraries Control” της Agilent. Εάν είναι φορτωμένες στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης του υπολογιστή θα  εμφανίζεται το εικονίδιο

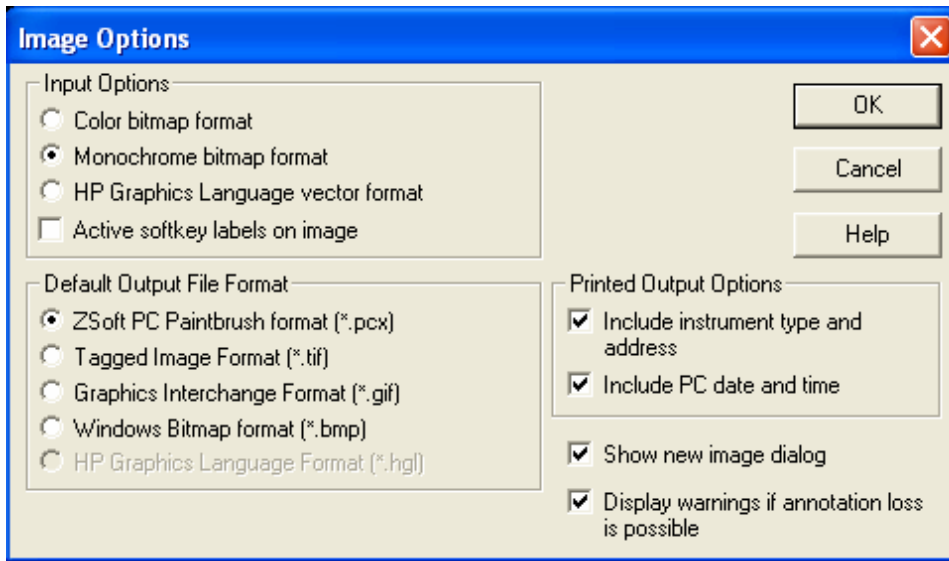
Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την εγκατάσταση των προγραμμάτων οδήγησης του μετατροπέα GP-IB/USB 82357A και για τεχνικές προδιαγραφές ανατρέξτε στο manual του μετατροπέα “Agilent 82357A, USB/GPIB Interface for Windows” [2]. Αναφορικά με την εγκατάσταση του προγράμματος “Benchlink Spectrum Analyser της Agilent”, μπορείτε να ανατρέξετε στο manual κατασκευαστή ή στο εγχειρίδιο “Agilent E4444A BenchLink Spectrum Analyser, Getting Started Guide” [3].

#### 1.4.2 Αποθήκευση της οθόνης του αναλυτή φάσματος σε εικόνα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μπορούμε να αποθηκεύσουμε οτιδήποτε απεικονίζεται στην οθόνη του αναλυτή φάσματος σε εικόνα, την οποία μετά μπορούμε να την εισάγουμε σε άλλες εφαρμογές. Αυτό γίνεται αν, αφού τρέξουμε το πρόγραμμα BenchLink Spectrum Analyser, από το μενού Image επιλέξουμε New και κατόπιν επιλέξουμε OK οπότε θα έχουμε την εικόνα του Σχήματος 7. Αν στο μενού New πατήσουμε το κουμπί Options..., εμφανίζεται το μενού του Σχήματος 8, απ’ όπου μπορούμε να καθορίσουμε διάφορες παραμέτρους σχετικά με την εικόνα που πρόκειται να αποθηκεύσουμε, όπως για παράδειγμα το format της εικόνας ή για το ποια στοιχεία της οθόνης θα υπάρχουν στην εικόνα.

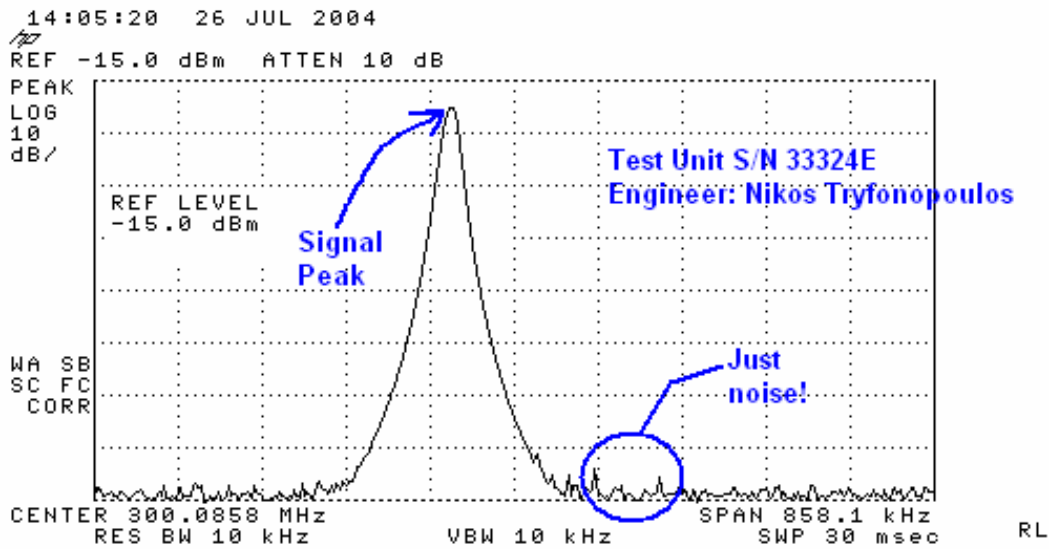


Σχήμα 7. Η εικόνα της οθόνης του οργάνου



Σχήμα 8. Καθορισμός παραμέτρων της εικόνας

Αφού κάνουμε capture την οθόνη του οργάνου, υπάρχει η δυνατότητα να σημειώσουμε επάνω στην εικόνα, προκειμένου να τονίσουμε κάποια σημεία που μπορεί να μας ενδιαφέρουν περισσότερο. Μπορούμε να προσθέσουμε γραμμές, κείμενο και freehand σχήματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 9, έτσι ώστε να αποθηκευτούν μαζί με την ένδειξη του οργάνου.



Σχήμα 9. Η εικόνα της οθόνης του οργάνου με τις διάφορες σημειώσεις

Τέλος στη γραμμή εργαλείων του προγράμματος διακρίνονται τα παρακάτω κουμπιά, ενώ μια σύντομη περιγραφή αυτών φαίνεται παρακάτω.



Διαβάζει την οθόνη του οργάνου ενημερώνοντας την εικόνα.



Αποθηκεύει την εικόνα σε αρχείο.



Προσθέτουν ευθείες γραμμές, ορθογώνια, κυκλικά σχήματα ενώ το τελευταίο πλήκτρο σβήνει διάφορα λάθη στη σχεδίαση.



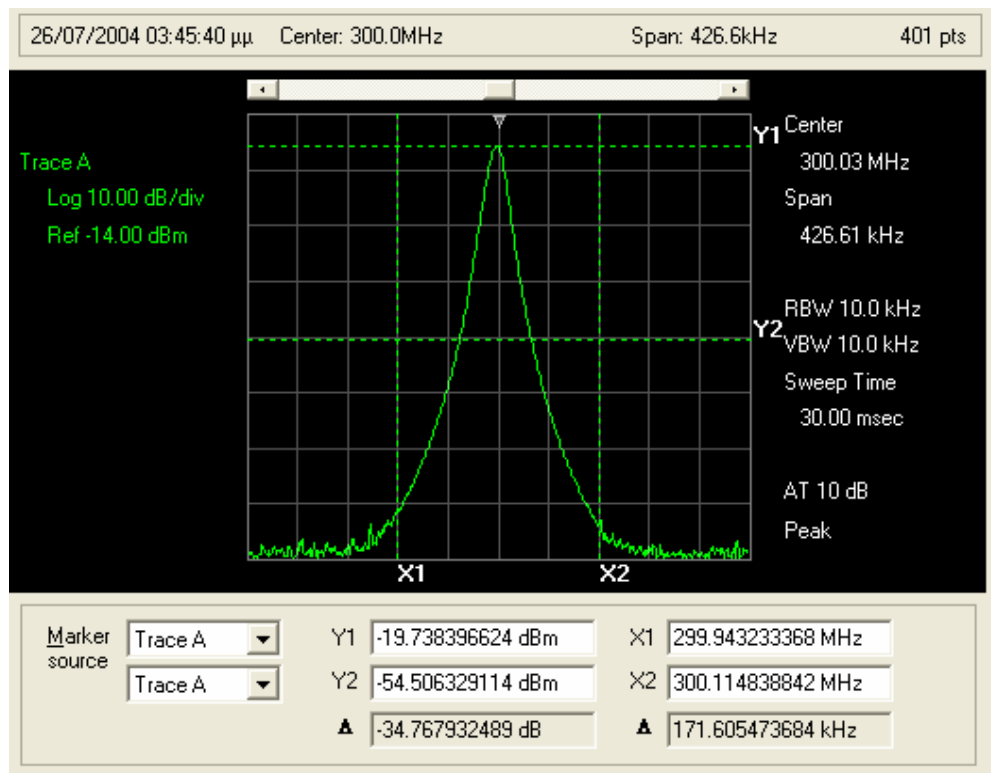
Προσθέτει πεδία κειμένου στην εικόνα.



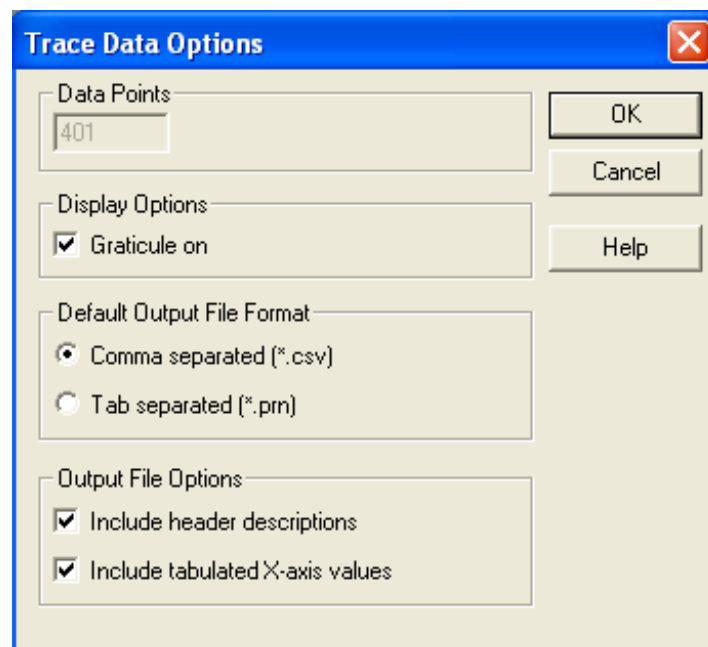
Προσθέτει ελεύθερα σχήματα στην εικόνα.

### 1.4.3 Αποθηκεύση των Trace Data του Αναλυτή Φάσματος

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μέσω του μετατροπέα GP-IB/USB 82357A είναι δυνατόν να αποθηκεύσουμε τα σημεία της κυματομορφής (trace data) που φαίνονται κάθε φορά στην οθόνη του οργάνου. Κάθε σημείο αποτελείται από μια τιμή συχνότητας και μια τιμή πλάτους, πληροφορίες οι οποίες μπορούν να αποθηκευθούν σε αρχείο ASCII ή να τις κάνουμε copy και κατόπιν paste σε κάποιο φύλλο του Excel, για παράδειγμα. Αυτό γίνεται αν από το μενού Trace Data επιλέξουμε New... και πατήσουμε OK, οπότε θα πάρουμε μια εικόνα όπως αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 10. Αν στο μενού New πατήσουμε το κουμπί Options..., εμφανίζεται το μενού του Σχήματος 11, απ' όπου μπορούμε να καθορίσουμε διάφορες παραμέτρους σχετικά με την εικόνα που πρόκειται να αποθηκεύσουμε, όπως για παράδειγμα το format της εικόνας ή για το ποια στοιχεία της οθόνης θα υπάρχουν στην εικόνα



Σχήμα 10. Τα trace data στην οθόνη του υπολογιστή μας



Σχήμα 11. Το παράθυρο διαλόγου των παραμέτρων των trace data



Αφού έχουμε μεταφέρει τα trace data στον υπολογιστή μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα ακόλουθα κουμπιά της γραμμής εργαλείων προκειμένου να εκτελέσουμε τις παρακάτω λειτουργίες και να εξάγουμε κάποια ακριβή δεδομένα για από την αποθηκευμένη κυματομορφή.



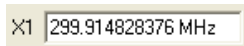
Διαβάζει την οθόνη του οργάνου ενημερώνοντας τα trace data.



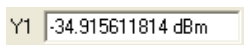
Αποθηκεύει τα trace data σε binary αρχείο με προέκταση .TDX. Τέτοιας μορφής αρχεία μπορούν να ξαναφορτωθούν στο πρόγραμμα για περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή δεδομένων. Επίσης από το μενού File αν επιλέξουμε την εντολή Save as frequency (time)/amplitude αποθηκεύει τα trace data σε αρχείο με προέκταση .CSV στο οποίο οι τιμές της συχνότητας και του χρόνου αποθηκεύονται ανά ζεύγη για κάθε σημείο χωριζόμενες από κόμμα. Με την ίδια εντολή έχουμε τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε τις τιμές συχνότητας και χρόνου χωρισμένες σε στήλες σε αρχείο με προέκταση .PRN.



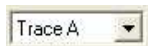
Ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τους markers X1, X2, Y1, Y2.



Επιτρέπει στο χρήστη να έχει μια ακριβή ένδειξη της θέσης του marker X1 αλλά και να την μεταβάλλει με ακρίβεια.



Επιτρέπει στο χρήστη να έχει μια ακριβή ένδειξη της θέσης του marker Y1 αλλά και να την μεταβάλλει με ακρίβεια.



Συσχετίζει τους markers με μια συγκεκριμένη κυματομορφή.



Μεγενθύνει ή Ελαχιστοποιεί τις ενδείξεις του οριζόντιου άξονα



Ολισθαίνει οριζόντια την κυματομορφή.

#### 1.4.4 Αποθήκευση των Ρυθμίσεων του Αναλυτή Φάσματος σε Αρχείο

Οι ρυθμίσεις που έχουμε κάνει στον αναλυτή φάσματος προκειμένου τελικά να ξεκινήσουμε να παίρνουμε μετρήσεις και να καταγράφουμε σήματα, είναι δυνατόν να αποθηκευτούν σε αρχείο (με προέκταση .STA) έτσι ώστε να μην χρειαστεί να ξαναρυθμίζουμε το όργανο σε περίπτωση που χρειαστεί να επαναλάβουμε τις μετρήσεις. Η αποθήκευση των ρυθμίσεων γίνεται αν από το μενού State επιλέξουμε την εντολή Instrument State.

Στην τεχνική λήψης μετρήσεων, υπάρχει ένα τρίπτυχο το οποίο προτείνεται να ακολουθείται στις πλείστες των περιπτώσεων και είναι το παρακάτω:

- Προετοιμασία του προς μέτρηση σήματος
- Προετοιμασία του οργάνου μέτρησης

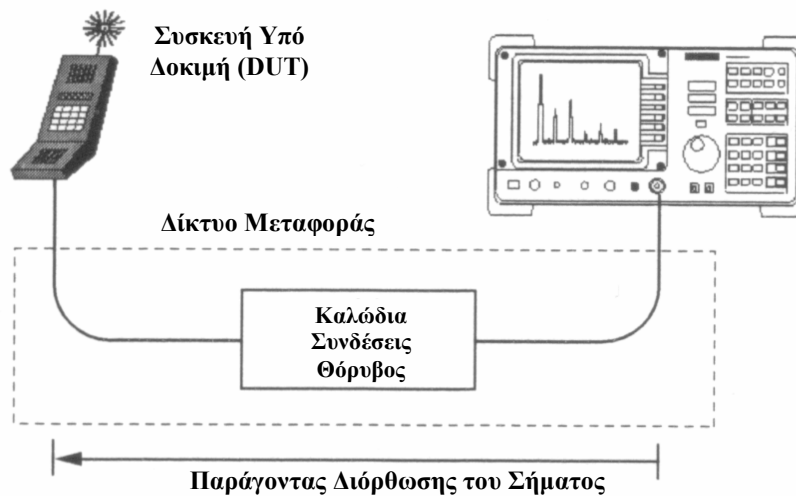
- Διερεύνηση των μετρήσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά σε χρήσιμες τεχνικές για την αποτελεσματικότερη χρήση του υπερετερόδυνου αναλυτή φάσματος, για κάθε ένα από τα τρία παραπάνω στάδια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

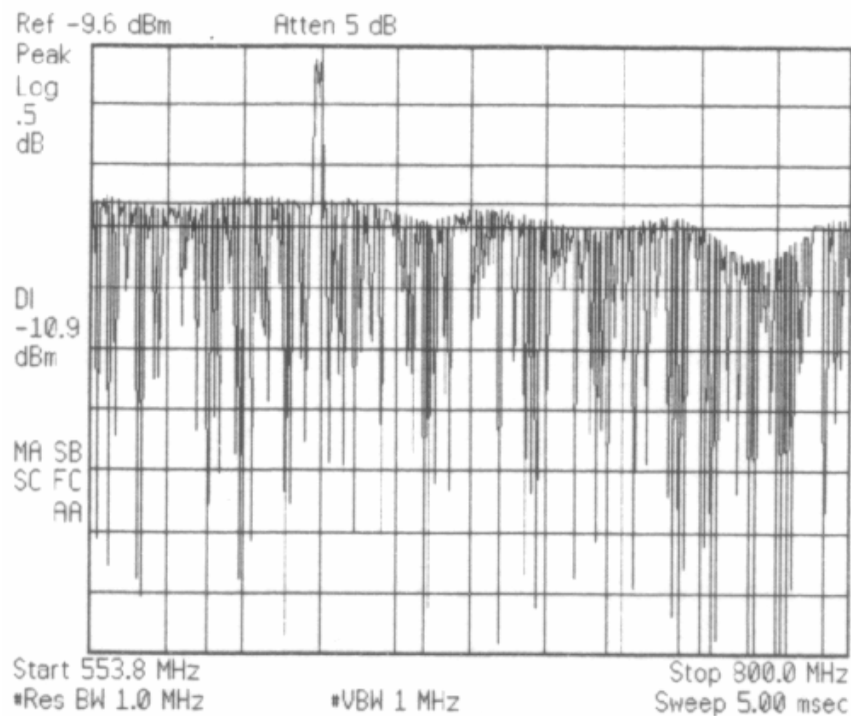
### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

#### 2.1 Βελτιώνοντας τις μετρήσεις ισχύος του σήματος με τη μέθοδο της Διόρθωσης Πλάτους



Σχήμα 12. Πραγματοποίηση της μέτρησης

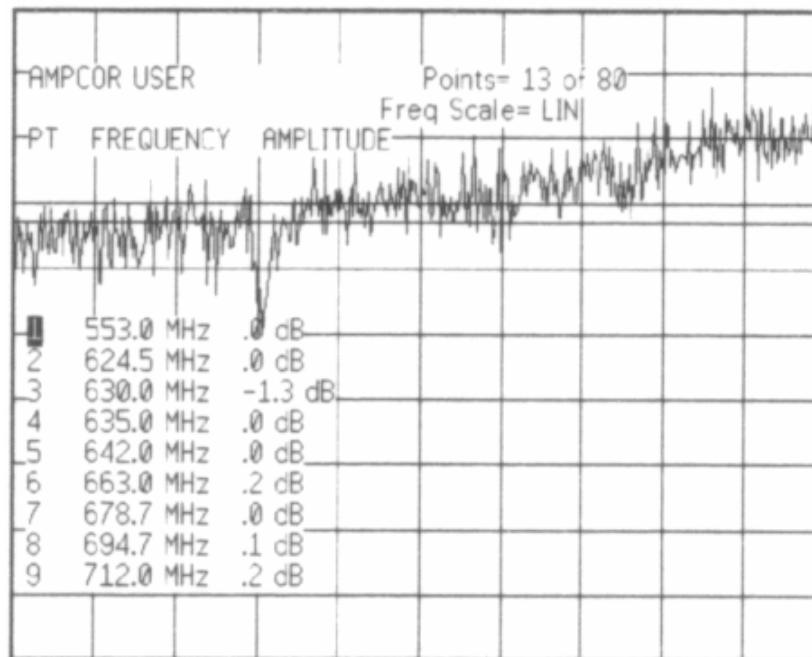
Όταν θέλουμε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις ακριβείας με τη χρήση του αναλυτή φάσματος, είναι πολύ σημαντικό να προσπαθήσουμε να μην εξασθενήσει ή μεταβληθεί το προς μέτρηση σήμα από διάφορους εξωγενείς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες θα μπορούσαν να είναι η εξασθένηση του σήματος εξαιτίας της γραμμής μεταφοράς, η τοποθέτηση του δέκτη κοντά σε πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η κακή επαφή μεταξύ των συνδέσεων ή κάποιο όργανο στο οποίο έχουμε αρκετό καιρό να κάνουμε calibration. Μια μέθοδος για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι να χρησιμοποιήσουμε τη λειτουργία «Διόρθωσης Πλάτους» (Amplitude Correction) του οργάνου σε συνδυασμό με μια γεννήτρια σήματος και ένα μετρητή ισχύος (power meter). Όταν η λειτουργία αυτή ενεργοποιηθεί, ο αναλυτής φάσματος παίρνει μια σειρά από ζεύγη συχνότητας – πλάτους του σήματος και συνδέοντάς τα γραμμικά, παράγει μια χαρακτηριστική η οποία αποτελεί τον παράγοντα διόρθωσης του αρχικού σήματος. Έτσι το αρχικό σήμα αφού διορθωθεί από το σήμα που φαίνεται στο Σχήμα 14 απεικονίζεται έτσι όπως φαίνεται στο Σχήμα 15.



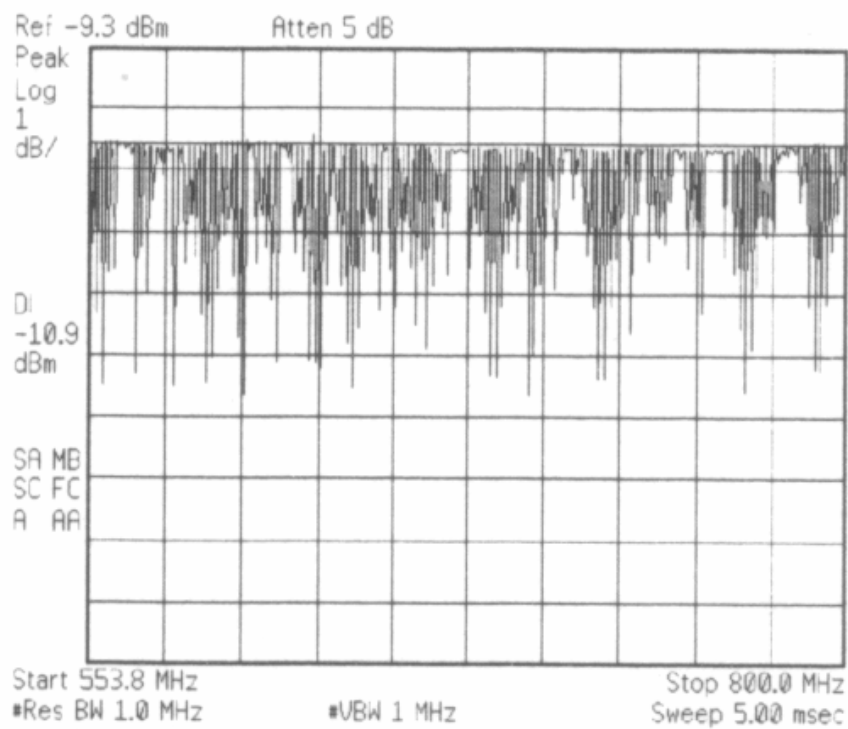
**Σχήμα 13.** Το αρχικό σήμα

Αναλυτικότερα, στο Σχήμα 13 απεικονίζεται η απόκριση συχνότητας του δικτύου μεταφοράς το οποίο όχι μόνο εξασθενεί το σήμα της συσκευής υπό δοκιμή, αλλά εισάγει και θόρυβο με την μορφή αιχμής (spike) στο φάσμα. Προκειμένου να μειώσουμε ή αν είναι δυνατόν να εξαλείψουμε το φαινόμενο αυτό, ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

Αρχικά, με τη βοήθεια της γεννήτριας σήματος (signal generator) και του μετρητή ισχύος (power meter) μετράμε την εξασθένηση (ή την ενίσχυση) που εισάγει το δίκτυο μεταφοράς στις συχνότητες που παρατηρείται πιο έντονα το παραπάνω φαινόμενο. Για παράδειγμα, στέλνουμε ένα σήμα με συχνότητα 600 MHz και ισχύ 0 dBm μέσω του δικτύου μεταφοράς στο ισχύομετρο. Έτσι είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε την εξασθένηση (ή ενίσχυση) που προκαλεί το δίκτυο μεταφοράς στο σήμα μας σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία για όλη την περιοχή συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει, τελικά θα πάρουμε τον πίνακα που περιλαμβάνει τα ζεύγη συχνότητας – πλάτους του σήματος. Από τον πίνακα αυτό παίρνουμε τη χαρακτηριστική η οποία όπως αναφέρθηκε παραπάνω αποτελεί τον παράγοντα διόρθωσης του αρχικού σήματος. Το Σχήμα 14 απεικονίζει έναν τέτοιο πίνακα ενώ ακριβώς από πάνω του, στην οθόνη του οργάνου, φαίνεται η κυματομορφή σύμφωνα με την οποία θα διορθωθεί το αρχικό μας σήμα. Αξίζει να επισημάνουμε ότι οι αιχμές (peaks) της εν λόγω κυματομορφής συμπίπτουν με τα σημεία μείωσης του πλάτους (valleys) του αρχικού σήματος.



Σχήμα 14. Εισάγοντας τις τιμές του παράγοντα διόρθωσης



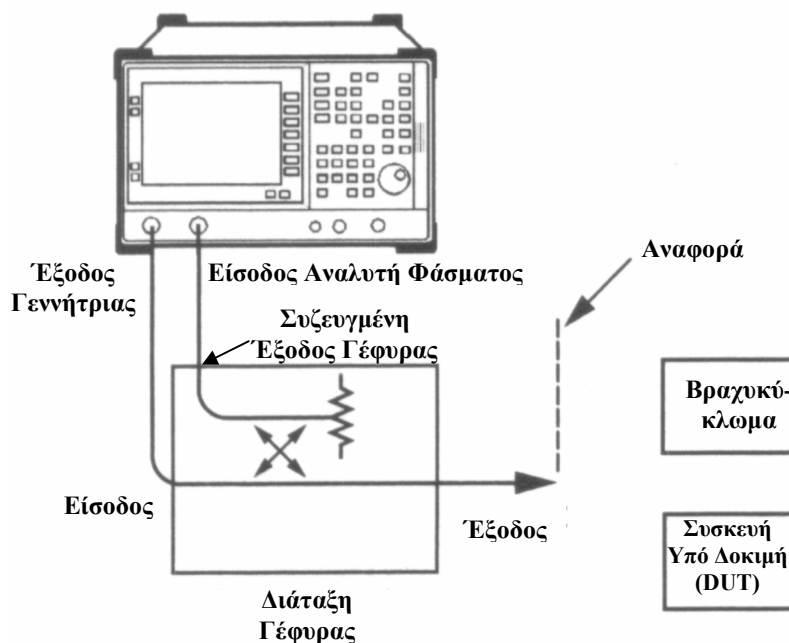
Σχήμα 15. Το διορθωμένο σήμα

Έτσι, με τη λειτουργία «Διόρθωσης Πλάτους» (Amplitude Correction) ενεργοποιημένη, η ανεπιθύμητη εξασθένηση του δικτύου μεταφοράς δεν επηρεάζει πλέον τη μέτρησή μας.

## 2.2 Μετρήσεις Διέγερσης και Απόκρισης. Απώλειες σε ένα φίλτρο εξαιτίας του ανακλώμενου σήματος

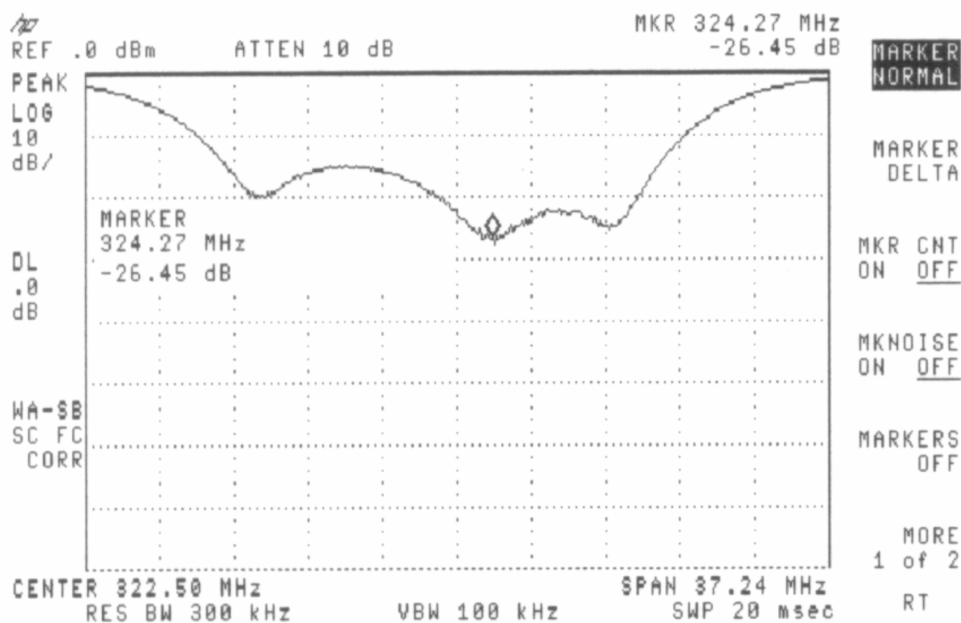
Ο αναλυτής φάσματος, συνδυαζόμενος με μια γεννήτρια, αποτελεί ένα σύστημα μέτρησης της απόκρισης διαφόρων διατάξεων. Με τη γεννήτρια να λειτουργεί ως πηγή σήματος μεταβλητής συχνότητας η οποία σαρώνει το φάσμα των συχνοτήτων στο οποίο δουλεύουμε και τον αναλυτή φάσματος να λειτουργεί ως δέκτης, ουσιαστικά έχουμε ένα network analyzer. Προκειμένου να μετρήσουμε το λόγο στασίμου κύματος ενός φίλτρου θα χρειαστούμε έναν αναλυτή φάσματος ο οποίος θα διαθέτει μια γεννήτρια σήματος που μπορεί να σαρώσει μια περιοχή συχνοτήτων (tracking generator), μια γέφυρα (κατευθυντικός ζεύκτης) και ένα βραχυκύκλωμα όπως φαίνονται στο Σχήμα 16.

Πρωτίστως, και με το υπό εξέταση φίλτρο συνδεδεμένο, επιλέγουμε την κατάλληλη τιμή του span στον αναλυτή φάσματος. Κατόπιν συνδέουμε την είσοδο του φίλτρου στην έξοδο της γέφυρας και τερματίζουμε τα ελεύθερα άκρα του φίλτρου, δηλαδή την έξοδό του, με ένα προσαρμοσμένο φορτίο. Εν συνεχεία, συνδέουμε την έξοδο της γεννήτριας (tracking generator) στην είσοδο της γέφυρας και την είσοδο του αναλυτή φάσματος στην έξοδο της γέφυρας σε σύζευξη.



Σχήμα 16. Διάταξη μέτρησης συντελεστή διέγερσης - απόκρισης

Αφού πραγματοποιήσουμε το παραπάνω κύκλωμα, ενεργοποιούμε τη γεννήτρια (tracking generator) και ρυθμίζουμε το πλάτος της. Έπειτα αντικαθιστούμε την υπό έλεγχο διάταξη (το φίλτρο δηλαδή) με ένα βραχυκύκλωμα. Το βραχυκύκλωμα όπως είναι γνωστό ανακλά όλη την ισχύ και έχει συντελεστή ανάκλασης 1 (δηλαδή 0 dB απώλειες ανάκλασης).

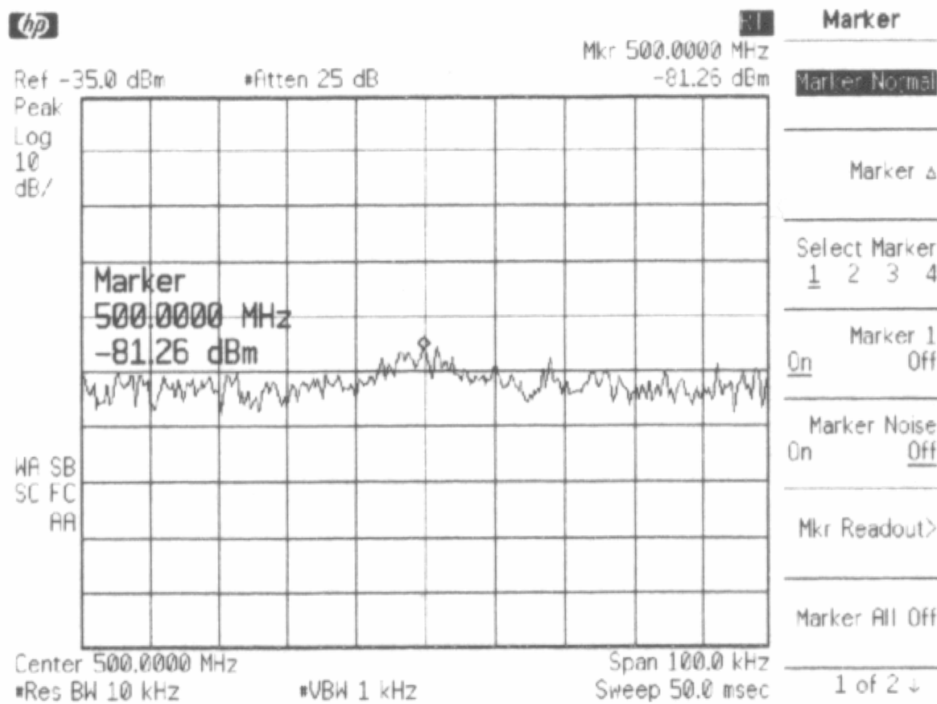


**Σχήμα 17.** Μέτρηση απωλειών εξαιτίας του ανακλώμενου σήματος (Return Loss)

Εν τέλει, επανασυνδέουμε το φίλτρο στη θέση του βραχυκυκλώματος, χωρίς να κάνουμε κάποια αλλαγή στις ρυθμίσεις του αναλυτή φάσματος και χρησιμοποιώντας τον marker μπορούμε να βρούμε τις απώλειες που οφείλονται στα στάσιμα (return loss) για κάθε συχνότητα.

### 2.3 Μετρώντας σήματα χαμηλής ισχύος

Η ικανότητα του αναλυτή φάσματος να μετράει σήματα χαμηλής στάθμης ισχύος, περιορίζεται από το θόρυβο που παράγεται εσωτερικά στο όργανο. Αυτή η ευασθησία σε ασθενή σήματα επηρεάζεται σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό από τη ρύθμιση του οργάνου κατά τη διάρκεια της μέτρησης.



**Σχήμα 18.** Το σήμα με έντονη την παρουσία του θορύβου

Το Σχήμα 18 για παράδειγμα, απεικονίζει ένα σήμα συχνότητας 50 MHz το οποίο σχεδόν καλύπτεται από τον θόρυβο που παράγεται εσωτερικά στο όργανο.

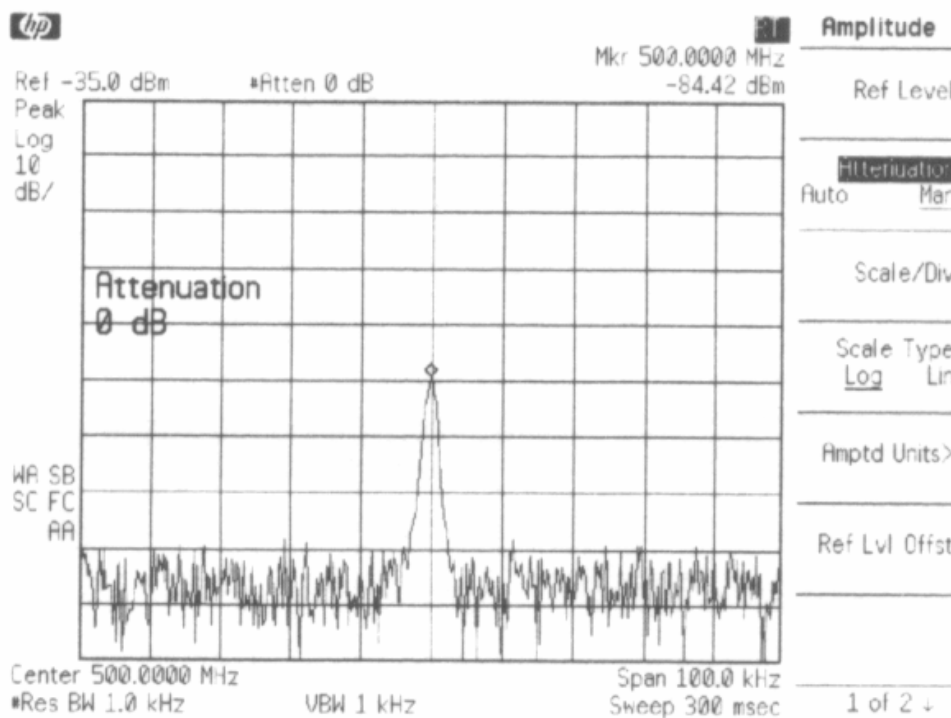
Ο εξασθενητής εισόδου (input attenuator) και η ορθή ρύθμιση του εύρους (resolution bandwidth) του ζωνοπερατού φίλτρου το οποίο βρίσκεται μετά τη βαθμίδα του μίκτη, παίζουν καταλυτικό ρόλο στο ελάχιστο πλάτος σήματος που μπορεί να μετρήσει ο αναλυτής φάσματος.

Ο εξασθενητής εισόδου (input attenuator), όταν ενεργοποιηθεί, μειώνει τη στάθμη ισχύος του σήματος που εισέρχεται στο μίκτη. Ο ενισχυτής στην έξοδο του μίκτη ενισχύει το εξασθενημένο σήμα προκειμένου να αδιατηρηθεί η κορυφή του σήματος στο ίδιο σημείο στην οθόνη του οργάνου. Εκτός του γεγονότος ότι ο ενισχυτής στην έξοδο του μίκτη ενισχύει το εξασθενημένο σήμα, ενισχύει επίσης και το θόρυβο που υπάρχει μαζί με αυτό. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ισχύς του θορύβου και έτσι το προς μέτρηση σήμα μόλις που διακρίνεται.

Το resolution bandwidth είναι υπεύθυνο για τη ρύθμιση του ζωνοπερατού φίλτρου που βρίσκεται μετά τη βαθμίδα του μίκτη, επηρεάζει τη λειτουργία του οργάνου αναφορικά με το κατά πόσο ένα ασθενές σήμα, το οποίο βρίσκεται κοντά (στη συχνότητα) με ένα άλλο ισχυρότερο μπορεί να διακριθεί έτσι ώστε να μπορούμε να δούμε και τα δυο σήματα στην οθόνη του οργάνου μας. Αυξάνοντας τη ζώνη διέλευσης (bandwidth) του ζωνοπερατού φίλτρου, έχει σαν αποτέλεσμα η βαθμίδα του ανιχνευτή που βρίσκεται

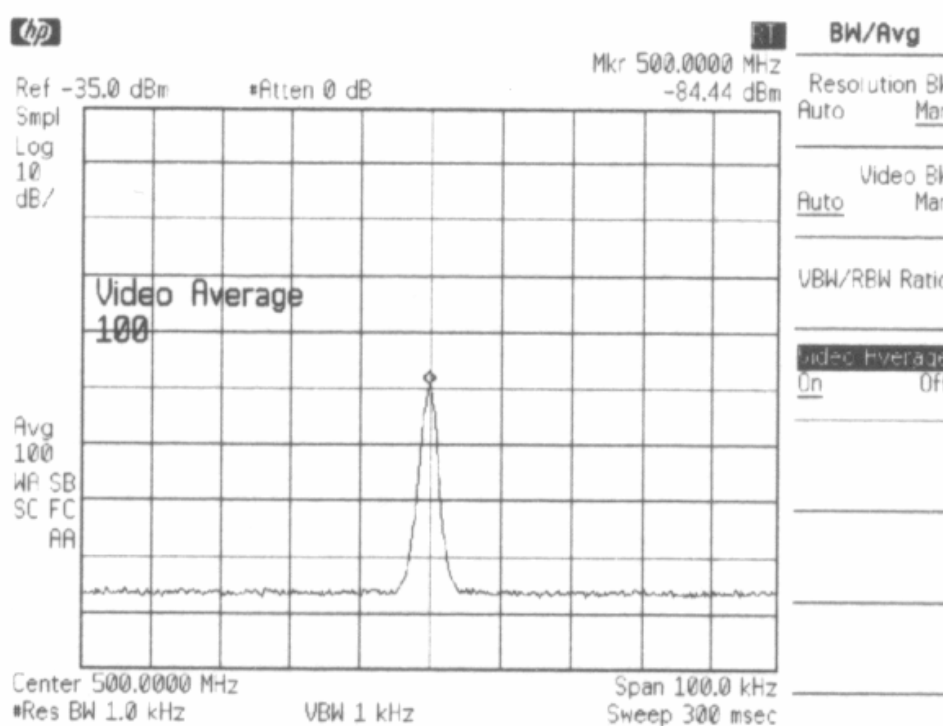


αμέσως μετά το ζωνοπερατό φίλτρο να δεχθεί μεγαλύτερη ενέργεια προερχόμενη από το θόρυβο. Αυτή η περίπτωση, όπως και η προηγούμενη έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της απεικονιζόμενης στάθμης ισχύος στην οθόνη του οργάνου που οφείλεται στο θόρυβο που παράγεται εσωτερικά στον αναλυτή φάσματος



**Σχήμα 19.** Το σήμα μετά τη μείωση της τιμής του input attenuator και του resolution bandwidth

Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη ευαισθησία, τόσο ο η επίδραση του εξασθενητή εισόδου (input attenuator) όσο και του ζωνοπερατού φίλτρου που ρυθμίζει το resolution bandwidth, πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Αν παρόλα αυτά, δηλαδή παρά το ότι μικρύνουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την εξασθένιση που εισάγει στο σήμα ο εξασθενητής εισόδου καθώς επίσης και το εύρος (bandwidth) του ζωνοπερατού φίλτρου μειώνοντας το resolution bandwidth όσο το δυνατόν περισσότερο, το σήμα μας εξακολουθεί να είναι πολύ κοντά στη στάθμη ισχύος του θορύβου τότε μπορούμε να ενεργοποιήσουμε τη λειτουργία “video averaging”.



**Σχήμα 20.** Η απεικόνιση του σήματος με το video averaging ενεργοποιημένο

Στο Σχήμα 20 φαίνεται το τελικό σήμα αφού προηγουμένως έχει ενεργοποιηθεί η λειτουργία “video averaging”.

#### 2.4 Αναγνωρίζοντας σήματα προερχόμενα από εσωτερική παραμόρφωση

Ορισμένες φορές, όταν εφαρμόζουμε σήματα με υψηλή στάθμη ισχύος στην είσοδο του οργάνου ενδέχεται να εμφανιστούν στην οθόνη του αναλυτή φάσματος κάποια σήματα που οφείλονται στην εσωτερική παραμόρφωση του οργάνου και τα οποία είναι ικανά να διαφοροποιήσουν την πραγματική παραμόρφωση η οποία παρατηρείται στο εισερχόμενο σήμα. Χρησιμοποιώντας δυο “markers” σε συνδυασμό με τον RF εξασθενητή του οργάνου, είναι δυνατόν να καθοριστεί ποια σήματα (εφόσον αυτά υπάρχουν) παράγονται εξαιτίας της εσωτερικής παραμόρφωσης του οργάνου.

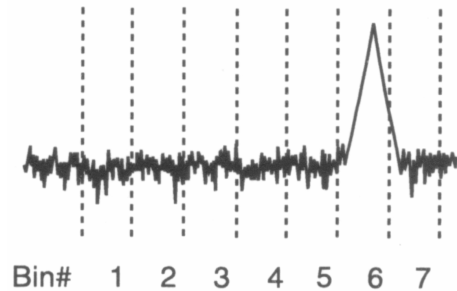
Προκειμένου να αναγνωρίσουμε τέτοια σήματα, συντονίζουμε τον αναλυτή φάσματος στην δεύτερη αρμονική του σήματος εισόδου και ρυθμίζουμε του εξασθενητή εισόδου στα 0 dBm. Κατόπιν, αποθηκεύουμε τα δεδομένα της οθόνης στο “Trace B”, επιλέγουμε το “Trace A” ως το τρέχον σήμα, και ενεργοποιούμε τον “Marker Δ”. Το όργανο τώρα δείχνει τα αποθηκευμένα από την οθόνη δεδομένα του “Trace B” (δηλαδή την κυματομορφή που έχει αποθηκευτεί ως “Trace B”) και το σήμα προς μέτρηση,

δηλαδή το “Trace A”. Ο “Marker Δ” δείχνει τις διαφορές ανάμεσα στο πλάτος μεταξύ των “Trace A” και “Trace B” καθώς επίσης και τις διαφορές στη συχνότητα των δυο σημάτων. Τέλος, αυξάνουμε την RF εξασθένηση κατά 10 dB και συγκρίνουμε την απόκριση του οργάνου στο “Trace A” με την επίδραση στο “Trace B”. Εάν οι αποκρίσεις στις δυο κυματομορφές διαφέρουν, τότε ο μίκτης του αναλυτή φάσματος παράγει εσωτερική παραμόρφωση εξαιτίας της υψηλής στάθμης ισχύος του σήματος εισόδου. Στην περίπτωση αυτή, όπως είναι κατανοητό, είναι απαραίτητο να αυξήσουμε την εξασθένηση στην είσοδο του οργάνου μέσω του εξασθενητή εισόδου (input attenuator).

Τέλος, εάν δεν υφίσταται καμία αλλαγή στο πλάτος του σήματος, τότε ότι η παραμόρφωση δεν δημιουργείται εσωτερικά στο όργανο. Στην περίπτωση αυτή η τυχόν παραμόρφωση που παρατηρείται, εισέρχεται στον αναλυτή φάσματος μαζί με το σήμα εισόδου.

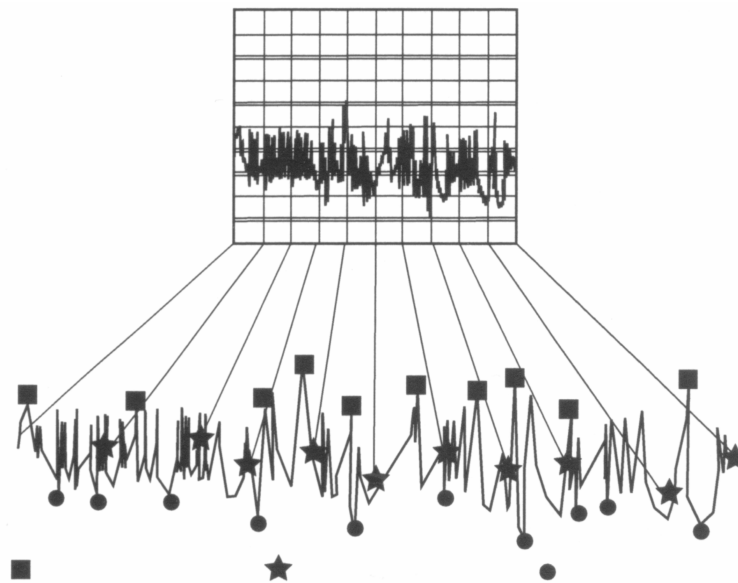
## 2.5 Επιλέγοντας την καλύτερη μέθοδο ανίχνευσης του σήματος

Οι σημερινοί αναλυτές φάσματος χρησιμοποιούν, όπως είναι φυσικό, την ψηφιακή τεχνολογία για τη δειγματοληψία και της επεξεργασία των δεδομένων. Στους εν λόγω αναλυτές, το αναλογικό σήμα της εισόδου κατακερματίζεται σε κομμάτια που ονομάζονται “bins”. Τα bins δειγματοληπτούνται ψηφιακά για περαιτέρω επεξεργασία και τελικά την απεικόνιση του σήματος, (βλ. Σχήμα 21). Το θέμα που τίθεται είναι το ποια σημεία των bin χρειαζόμαστε και χρησιμοποιούμε σε μια μέτρηση προκειμένου να αντλήσουμε την πληροφορία που θέλουμε; Οι σύγχρονοι αναλυτές φάσματος, γενικά χρησιμοποιούν δυο ή τρεις τρόπους ανίχνευσης και ανάλυσης του σήματος με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται κατά πολύ το πώς το σήμα εισόδου «μεταφράζεται» από το όργανο και στη συνέχεια απεικονίζεται.



Σχήμα 21. Τα δειγματοληπτούμενα bins

Στο Σχήμα 22 φαίνονται τα σημεία τα οποία «εξετάζει» κάθε λειτουργία. Αναλυτικότερα η λειτουργία *Ανίχνευσης Κορυφής* (Peak Detection) παριστάνεται με το σύμβολο “■”, η λειτουργία *Ανίχνευσης Δειγμάτων* (Sample Detection) με το σύμβολο “★” και η λειτουργία *Ανίχνευσης Αρνητικής Κορυφής* (Negative Peak Detection) με το σύμβολο “●”.



**Σχήμα 22.** Τα διάφορα σημεία των λειτουργιών ανίχνευσης

Η λειτουργία *Ανίχνευσης Κορυφής* του σήματος (Peak Detection), η οποία ανιχνεύει το σημείο με τη μεγαλύτερη ισχύ σε κάθε bin. Η συγκεκριμένη λειτουργία προτείνεται όταν πρόκειται για ανάλυση ημιτονοειδών σημάτων αλλά είναι πολύ ευάλωτη στο θόρυβο όταν δεν υπάρχουν ημιτονοειδή σήματα.

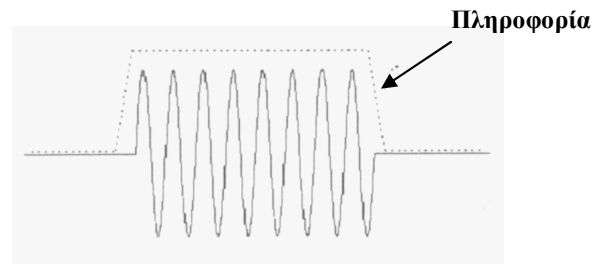
Η λειτουργία *Ανίχνευσης Δειγμάτων* (Sample Detection), η οποία ουσιαστικά εμφανίζει το τελευταίο σημείο κάθε bin ανεξαρτήτως της ισχύος του, ενδείκνυται για χρήση σε μετρήσεις όπου η παρουσία του θορύβου είναι έντονη ενώ απεικονίζει με ακρίβεια την πραγματική τυχαιότητα του θορύβου. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μέθοδος μας παρέχει ανακριβή αποτελέσματα μετρήσεων σε συνεχή σήματα με μικρό εύρος ενώ είναι βέβαιο ότι σήματα τα οποία δεν βρίσκονται στο ίδιο σημείο του κάθε bin θα χάνονται.

Η λειτουργία *Ανίχνευσης Αρνητικής Κορυφής* (Negative Peak Detection), βοηθά στην απεικόνιση της χαμηλότερης στάθμης ισχύος σε κάθε κομμάτι του σήματος που υπάρχει σε κάθε bin. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη όταν πρόκειται για αποδιαμόρφωση σημάτων FM ή AM και βοηθά στο διαχωρισμό μεταξύ τυχαίου και κρουστικού θορύβου. Η παραπάνω λειτουργία ενός αναλυτή φάσματος δεν δίνει στο όργανο μεγαλύτερη ευαισθησία, παρά το γεγονός ότι το κατώτερο επίπεδο του θορύβου μειώνεται φαινομενικά.

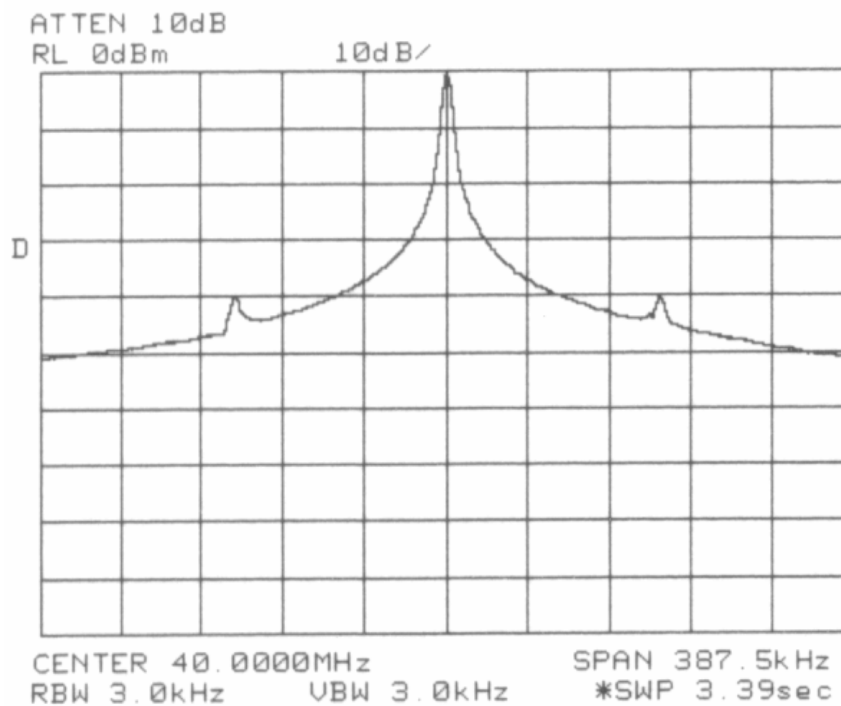
Εν τέλει, οι αναλυτές φάσματος υψηλότερων απαιτήσεων και προδιαγραφών, έχουν ακόμα μια λειτουργία η οποία αποκαλείται *rosenfell*. Πρόκειται για μια λειτουργία η οποία κατηγοριοποιεί τα δείγματα που λαμβάνονται από τον αναλυτή φάσματος, δυναμικά, είτε πρόκειται για θόρυβο ή σήμα, παρέχοντας στο χρήστη καλύτερη απεικόνιση του τυχαίου θορύβου σε σχέση με αυτό που συμβαίνει με τη λειτουργία *Ανίχνευσης Κορυφής*, ενώ αποφεύγεται το πρόβλημα της «απώλειας του σήματος» που συμβαίνει στη λειτουργία *Ανίχνευσης Δειγμάτων*.

**2.6 Μετρώντας Σήματα Ριπής (Burst Signals) μέσω της Φασματικής Ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου**

Αν θελήσει κανείς να ασχοληθεί και να αναλύσει σήματα ριπής (burst) με έναν αναλυτή φάσματος, θα διαπιστώσει πως είναι μια περίπλοκη αλλά καθ' όλα ενδιαφέρουσα διαδικασία. Και αυτό διότι εκτός του ότι πρέπει να απεικονισθεί η πληροφορία που μεταφέρεται από τον παλμό (pulse envelope), ο αναλυτής φάσματος απεικονίζει και το περιεχόμενο του παλμού (βλ. Σχήμα 23). Οι απότομες αυξομειώσεις του που παρατηρούνται στο περιεχόμενο του παλμού ενδέχεται να προκαλέσουν ανεπιθύμητα σήματα, τα οποία προστίθενται στο συχνοτικό περιεχόμενο του αρχικού σήματος. Αυτές οι ανεπιθύμητες συχνότητες μπορεί τελικά να παραμορφώσουν εντελώς το υπό μελέτη σήμα. Στο Σχήμα 24, για παράδειγμα, απεικονίζεται το συχνοτικό περιεχόμενο ενός παλμού ο οποίος μεταφέρει ένα απλό σήμα διαμορφωμένο κατά πλάτος. Στην περίπτωση αυτή, οι πλευρικές του AM σήματος, επικαλύπτονται, σχεδόν εξολοκλήρου, από τον «φασματικό θόρυβο» του παλμού.

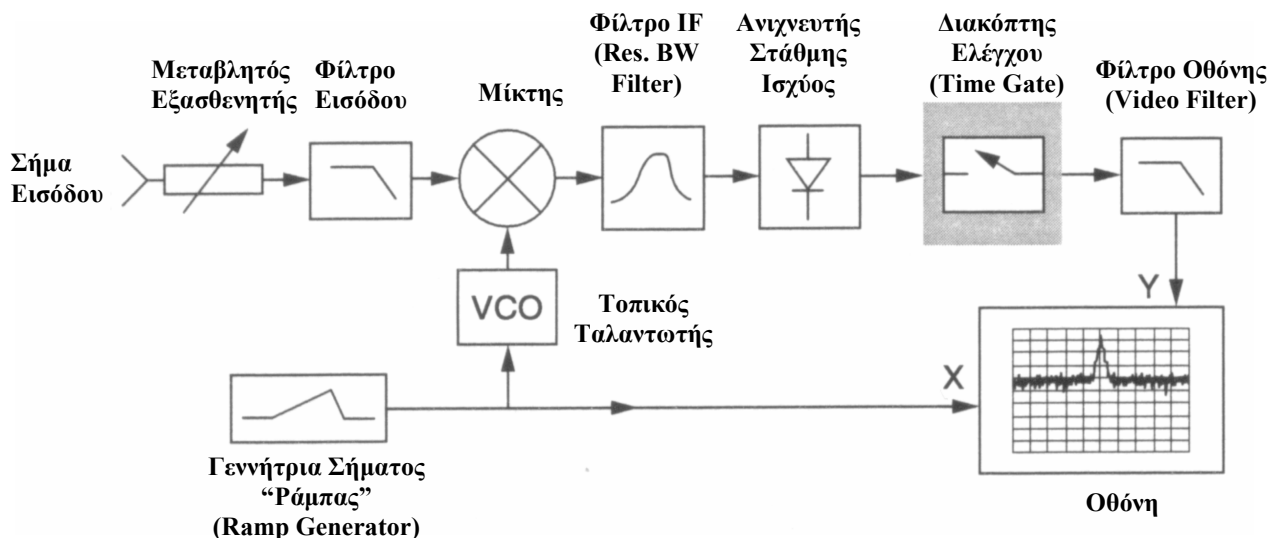


**Σχήμα 23.** Απεικόνιση του παλμού



**Σχήμα 24.** Το σήμα χωρίς την time gated ανάλυση

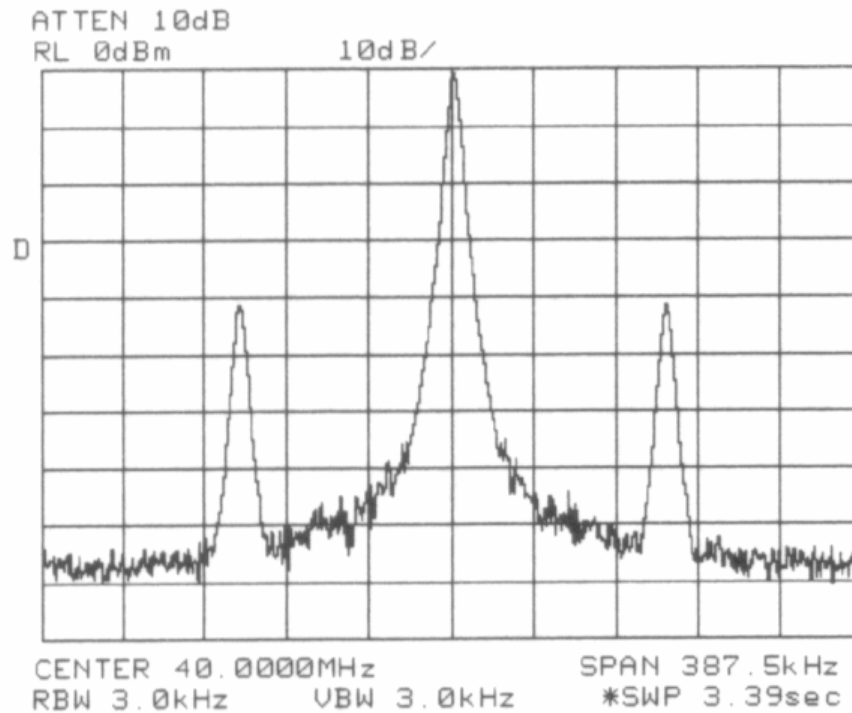
Η ελεγχόμενη από το χρόνο (time gated) ανάλυση του φάσματος, επιτρέπει την ανάλυση των «περιεχομένων» του παλμού, χωρίς να παρατηρείται το φαινόμενο που περιγράφηκε παραπάνω. Η time gated ανάλυση επιτυγχάνεται συμπεριλαμβάνοντας μια βαθμίδα στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του αναλυτή φάσματος η οποία ουσιαστικά είναι ένας διακόπτης ο οποίος ελέγχει το κατακόρυφο κομμάτι της οθόνης και βρίσκεται αμέσως πριν το χαμηλοπερατό φίλτρο, όπως φαίνεται στο σχήμα 25.



Σχήμα 25. Το μπλοκ διάγραμμα ενός αναλυτή φάσματος με τη βαθμίδα για time gated ανάλυση

Στην περίπτωση αυτή, ο αναλυτής «αντιλαμβάνεται» τότε αρχίζει η ριπή (burst) του σήματος, και εισάγει μια καθυστέρηση έτσι ώστε το παραπάνω φίλτρο να μπορέσει να ανταπεξέλθει στην απότομη αύξηση του παλμού, ενώ η ανάλυση σταματάει πριν το τέλος της ριπής (burst). Με αυτόν τον τρόπο, αναλύεται μονάχα η πληροφορία που μεταφέρει ο παλμός και όχι το περιεχόμενο του παλμού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 26.

Όπως είναι φανερό στο Σχήμα 26 έχουμε ένα παλμό με φέρον στα 40 MHz το οποίο διαμορφώνεται από ένα ημιτονοειδές σήμα των 100 kHz. Αυτό προκύπτει πολύ εύκολα ρίχνοντας μια πιο προσεκτική ματιά στην οθόνη του αναλυτή φάσματος όπου φαίνεται η κεντρική συχνότητα με το μέγιστο πλάτος που αποτελεί το φέρον, ενώ τα δύο peaks αριστερά και δεξιά του φέροντος είναι το ημιτονοειδές σήμα που διαμορφώνει το φέρον.



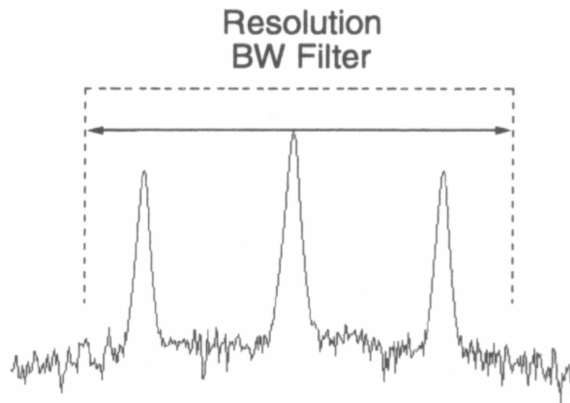
Σχήμα 26. Το σήμα με την time gated ανάλυση

Η συχνότητα του προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε την απόσταση του παραπάνω σήματος από το φέρον (στην περίπτωσή μας 2,6 υποδιαιρέσεις της οθόνης, ή «τετραγωνάκια») με το span, δηλαδή  $2,6 \times 387,5$  kHz.

## 2.7 Μετρήσεις σημάτων διαμορφωμένων κατά πλάτος χρησιμοποιώντας μηδενικό span (zero span) και FFT (Fast Fourier Transformation)

Εκτός της δυνατότητας των αναλυτών φάσματος να σαρώνουν έναν αριθμό συχνοτήτων και να συντονίζονται κάθε στιγμή σε κάποια από αυτές (sweep tuning), τα συγκεκριμένα όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως παλμογράφοι, απεικονίζοντας το σήμα προς εξέταση στο πεδίο του χρόνου. Αυτό επιτυγχάνεται εάν θέσουμε την τιμή του span της οθόνης ίση με το 0 (zero span). Μια από τις χρησιμότερες εφαρμογές του zero span είναι η ταχεία λήψη μετρήσεων διαμόρφωσης πλάτους.

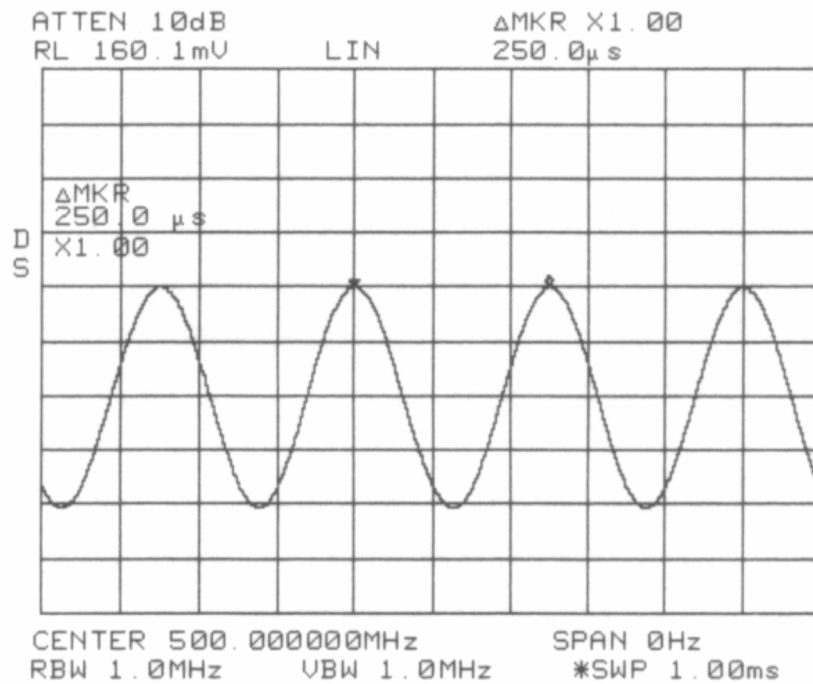
Προκειμένου να πραγματοποιήσουμε μια τέτοια μέτρηση, η κεντρική συχνότητα του αναλυτή φάσματος ρυθμίζεται να συμπίπτει με τη συχνότητα του φέροντος του κατά πλάτος διαμορφωμένου σήματος ενώ το εύρος του φίλτρου του οργάνου (resolution bandwidth filter) παίρνει τέτοια τιμή ώστε να μην αποκόπτονται οι πλευρικές, όπως φαίνεται στο Σχήμα 27.



**Σχήμα 27.** Θέτοντας την κατάλληλη τιμή του Resolution BW

Κατόπιν το span του οργάνου τίθεται 0 (zero span). Αυτό, ουσιαστικά κάνει τον αναλυτή να σταματήσει να σαρώνει (sweep) συχνότητες και να συντονίζεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, απεικονίζοντας το πλάτος του σήματος συναρτήσει του χρόνου.

Με τον αναλυτή φάσματος σε αυτή τη λειτουργία, παρατηρούμε στην οθόνη του την ημιτονική μεταβολή στο πλάτος του φέροντος εξαιτίας της AM διαμόρφωσης. Στο Σχήμα 28 φαίνεται ότι το φέρον μας, διαμορφώθηκε από ένα σήμα συχνότητας 4 kHz.

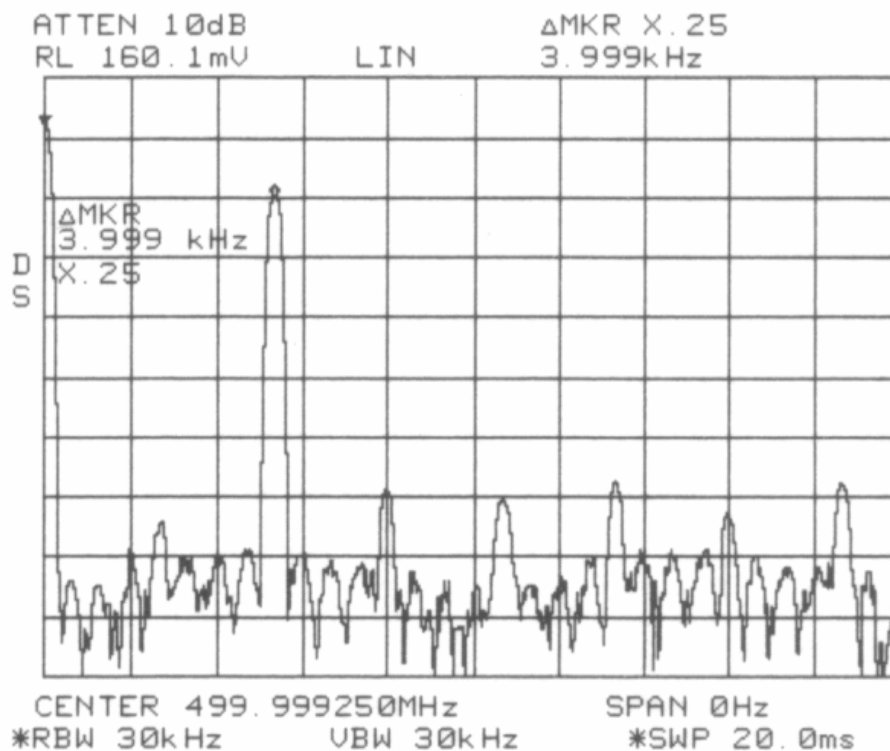


**Σχήμα 28.** Ο αναλυτής φάσματος σε λειτουργία zero span



Η μέγιστη συχνότητα διαμόρφωσης που μπορεί να ανιχνευθεί με τη χρήση του zero span και καθορίζεται από το μέγιστο εύρος (resolution bandwidth) του αναλυτή φάσματος και τον ελάχιστο χρόνο σάρωσής του (sweep time).

Ενώ η λειτουργία σε zero span μας δίνει τη συχνότητα του σήματος διαμόρφωσης, δεν μας παρέχει καμία πληροφορία αναφορικά με την ποιότητα του σήματος. Οι περισσότεροι αναλυτές φάσματος έχουν τη λειτουργία εφαρμογής FFT (Fast Fourier Transformation) στο σήμα. Αν εφαρμόσουμε FFT στο σήμα που απεικονίζεται στο Σχήμα 28, τότε στην οθόνη του οργάνου θα πάρουμε το συχνοτικό περιεχόμενο του σήματος διαμόρφωσης. Στην Σχήμα 29 παρατηρούμε ότι το φέρον μας διαμορφώθηκε από ένα «υψηλής ποιότητας» ημιτονοειδές σήμα 4 kHz.



**Σχήμα 29.** Το σήμα μετά την εφαρμογή FFT

## 2.8 Θέτοντας όρια προδιαγραφών στις μετρήσεις

Σε αρκετές περιπτώσεις, είναι απαραίτητο να εξακριβωθεί γρήγορα και με ακρίβεια εάν ένα σήμα βρίσκεται μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, εάν έχει την επιθυμητή ή την επιτρεπόμενη στάθμη ισχύος και γενικότερα εάν πληρεί κάποιες προδιαγραφές που επιθυμούμε να θέσουμε.



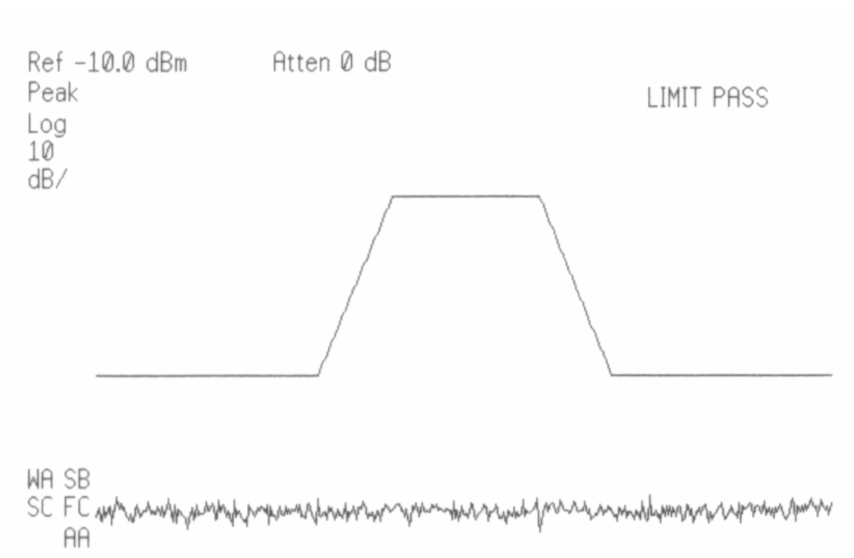
**Σχήμα 30.** Ορίζοντας άνω και κάτω οριογραμμές

Για παράδειγμα ο υπεύθυνος ενός ραδιοφωνικού σταθμού θέλει να σιγουρευτεί ότι η κεντρική συχνότητα του φέροντος είναι μέσα στα νόμιμα όρια αναφορικά με τη συχνότητα και την ισχύ του εκπεμπόμενου σήματος ενώ υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει έναν μεταβλητό πυκνωτή ή μια αντίσταση προκειμένου τα χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου σήματος να βρεθούν μέσα στα επιθυμητά όρια. Έτσι, κατά τη διάρκεια της ρύθμισης του πομπού, ο τεχνικός χρειάζεται να έχει συνεχή εικόνα του εκπεμπόμενου σήματος ενώ παράλληλα θα πρέπει συνεχώς να φαίνονται στην οθόνη του αναλυτή φάσματος τα όρια τα οποία δεν πρέπει να ξεπεραστούν, προκειμένου να επιτευχθεί μια όσο το δυνατόν ακριβής ρύθμιση εκμεταλλευόμενος όποια περιθώρια μπορεί για ισχυρότερο σήμα, επί παραδείγματι.

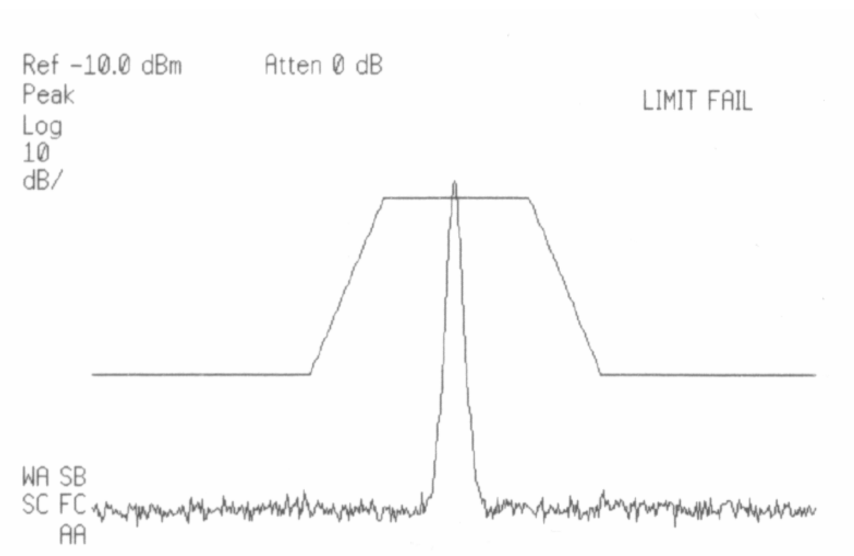
Οι σύγχρονοι αναλυτές φάσματος παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει εκείνος τα όρια τα οποία δεν πρέπει να ξεπεραστούν, στην οθόνη του οργάνου του, παρέχοντάς του έτσι τη δυνατότητα να κάνει ρυθμίσεις στη συσκευή εκπομπής και να διακρίβώνει την αξιοπιστία της μέσα στα όρια που καθορίζονται από το νόμο, άμεσα, αξιόπιστα και με ακρίβεια.

Όλα τα παραπάνω επιτυγχάνονται με τη χρήση της λειτουργίας των *οριογραμμών* (limit lines). Με τη συγκεκριμένη λειτουργία ενεργοποιημένη, ο αναλυτής φάσματος συγκρίνει τα δεδομένα που έχει για το σήμα εισόδου, με τα όρια που του εισάγει ο χρήστης και τα οποία όρια δεν πρέπει να υπερβαίνονται από το σήμα στην είσοδο του αναλυτή φάσματος. Όταν το σήμα προς μελέτη, βρεθεί μέσα στα προκαθορισμένα από το χρήστη όρια, εμφανίζεται η ένδειξη “LIMIT PASS” στην οθόνη ενώ εάν το εν λόγω σήμα περάσει την ή τις limit lines που έχουμε θέσει, εμφανίζεται η ένδειξη “LIMIT FAIL”.

Στα Σχήματα 31 και 32 φαίνονται τα όσα περιγράφησαν παραπάνω κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης μιας μέτρησης για τη διακρίβωση του εάν υπερβαίνεται ένα υποτιθέμενο άνω όριο στην ισχύ του σήματος.



**Σχήμα 31.** Το σήμα βρίσκεται εντός των προκαθορισμένων ορίων



**Σχήμα 32.** Το σήμα βρίσκεται εκτός των προκαθορισμένων ορίων

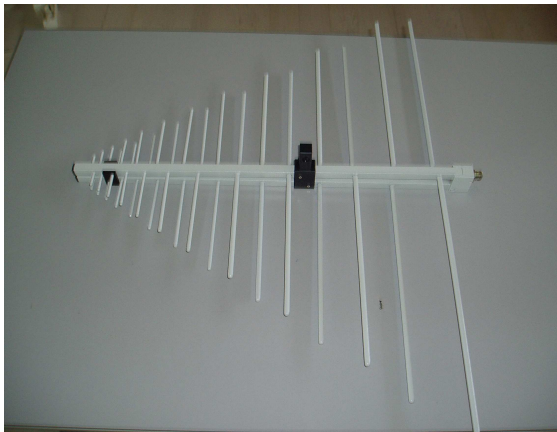
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

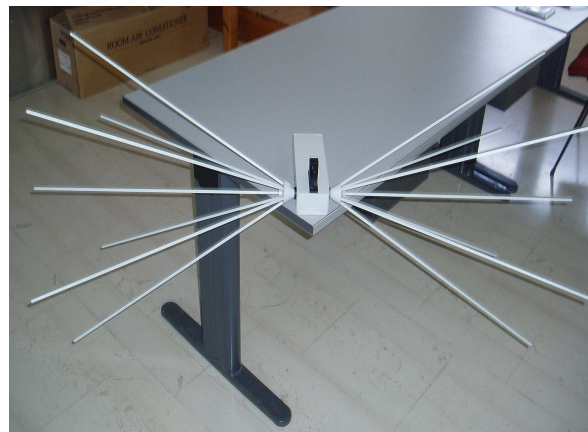
#### Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί την πρακτική εφαρμογή των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω τόσο στο κεφάλαιο της γενικής παρουσίασης του αναλυτή φάσματος και των λειτουργιών του, όσο και αυτών που αναφέρονται στο κεφάλαιο με τις τεχνικές λήψης μετρήσεων.

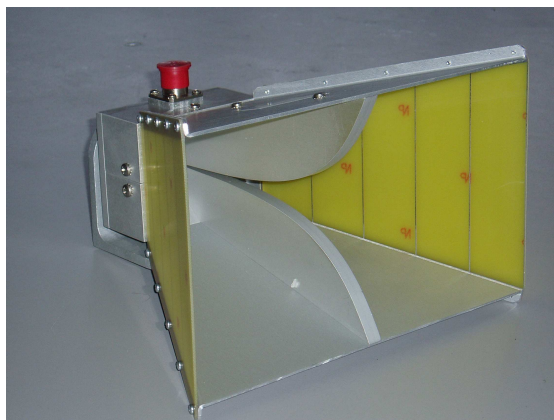
Για την εκτέλεση των μετρήσεων που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκαν δυο από τις τρεις κεραίες που φαίνονται παρακάτω, ανάλογα με το ποια ικανοποιούσε τις απαιτήσεις μας αναφορικά με τη συχνότητα του προς μέτρηση σήματος. Οι τρεις αυτές κεραίες φαίνονται στα Σχήματα 33, 34, και 35.



**Σχήμα 33.** Η λογαριθμοπεριοδική κεραία  
(log-periodic antenna)



**Σχήμα 34.** Η δικωνική κεραία (biconical antenna)

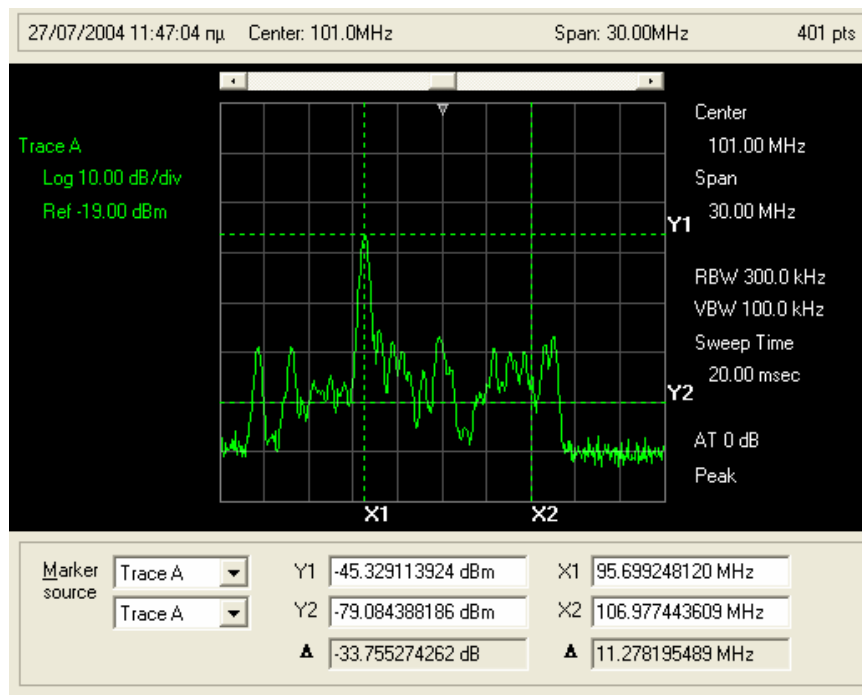


**Σχήμα 35.** Η χροανοκεραία (double ridged guide antenna)

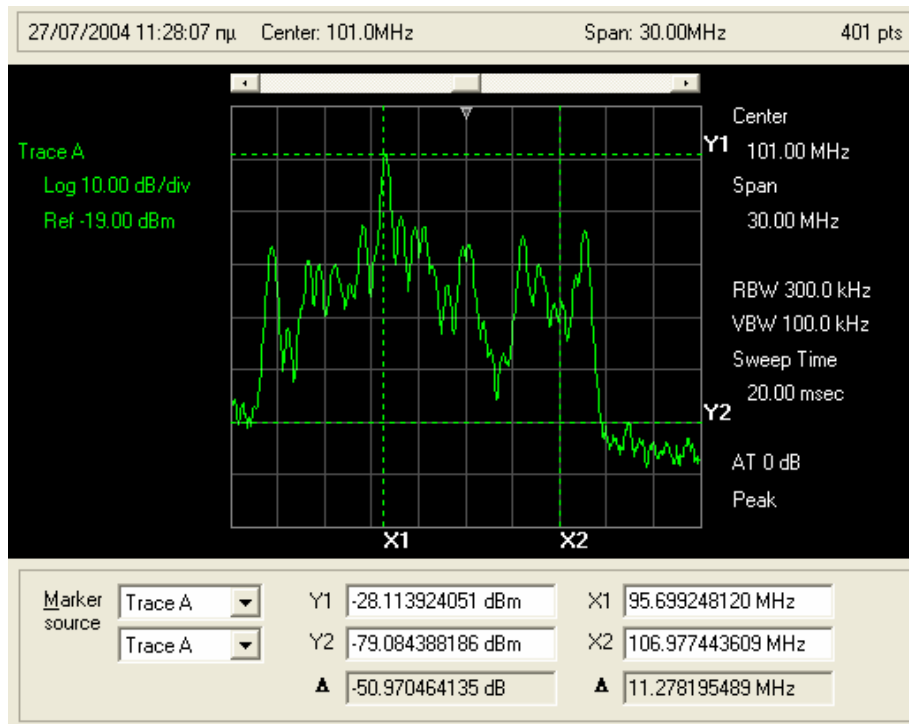
Η περιοχή συχνοτήτων της λογαριθμοπεριοδικής κεραίας είναι 0,2 GHz – 2,7 GHz, της δικωνικής 30 MHz – 200 MHz, και της χοανοκεραίας είναι 1 GHz – 18 GHz, ενώ τα χαρακτηριστικά καθώς και τα φύλλα διακρίβωσης και ελέγχου υπάρχουν στο παράρτημα. Προκειμένου να πάρουμε μια όσο το δυνατόν ακριβή και «αντικειμενική» μέτρηση ενός οποιουδήποτε μεγέθους, πρέπει πρώτα να έχουμε έστω και μια μικρή εικόνα σχετικά με το τι περίπου περιμένουμε να δούμε στην οθόνη του οργάνου ή να έχουμε έστω μια ιδέα για ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του μεγέθους που επιθυμούμε να μετρήσουμε, έτσι ώστε να χρησιμοποιήσουμε τα κατάλληλα όργανα. Όλα τα παραπάνω γίνονται περισσότερο κατανοητά μέσω του παραδείγματος που ακολουθεί.

### 3.1 Μετρήσεις στην περιοχή συχνοτήτων 88,0 MHz – 108,0 MHz.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα προσπαθούμε να καταγράψουμε την περιοχή συχνοτήτων από 88,0 MHz έως 108,0 MHz. Αρχικά χρησιμοποιήσαμε τη λογαριθμοπεριοδική κεραία (log-periodic antenna), τα χαρακτηριστικά της οποίας φαίνονται στο παράρτημα. Η περιοχή συχνοτήτων στην οποία, κατά τον κατασκευαστή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω κεραία είναι 0,2 GHz – 2,7 GHz. Κατόπιν, και χωρίς να μεταβάλλουμε καμία παράμετρο του αναλυτή φάσματος τοποθετήσαμε τη δικωνική κεραία η περιοχή συχνοτήτων στην οποία, κατά τον κατασκευαστή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 30 MHz – 200 MHz. Στα Σχήματα 36 και 37 φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε με τη λογαριθμοπεριοδική και τη δικωνική κεραία αντίστοιχα.



**Σχήμα 36.** Η περιοχή συχνοτήτων 88,0 MHz – 108,0 MHz με τη λογαριθμοπεριοδική κεραία συνδεδεμένη



**Σχήμα 37.** Η περιοχή συχνοτήτων 88,0 MHz – 108,0 MHz με τη δικωνική κεραία συνδεδεμένη

Αν παρατηρήσουμε την τιμή του marker Y1, ο οποίος βρίσκεται και στις δυο περιπτώσεις στο ισχυρότερο απεικονιζόμενο σήμα, θα δούμε ότι στην πρώτη περίπτωση έχει την τιμή -45,3 dBm ενώ στη δεύτερη, και για την ίδια συχνότητα, έχει την τιμή -28,1 dBm. Παρατηρούμε δηλαδή μια διαφορά της τάξης των 17 περίπου dB στην απεικόνιση της ισχύος ενός σήματος η οποία οφείλεται αποκλειστικά στην επιλογή της κεραίας που χρησιμοποιήθηκε.

Σημειώνεται ότι για την επίτευξη όσο το δυνατόν «καθαρότερης» απεικόνισης - αναφορικά με το θόρυβο - του σήματος που μας ενδιαφέρει, απενεργοποιήσαμε τον αυτόματο έλεγχο του εξασθενητή εισόδου του οργάνου (η οποία έπαιρνε την τιμή 10 dB) και την θέσαμε στα 0 dB (φαίνεται στην ένδειξη που υπάρχει στην κάτω δεξιά γωνία “AT 0 dB”), σύμφωνα με αυτά που είχαμε αναφέρει στις τεχνικές λήψης μετρήσεων. Από όλα τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η διαδικασία μέτρησης ενός σήματος του οποίου τα βασικά χαρακτηριστικά μας είναι άγνωστα (στην προκειμένη περίπτωση ήταν γνωστά), είναι μια δύσκολη, απαιτητική και χρονοβόρα διαδικασία, αφού απαιτεί προσεκτικά και μεθοδικά βήματα προσέγγισης, έως ότου αποφανθούμε με σιγουριά για οτιδήποτε αφορά στο σήμα αυτό.

### 3.2 Μετρήσεις στα UHF IV και UHF V

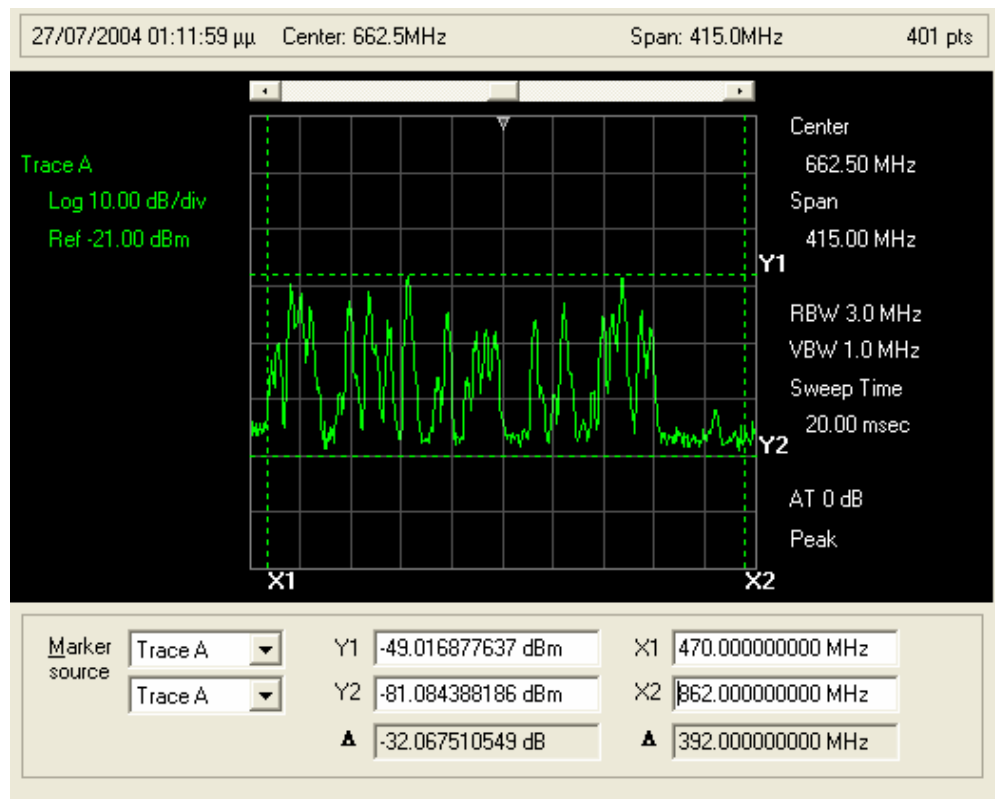
Τα UHF IV και UHF V περιλαμβάνουν τα τηλεοπτικά κανάλια 21 – 37 και 38 - 69 αντίστοιχα, ή διαφορετικά τις συχνότητες 470 MHz – 606 MHz για τα UHF IV και τις συχνότητες 606 MHz – 862 MHz για τα UHF V, κατά τα Standard B και Standard G που ισχύουν για την Ευρώπη. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την περιοχή συχνοτήτων της αναλογικής τηλεόρασης υπάρχουν στο τμήμα Δ του παραρτήματος.

Για την πραγματοποίηση των παρακάτω μετρήσεων χρησιμοποιήσαμε την λογαριθμοπεριοδική κεραία (υπενθυμίζεται ότι η περιοχή συχνοτήτων στην οποία, κατά τον κατασκευαστή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω κεραία είναι 0,2 GHz – 2,7 GHz), αφού είναι εύκολα αντιληπτό ότι ανταποκρίνεται καλύτερα στη συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων με την οποία επιθυμούμε να ασχοληθούμε.



**Σχήμα 38.** Πραγματοποίηση μετρήσεων στα UHF IV και UHF V

Στο σχήμα 39 φαίνεται στο σύνολό του το φάσμα των UHF IV, V, ενώ στη συνέχεια θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε κάποιον συγκεκριμένο τηλεοπτικό σταθμό, προκειμένου να μελετήσουμε κάποια από τα χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου σήματος.



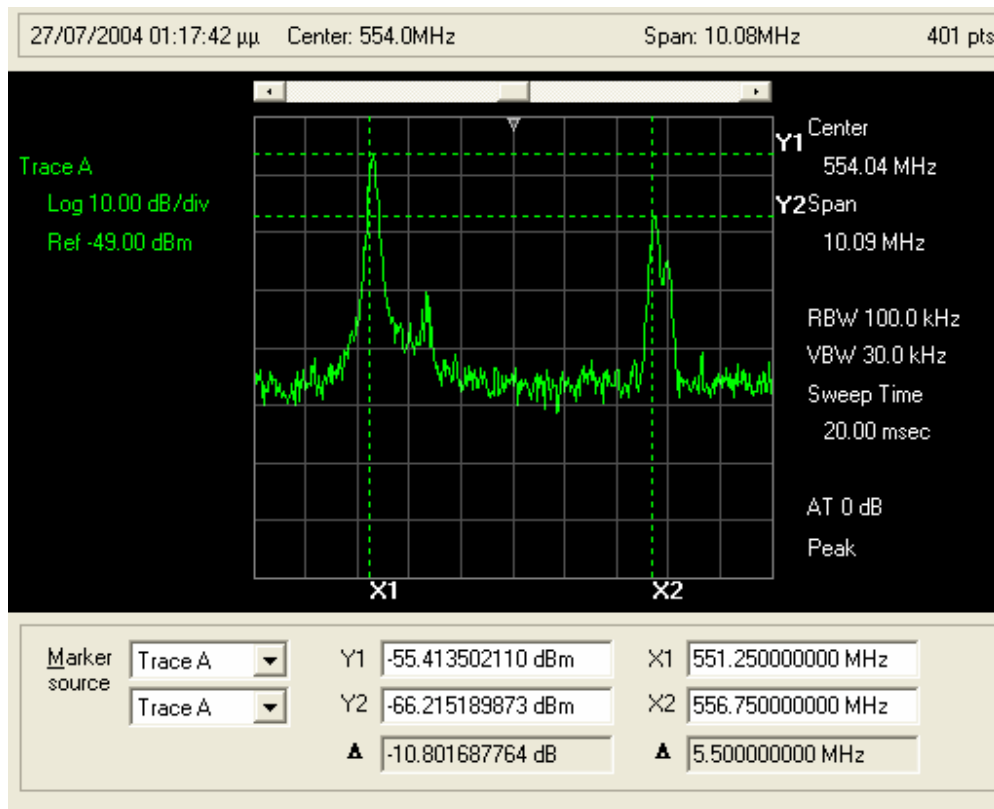
Σχήμα 39. Το φάσμα των UHF IV και UHF V

Στο παραπάνω σχήμα οι markers X1, X2 είναι τοποθετημένοι στα όρια του φάσματος UHF IV, V, δηλαδή στις συχνότητες 470 MHz και 862 MHz. Και εδώ όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, απενεργοποιήσαμε τον αυτόματο καθορισμό της τιμής του εξασθενητή εισόδου και τον θέσαμε στα 0 dBm αντί για 10 που τον έθετε ο αναλυτής φάσματος.

Αν τώρα προσπαθήσουμε να εστιάσουμε την προσοχή μας σε ένα συγκεκριμένο κανάλι, στο οποίο εκπέμπει κάποιος τηλεοπτικός σταθμός υπάρχουν αρκετές λειτουργίες του αναλυτή φάσματος που μας επιτρέπουν να έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα της μορφής του τηλεοπτικού σήματος. Πιο συγκεκριμένα, στο κανάλι 31 εκπέμπει για τα Χανιά ο τηλεοπτικός σταθμός ANT1. Από τον πίνακα με τα ευρωπαϊκά standards για τα κανάλια, ο οποίος βρίσκεται στο τμήμα Δ του παραρτήματος, βλέπουμε ότι η συχνότητα του φέροντος της εικόνας για το κανάλι 31 πρέπει να είναι στα 551,25 MHz, ενώ η συχνότητα του φέροντος του ήχου πρέπει να είναι στα 556,75 MHz, πρέπει να έχει διαφορά δηλαδή 5,5 MHz, όπως

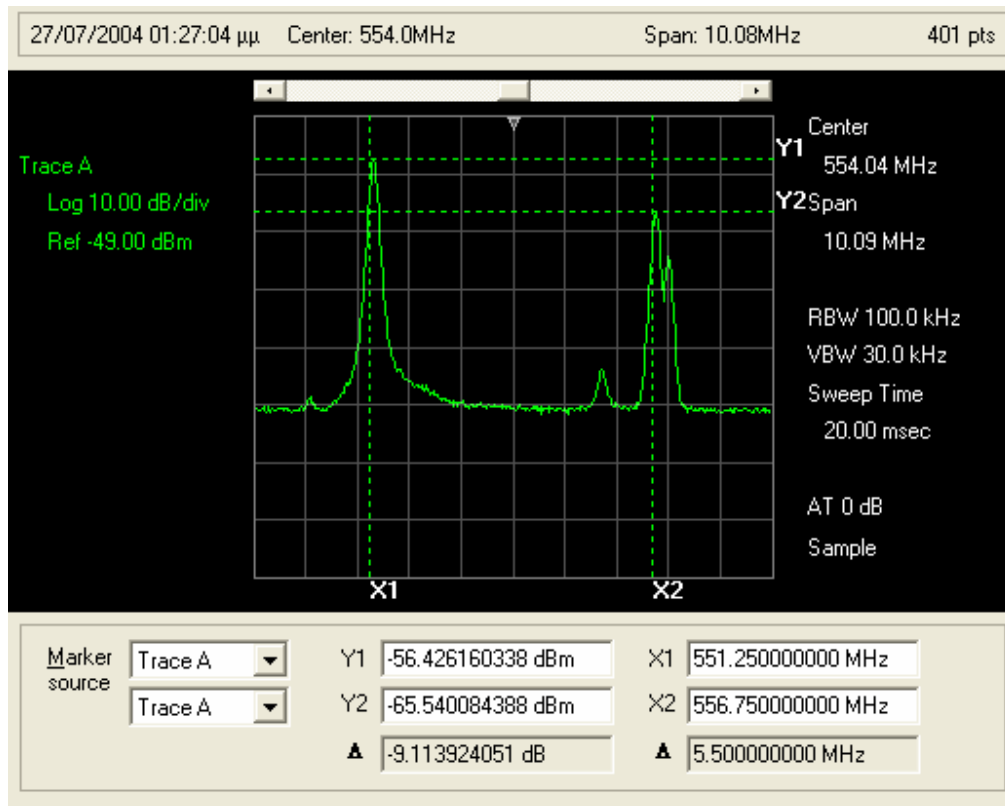


άλλωστε ήδη γνωρίζουμε από τα διδαχθέντα και αναφέρεται στο τμήμα Δ του παραρτήματος. Στο σχήμα 40 φαίνονται όλα τα παραπάνω τα οποία θίξαμε:



**Σχήμα 40.** Το κανάλι 31, στο οποίο εκπέμπει ο ANT1 για τα Χανιά

Όπως είδαμε στο κεφάλαιο εκείνο το οποίο αναφέρεται σε τεχνικές λήψης μετρήσεων, είναι δυνατόν να έχουμε μια καλύτερη εικόνα του σήματος αν χρησιμοποιήσουμε τη λειτουργία “video averaging” του αναλυτή φάσματος. Στο Σχήμα 41 φαίνεται επίσης το κανάλι 31, ενώ η μόνη αλλαγή που έγινε στις ρυθμίσεις του οργάνου είναι η ενεργοποίηση της προαναφερθείσας λειτουργίας.



Σχήμα 41. Το κανάλι 31 μετά την εφαρμογή του video averaging

### 3.3 Μετρήσεις στην περιοχή συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας.

Οι συχνοότητες που χρησιμοποιούνται σήμερα από τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας είναι αυτές που φαίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

	Περιοχή Συχνοτήτων (MHz)	
	UpLink	DownLink
GSM 900	890 – 915	935 – 960
Εκτεταμένο GSM 900	880 – 915	925 – 960
GSM 1800	1710 – 1785	1805 – 1990

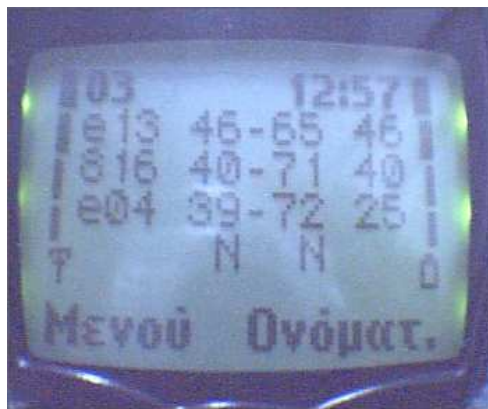
Πίνακας 1. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στην κινητή τηλεφωνία 2<sup>ης</sup> γενιάς

Προκειμένου να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων, χρησιμοποιήσαμε τη λογαριθμοπεριοδική κεραία, και εκτός από τον υπόλοιπο απαιτούμενο εξοπλισμό, χρησιμοποιήσαμε ένα κινητό τηλέφωνο NOKIA 8210 με ενεργοποιημένο το Net Monitor, όπως φαίνεται στο Σχήμα 42. Το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιήθηκε για την επαλήθευση των όσων μετράμε με τον αναλυτή φάσματος, αφού με το Net Monitor ενεργοποιημένο, είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε ποια κανάλια κάθε εταιρίας υπάρχουν στην περιοχή μας και τι στάθμη ισχύος έχουν στο σημείο που βρισκόμαστε και κάνουμε τις μετρήσεις.



**Σχήμα 42.** Το Net monitor

Τοποθετώντας μια κάρτα SIM της Cosmote στο κινητό μας τηλέφωνο, μπαίνουμε στο μενού του Net Monitor και επιλέγουμε τη σελίδα 3, όπου φαίνονται τα 3 κανάλια με τη μεγαλύτερη ισχύ λήψης. Στο Σχήμα 43 φαίνονται όλα τα παραπάνω που περιγράψαμε, καθώς επίσης φαίνονται και άλλες πληροφορίες, τις οποίες δεν θα τις αναλύσουμε διότι δεν αφορούν στο παρόν κεφάλαιο.

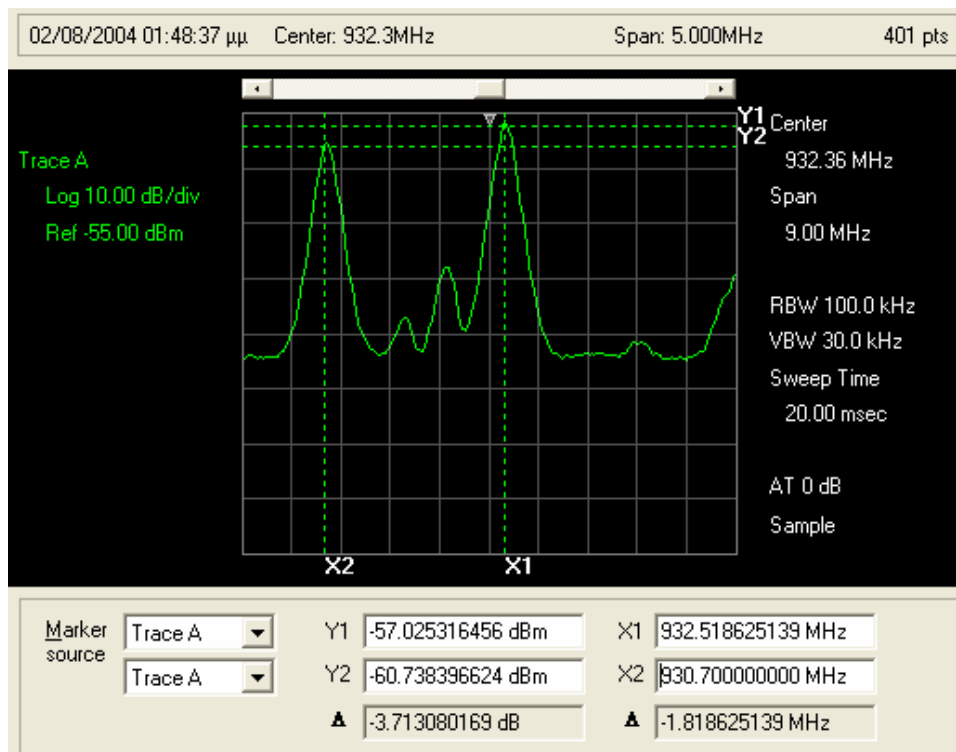


**Σχήμα 43.** Τα τρία ισχυρότερα κανάλια της Cosmote στο σημείο που βρισκόμασταν

Στην πρώτη στήλη (e13, 816, e04) φαίνονται τα κανάλια που υπάρχουν στο σημείο που πήραμε τις μετρήσεις (εργαστήριο Μικροκυματικών Τηλεπικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών, του ΤΕΙ Κρήτης). Σε όποιο κανάλι υπάρχει το “e” σημαίνει ότι το συγκεκριμένο κανάλι βρίσκεται στην περιοχή συχνοτήτων του εκτεταμένου GSM 900 (π.χ. e13, σημαίνει ότι είναι το κανάλι 1013 ή το 13<sup>ο</sup> κανάλι της περιοχής συχνοτήτων EGSM 900). Στην τρίτη στήλη (-65, -71, -72), απεικονίζεται η λαμβανόμενη από το κινητό στάθμη ισχύος για κάθε κανάλι, εκφρασμένη σε dBm. Έτσι είναι εύκολα αντιληπτό ότι η

λαμβανόμενη στάθμη ισχύος του καναλιού e13 είναι  $-65$  dBm, και κατά συνέπεια σε αυτό είναι συντονισμένο το κινητό μας τηλέφωνο. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί, ότι το κάθε κανάλι περιλαμβάνει τη συχνότητα UpLink, που είναι η ζεύξη από το κινητό προς το σταθμό βάσης και τη συχνότητα DownLink που είναι η ζεύξη από το σταθμό βάσης προς το κινητό. Εμείς θα συντονίσουμε τον αναλυτή φάσματος στην DownLink συχνότητα κάθε καναλιού με το οποίο θα ασχοληθούμε, διότι αφενός για αυτήν έχουμε τη δυνατότητα επαλήθευσης μέσω του κινητού μας τηλεφώνου και του Net Monitor, και αφετέρου, διότι στην UpLink συχνότητα δεν έχουμε συνεχή εκπομπή σήματος από το κινητό μας τηλέφωνο στο σταθμό βάσης αλλά ανά αραιά χρονικά διαστήματα, όταν το κινητό μας τηλέφωνο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής.

Τα κανάλια του εκτεταμένου GSM 900 τα οποία χρησιμοποιεί η Cosmote είναι τα 1000 – 1023 που για την DL (DownLink) ζεύξη αντιστοιχούν στις συχνότητες 930,2 MHz - 934,8 MHz. Στο σχήμα 3 φαίνεται η περιοχή συχνοτήτων του εκτεταμένου GSM 900. Σημειώνεται ότι η οθόνη είναι χωρισμένη σε 10 τμήματα (div) αναφορικά με τον οριζόντιο άξονα. Κάθε τμήμα έχει εύρος ίσο με span/10. Το span που αναγράφεται στο γκρι πλαίσιο, στο πάνω μέρος της οθόνης είναι το πραγματικό span του σχήματος, αφότου κάναμε zoom σε αυτό, και αυτό είναι που λαμβάνουμε υπόψη μας. Το span στο μαύρο πλαίσιο, στο δεξιό μέρος της οθόνης, είναι το span που είχαμε θέσει στο όργανο τη στιγμή που πήραμε τη μέτρηση.



Σχήμα 44. Τα δυο ισχυρότερα κανάλια της Cosmote στο εκτεταμένο GSM 900

Στον Πίνακα 2 φαίνεται αναλυτικά η αντιστοιχία των καναλιών και των συχνοτήτων τόσο στην DL όσο και στην UL ζεύξη αναφορικά με το εκτεταμένο GSM 900 (EGSM 900).

EGSM 900 (COSMOTE)			EGSM 900 (COSMOTE)		
Κανάλι	UL	DL	Κανάλι	UL	DL
1000	885,2	930,2	1012	887,6	932,6
1001	885,4	930,4	1013	887,8	932,8
1002	885,6	930,6	1014	888,0	933,0
1003	885,8	930,8	1015	888,2	933,2
1004	886,0	931,0	1016	888,4	933,4
1005	886,2	931,2	1017	888,6	933,6
1006	886,4	931,4	1018	888,8	933,8
1007	886,6	931,6	1019	889,0	934,0
1008	886,8	931,8	1020	889,2	934,2
1009	887,0	932,0	1021	889,4	934,4
1010	887,2	932,2	1022	889,6	934,6
1011	887,4	932,4	1023	889,8	934,8

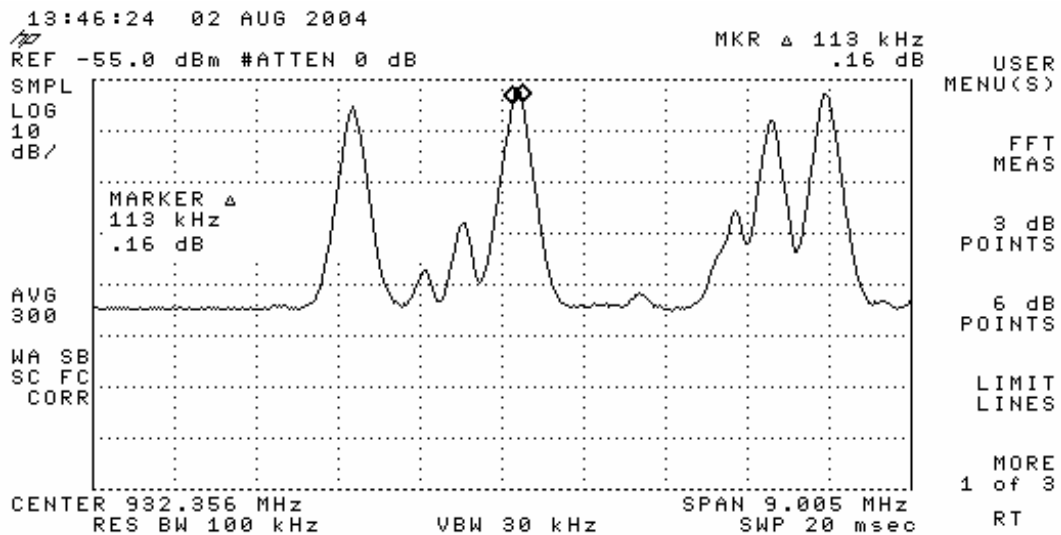
**Πίνακας 2.** Οι συχνότητες των καναλιών στο εκτεταμένο GSM 900 (EGSM 900)

Στο Σχήμα 44 βλέπουμε ότι η τιμή του κέρσορα X1 είναι στα 932,5 MHz. Κοιτώντας στον Πίνακα 2 βλέπουμε ότι η παραπάνω συχνότητα αντιστοιχεί (περίπου) στο κανάλι 1012 και όχι στο 1013 όπως φαίνεται στο Net Monitor (Σχήμα 43). Αυτό συμβαίνει διότι αφενός, ποτέ ένας πομπός δεν μπορεί να είναι συντονισμένος ακριβώς σε μια συγκεκριμένη συχνότητα - γι' αυτόν άλλωστε το λόγο οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας δεν εξυπηρετούν ποτέ την ίδια περιοχή με δυο γειτονικά κανάλια - και αφετέρου, διότι υπάρχουν σφάλματα και ανοχές στην ακρίβεια της συχνότητας συντονισμού του τοπικού ταλαντωτή στο δέκτη (αναλυτή φάσματος) εξαιτίας της γήρανσης των εξαρτημάτων, της επίδρασης της ατμόσφαιρας σε αυτά, αλλά κυρίως, λόγω της ανάγκης για calibration του οργάνου. Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν μια απόκλιση 300 kHz κρίνεται δικαιολογημένη.

Ο κέρσορας Y1, δείχνει τη λαμβανόμενη στάθμη ισχύος του καναλιού 1013 η οποία μετρήθηκε στα -57 dBm, ενώ το κινητό τηλέφωνο την «μέτρησε» στα -65 dBm. Από το φαινόμενο αυτό συμπεραίνεται ότι προφανώς η κεραία που χρησιμοποιήσαμε έχει μεγαλύτερη απολαβή από αυτήν που μπορεί να έχει η εσωτερική κεραία του κινητού τηλεφώνου. Εξάλλου είναι αδύνατο να προσανατολίσουμε τις δυο κεραίες ακριβώς στο ίδιο σημείο του ορίζοντα όπου βρίσκεται και εκπέμπει ο σταθμός βάσης λόγω του γεγονότος ότι έχουμε να κάνουμε με δυο διαφορετικών τύπων κεραίες ενώ διαφορετικοί είναι και οι δέκτες (ο αναλυτής φάσματος και το κινητό τηλέφωνο). Επίσης εξαιτίας του ύψους που ήταν τοποθετημένες οι κεραίες, έχουμε διαφορά στη στάθμη του λαμβανόμενου σήματος, αφού η λογαριθμοπεριοδική κεραία ήταν τοποθετημένη περίπου 1 μέτρο ψηλότερα από την κεραία του κινητού τηλεφώνου.

Οι κέρσορες X2 και Y2 έχουν τιμές 930,7 MHz και -60 dBm αντίστοιχα. Η συχνότητα που δείχνει ο κέρσορας X2 αντιστοιχεί στο κανάλι 1004 (και όχι στο 1003 για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω) και όπως βλέπουμε τόσο στο Net Monitor, όσο και στο σχήμα 44 είναι το δεύτερο ισχυρότερο σήμα στην περιοχή του εκτεταμένου GSM 900, αφού το κανάλι 816 που φαίνεται στο Net Monitor, είναι στην περιοχή του GSM 1800.

Αναφορικά με το 3 dB εύρος του εκάστοτε καναλιού, θεωρητικά γνωρίζουμε ότι δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200 kHz διότι υπάρχει ο κίνδυνος της ενδοκαναλικής παρεμβολής σε γειτονικά κανάλια της ίδιας ή άλλης εταιρίας. Στο Σχήμα 45 φαίνεται ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει (όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο), καθώς το 3 dB εύρος του καναλιού 1013 μετρήθηκε στα 113 kHz.



**Σχήμα 45.** Το 3 dB bandwidth του καναλιού 1013 της Cosmote

Αν και τα σήματα τα οποία είχαμε να μετρήσουμε δεν ήταν ιδιαίτερα ασθενή, παρόλα αυτά, προκειμένου να εξασφαλίσουμε όσο το δυνατόν καθαρότερες και ακριβέστερες μετρήσεις, απενεργοποιήσαμε τον εξασθενητή εισόδου του αναλυτή φάσματος, ενώ προκειμένου να αποκρίνουμε το θόρυβο από τις απεικονίσεις των σημάτων ενεργοποιήσαμε το video averaging, θέτοντας των αριθμό δειγματοληψίας από 100 που είναι η προκαθορισμένη τιμή σε 300. Επίσης για την εύρεση του 3 dB bandwidth χρησιμοποιήσαμε τη λειτουργία του οργάνου (3 dB POINTS) η οποία υπολογίζει αυτόματα το εύρος των 3 dB.

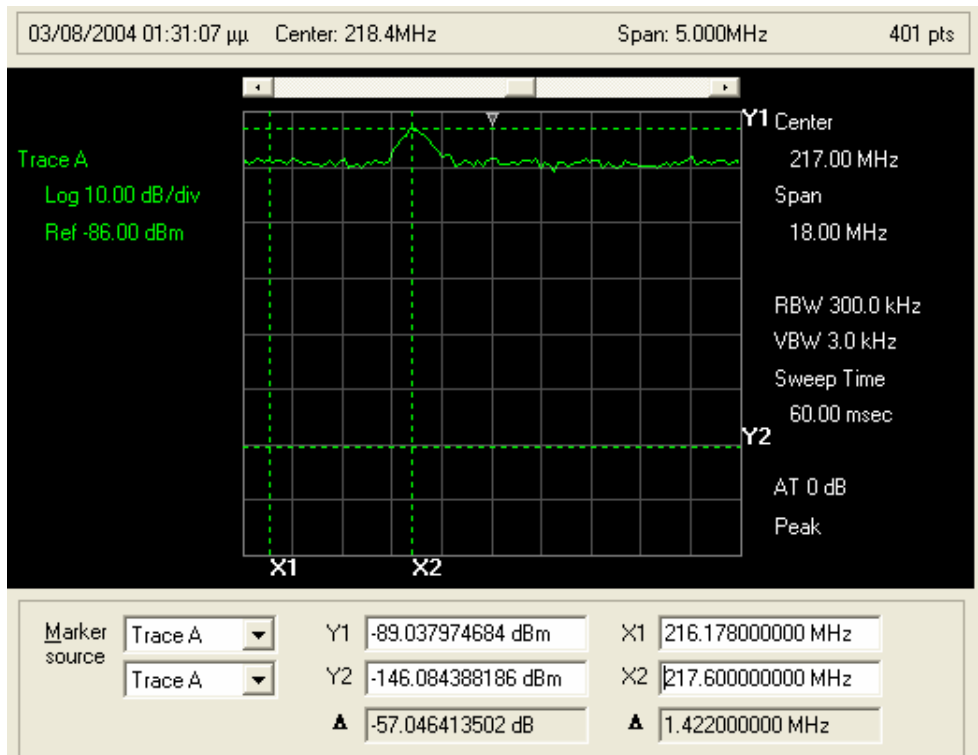
### 3.4 Μετρήσεις στο κανάλι 11 του Ψηφιακού Ραδιοφώνου.

Το κανάλι 11 του DAB (Digital Audio Broadcasting) αφορά στην περιοχή συχνοτήτων 216,928 MHz – 222,064 MHz. Ενδεικτικά αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα και οι περιοχές συχνοτήτων των δυο γειτονικών καναλιών προκειμένου να γίνει ευκολότερα κατανοητός ο τρόπος και ο σκοπός των μετρήσεων που ελήφθησαν. Να σημειωθεί ότι οι συχνότητες που αναγράφονται στη δεύτερη και την τρίτη στήλη του παρακάτω πίνακα, αφορούν στην κεντρική συχνότητα του πρώτου και του τελευταίου υποκαναλιού για κάθε κανάλι. Το εύρος του κάθε υποκαναλιού δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 1,5 MHz. Έτσι, για παράδειγμα, τα όρια του καναλιού 11 είναι τα 216,178 MHz – 222,814 MHz.

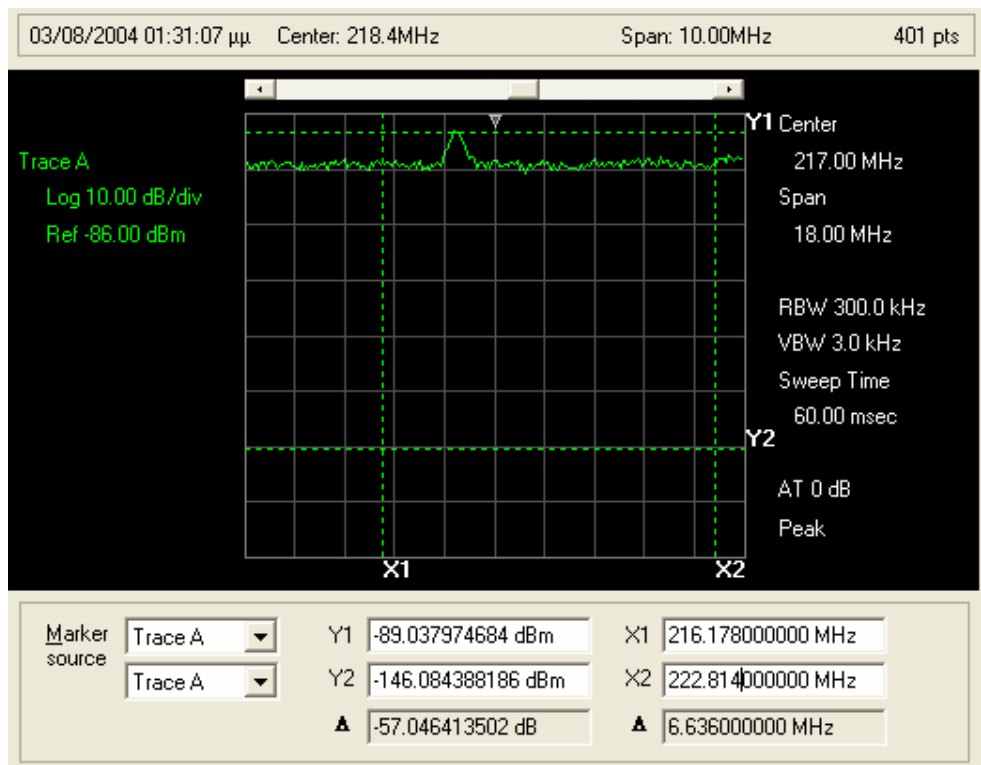
Κανάλι DAB	Κεντρική Συχνότητα του πρώτου Υποκαναλιού (σε MHz)	Κεντρική Συχνότητα του τελευταίου Υποκαναλιού (σε MHz)
9	202,928	208,064
10	209,936	215,072
11	216,928	222,064
12	223,936	229,072
13	230,784	239,200

**Πίνακας 3.** Κεντρικές συχνότητες του πρώτου και του τελευταίου υποκαναλιού των καναλιών DAB

Στο εργαστήριο Μικροκυματικών Τηλεπικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών του τμήματος Ηλεκτρονικής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, μελετάται η εγκατάσταση ραδιοφωνικού σταθμού ο οποίος θα εκπέμπει ψηφιακό σήμα κατά τα πρότυπα του DAB. Ο πομπός ο οποίος υπάρχει στο εργαστήριο, θα εκπέμπει στο κανάλι 11 και για το λόγο αυτό έγιναν μετρήσεις στην συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει και άλλη εκπομπή σε αυτές τις συχνότητες. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 46, ανιχνεύεται ένα σήμα με συχνότητα 217,6 MHz και ισχύ -89 dBm. Οι markers στο Σχήμα 47 δείχνουν τα όρια του καναλιού 11.



Σχήμα 46. Το άγνωστο σήμα που ανιχνεύεται στην περιοχή του καναλιού 11



Σχήμα 47. Τα όρια του καναλιού 11 ενός ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού (DAB)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

#### 4.1 Αρχή λειτουργίας του αναλυτή κυκλωμάτων

Ο αναλυτής δικτύων της Hewlett Packard 8714ET είναι κατασκευασμένος για να κάνει μετρήσεις σε γραμμές παραγωγής και εργαστηριακούς χώρους, και γενικότερα όπου χρειάζεται ένα όργανο μέτρησης του διαδιδόμενου ή/και του ανακλώμενου σήματος. Στο όργανο είναι ενσωματωμένη μια γεννήτρια RF με ανάλυση 1 Hz, 40 ms (ή ταχύτερο) χρόνο σάρωσης και ισχύ εξόδου έως +16 dBm. Περιλαμβάνονται ακόμα, κυκλώματα μέτρησης του ανακλώμενου και του διαδιδόμενου σήματος μέσω του υπό μελέτη δικτύωματος για κάθε περίπτωση, καθώς επίσης και μια οθόνη απεικόνισης των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικής μονάδας απεικόνισης των μετρήσεων (CRT monitor, projector) στην οποία μπορούμε κάθε γράφημα να το απεικονίσουμε έγχρωμα.

Επίσης στο όργανο έχει ενσωματωθεί ένας μικροεπεξεργαστής, ενώ εφαρμόζεται ψηφιακή επεξεργασία του σήματος προκειμένου να επιταχύνονται οι λειτουργίες και η διαδικασίες λήψης μετρήσεων του οργάνου.

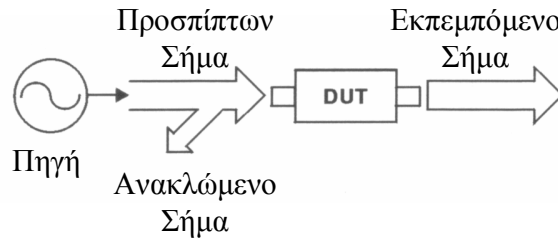
Το όργανο επίσης περιλαμβάνει δύο ανεξάρτητα κανάλια μετρήσεων, τα δεδομένα από τα οποία, μετά την επεξεργασία μπορούν να απεικονιστούν ξεχωριστά ή ταυτόχρονα στην οθόνη του οργάνου σε κάποια από τις πολλές μορφές που υποστηρίζει το όργανο.

Τα μενού των λειτουργιών που υποστηρίζει ο αναλυτής κυκλωμάτων, είναι εύκολα προσβάσιμα από τα πλήκτρα που βρίσκονται στην πρόσοψη του. Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα τους μπορούν να εκτυπωθούν σε εκτυπωτή συμβατό με IBM PC, να αποθηκευτούν σε εξωτερικό μέσο αποθήκευσης (floppy disk), ή στην εσωτερική μνήμη η οποία μπορεί να είναι η προσωρινή ή η μόνιμη.

Τα ενσωματωμένα διαγνωστικά εργαλεία του οργάνου που είναι διαθέσιμα στο χρήστη μπορεί να διευκολύνουν τη διαδικασία του troubleshooting ενώ η διαδικασία του calibration είναι εντελώς αυτοματοποιημένη. Το calibration μπορεί να γίνει είτε μέσω ρουτίνων οι οποίες είναι αποθηκευμένες στο hardware του οργάνου είτε με τη χρήση εξωτερικών εξαρτημάτων, είτε με τη χρήση όλων των παραπάνω. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η αρχή λειτουργίας του οργάνου, μέσα από περιγραφές και από απλά και σύνθετα μπλοκ διαγράμματα.

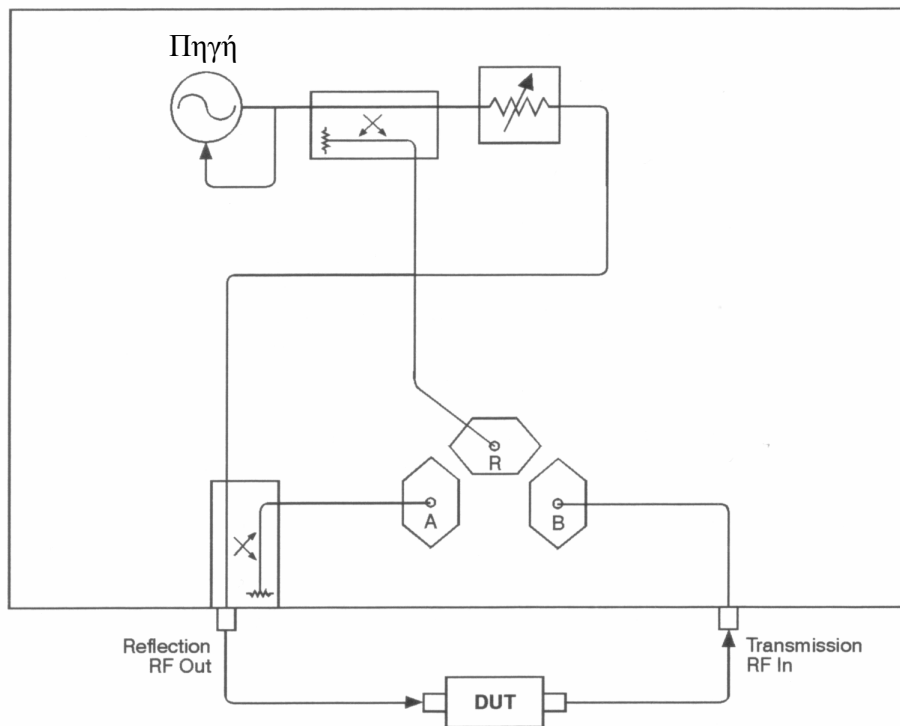
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το όργανο έχει ενσωματωμένη μια RF γεννήτρια σήματος η οποία παράγει το προσπίπτων στη συσκευή υπό δοκιμή (DUT, Device Under Test). Η DUT ανακλά ένα μέρος του προσπίπτωντος σήματος, και «εκπέμπει» από την έξοδό της το σήμα που δεν ανακλάστηκε πίσω στη γεννήτρια. Εάν η συσκευή είναι παθητικό στοιχείο στο δίκτυο που θέλουμε να μετρήσουμε ένα μέρος

του εκπεμπόμενου σήματος θα απορροφηθεί κάτι που σημαίνει ότι η DUT μας έχει απώλειες. Εάν η συσκευή είναι ενεργή το εκπεμπόμενο σήμα ενισχύεται δείχνοντας έτσι κάνοντας έτσι σαφές ότι η συσκευή μας έχει κέρδος. Όλα τα παραπάνω φαίνονται καλύτερα στο Σχήμα που ακολουθεί.



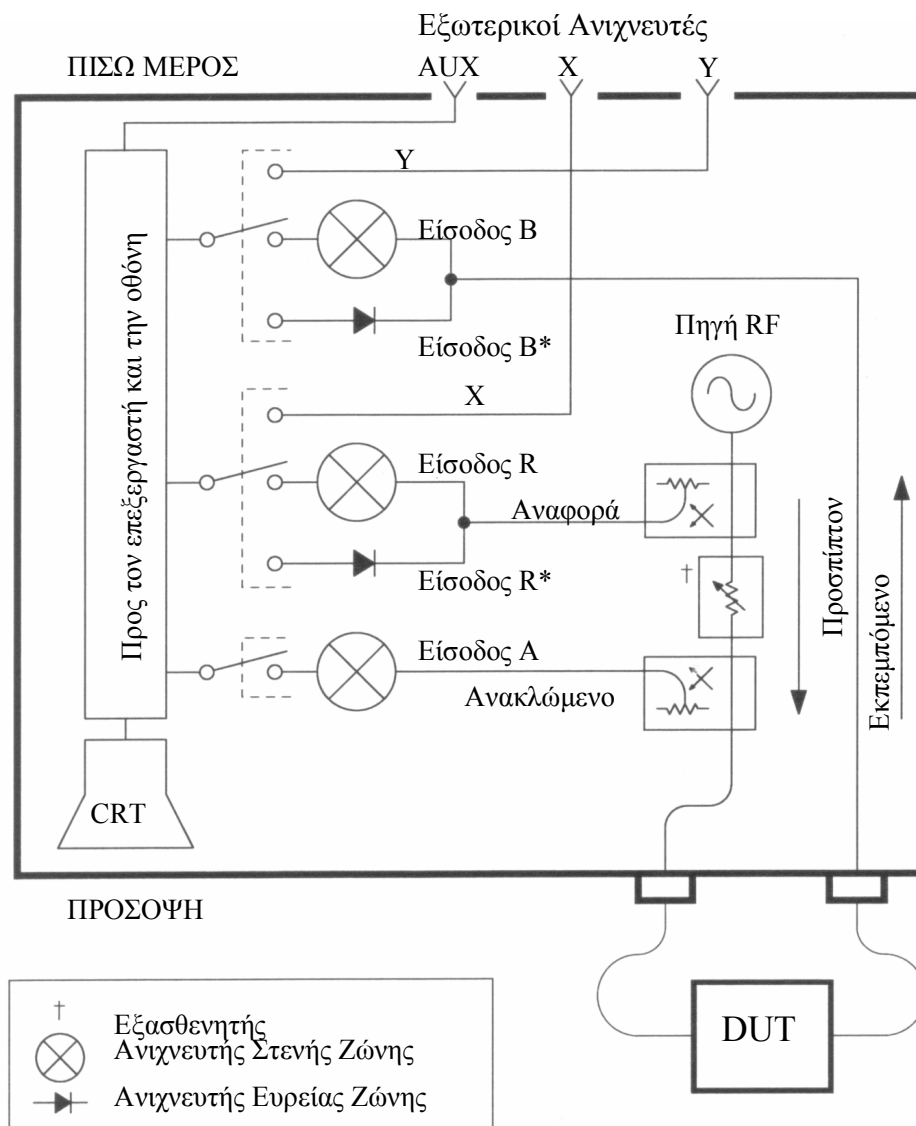
**Σχήμα 48.** Διάγραμμα δукτώματος

Αν θελήσουμε να περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας του οργάνου με βάση το απλοποιημένο μπλόκ διάγραμμα του Σχήματος 49, θα εστιάζαμε την προσοχή μας αρχικά στις εισόδους B και A του εκπεμπόμενου και του ανακλώμενου σήματος τα οποία μετρώνται σε σύγκριση με το προσπίπτον σήμα. Ο αναλυτής κυκλωμάτων χρησιμοποιεί ένα μέρος του προσπίπτοντος σήματος προκειμένου να το χρησιμοποιήσει ως σήμα αναφοράς και το οποίο οδηγείται στην είσοδο R (Reference).



**Σχήμα 50.** Απλοποιημένο μπλόκ διάγραμμα του Αναλυτή Κυκλωμάτων

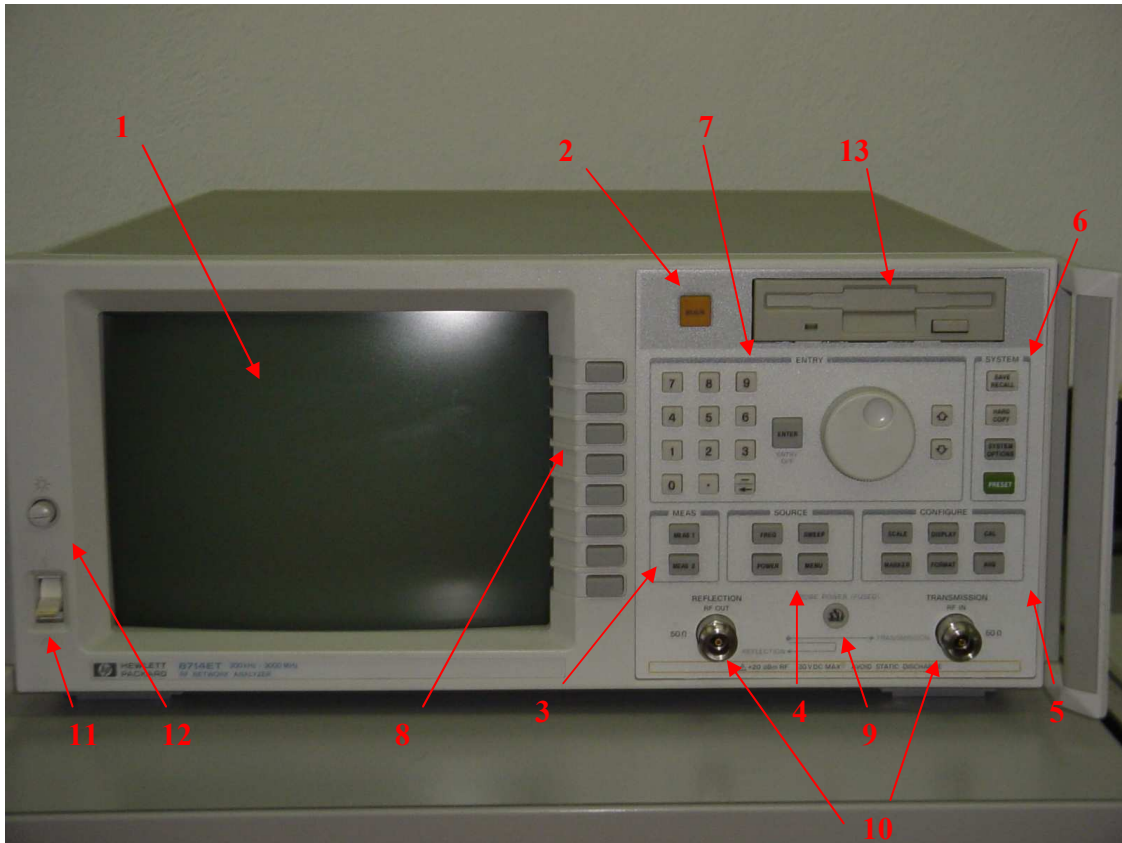
Καθώς η γεννήτρια σήματος του οργάνου σαρώνει τις συχνότητες που της έχουμε υποδείξει, ο network analyzer παίρνει μετρήσεις και απεικονίζει στην οθόνη του, την απόκριση της DUT. Ο αναλυτής κυκλωμάτων αναφορικά με την ανίχνευση των σημάτων που βρίσκονται στις θύρες μέτρησής του, έχει δύο mode λειτουργίας: Την ανίχνευση ευρείας ζώνης και την ανίχνευση στενής ζώνης. Στο όργανο υπάρχουν δυο ανιχνευτές ευρείας ζώνης οι B\* και R\* και τρεις στενής ζώνης οι A, B, R. Επίσης μπορούν να συνδεθούν εξωτερικοί ανιχνευτές ευρείας ζώνης στις θύρες X και Y οι οποίες βρίσκονται στο πίσω μέρος του οργάνου. Ένα αναλυτικότερο μπλοκ διάγραμμα του οργάνου φαίνεται παρακάτω, κάνοντας έτσι πιο σαφή την γενική αρχή λειτουργίας του network analyzer.



**Σχήμα 51.** Αναλυτικό μπλοκ διάγραμμα του Αναλυτή Κυκλωμάτων

#### 4.2 Οι βασικές λειτουργίες του αναλυτή κυκλωμάτων

Στην παράγραφο αυτή παρέχονται στο χρήστη κάποιες γενικές πληροφορίες για τις ομάδες πλήκτρων και το ρόλο τους στο χειρισμό και τη λειτουργία του οργάνου.



Σχήμα 52. Ο Αναλυτής Δικτυωμάτων (Network Analyzer) HP 8714ET

##### 1. Οθόνη CRT

Απεικονίζει τα δεδομένα από τις μετρήσεις, τους markers, τα softkeys (πλήκτρα μεταβλητών λειτουργιών. Η λειτουργία που ενεργοποιούν κάθε φορά απεικονίζεται στο δεξιό μέρος της οθόνης).

##### 2. Το πλήκτρο BEGIN

Το συγκεκριμένο πλήκτρο απλοποιεί τις αρχικές ρυθμίσεις του οργάνου σε συνήθη κυκλώματα τα οποία απαντώνται αρκετά συχνά όπως είναι φίλτρα, ενισχυτές και μίκτες. Για παράδειγμα, έστω ότι κάνουμε μία μέτρηση διάδοσης του σήματος μας. Αν επιλέξουμε **Filter** ως τον τύπο του υπό μελέτη κυκλώματός μας, τότε ο αναλυτής κυκλωμάτων μπαίνει σε mode λειτουργίας στενής ζώνης αναφορικά με την σάρωση, ενώ μεγιστοποιείται η περιοχή λήψης των μετρήσεων. Αν επιλέξουμε

**Mixer**, ως τον τύπο του υπό μελέτη κυκλώματός μας, τότε το όργανο τίθεται σε mode λειτουργίας ευρείας ζώνης αναφορικά με την σάρωση, δίνοντας τη δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων στο πεδίο της συχνότητας. Η αποστολή του πλήκτρου αυτού είναι να βοηθήσει τον αρχάριο και μη εξοικειωμένο με το όργανο και τα μενού του, χρήστη, να ξεκινήσει να πραγματοποιεί μετρήσεις ακόμα και με ελάχιστα πατήματα των πλήκτρων.

### 3. Η ομάδα πλήκτρων MEAS

Τα πλήκτρα που ανήκουν σε αυτή την ομάδα επιλέγουν τις μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν σε κάθε κανάλι. Μερικές από αυτές είναι η μέτρηση του διαδιδόμενου σήματος, του ανακλώμενου, της ισχύος καθώς επίσης και των απωλειών εξαιτίας των συνδέσεων ή της παρεμβολής άλλων στοιχείων ή κυκλωμάτων.

### 4. Η ομάδα πλήκτρων SOURCE

Πιέζοντας κάποιο από τα πλήκτρα της ομάδας αυτής, επιλέγουμε το επιθυμητό σήμα το οποίο στέλνουμε στην υπό δοκιμασία συσκευή ή DUT (Device Under Test). Για παράδειγμα, μπορούμε να καθορίσουμε την περιοχή συχνότητας ή την ισχύ εξόδου. Επίσης από τα εν λόγω πλήκτρα μπορούμε να καθορίσουμε τη συχνότητα σάρωσης, το πλήθος των σημείων δειγματοληψίας και το triggering του οργάνου.



### 5. Η ομάδα πλήκτρων CONFIGURE

Τα πλήκτρα αυτής της ομάδας ελέγχουν τη βαθμίδα του δέκτη του οργάνου και των παραμέτρων απεικόνισης. Σε αυτές τις παραμέτρους περιλαμβάνονται το εύρος του δέκτη και οι τρόποι εξομάλυνσης του σήματος, η κλίμακα και ο τρόπος απεικόνισης, οι λειτουργίες των markers και οι ρουτίνες για το calibration του οργάνου.

### 6. Η ομάδα πλήκτρων SYSTEM

Πιέζοντας κάποιο από τα πλήκτρα της ομάδας αυτής ελέγχουμε τη λειτουργία του οργάνου σε επίπεδο συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι λειτουργίες όπως το να θέσουμε το όργανο στην προρυθμισμένη από τον κατασκευαστή κατάσταση (preset), να αποθηκεύσουμε ή να ανακαλέσουμε δεδομένα και ρυθμίσεις από τη μνήμη, να εκτυπώσουμε αποτελέσματα ή γραφήματα μετρήσεων και να ρυθμίσουμε το όργανο να επικοινωνεί με τον Η/Υ μέσω του πρωτοκόλλου HP-IB.

### 7. Η ομάδα πλήκτρων ENTRY

Χρησιμοποιώντας το αριθμητικό πληκτρολόγιο, μπορούμε να εισάγουμε μια συγκεκριμένη τιμή σε οποιαδήποτε παράμετρο ενώ μετά το τέλος της πληκτρολόγησης του αριθμού, πιέζοντας το πλήκτρο ENTER ή τα softkeys, επιλέγουμε τις κατάλληλες μονάδες για το μέγεθος που εισάγαμε. Για τον παραπάνω σκοπό, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν είτε ο τροχός ρύθμισης για συνεχείς μεταβολές της επιθυμητής παραμέτρου είτε τα πλήκτρα ,  για βηματικές μεταβολές.

### 8. Τα softkeys

Τα softkeys είναι πλήκτρα μεταβλητών λειτουργιών. Η λειτουργία που ενεργοποιούν κάθε φορά απεικονίζεται στο δεξιό μέρος της οθόνης.

### 9. Probe Power Connector

Η υποδοχή αυτή παρέχει ισχύ σε ενεργά probes και άλλες συσκευές που μπορούν να συνδεθούν. Η σύνδεση εξαρτημάτων με προδιαγραφές διαφορετικές από αυτές που καθορίζονται από τον κατασκευαστή μπορεί είτε να προκαλέσει το κάψιμο των ασφαλειών της συγκεκριμένης βαθμίδας, είτε ακόμα και καταστροφή του οργάνου. Για το λόγο αυτό, πρώτου συνδεθεί οποιαδήποτε συσκευή, συνιστάται να συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο χρήσης του αναλυτή κυκλωμάτων.

### 10. RF Connectors

Στην πρόσοψη του οργάνου, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 52, υπάρχει (από αριστερά προς τα δεξιά) μια υποδοχή REFLECTION RF OUT – 50 Ω και άλλη μια υποδοχή TRANSMISSION RF IN – 50 Ω. Με μια πρώτη ματιά πολύ εύκολα καταλαβαίνουμε ότι η μεν πρώτη είναι η έξοδος της RF γεννήτριας που είναι ενσωματωμένη στο όργανο, ενώ η δεύτερη υποδοχή είναι η είσοδος του οργάνου. Ανάλογα με τον τύπο της μέτρησης που πραγματοποιούμε χρησιμοποιείται η μία από τις δυο υποδοχές ή και οι δυο μαζί. Αναφορικά με τη χρήση των δυο αυτών υποδοχών θα ασχοληθούμε σε παρακάτω παράγραφο όπου θα φαίνεται συνολικά η λειτουργία του οργάνου μέσα από διάφορες εφαρμογές και μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

*Προσοχή!:* Παρά το γεγονός ότι οι σύνδεσμοι (connectors) τύπου N των 50 Ω και των 75 Ω φαίνονται ίδιοι, διαφέρουν στο ότι αυτοί των 75 Ω έχουν πιο λεπτή την κεντρική ακίδα επαφής. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε να μην συνδεθεί αρσενικός σύνδεσμος 50 Ω σε θηλυκό 75 Ω γιατί το αποτέλεσμα θα είναι η καταστροφή του τελευταίου. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο για τη διεξαγωγή της μέτρησης συμβουλευτείτε το εγχειρίδιο χρήσης του κατασκευαστή [5].

Στη σελίδα 7-15 αναφέρονται οι προδιαγραφές των απαραίτητων εξαρτημάτων.

### 11. Διακόπτης Ενεργοποίησης

Ο διακόπτης αυτός θέτει τον αναλυτή κυκλωμάτων σε κατάσταση ON/STANDBY, δηλαδή ενεργοποιεί το όργανο ή το θέτει σε κατάσταση αναμονής. Σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να απενεργοποιήσει το όργανο ή να το απομονώσει από τη γραμμή τροφοδοσίας του. Όταν το όργανο είναι σε κατάσταση αναμονής τα κυκλώματα του οργάνου δεν διαρρέονται από ρεύμα, εκτός από το τροφοδοτικό. Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να απομονώσει το όργανο από τη γραμμή τροφοδοσίας του, πρέπει να αποσυνδέσει το καλώδιο από το πίσω μέρος του, αφού πρώτα θέσει το όργανο σε κατάσταση αναμονής. Συνίσταται όταν ο Network Analyzer δεν χρησιμοποιείται να παραμένει συνδεδεμένος με τη γραμμή τροφοδοσίας σε κατάσταση αναμονής (standby). Με τον τρόπο αυτό, η μνήμη μόνιμης αποθήκευσης τροφοδοτείται από το δίκτυο και όχι από την ενσωματωμένη μπαταρία, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

### 12. Ρυθμιστής φωτεινότητας της οθόνης

Με τον επιλογέα αυτόν ρυθμίζουμε τη φωτεινότητα της οθόνης ανάλογα με το περιβάλλον εργασίας του χρήστη.

*Προσοχή!:* Δεν πρέπει ποτέ να θέτουμε τον επιλογέα στη μέγιστη τιμή του διότι υπάρχει κίνδυνος να υποστεί «έγκαυμα» η επίστρωση φωσφόρου της οθόνης του οργάνου.

### 13. Οδηγός δισκέτας

Ο ενσωματωμένος οδηγός δισκέτας που περιλαμβάνει το όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκευτούν από το χρήστη, μόνιμα, ρυθμίσεις του οργάνου και προγράμματα σε γλώσσα κατανοητή από τον αναλυτή κυκλωμάτων (IBASIC). Η IBASIC επιτρέπει το φόρτωμα μιας συγκεκριμένης κατάστασης του οργάνου (με προρυθμισμένες ήδη κάποιες παραμέτρους) ή ακόμα και την έναρξη μιας συγκεκριμένης ρουτίνας και εκτέλεσης λειτουργιών κατά την εκκίνηση του network analyzer.

## 4.3 Αναλυτική περιγραφή των βασικών πλήκτρων και λειτουργιών του αναλυτή κυκλωμάτων

Στην παρακάτω παράγραφο θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι βασικές λειτουργίες του network analyzer οι οποίες είναι απαραίτητο να τις γνωρίζει κανείς προκειμένου να εκτελέσει μετρήσεις σε βασικές παραμέτρους διατάξεων και κυκλωμάτων, όπως η εύρεση του SWR ενός δικτύματος, η σύνθετη αντίσταση μιας κεραίας ή μιας διάταξης, η γραφική απεικόνιση του χάρτη Smith, κ.ά.

Η περιγραφή αυτή των λειτουργιών θα γίνει μέσα από απλά παραδείγματα, βήμα προς βήμα, ενώ σε κάθε σημείο θα δίνεται επεξήγηση για την κάθε επιλογή.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Όταν αναφερόμαστε σε κάποιο πλήκτρο της πρόσοψης του αναλυτή κυκλωμάτων αυτό θα αναφέρεται με κεφαλαία έντονα γράμματα (π.χ. **FREQ**) ενώ όταν αναφερόμαστε σε κάποια λειτουργία που αντιστοιχεί σε softkey αυτή θα αναφέρεται με πεζά έντονα γράμματα με το πρώτο γράμμα πάντα κεφαλαίο (π.χ. **Amplifier**)

- Το πλήκτρο **BEGIN**

Αφού ενεργοποιήσουμε το όργανο, περιμένουμε μερικά δευτερόλεπτα για να τρέξουν οι ρουτίνες αυτοελέγχου. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή πιέζουμε το πλήκτρο **BEGIN** οπότε μέσω των softkeys έχουμε τις εξής επιλογές: **Amplifier**, **Filter**, **Broadband Passive**, **Mixer**. Κάθε μια από τις παρακάτω επιλογές αντιστοιχεί σε μια γενική περιγραφή της υπό μελέτη διάταξης (DUT).

Επιλέγοντας τη λειτουργία **Amplifier**, για παράδειγμα, εμφανίζονται οι παράμετροι οι οποίες μπορούμε να μετρήσουμε και είναι οι **Transmissn**, **Reflection**, **Power**. Με τον ίδιο τρόπο απεικονίζονται και τα μενού στα πρότυπα διατάξεων **Filter**, **Broadband Passive**, **Mixer**. Τα μενού αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Amplifier</b>	<b>Filter</b>	<b>Broadband Passive</b>	<b>Mixer</b>
Transmissn	Transmissn	Transmissn	Conversion Loss
Reflection	Reflection	Reflection	Reflection
Power			

Η εντολή **Transmissn** η οποία περιλαμβάνεται στα τρία πρώτα από τα τέσσερα πρότυπα διατάξεων, χρησιμοποιεί την θύρα RF OUT του οργάνου για την έξοδο της ισχύος (και είσοδο της στη DUT) ενώ κατόπιν μετράται η ισχύς εξόδου από την DUT στη θύρα RF IN του αναλυτή κυκλωμάτων.

Η εντολή **Reflection** η οποία περιλαμβάνεται και στα τέσσερα πρότυπα διατάξεων, ενεργοποιεί την έξοδο του οργάνου, δηλαδή τη θύρα RF OUT, και πραγματοποιεί τις μετρήσεις ανάκλασης του σήματος ενώ θύρα RF IN παραμένει απενεργοποιημένη.

Η εντολή **Power** χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη μέτρηση της ισχύος εξόδου διαφόρων τύπων ενισχυτών απεικονίζοντας στο χρήστη την ισχύ του σήματος στην έξοδο του ενισχυτή για κάθε συχνότητα.

Η εντολή **Conversion Loss** μας δίνει τη δυνατότητα να μετρήσουμε το λόγο της IF ισχύος εξόδου προς την RF ισχύ εισόδου. Η εντολή αυτή υπάρχει μόνο στο μενού Mixer διότι εκεί βρίσκουν εφαρμογή μετρήσεις τέτοιων μεγεθών.



Παρακάτω θα αναφερθούμε σε ένα παράδειγμα μέτρησης της απόκρισης μεταφοράς (Transmission Response) επεξηγώντας έτσι αναλυτικά την εντολή **Transmissn**. Θα ακολουθήσουν και άλλα παραδείγματα επεξηγώντας έτσι με τον ίδιο τρόπο τις εντολές **Reflection, Power**.

- Τα πλήκτρα **MEAS 1, MEAS 2**

Γενικά το όργανο περιλαμβάνει δύο ανεξάρτητα κανάλια μετρήσεων, τα δεδομένα από τα οποία, μετά την επεξεργασία μπορούν να απεικονιστούν ξεχωριστά ή ταυτόχρονα στην οθόνη του οργάνου σε κάποια από τις πολλές μορφές που υποστηρίζει το όργανο. Τα εν λόγω πλήκτρα (**MEAS 1, MEAS 2**), αντιστοιχούν καθένα σε ένα κανάλι μετρήσεων.

Πατώντας ένα από αυτά τα πλήκτρα, εμφανίζονται στο δεξιό τμήμα της οθόνης του οργάνου οι ακόλουθες επιλογές (softkeys): **Transmissn, Reflection, Power, Conversion Loss, Detection Options, Meas OFF**. Αναφορικά με τις επιλογές **Transmissn, Reflection, Power** και τη λειτουργία τους αναφέρονται παρακάτω αναλυτικά παραδείγματα ενώ συνοπτική αναφορά γίνεται και στην παράγραφο. Detection Options: Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία εμφανίζεται το μενού με τις παρακάτω εντολές: **Narrowband Internal, Broadband Internal, Broadband External, Aux Input**. Η επιλογή αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε τον τύπο της μέτρησης σχετικά με την λήψη μετρήσεων στενής ή ευρείας ζώνης σάρωσης (**Narrowband Internal, Broadband Internal**). Συνίσταται η χρήση της προκαθορισμένης επιλογής. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη λήψη μετρήσεων ευρείας και στενής ζώνης σάρωσης ανατρέξτε στην παράγραφο 5.3 με τίτλο «Πραγματοποιώντας μετρήσεις ισχύος σε λειτουργία ευρείας ζώνης».

Οι δυο επόμενες επιλογές (**Broadband External, Aux Input**) χρησιμοποιούνται στη χρήση προχωρημένων τεχνικών λήψης μετρήσεων και για το λόγο αυτό δεν γίνεται περαιτέρω ανάλυσή τους.

Η λειτουργία **Meas OFF** απενεργοποιεί το αντίστοιχο κανάλι μετρήσεων που έχει ενεργοποιηθεί.

- Το πλήκτρο **FREQ**

Πιέζοντας το παραπάνω πλήκτρο εμφανίζονται οι εξής επιλογές: **Start, Stop, Center, Span, CW, Disp Freq Resolution**. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία της κάθε εντολής:

**Start**: Καθορίζουμε την αρχική συχνότητα σάρωσης.

**Stop**: Καθορίζουμε την τελική συχνότητα σάρωσης

**Center**: Καθορίζουμε την κεντρική συχνότητα σάρωσης

**Span**: Καθορίζουμε τον «κατακερματισμό» της οθόνης. Όσο πιο μικρή είναι η τιμή της παραμέτρου αυτής τόσο μικρότερο εύρος έχει κάθε κομμάτι της οθόνης (division), άρα ακόμα περισσότερες λεπτομέρειες είναι πιο εύκολα διακριτές. Αλλάζοντας το span αλλάζουν και οι τιμές στις παραμέτρους Start (Frequency) και Stop (Frequency).

**CW:** Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, καθορίζουμε τη μορφή του σήματος της πηγής του network analyzer σε σήμα **Continuous Wave** ή **Single Wave**. Προτείνεται η παράμετρος αυτή να παραμένει στην προρυθμισμένη τιμή

**Disp Freq Resolution:** Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, μπορούμε να ελέγξουμε και να αλλάξουμε την ανάλυση της συχνότητας επιλέγοντας ανάμεσα σε **Hz**, **kHz**, **MHz**.

- Το πλήκτρο **POWER**

Πατώντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, εμφανίζονται οι ακόλουθες επιλογές:

**Level:** Η συγκεκριμένη λειτουργία μας δίνει τη δυνατότητα να καθορίσουμε το επίπεδο της εκπεμπόμενης ισχύος από την θύρα REFLECTION RF OUT του αναλυτή κυκλωμάτων.

**RF (on, off):** Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την έξοδο (θύρα REFLECTION RF OUT) του αναλυτή κυκλωμάτων.

**Pwr Level at Preset:** Θέτουμε τη στάθμη της εκπεμπόμενης ισχύος στα προρυθμισμένα από το εργοστάσιο επίπεδα.

- Το πλήκτρο **SWEEP**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**Sweep Time:** Μας επιτρέπει να καθορίσουμε το χρόνο σάρωσης στην τιμή που εμείς επιθυμούμε. Η λειτουργία **Sweep Time (auto, man)** παίρνει την τιμή MAN (η παράμετρος που είναι ενεργή μεταξύ των auto και man αναγράφεται με κεφαλαία γράμματα)

**Sweep Time (auto, man):** Μεταβάλλει τον τρόπο καθορισμού του χρόνου σάρωσης από αυτόματο σε χειροκίνητο (καθοριζόμενο από το χρήστη).

**Step Sweep (on off):** Ενεργοποιώντας αυτή τη λειτουργία, δίνουμε στο όργανο εντολή σάρωσης σε βήματα. Απενεργοποιώντας την το όργανο εκτελεί τη σάρωση συνεχόμενα. Η σάρωση σε βήματα μας προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις, ενώ ταυτόχρονα εξαλείφει τυχόν προβλήματα ολίσθησης συχνότητας όταν μετράμε συσκευές με μεγάλη ηλεκτρική καθυστέρηση. Το μειονέκτημα της βηματικής σάρωσης είναι η μικρή ταχύτητα σάρωσης.

**Frequency Sweep:** Ενεργοποιεί τη σάρωση στο πεδίο της συχνότητας.

**Power Sweep:** Ενεργοποιεί τη σάρωση στο πεδίο της ισχύος. Η σάρωση γίνεται σε μία συχνότητα. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη για μετρήσεις απολαβής ή μετρήσεις σε βαθμίδες AGC (Automatic Gain Control). Η λειτουργία Power Sweep είναι ανεξάρτητη από τη λειτουργία Level που αναφέρθηκε στην περιγραφή του πλήκτρου **POWER**. Επίσης η λειτουργία **Power Sweep** χρησιμοποιείται μόνο με ενεργοποιημένη τη λειτουργία **CW**.

- Το πλήκτρο **MENU**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**Trigger:** Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία εμφανίζονται οι εξής επιλογές: **Continuous**, **Hold**, **Single**, **Trigger Source**, **Prior Menu**. Η προεπιλεγμένη λειτουργία είναι η **Continuous** κατά την οποία το όργανο

Αρχίζει την επόμενη σάρωση με το που θα τελειώσει η τρέχουσα. Εάν επιλέξουμε **Hold**, σταματάει η σάρωση, «παγώνει», έως ότου πατηθεί κάποιο από τα softkeys που αντιστοιχεί στις εντολές **Single** ή **Continuous**. Επιλέγοντας τη λειτουργία **Single**, το όργανο εκτελεί μια σάρωση και σταματά μέχρι είτε να επανασκανδαλιστεί πατώντας πάλι το **Single**, είτε να επιλεγεί η λειτουργία **Continuous** οπότε και μπαίνει στη λειτουργία της συνεχούς σάρωσης. Η λειτουργία **Trigger Source** μας δίνει τη δυνατότητα να παρέχουμε στον network analyzer εξωτερική πηγή triggering. Για περισσότερες λεπτομέρειες, πληροφορίες και προδιαγραφές της λειτουργίας αυτής αναφερθείτε στο εγχειρίδιο χρήσης του κατασκευαστή [5] στο κεφάλαιο 8, και στη σελίδα που αφορά κάθε εντολή που εμφανίζεται στο menu **Trigger Source**. Τέλος η επιλογή **Prior Menu** μας επαναφέρει στο προηγούμενο μενού επιλογών.

**Number of Points:** Η λειτουργία αυτή μας δίνει τη δυνατότητα καθορισμού του πλήθους των σημείων λήψης μετρήσεων (σημείων δειγματοληψίας). Η προκαθορισμένη τιμή είναι τα 201, ενώ όσο ο αριθμός των σημείων αυξάνεται, αυξάνεται επίσης η ανάλυση της συχνότητας και μειώνεται η ταχύτητα σάρωσης.

- Το πλήκτρο **SCALE**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**Autoscale:** Αλλάζει την τιμή της παραμέτρου **Scale/Div** έτσι ώστε να χωρέσει το απεικονιζόμενο σήμα στο βαθμονομημένο τμήμα της οθόνης.

**Scale/Div:** Καθορίζει πόσες μονάδες μέτρησης του κατακόρυφου άξονα θα αντιστοιχούν σε μια υποδιαίρεση (DIVision) του βαθμονομημένου τμήματος της οθόνης.

**Reference Level:** Αλλάζει την τιμή της στάθμης αναφοράς. Όσο πιο κοντά στη στάθμη αναφοράς είναι ένα σήμα ή ένα σημείο της δειγματοληψίας του σήματος, τόσο πιο ακριβής είναι η μέτρηση που αφορά σε αυτό το σημείο. Η τιμή της στάθμης αναφοράς φαίνεται στο πάνω μέρος της οθόνης, περίπου στο κέντρο με την ένδειξη “Ref”.

**Reference Position:** Τοποθετεί τη στάθμη αναφοράς στην κορυφή, στη μέση ή στο κάτω μέρος του βαθμονομημένου τμήματος της οθόνης ανάλογα με το αν η τιμή της παραμέτρου είναι 10, 5 ή 0 αντίστοιχα.

- Το πλήκτρο **MARKER**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, οι λειτουργίες στο μενού επιλογών που εμφανίζονται αναλύονται διεξοδικά παρακάτω:

Τα τέσσερα πρώτα softkeys αντιστοιχούν σε ισάριθμους markers. Σε περίπτωση που δίπλα από κάθε νούμερο υπάρχει η ένδειξη “off” σημαίνει πως αυτός ο marker δεν εμφανίζεται στην οθόνη. Για να τον ενεργοποιήσουμε απλώς πιέζουμε το αντίστοιχο softkey. Να σημειωθεί ότι μπορεί στην οθόνη μας να υπάρχουν 3 markers, για παράδειγμα, όμως ο ενεργός, δηλαδή αυτός του οποίου τις τιμές μπορούμε να αλλάξουμε και να κάνουμε τη μέτρηση, είναι αυτός που έχει μετά τον αριθμό που τον αντιπροσωπεύει το σύμβολο “>” αντί για το “:” που έχουν οι υπόλοιποι markers που φαίνονται μεν στην οθόνη, είναι δηλαδή ενεργοποιημένοι, αλλά δεν είναι ενεργοί. Κάθε στιγμή μπορούμε να έχουμε μέχρι και οκτώ ενεργοποιημένους markers να φαίνονται στην οθόνη μας, αλλά μόνο ένα ενεργό, με τον οποίο θα παίρνουμε μετρήσεις.

**More Markers:** Επιλέγοντας την εντολή αυτή, μπορούμε εκτός από τους πρώτους τέσσερις markers να εμφανίσουμε στην οθόνη μας ακόμα τέσσερις. Ακόμα στο μενού που εμφανίζεται υπάρχει η λειτουργία **Active Marker Off** η οποία απενεργοποιεί τον ενεργό marker. Τέλος επιλέγοντας **Prior Menu** επιστρέφουμε στο προηγούμενο μενού επιλογών, αυτό δηλαδή που εμφανίζεται όταν πιέζουμε το πλήκτρο **MARKER**.

**All Off:** Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, απενεργοποιεί όλους τους ενεργοποιημένους markers, σβήνει δηλαδή από την οθόνη μας όλους τους markers.

**Marker Functions:** Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία, εμφανίζεται ένα άλλο μενού επιλογών οι λειτουργίες του οποίου περιγράφονται στην παράγραφο που ακολουθεί.

**Delta Mkr (on, off):** Εμφανίζει στο ίδιο σημείο που βρίσκεται ο ενεργός marker τον marker Delta. Κατόπιν, μεταβάλλοντας με τη θέση του ενεργού marker το όργανο μας παρέχει τις τιμές του ενεργού marker σε σχέση με τον marker Delta. Αν δηλαδή η συχνότητα που είναι τοποθετημένος ο marker Delta είναι 500 MHz ενώ ο ενεργός marker είναι τοποθετημένος στα 560 MHz, το όργανο θα μας δείξει για τον ενεργό marker την τιμή 60 MHz.

**Marker → Center:** Αλλάζει την κεντρική συχνότητα και της δίνει την τιμή που έχει ο ενεργός marker.

**Marker → Reference:** Αλλάζει τη στάθμη αναφοράς και της δίνει την τιμή που έχει ο ενεργός marker.

**Marker Math:** Περιλαμβάνει τις λειτουργίες Statistics, Flatness, RF Filter Stats, Math Off. Η λειτουργία Statistics υπολογίζει το span, τη μέση και την πραγματική απόκλιση του πλάτους καθώς επίσης υπολογίζει την peak-peak κυμάτωση σε μια περιοχή που έχει ορίσει ο χρήστης με δυο markers. Η λειτουργία Flatness υπολογίζει τη διαφορά δυο σημείων στον κατακόρυφο άξονα.

Η λειτουργία RF Filter μετράει τη ζώνη διέλευσης και τη ζώνη αποκοπής ενός φίλτρου σε κάθε σάρωση του οργάνου. Για περισσότερες λεπτομέρειες και πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες του μενού **Marker Math** ανατρέξτε στο Κεφάλαιο 4 του εγχειριδίου χρήσης του οργάνου [5], στην παράγραφο με τίτλο “To Use Marker Math Functions”. Τέλος, η λειτουργία **Math Off**, αφαιρεί από την οθόνη του οργάνου όλες τις ενδείξεις που σχετίζονται με τη λειτουργία **Marker Math**.

**Marker Search:** Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία, εμφανίζεται ένα άλλο μενού επιλογών οι λειτουργίες του οποίου περιγράφονται στην παράγραφο που ακολουθεί.

**Max Search:** Τοποθετεί τον ενεργό marker στο μέγιστο σημείο του γραφήματος. Επίσης με τις λειτουργίες **Next Peak Left** και **Next Peak Right** που εμφανίζονται βρίσκουμε το επόμενο σημείο αριστερά ή δεξιά του γραφήματος.

**Min Search:** Τοποθετεί τον ενεργό marker στο σημείο του γραφήματος με την ελάχιστη τιμή. Επίσης με τις λειτουργίες **Next Min Left** και **Next Min Right** που εμφανίζονται βρίσκουμε το επόμενο σημείο αριστερά ή δεξιά του γραφήματος.

**Target Search:** Βρίσκει και εντοπίζει ένα σημείο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ. συχνότητας 500 MHz).

**Bandwidth:** Υπολογίζει το -3 dB Bandwidth ή οποιοδήποτε άλλο εύρος, την τιμή του οποίου την καθορίζει ο χρήστης. Επίσης υπολογίζει την κεντρική συχνότητα και τον συντελεστή απόδοσης Q ενός ζωνοπερατού φίλτρου.

**Notch:** Υπολογίζει το -6 dB Bandwidth ή οποιοδήποτε άλλο εύρος, την τιμή του οποίου την καθορίζει ο χρήστης. Επίσης υπολογίζει την κεντρική συχνότητα και τον συντελεστή απόδοσης Q ενός φίλτρου αποκοπής ζώνης.

**Multi Peak:** Η λειτουργία αυτή χρησιμεύει στη μέτρηση φίλτρων με παραπάνω από μία ζώνες διέλευσης. Ψάχνει από την αρχή του γραφήματος μέχρι το τέλος και τοποθετεί μέχρι και οκτώ markers στα διαδοχικά σημεία μεγίστου της κυματομορφής.

**Multi Notch:** Η λειτουργία αυτή χρησιμεύει στη μέτρηση φίλτρων με παραπάνω από μία ζώνες αποκοπής. Ψάχνει από την αρχή του γραφήματος μέχρι το τέλος και τοποθετεί μέχρι και οκτώ markers στα διαδοχικά σημεία ελαχίστου της κυματομορφής.

**Search Off:** Αφαιρεί από την οθόνη του οργάνου όλες τις ενδείξεις που σχετίζονται με τη λειτουργία Marker Search.

- Το πλήκτρο **DISPLAY**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**Normalize:** Η λειτουργία αυτή ενεργοποιεί τη διαδικασία της κανονικοποίησης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι είναι ο πιο απλός τρόπος calibration. Το όργανο, μέσω αυτής της διαδικασίας, αποθηκεύει μια μέτρηση στη μνήμη και διαιρεί όλες τις μετέπειτα μετρήσεις που πραγματοποιούνται, με την αποθηκευμένη τιμή. Για τη χρήση της λειτουργίας αυτής και της επεξήγησης της μέσω παραδείγματος ανατρέξτε στην παράγραφο 5.3 με τίτλο «Πραγματοποιώντας μετρήσεις ισχύος σε λειτουργία ευρείας ζώνης».

**Data → Mem:** Αποθηκεύει τα σημεία δειγματοληψίας (δηλαδή το γράφημα που απεικονίζεται στην οθόνη του οργάνου) του ενεργού καναλιού μέτρησης στη μνήμη.

**Data:** Απεικονίζει το γράφημα του μετρούμενου σήματος.

**Memory:** Απεικονίζει το γράφημα του σήματος που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη του οργάνου.

**Data/Mem:** Διαιρεί τα σημεία μέτρησης (δηλαδή το γράφημα που απεικονίζεται στην οθόνη του οργάνου) με τα σημεία (ή το γράφημα) που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη του οργάνου.

**Data and Memory:** Απεικονίζει στην οθόνη του οργάνου το γράφημα του τρέχοντος ενεργού καναλιού μέτρησης και το γράφημα το οποίο είναι αποθηκευμένο στη μνήμη.

**More Display:** Επιλέγοντας αυτή τη λειτουργία εμφανίζεται ένα μενού επιλογών, οι σημαντικότερες και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες λειτουργίες που περιλαμβάνει είναι:

**Split Disp (full, split):** Εάν είναι ενεργοποιημένη η παράμετρος full, τα γραφήματα των μετρούμενων σημάτων και από τα δυο κανάλια μέτρησης απεικονίζονται σε ολόκληρη την οθόνη το ένα πίσω από το άλλο. Εάν η παράμετρος split είναι ενεργοποιημένη, η οθόνη του οργάνου χωρίζεται οριζόντια σε δυο ίσα μέρη και στο πάνω μέρος απεικονίζεται το γράφημα του μετρούμενου σήματος από το πρώτο κανάλι μέτρησης ενώ στο κάτω μέρος απεικονίζεται το γράφημα του μετρούμενου σήματος από το πρώτο κανάλι μέτρησης.

**Expand (on, off):** Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, έχουμε τη δυνατότητα απεικόνισης του γραφήματος είτε σε ολόκληρη την οθόνη χωρίς τα menu με τα softkeys είτε στο μεγαλύτερο κομμάτι της με τις περισσότερες λειτουργίες να είναι εμφανείς, μειώνοντας όμως την επιφάνεια απεικόνισης του σήματος.

- Το πλήκτρο **FORMAT**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο, οι λειτουργίες στο μενού επιλογών που εμφανίζονται αναλύονται παρακάτω:

**Log Mag:** Εμφανίζει σε λογαριθμική κλίμακα τα δεδομένα με σχετικές μονάδες (dB)

**Lin Mag:** Εμφανίζει το γράφημα που εισέρχεται από τη θύρα TRANSMISSION RF IN του οργάνου σε σχέση με το συντελεστή μετάδοσης του σήματος, το γράφημα που ανακλάται προς το όργανο σε σχέση με το συντελεστή ανάκλασης, καθώς επίσης εμφανίζει ένα σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδο aux input σε volts.

**SWR:** Απεικονίζει τον SWR (standing wave ratio) που αντιστοιχεί σε κάθε συχνότητα.

**Phase:** Εμφανίζει σε καρτεσιανή μορφή τη φάση του προς μέτρηση σήματος, σε μοίρες. Στη μορφή αυτή φαίνεται η διαφορά φάσης σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

**Smith Chart:** Εμφανίζει την εμπέδηση του δικτυώματος πάνω στο χάρτη Smith.

**Polar:** Απεικονίζει τα δεδομένα σε πολική μορφή. Κάθε σημείο στο γράφημα πολικών συντεταγμένων αντιστοιχεί σε ένα ζεύγος με κάποια τιμή  $x$  και φάση  $\varphi$ . Η τιμή του  $x$  αντιστοιχεί στην απόσταση του σημείου στο γράφημα των πολικών συντεταγμένων από το κέντρο του κύκλου, ενώ η τιμή του  $\varphi$  αντιστοιχεί στην γωνία που σχηματίζει ο οριζόντιος άξονας του χάρτη των πολικών συντεταγμένων με το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει το σημείο με το κέντρο του χάρτη των πολικών συντεταγμένων. Η φορά περιστροφής του διανύσματος (ευθύγραμμου τμήματος) είναι αντίθετη από αυτή των δεικτών του ρολογιού. Η τιμή  $x$  αυξάνει γραμμικά, ενώ συνιθίζεται ο εξωτερικός κύκλος να έχει την τιμή 1. Πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα δεν παρέχονται από τους άξονες, είναι όμως διαθέσιμες στο χρήστη μέσω των markers.

**More Format:** Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, εμφανίζεται το παρακάτω μενού επιλογών:

**Real:** Απεικονίζει μόνο το πραγματικό μέρος της μετρούμενης ποσότητας σε καρτεσιανή μορφή.

**Imaginary:** Απεικονίζει μόνο το φανταστικό μέρος της μετρούμενης ποσότητας σε καρτεσιανή μορφή.

**Impedance Magnitude:** Απεικονίζει την εμπέδηση συναρτήσει της συχνότητας σε καρτεσιανή μορφή

- Το πλήκτρο **CAL**

Το πλήκτρο αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που περιγράφονται στα παραδείγματα προκειμένου να προετοιμάσουμε το όργανο να εκτελέσει μετρήσεις ακριβείας. Για κάθε είδους μέτρηση ακολουθείται και άλλη μέθοδος calibration. Η χρήση των λειτουργιών που περιλαμβάνονται σε αυτό το πλήκτρο αφορά τον έμπειρο χρήστη του αναλυτή κυκλωμάτων ο οποίος ταυτόχρονα επιζητά ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πώς επηρεάζονται οι μετρήσεις από το calibration του οργάνου, ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στο κεφάλαιο 6 του εγχειριδίου χρήσης [5] του αναλυτή κυκλωμάτων HEWLETT PACKARD 8714ET.

- Το πλήκτρο **AVG**

Πιέζοντας το συγκεκριμένο πλήκτρο εμφανίζονται κάποιες λειτουργίες στο δεξιό μέρος της οθόνης. Οι σημαντικότερες από αυτές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναλύονται παρακάτω:

**Average (on, off):** Ενεργοποιεί τη λειτουργία της εξαγωγής του μέσου όρου των σημείων λήψης των μετρήσεων. Ενεργοποιώντας την μειώνουμε την απεικόνιση του τυχαίου θορύβου στην οθόνη του network analyzer.

**Restart Average:** Επανεκκινεί τη λειτουργία εξαγωγής του μέσου όρου των σημείων λήψης των μετρήσεων.

**Average Factor:** Αλλάζει την τιμή του συντελεστή εξαγωγής του μέσου όρου του γραφήματος. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση της λειτουργίας του averaging στο αρχικό σήμα.

- Το πλήκτρο **HARDCOPY**

Πιέζοντας το πλήκτρο αυτό, εμφανίζεται ένα μενού επιλογών από το οποίο μας δίνεται η δυνατότητα να σώσουμε τις ενδείξεις τους οργάνου ή/και να τις εκτυπώσουμε. Ο τρόπος εξαγωγής επιλέγεται από το softkey **Select Copy Port**, και αφού επιλέξουμε τη μορφή του τρόπου που θα αποθηκεύσουμε τις μετρήσεις από τον network analyzer, πηγαίνουμε στο προηγούμενο μενού με τη λειτουργία **Prior Menu** και επιλέγουμε **Start**.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### 5.1 Μετρώντας την Απόκριση Μεταφοράς (Transmission Response)

Στην παράγραφο αυτή θα περιγράψει ο τρόπος με τον οποίο εκτελούμε τη διαδικασία του calibration πριν ξεκινήσουμε να παίρνουμε μετρήσεις σχετικά με τη DUT. Να σημειωθεί ότι ο σωστός τρόπος εκτέλεσης του calibration είναι μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις για ακριβείς μετρήσεις.

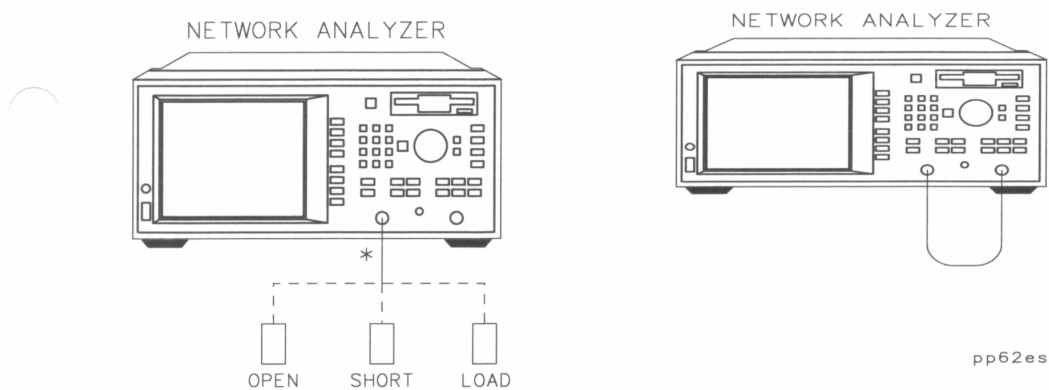
Στο παράδειγμα αυτό χρησιμοποιούμε ένα ζωνοπερατό φίλτρο, όπως αυτό που μας παρέχει ο κατασκευαστής μαζί με τον network analyzer.

Με ενεργοποιημένο τον αναλυτή κυκλωμάτων, πατάμε το πλήκτρο **PRESET** προκειμένου να θέσουμε το όργανο στην αρχική του κατάσταση αναιρώντας οποιεσδήποτε άλλες ρυθμίσεις έχουν γίνει από πριν.

Ξεκινώντας τη διαδικασία του calibration πρέπει να γνωρίζουμε ότι αυτή εφαρμόζεται προκειμένου να αποφύγουμε σφάλματα στις μετρήσεις μας τα οποία οφείλονται σε μη προσαρμογή της πηγής και του κυκλώματος ή σε λάθη εξαιτίας της μη απόκρισης του κυκλώματος σε κάποιες συχνότητες. Κατά την πραγματοποίηση του calibration το όργανο θα κάνει διορθώσεις σε κάθε σημείο δειγματοληψίας σε όλη την περιοχή συχνοτήτων η οποία έχει επιλεγεί.

Η προρυθμισμένη τιμή των σημείων δειγματοληψίας είναι 201, ενώ η συγκεκριμένη παράμετρος μπορεί να πάρει τιμές από 3 έως 1601. Αυτό μπορεί να γίνει πατώντας το πλήκτρο **MENU** και στη συνέχεια επιλέγοντας **Number of points**.

Η διαδικασία του calibration αρχίζει πατώντας το πλήκτρο **CAL** και επιλέγουμε την εντολή **Enhanced Response**.



**Σχήμα 53.** Απεικόνιση του τρόπου σύνδεσης των εξαρτημάτων για το calibration

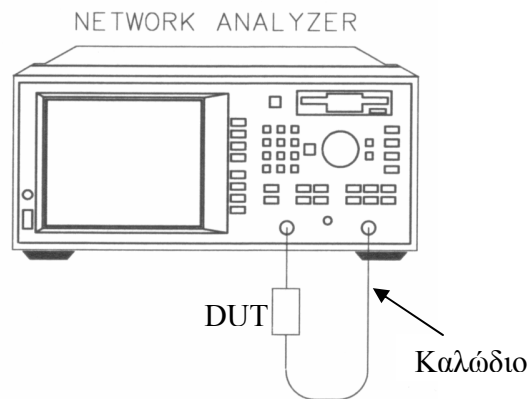
Τότε το όργανο μας προτρέπει να συνδέσουμε διαδοχικά τα τέσσερα εξαρτήματα αναφοράς, τα οποία είναι τα open, short, load, και ένα καλώδιο όπως φαίνεται στο Σχήμα 53.

Επιλέγουμε Measure Standard μια φορά για κάθε εξάρτημα, αφού πρώτα το συνδέσουμε.

Το όργανο θα μετρήσει το κάθε εξάρτημα και θα υπολογίσει του παράγοντες διόρθωσης. Αφού το όργανο εκτελέσει την παραπάνω λειτουργία θα εμφανιστεί το μήνυμα “Calibration Complete”.

Να σημειωθεί ότι αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους από τώρα και στο εξής, επηρεάζει και στην ουσία ακυρώνει το calibration που κάναμε. Για το λόγο αυτό οι οποιεσδήποτε παράμετροι θα πρέπει να ρυθμιστούν πριν τοποθετήσουμε οποιοδήποτε εξάρτημα αναφοράς στο όργανο.

Αφού απομακρύνουμε όλα τα εξαρτήματα αναφοράς, συνδέουμε την DUT στον αναλυτή κυκλωμάτων όπως φαίνεται στο Σχήμα 54.



**Σχήμα 54.** Σύνδεση της υπό εξεταση συσκευής

Προκειμένου να μπορούμε να δούμε ολόκληρο το γράφημα στην οθόνη πιέζουμε το πλήκτρο **SCALE** και επιλέγουμε **Autoscale**

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι οι μονάδα μέτρησης στον οριζόντιο άξονα είναι συχνότητα σε MHz ενώ στον κατακόρυφο αναλογία ισχύος σε decibel (dB) του εκπεμπόμενου σήματος ( $P_{trans}$ ) προς το συμβαλλόμενο ( $P_{inc}$ ). Για την απεικόνιση του γραφήματος σε λογαριθμική κλίμακα, ο αναλυτής φάσματος χρησιμοποιεί τον ακόλουθο τύπο:

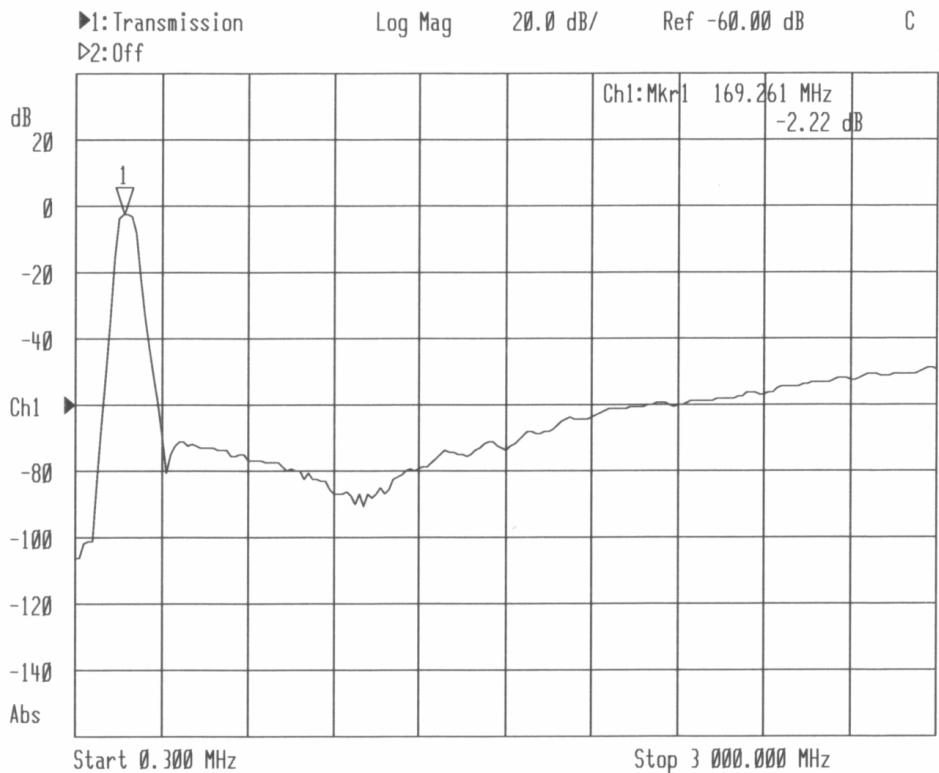
$$Transmission(dB) = 10 \log \left( \frac{P_{trans}}{P_{inc}} \right)$$

Εάν στην οθόνη του οργάνου μας έχουμε ένδειξη 0 dB, σημαίνει ότι η γραμμή μεταφοράς (καλώδιο) και η συσκευή μας δεν έχουν απώλειες. Εάν οι τιμές είναι μεγαλύτερες των 0 dB τότε η συσκευή μας

παρουσιάζει κέρδος (ενίσχυση) ενώ εάν οι τιμές είναι μικρότερες από το μηδέν σημαίνει ότι έχουμε απώλειες.

Προκειμένου να καθορίσουμε πιο εύκολα τις ελάχιστες απώλειες παρεμβολής (insertion loss) του φίλτρου πιέζουμε το πλήκτρο **MARKER** και κατόπιν επιλέγουμε διαδοχικά **Marker Search**, **Max Search**, **Mkr** → **Max**.

Ένα παράδειγμα από μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο φαίνεται στο Σχήμα 55 όπου ο δείκτης απεικονίζει τις απώλειες παρεμβολής της DUT (φίλτρο).



**Σχήμα 55.** Μετρώντας τις απώλειες παρεμβολής του φίλτρου

## 5.2 Μετρώντας την απόκριση του κυκλώματος σε ανακλάσεις (Reflection Response)

Στο παράδειγμα αυτό περιγράφεται η διαδικασία πραγματοποίησης μετρήσεων της απόκρισης του κυκλώματος σε ανακλώμενα σήματα. Πρέπει να σημειωθεί πως και σε αυτό το παράδειγμα εκτελούμε τη διαδικασία του calibration πριν την έναρξη της λήψης των μετρήσεων.

Σε αυτό το παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε ένα ζωνοπερατό φίλτρο, όπως αυτό που περιέχεται μαζί με το όργανο από τον κατασκευαστή.

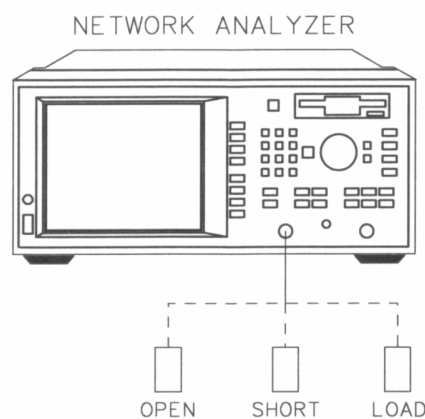
Ξεκινώντας την εκτέλεση του παραδείγματος και με τον αναλυτή κυκλωμάτων ενεργοποιημένο, πιέζουμε το πλήκτρο **PRESET** προκειμένου να θέσουμε το όργανο στην αρχική του κατάσταση αναιρώντας οποιεσδήποτε άλλες ρυθμίσεις έχουν γίνει από πριν. Κατόπιν πιέζουμε το πλήκτρο **MEAS 1** και επιλέγουμε **Reflection**.

Να σημειωθεί ότι σε αυτό το παράδειγμα το όργανο έχει τις προρυθμισμένες από το εργοστάσιο τιμές για τις διάφορες παραμέτρους (συχνότητα, εύρος, πλήθος σημείων δειγματοληψίας, ταχύτητα σάρωσης, κλπ). Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να αλλάξει κάποια από αυτές τις παραμέτρους προκειμένου να μπορέσει να εστιάσει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο των μετρήσεων αυτό θα πρέπει να το κάνει αυτή τη στιγμή. Διαφορετικά όλη η διαδικασία του calibration που θα περιγραφεί παρακάτω ουσιαστικά αναιρείται.

Ο παρακάτω τρόπος calibration ονομάζεται one-port reflection calibration. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση διαφόρων μεθόδων για τη διόρθωση αφενός της προσαρμογής της πηγής και αφετέρου σε λάθη εξαιτίας της μη απόκρισης του κυκλώματος σε κάποιες συχνότητες. Εφαρμόζοντας αυτή τη μέθοδο calibration το όργανο επεμβαίνει σε κάθε σημείο δειγματοληψίας στην περιοχή συχνοτήτων που του έχουμε ορίσει και το διορθώνει σύμφωνα με το συντελεστή διόρθωσης που έχει υπολογίσει κατά τη διάρκεια του calibration. Η προρυθμισμένη τιμή των σημείων δειγματοληψίας είναι 201, ενώ η συγκεκριμένη παράμετρος μπορεί να πάρει τιμές από 3 έως 1601. Αυτό μπορεί να γίνει πατώντας το πλήκτρο **MENU** και στη συνέχεια επιλέγοντας **Number of points**.

Ξεκινώντας τη διαδικασία του calibration, πατάμε το πλήκτρο **CAL** και επιλέγουμε **1-Port**.

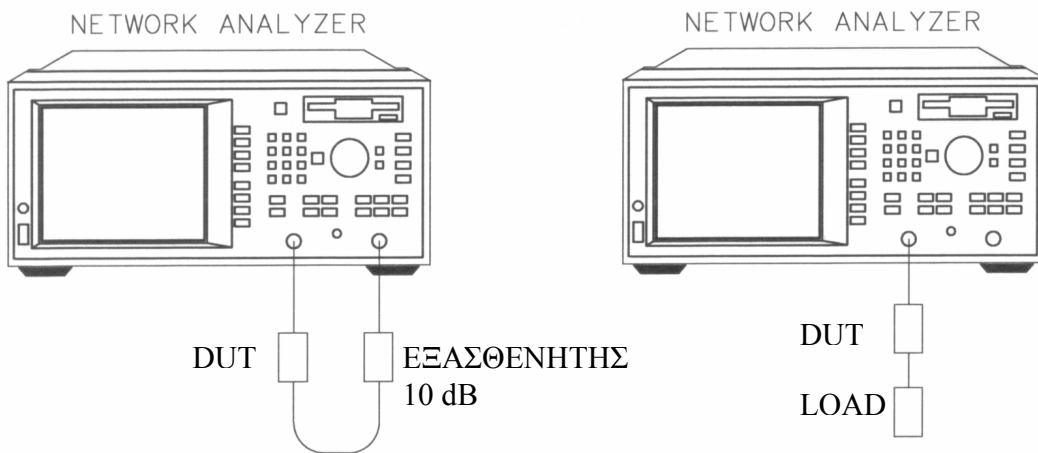
Το όργανο θα εμφανίσει ένα προτροπικό μήνυμα στο χρήστη να συνδέσει τα τρία εξαρτήματα αναφοράς, δηλαδή τα open, short, και load, με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 56.



**Σχήμα 56.** Εκτελώντας το one-port reflection calibration

Κάθε φορά που συνδέουμε ένα από τα εξαρτήματα επιλέγουμε **Measure Standard**. Το όργανο θα μετρήσει το κάθε εξάρτημα και θα υπολογίσει τους παράγοντες διόρθωσης. Αφού το όργανο εκτελέσει την παραπάνω λειτουργία θα εμφανιστεί το μήνυμα “Calibration Complete”.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία του calibration, συνδέουμε την DUT με τους τρόπους που φαίνονται στο Σχήμα 57.



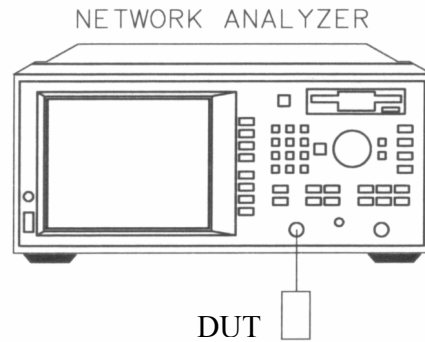
**Σχήμα 57.** Μετρώντας την απόκριση της DUT στις ανακλάσεις

Εάν έχουμε μια DUT με είσοδο και έξοδο (1 είσοδο, 1 έξοδο), όπως είναι ένα φίλτρο, τότε υπάρχουν δυο τρόποι σύνδεσης της με τον αναλυτή δικτύων οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω:

Ο πρώτος τρόπος είναι να συνδέσουμε την είσοδο της DUT στη θύρα RF OUT του οργάνου και την έξοδο της DUT μέσω ενός εξασθενητή 10 dB στη θύρα RF IN του οργάνου επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις.

Ο δεύτερος τρόπος σύνδεσης της DUT δύο θυρών είναι η σύνδεση της εισόδου της στην RF OUT θύρα του οργάνου και η σύνδεση της εξόδου της DUT σε ένα φορτίο (load) όπως αυτό που χρησιμοποιήσαμε στη διαδικασία του calibration.

Εάν πάλι διαθέτουμε μια DUT μια είσοδο τότε αυτή συνδέεται με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 58



**Σχήμα 58.** Σύνδεση της DUT μιας εισόδου

Στη φάση αυτή μπορούμε να ξεκινήσουμε να παρατηρούμε τα πρώτα γραφήματα των μεγεθών που μας ενδιαφέρουν.

Προκειμένου να μπορούμε να δούμε ολόκληρο το γράφημα στην οθόνη πιέζουμε το πλήκτρο **SCALE** και επιλέγουμε **Autoscale**

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι οι μονάδα μέτρησης στον οριζόντιο άξονα είναι συχνότητα σε MHz ενώ στον κατακόρυφο αναλογία ισχύος σε decibel (dB) του ανακλώμενου σήματος ( $P_{refl}$ ) προς το συμβαλλόμενο ( $P_{inc}$ ). Για την απεικόνιση του γραφήματος σε λογαριθμική κλίμακα, ο αναλυτής φάσματος χρησιμοποιεί τον ακόλουθο τύπο:

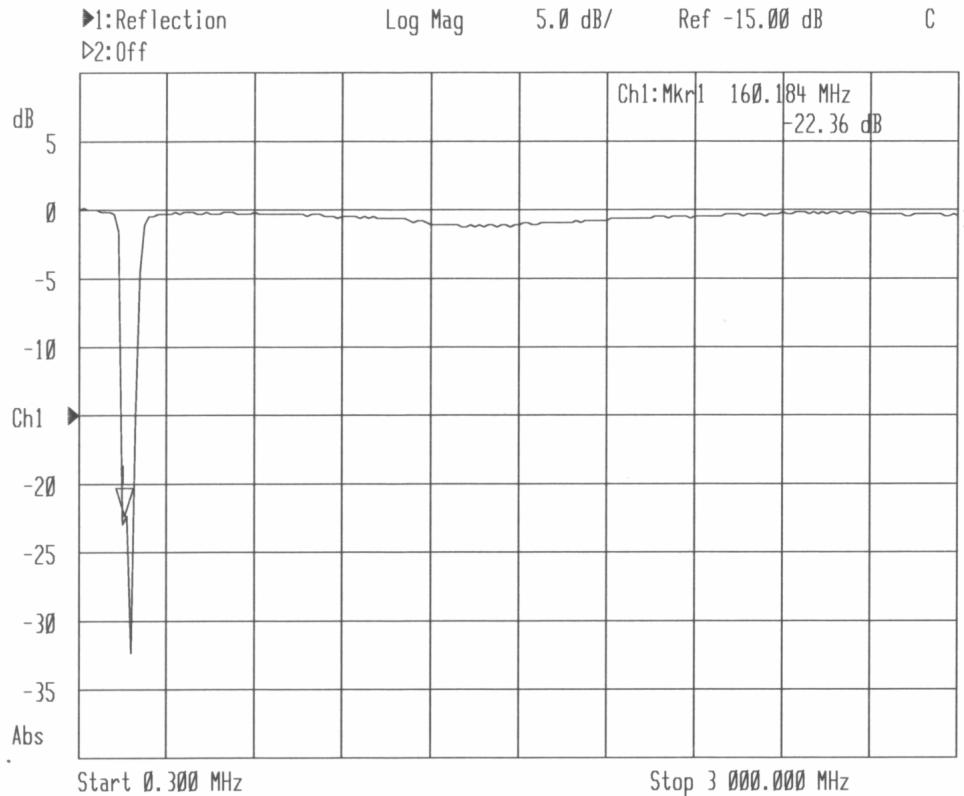
$$Reflection(dB) = 10 \log \left( \frac{P_{refl}}{P_{inc}} \right)$$

Τιμές ίσες με 0 dB στην οθόνη του αναλυτή κυκλωμάτων σημαίνει ότι όλη η ισχύς που στέλνεται στην DUT ανακλάται πίσω στο όργανο, και δεν περνάει καθόλου μέσα από τη DUT ή και αν εισέρχεται σε αυτή απορροφάται.

Τιμές μικρότερες των 0 dB στην οθόνη του οργάνου ερμηνεύονται ότι η ισχύς είτε απορροφάται είτε εκπέμπεται από την DUT. Αντιθέτως τιμές μεγαλύτερες των 0 dB, αν και σπάνια παρατηρούνται, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να εφαρμόσουμε τον παραπάνω τρόπο calibration που περιγράφηκε, ή η DUT είναι ενεργό κύκλωμα, πιθανών ενισχυτής, και εκτελεί ταλαντώσεις.

Προκειμένου να καθορίσουμε πιο εύκολα τις απώλειες εξαιτίας των ανακλάσεων (return loss) του φίλτρου, πιέζουμε το πλήκτρο **MARKER** και κατόπιν με τον τροχό ρύθμισης που βρίσκεται στην πρόσοψη του οργάνου διαβάζουμε την τιμή των απωλειών εξαιτίας των ανακλάσεων για την επιθυμητή συχνότητα.

Ένα παράδειγμα από μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο φαίνεται στο Σχήμα 59 όπου ο δείκτης απεικονίζει τις απώλειες παρεμβολής της DUT (φίλτρο).



Σχήμα 59. Οι απώλειες παρεμβολής του φίλτρου

### 5.3 Πραγματοποιώντας μετρήσεις ισχύος σε λειτουργία ευρείας ζώνης

Οι μετρήσεις ισχύος ενός κυκλώματος (όπως για παράδειγμα είναι ένας ενισχυτής) μπορούν να γίνουν είτε με το όργανο ρυθμισμένο σε ευρεία είτε σε στενή περιοχή συχνοτήτων.

Σχετικά με τα δύο αυτά mode λειτουργίας (ευρείας και στενής ζώνης συχνοτήτων), αναφέρεται ότι εάν επιθυμούμε να μετρήσουμε την ισχύ εξόδου μιας κυκλωματικής διάταξης για την ίδια συχνότητα με αυτή που βρίσκεται η γεννήτρια σήματος του αναλυτή κυκλωμάτων, ενεργοποιούμε τη λειτουργία μέτρησης που αντιστοιχεί στην ανίχνευση στενής ζώνης συχνοτήτων. Αυτό το πετυχαίνουμε εάν πατώντας το πλήκτρο **MEAS 1** και στη συνέχεια επιλέξουμε **Detection Options, Narrowband Internal, B**. Μετρήσεις ισχύος στενής ζώνης συχνοτήτων μετρούν μόνο την ισχύ για τη ζώνη συχνοτήτων στην οποία είναι συντονισμένος ο αναλυτής φάσματος. Από την άλλη πλευρά, όταν θέλουμε να μετρήσουμε την απόλυτη τιμή της ισχύος μιας κυκλωματικής διάταξης, επιλέγουμε την ευρεία ζώνη συχνοτήτων, μετρώντας έτσι τη συνολική ισχύ εξόδου της διάταξης σε όλες τις συχνότητες που ανιχνεύονται στο εκπεμπόμενο από τη

διάταξη σήμα, αφού στην περίπτωση που η διάταξη είναι ένας μίκτης τότε θα εξέρχονται από αυτήν και συχνότητες πέραν της συχνότητας της πηγής εισόδου του μίκτη.

Το παράδειγμα που περιγράφεται αναλύει τον τρόπο κανονικοποίησης των δεδομένων, τη μέτρηση της συνολικής ισχύος ενός ενισχυτή, ενώ γίνεται χρήση της λειτουργίας ευρείας ζώνης.

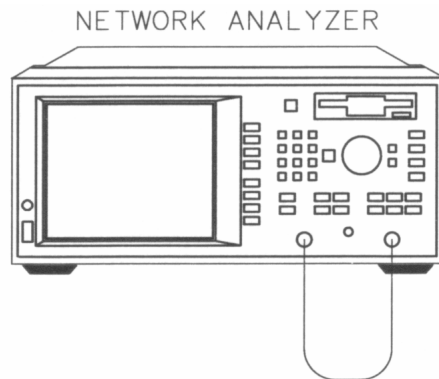
Ξεκινώντας την εκτέλεση του παραδείγματος και με τον αναλυτή κυκλωμάτων ενεργοποιημένο, πιέζουμε το πλήκτρο **PRESET** προκειμένου να θέσουμε το όργανο στην αρχική του κατάσταση αναιρώντας οποιεσδήποτε άλλες ρυθμίσεις έχουν γίνει από πριν. Κατόπιν πιέζουμε το πλήκτρο **MEAS 1** και επιλέγουμε **More** και εν συνεχεία **Power**.

Να σημειωθεί ότι σε αυτό το παράδειγμα το όργανο έχει τις προρυθμισμένες από το εργοστάσιο τιμές για τις διάφορες παραμέτρους (συχνότητα, εύρος, πλήθος σημείων δειγματοληψίας, ταχύτητα σάρωσης, κλπ). Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να αλλάξει κάποια από αυτές τις παραμέτρους προκειμένου να μπορέσει να εστιάσει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο των μετρήσεων αυτό θα πρέπει να το κάνει αυτή τη στιγμή. Διαφορετικά όλη η διαδικασία κανονικοποίησης που θα περιγραφεί παρακάτω ουσιαστικά αναιρείται.

*Προσοχή!:* Ο αναλυτής κυκλωμάτων διατρέχει σοβαρό κίνδυνο καταστροφής ενός ή περισσότερων βαθμίδων του σε περίπτωση που στην είσοδο του RF IN η εφαρμοζόμενη ισχύς ξεπερνά τα +20 dBm ή η τάση της παράμετρος είναι μεγαλύτερη από 30 Volt DC. Παρά το γεγονός ότι η ισχύς της γεννητριας του οργάνου δεν ξεπερνά τα προαναφερθέντα όρια, εάν η συσκευή που έχουμε συνδέσει λειτουργεί ως ενισχυτής τότε είναι απαραίτητη η χρήση εξασθενητή. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικ'α με τη χρήση του εξασθενητή κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μετρήσεων ανατρέξτε στο κεφάλαιο 3 του εγχειριδίου χρήσης του οργάνου [5], στην παράγραφο “When to Use Attenuation and Amplification in a Measurement Setup”.

Ξεκινώντας τη διαδικασία της κανονικοποίησης, ενδεικτικά αναφέρουμε ότι είναι ο πιο απλός τρόπος calibration. Το όργανο, μέσω αυτής της διαδικασίας, αποθηκεύει μια μέτρηση στη μνήμη και διαιρεί όλες τις μετέπειτα μετρήσεις που πραγματοποιούνται, με την αποθηκευμένη τιμή. Στην περίπτωσή μας εκτελούμε τη διαδικασία της κανονικοποίησης προκειμένου να εξαλείψουμε τα λάθη εκείνα στις μετρήσεις, που οφείλονται στις απώλειες παρεμβολής εξαιτίας του καλωδίου. Αφού πραγματοποιήσουμε τη σύνδεση που φαίνεται στο Σχήμα 60, πιέζουμε το πλήκτρο **FREQ**, επιλέγουμε **Start**, πληκτρολογούμε **10** και στη συνέχεια επιλέγουμε **MHz**.

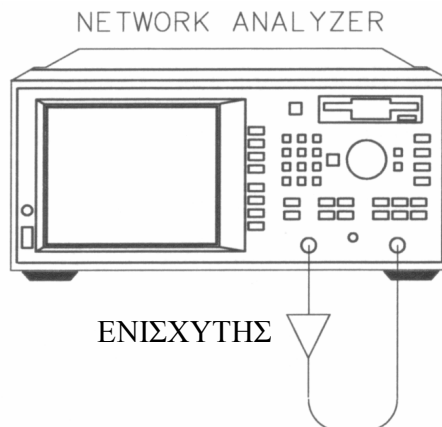




**Σχήμα 60.** Τρόπος σύνδεσης του οργάνου για την κανονικοποίηση των μετρήσεων

Στη συνέχεια πατάμε το πλήκτρο **DISPLAY** και επιλέγουμε **Normalize**. Με τον τρόπο αυτό το όργανο αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων στη μνήμη προκειμένου να εφαρμόσει τη διαδικασία της κανονικοποίησης των μετρήσεων.

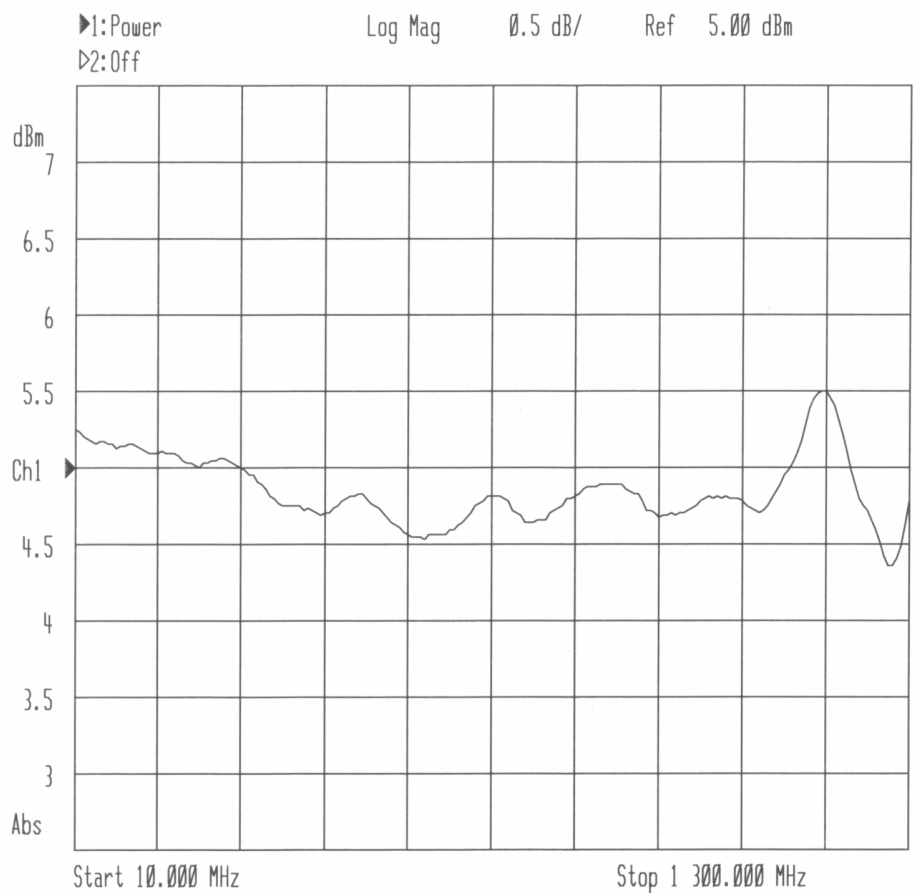
Κατόπιν συνδέουμε την DUT, στην περίπτωση μας ενισχυτής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 61 παρακάτω:



**Σχήμα 61.** Συνδεσμολογία λήψης των μετρήσεων

Για την απεικόνιση του γραφήματος πιέζουμε το πλήκτρο **SCALE** και επιλεγούμε **Autoscale**.

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση του περαδείγματός μας, στην οθόνη του οργάνου απεικονίζεται η μετρούμενη ισχύς στη θύρα RF IN του αναλυτή κυκλωμάτων. Η απεικόνιση του οργάνου για το παράδειγμα μέτρησης που εκτελέσαμε φαίνεται στο Σχήμα 62.



**Σχήμα 62.** Η απεικόνιση της μέτρησης της ισχύος σε λειτουργία ευρείας ζώνης

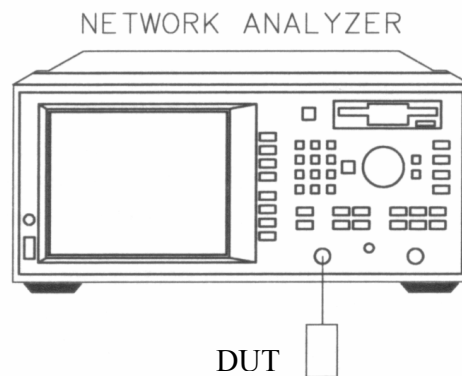
#### 5.4 Μετρώντας την εμπέδηση χρησιμοποιώντας το χάρτη Smith.

Η ισχύς η οποία ανακλάται από μία συσκευή ή κύκλωμα, έχει άμεση σχέση με τις σύνθετες αντιστάσεις της συσκευής (ή του κυκλώματος) και το σύστημα μέτρησης. Για παράδειγμα, η τιμή του παράγοντα ανάκλασης  $\Gamma$  είναι 0 μόνο όταν η σύνθετη αντίσταση της συσκευής και η σύνθετη αντίσταση του συστήματος είναι ίσες.

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται το πώς να μετρήσουμε την αντίσταση εισόδου ενός φίλτρου. Το φίλτρο είναι ένα ζωνοπερατό φίλτρο όπως αυτό που περιλαμβάνεται στη συσκευασία μαζί με τον αναλυτή κυκλωμάτων.

Επειδή όπως σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε αναφέρει και τονίζει τη χρησιμότητα του calibration του οργάνου πριν από κάθε μέτρηση, έτσι και σε αυτό το παράδειγμα θα εκτελέσουμε τη διαδικασία του calibration. Επειδή το είδος της μέτρησης είναι το ίδιο με το παράδειγμα της παραγράφου 5.2 «μετρώντας της απόκριση του κυκλώματος σε ανακλάσεις», ο τρόπος που θα πραγματοποιήσουμε το calibration είναι ακριβώς ίδιος με τον τρόπο που αναγράφεται στην παραπάνω παράγραφο και για το λόγο αυτό ο χρήστης θα πρέπει να ανατρέξει εκεί για την αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας, αφού πρώτα εισάγει τις ακόλουθες παραμέτρους που αφορούν στη μέτρηση που θα ακολουθήσει: Αρχικά πιέζουμε το πλήκτρο **PRESET** και κατόπιν το πλήκτρο **MEAS 1**. Επιλέγουμε **Reflection** και κατόπιν εισάγουμε την κεντρική συχνότητα πατώντας το πλήκτρο **FREQ**, επιλέγουμε **Center**, εισάγουμε **175** και ακολούθως επιλέγουμε **MHz**. Έπειτα ρυθμίζουμε το span στα 200 MHz επιλέγοντας **Span**, εισάγοντας **200**, και ακολούθως επιλέγουμε **MHz**.

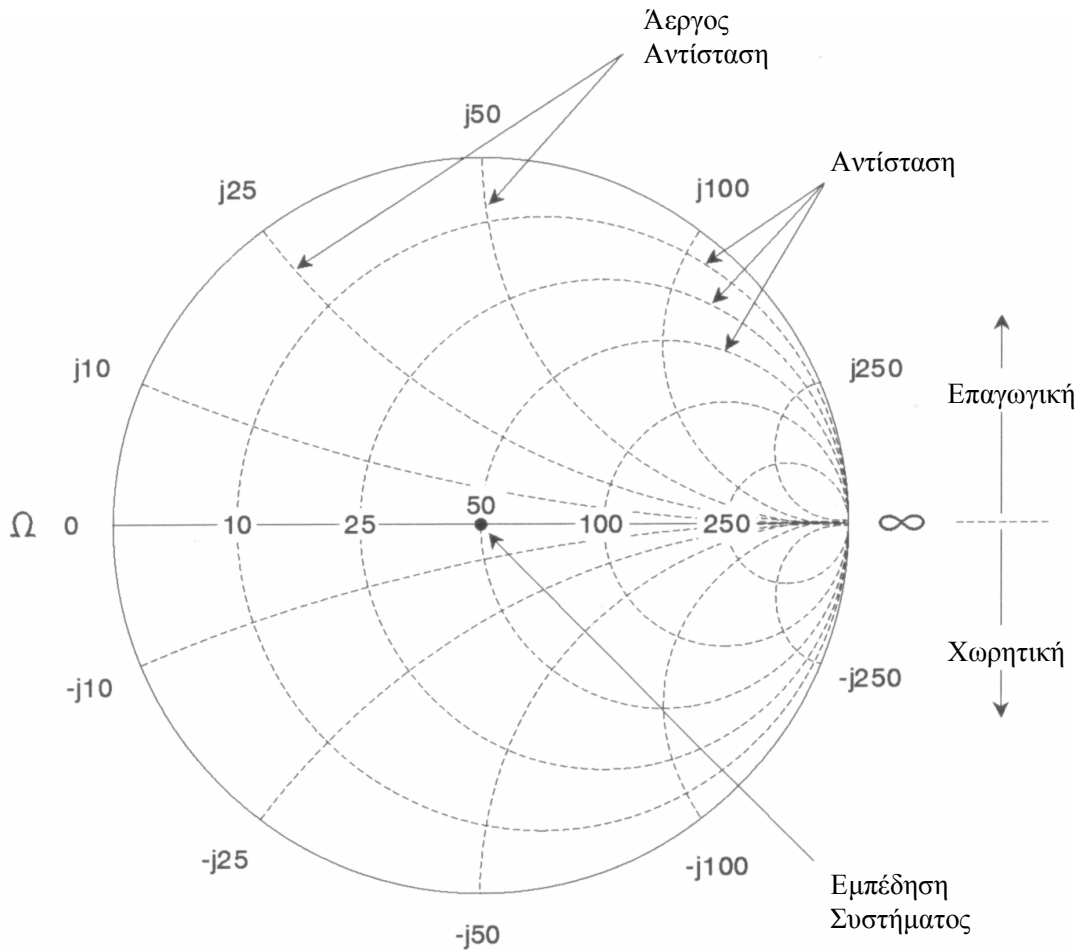
Αφού εκτελέσουμε με προσοχή τη διαδικασία του calibration συνδέουμε την DUT (συσκευή υπό δοκιμή) στον αναλυτή κυκλωμάτων, με τον τρόπο που φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 63



**Σχήμα 63.** Σύνδεση της DUT μιας θύρας

Έπειτα πατάμε το πλήκτρο **FORMAT** και επιλέγουμε **Smith Chart**.

Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή για το πώς ερμηνεύεται το γράφημα που παρατηρούμε στην οθόνη του αναλυτή κυκλωμάτων. Ένα ίδιο γράφημα φαίνεται στο Σχήμα 64.



**Σχήμα 64.** Ο χάρτης Smith

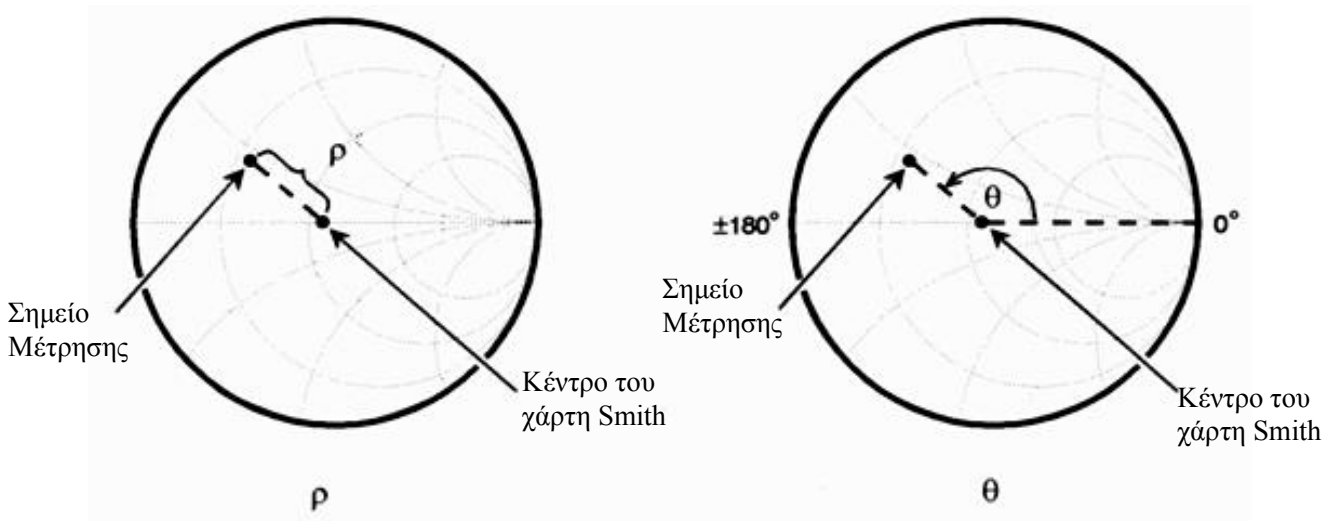
Ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί στο πραγματικό μέρος της εμπέδησης, δηλαδή την αντίσταση. Το μέσο (ή το κέντρο του κύκλου) της οριζόντιας γραμμής αντιστοιχεί στην εμπέδηση του συστήματος (για την περίπτωση μας είναι τα 50  $\Omega$ ).

Οι διακεκομμένοι κύκλοι που τέμνουν τον οριζόντιο άξονα αντιστοιχούν στη σταθερή αντίσταση ενώ οι διακεκομμένοι κύκλοι που εφάπτονται στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχούν στην άεργο αντίσταση (χωρητική ή επαγωγική).

Εάν ένα σημείο βρίσκεται στο πάνω μισό του χάρτη Smith σημαίνει πως η εμπέδηση είναι επαγωγική ενώ εάν βρίσκεται στο κάτω μισό του χάρτη σημαίνει πως η εμπέδηση είναι χωρητική.

Το μέτρο και η φάση (γωνία) του συντελεστή ανάκλασης  $A$  μπορούν να υπολογιστούν με τους ακόλουθους 2 τρόπους:

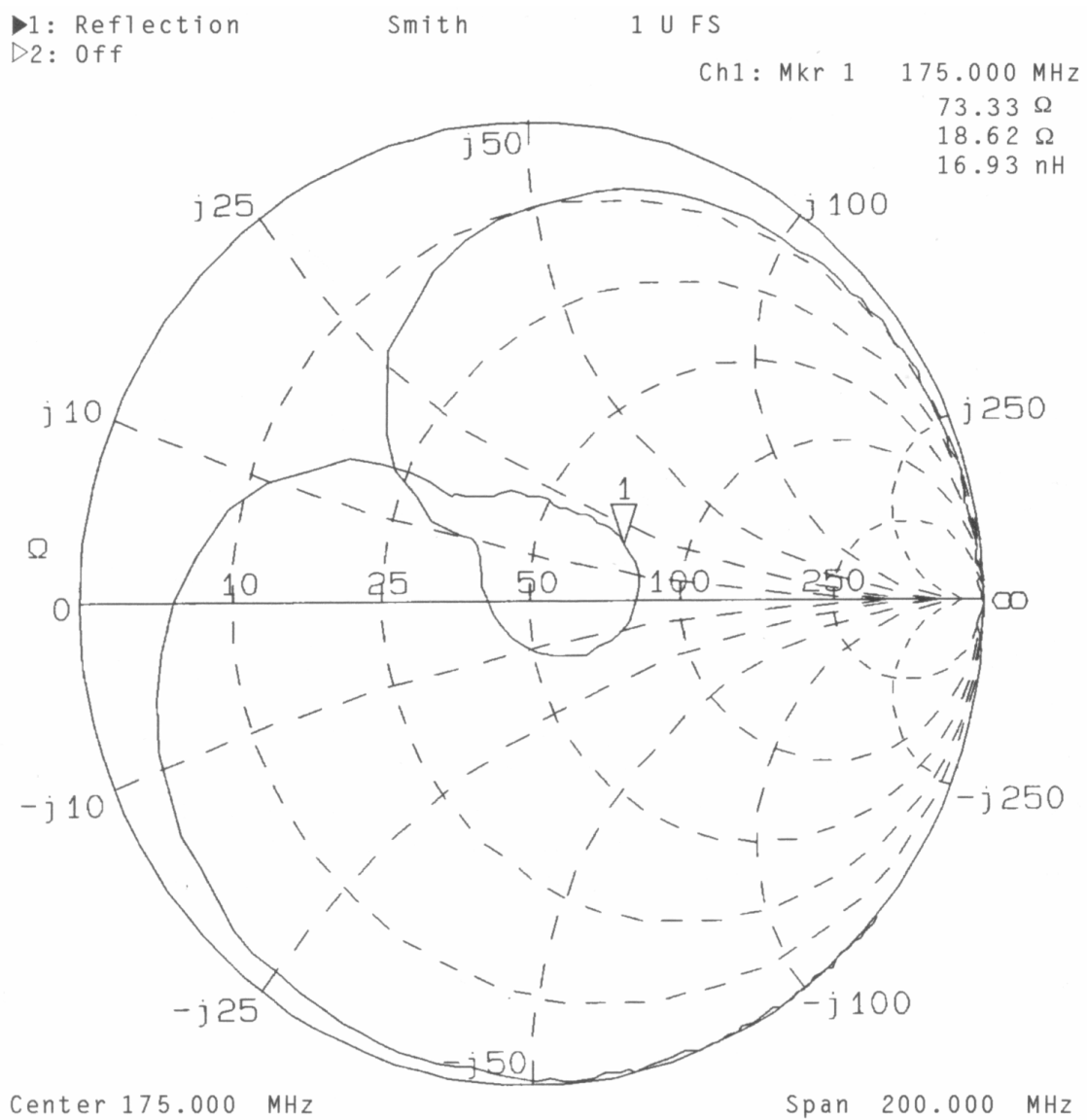
1<sup>ος</sup> τρόπος: Με τη βοήθεια του Σχήματος 65 έχουμε:  $\rho = |A|$  = η απόσταση από το σημείο μέτρησης μέχρι το κέντρο του χάρτη Smith. Ακόμα  $\theta$  = η φάση (ή γωνία) του  $A$  = η γωνία που σχηματίζεται από τον οριζόντιο άξονα του χάρτη Smith, και το ευθύγραμμο τμήμα από το κέντρο του χάρτη μέχρι το σημείο μέτρησης.



**Σχήμα 65.** Εύρεση του μέτρου και της φάσης του διανύσματος επάνω στο χάρτη Smith

2<sup>ος</sup> τρόπος: Αλλάζοντας το είδος της απεικόνισης των μετρήσεων σε απεικόνιση σε πολική μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται πατώντας το πλήκτρο **FORMAT** και επιλέγοντας **Polar**

Στο Σχήμα 66 που ακολουθεί, φαίνεται ένα παράδειγμα από μια μέτρηση στο εργαστήριο. Στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης φαίνονται οι τιμές για το σημείο που είναι τοποθετημένος ο marker. Αυτές οι τιμές είναι η συχνότητα, η αντίσταση, η αντίδραση (το φανταστικό μέρος της εμπέδησης) και η χωρητική ή επαγωγική αντίδραση.



Σχήμα 66. Απεικόνιση της μέτρησης πάνω στο χάρτη Smith

### 5.5 Μέτρηση του SWR και εξαγωγή του Χάρτη Smith Λογαριθμοπεριοδικής κεραίας

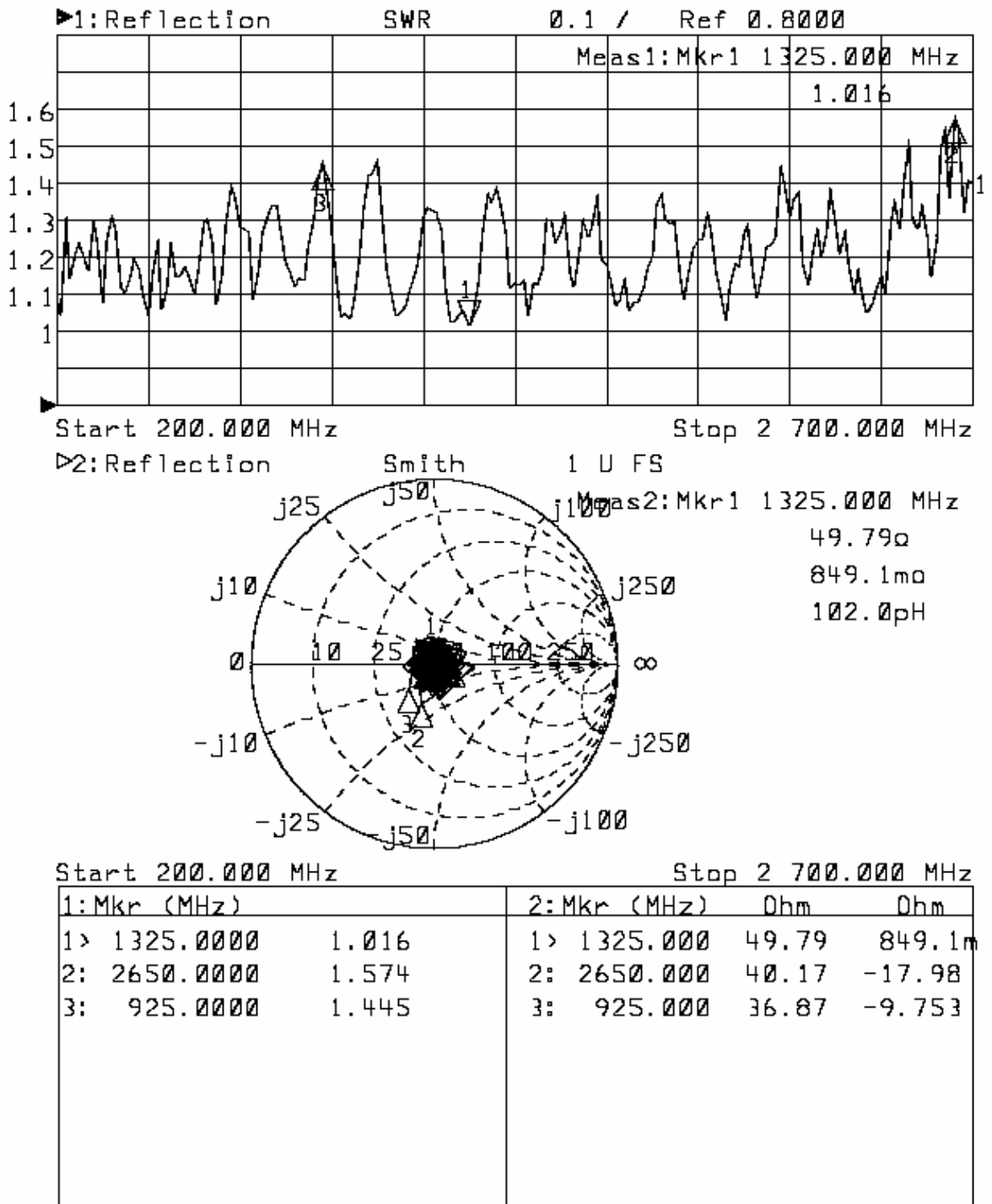
Αφού συνδέσουμε την κεραία στη θύρα REFLECTION RF OUT του network analyzer με καλώδιο 50 Ω, με ακροδέκτες n-type, πιέζουμε το πλήκτρο MEAS 1, και επιλέγουμε **Reflection** ενεργοποιώντας έτσι τη

θύρα REFLECTION RF OUT. Κατόπιν πιέζουμε το πλήκτρο **FORMAT** και επιλέγουμε **SWR** δηλώνοντας έτσι στο όργανο ότι θα πραγματοποιήσουμε μετρήσεις του SWR, μέσω του καναλιού 1, ενώ το σήμα θα μετράται στη θύρα REFLECTION RF OUT. Ακολούθως πιέζουμε το πλήκτρο **FREQ** και με τη βοήθεια των λειτουργιών **Start** και **Stop** εισάγουμε την αρχική και την τελική συχνότητα του φάσματος το οποίο ενδιαφερόμαστε να μελετήσουμε. Στην περίπτωσή μας η αρχική συχνότητα είναι τα 0,2 GHz και η τελική τα 2,7 GHz που είναι η περιοχή συχνοτήτων στην οποία είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί η κεραία μας.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις μας και καλύτερη απεικόνιση του γραφήματος του SWR μπορούμε να μεταβάλλουμε τη στάθμη αναφοράς πιέζοντας το πλήκτρο **SCALE** και επιλέγοντας **Reference Level** (π.χ. 0.8). Επίσης μπορούμε να μεταβάλλουμε και την τιμή της παραμέτρου Scale/Div πιέζοντας το πλήκτρο **SCALE** και επιλέγοντας **Scale/Div** (π.χ. 0.1). Έπειτα πατώντας το πλήκτρο **DISPLAY**, επιλέγουμε **More Display** και θέτουμε τη λειτουργία **Split Display** σε κατάσταση split. Έπειτα πατάμε το πλήκτρο **MEAS 2**, ενεργοποιώντας το δεύτερο κανάλι μετρήσεων και πιέζοντας το πλήκτρο **FORMAT** επιλέγουμε **Smith Chart** δηλώνοντας έτσι στο όργανο ότι θα πραγματοποιήσουμε μετρήσεις με χρήση του χάρτη Smith, μέσω του καναλιού 2.

Έστω ότι αναζητούμε σε ποια συχνότητα η κεραία μας έχει το μικρότερο και το μεγαλύτερο SWR. Τα μεγέθη αυτά μπορούμε πολύ εύκολα να τα καταγράψουμε αναθέτοντας στους markers να βρουν τα μέγιστα και τα ελάχιστα σημεία του γραφήματος. Αυτό επιτυγχάνεται πιέζοντας το πλήκτρο **MARKER**, επιλέγουμε τη λειτουργία **Marker Search** και κατόπιν επιλέγουμε κάποια από τις λειτουργίες **Max Search** ή **Min Search** για την τοποθέτηση του ενεργού marker στη συχνότητα εκείνη που η κεραία παρουσιάζει τον μέγιστο ή τον ελάχιστο SWR αντίστοιχα. Πρέπει να πούμε ότι εάν θέλουμε να εμφανίζονται περισσότεροι από ένας marker στην οθόνη μας, θα πρέπει πρώτα να τους ενεργοποιήσουμε και μετά να «αναθέσουμε» σε κάθε marker σε ποιο σημείο θα τοποθετηθεί.

Το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω φαίνεται στο Σχήμα 67 στο οποίο απεικονίζονται οι μετρήσεις που πήραμε για τη λογαριθμοπεριοδική κεραία της οποίας τα χαρακτηριστικά παρατίθενται στο τμήμα Α του παραρτήματος. Οι marker 1, 2 είναι τοποθετημένοι στις συχνότητες που αντιστοιχούν στον χαμηλότερο και στον υψηλότερο SWR αντίστοιχα, ενώ ο marker 3 είναι τοποθετημένος στη συχνότητα 925 MHz όπου η κεραία μας παρουσιάζει αρκετά υψηλό SWR. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις η κεραία μας βρισκόταν αρκετά ψηλά και σε οπτική επαφή με τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας της Cosmote, της TIM και της VODAFONE οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή της Μαλάξας.



Σχήμα 67. Απεικόνιση των μετρήσεων σε λογαριθμοπεριοδική κεραία

Αυτό σημαίνει ότι στη συγκεκριμένη συχνότητα (στους 925-960 megahertz βρίσκεται η extended μπάντα του DownLink της Cosmote ενώ στην περιοχή συχνοτήτων 935 MHz – 960 MHz βρίσκεται το



DownLink των εταιριών TIM και VODAFONE) η κεραία λαμβάνει τις εκπομπές από τις κεραίες της κινητής τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα η λαμβανόμενη ισχύς να εισέρχεται στο όργανο και εκείνο να την αντιλαμβάνεται ως ανάκλαση που οφείλεται στη μη προσαρμογή της κεραίας. Ένας τρόπος για να αποφευχθεί το παραπάνω, είναι να τοποθετήσουμε την κεραία σε ανηχοικό θάλαμο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## Α. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΠΕΡΙΟΔΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

**PMM** Costruzioni Elettroniche  
Centro Misure Radioelettriche S.r.l.

Headquarters Via Leonardo da Vinci, 21/23  
20090 Segrate (MI) - ITALY  
Tel.: +39 02 26952421 Fax: +39 02 26952406  
Manufacturing Plant Via Benessea, 29/B  
17035 Cisano sul Neva (SV)  
Tel.: +39 0182 58641 Fax: +39 0182 586400  
Server <http://www.pmm.it>, e-mail: [pmm@pmm.it](mailto:pmm@pmm.it)

## CERTIFICATE OF CALIBRATION

### Certificato di taratura

**Number 30912**  
Numero

**Item** Log Periodic Dipole Array  
*Oggetto*

**Manufacturer** PMM  
*Costruttore*

**Model** LP 02  
*Modello*

**Serial number** 0010J30912  
*Matricola*

**Calibration method** Internal procedure  
*Metodo di taratura* PTP 09 34

**Date(s) of measurements** 26.08.2003  
*Data(e) delle misure*

**Result of calibration** Measurements results within  
*Risultato della taratura* 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 PMM (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 PMM 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.



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

26.08.2003

**Measure Operator**  
*Operatore misure*

*Fabrizio Calcagno*  
Fabrizio Calcagno

**Person responsible**  
*Responsabile*

*Gilberto Basso*  
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.



Costruzioni Elettroniche Centro Misure Radioelettriche S.r.l.

Calibration Certificate number 30912

Page 2 of 3

The calibration was carried out at an ambient temperature of  $(23 \pm 10)^\circ\text{C}$  and at a relative humidity of  $(50 \pm 20)\%$ .

**Calibration equipment and traceability** The equipment used for this calibration are traceable to the reference listed below (accuracy rating A) and the traceability of them is guaranteed by ISO 9001 PMM internal procedure.

ID Number	Standard	Equipment	Model	Trace
CMR 143	R.F.power	Power Sensor	HP 8484A	NPL
CMR 146		Power Sensor	HP 8482A	NPL
CMR 246	Frequency	Rubidium Oscillator	R&S XSRM	IEN
CMR 245		GPS Control System	ESAT GPS100	IEN
CMR 211	DC Voltage	DC Voltage Standard	YOKOGAWA 2552	SIT
CMR 212	DC Current	Current Unit Standard	YOKOGAWA 2561	SIT
CMR 210	AC Voltage and Current	AC Voltage Current Standard	YOKOGAWA 2558	SIT
PMM 334	Attenuation & Return Loss	Calibration Kit	HP 85032B - Male	SIT
PMM 335			HP 85032B -Female	SIT
CMR 253	Pulse (Rise Time)	Impulse Generator	HP 54720D	HP-NIST
PMM 391	Resistor	Multimeter	HP 34401A	SIT
PMM 407	Inductor and Capacitor	LCR meter	HP 4263A	SIT

**Uncertainty of measurements**

The statement of uncertainty (see first page) does not make any implication or include any estimation as to the long term stability of the calibrated monitor. The antenna factor expanded uncertainty result  $\pm 2$  dB.



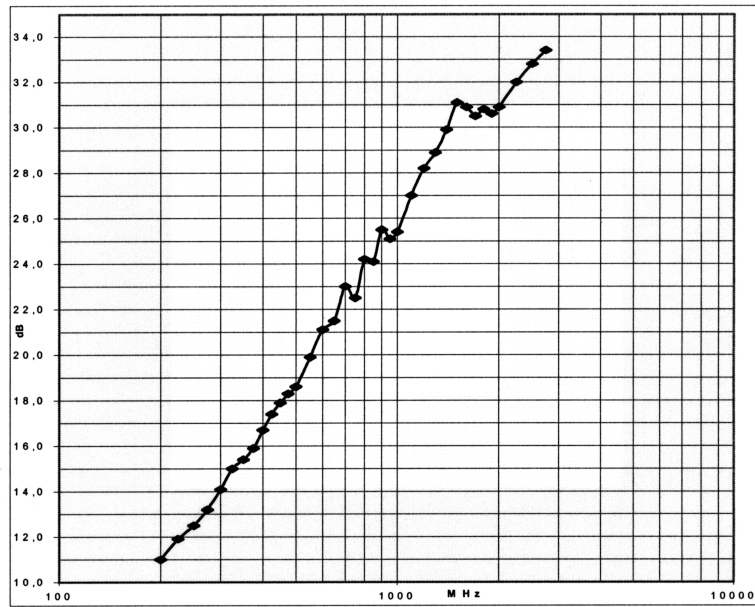
Calibration Certificate number 30912

Page 3 of 3

**Result of measurements**

Manufacturer **PMM**  
 Antenna **Log Periodic Dipole Array**  
 Model **LP 02**  
 Serial Number **0010J30912**  
 Calibration Distance & Polarization **3,0 m Horizontal**  
 Receiving Antenna Height **1-4 m**  
 Transmitting Antenna Height **1 m**

Frequency (MHz)	A F (dB 1/m)
200	11,0
225	11,9
250	12,5
275	13,2
300	14,1
325	15,0
350	15,4
375	15,9
400	16,7
425	17,4
450	17,9
475	18,3
500	18,6
550	19,9
600	21,1
650	21,5
700	23,0
750	22,5
800	24,2
850	24,1
900	25,5
950	25,1
1000	25,4
1100	27,0
1200	28,2
1300	28,9
1400	29,9
1500	31,1
1600	30,9
1700	30,5
1800	30,8
1900	30,6
2000	30,9
2250	32,0
2500	32,8
2750	33,4



**B. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΔΙΚΩΝΙΚΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ**

**PMM** Costruzioni Elettroniche  
Centro Misure Radioelettriche S.r.l.

Headquarters Via Leonardo da Vinci, 21/23  
20090 Segrate (MI) - ITALY  
Tel.: +39 02 26952421 Fax: +39 02 26952406  
Manufacturing Plant Via Benessea, 29/B  
17035 Cisano sul Neva (SV)  
Tel.: +39 0182 58641 Fax: +39 0182 586400  
Server <http://www.pmm.it>, e-mail: [pmm@pmm.it](mailto:pmm@pmm.it)

**CERTIFICATE OF CALIBRATION**  
**Certificato di taratura**

**Number 30912**  
**Numero**

<b>Item</b> <i>Oggetto</i>	Biconical Dipole Antenna	<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).</p> <p>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 PMM (accuracy rating B) by means of reference standard A or by other accredited calibration laboratory.</p> <p>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%).</p> <p>The uncertainties are calculated in conformity to the ISO Guide (Guide to the expression of uncertainty in measurement).</p> <p>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</p> <p>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).</p> <p>La verifica della tracciabilità è garantita elencando gli strumenti presenti nella catena di misura.</p> <p>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 PMM con riferibilità ai campioni di prima linea oppure tarati da Enti esterni accreditati (classe B).</p> <p>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%).</p> <p>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>
<b>Manufacturer</b> <i>Costruttore</i>	PMM	
<b>Model</b> <i>Modello</i>	BC 01	
<b>Serial number</b> <i>Matricola</i>	0010J30912	
<b>Calibration method</b> <i>Metodo di taratura</i>	Internal procedure PTP 09 34	
<b>Date(s) of measurements</b> <i>Data(e) delle misure</i>	25.07.2003	
<b>Result of calibration</b> <i>Risultato della taratura</i>	Measurements results within specifications	



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

25.07.2003

**Measure Operator**  
*Operatore misure*

*Fabrizio Calcagno*  
Fabrizio Calcagno

**Person responsible**  
*Responsabile*

*Gilberto Basso*  
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.

The calibration was carried out at an ambient temperature of  $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$  and at a relative humidity of  $(50 \pm 10) \%$ .

**Calibration equipment and traceability** The equipment used for this calibration are traceable to the reference listed below (accuracy rating A) and the traceability of them is guaranteed by ISO 9001 PMM internal procedure.

ID Number	Standard	Equipment	Model	Trace
CMR 143	R.F.power	Power Sensor	HP 8484A	NPL
CMR 146		Power Sensor	HP 8482A	NPL
CMR 246	Frequency	Rubidium Oscillator	R&S XSRM	IEN
CMR 245		GPS Control System	ESAT GPS100	IEN
CMR 211	DC Voltage	DC Voltage Standard	YOKOGAWA 2552	SIT
CMR 212	DC Current	Current Unit Standard	YOKOGAWA 2561	SIT
CMR 210	AC Voltage and Current	AC Voltage Current Standard	YOKOGAWA 2558	SIT
PMM 334	Attenuation & Return Loss	Calibration Kit	HP 85032B - Male	SIT
PMM 335			HP 85032B -Female	SIT
CMR 253	Pulse (Rise Time)	Impulse Generator	HP 54720D	HP-NIST
PMM 391	Resistor	Multimeter	HP 34401A	SIT
PMM 407	Inductor and Capacitor	LCR meter	HP 4263A	SIT

**Uncertainty of measurements**

The statement of uncertainty (see first page) does not make any implication or include any estimation as to the long term stability of the calibrated monitor. The antenna factor expanded uncertainty result  $\pm 2$  dB



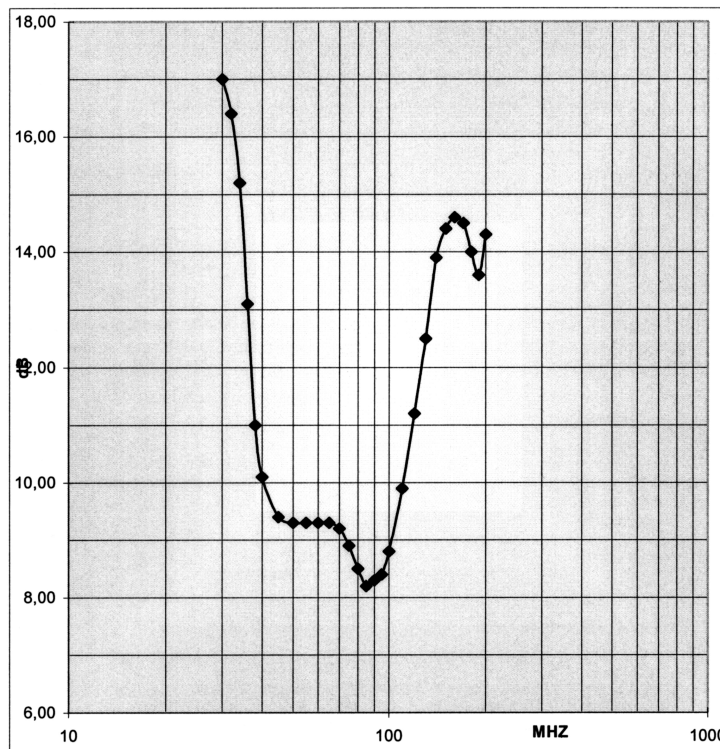
Calibration Certificate number 30912

Page 3 of 3

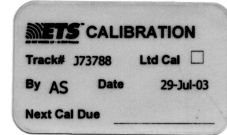
**Result of measurements**

Manufacturer **PMM**  
 Antenna **Biconical Dipole Antenna**  
 Model **BC 01**  
 Serial Number **0010J30912**  
 Calibration methode **ANSI C63.5**  
 Calibration Distance & Polarization **3,0 m Horizontal**  
 Receiving Antenna Height **1-4 m**  
 Transmitting Antenna Height **1 m**

Frequency (MHz)	AF (dB 1/m)
30	17,00
32	16,40
34	15,20
36	13,10
38	11,00
40	10,10
45	9,40
50	9,30
55	9,30
60	9,30
65	9,30
70	9,20
75	8,90
80	8,50
85	8,20
90	8,30
95	8,40
100	8,80
110	9,90
120	11,20
130	12,50
140	13,90
150	14,40
160	14,60
170	14,50
180	14,00
190	13,60
200	14,30



**Γ. ΦΥΛΛΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΧΟΑΝΟΚΕΡΑΙΑΣ**



Cert I.D.: 30375  
Lab Code 115844/1207.01

*Certificate of Calibration Conformance*  
Page 1 of 2

The instrument identified below has been individually calibrated in compliance with the following standard(s):

SAE, ARP-958 - 1997, Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method, Society of Automotive Engineers, Aerospace Recommended Practice

Environment: Laboratory MTE is maintained in a temperature controlled environment with ambient conditions from 18 to 28 C, relative humidity less than 90%. The instrument under test has been calibrated in environment which has no known influences on measurement quality.

<b>Manufacturer:</b>	EMCO	<b>Operating Range:</b>	1 - 18 GHz
<b>Model Number:</b>	3115	<b>Instrument Type:</b>	DRG Horn (Medium)
<b>Serial Number / ID:</b>	00024566		
<b>Tracking Number:</b>	J73788		
<b>Date Completed:</b>	29-Jul-03		
<b>Test Type:</b>	1 Meter, Horizontal		
<b>Calibration Uncertainty:</b>	01m	1 - 18 GHz, +/-0.3 dB	
(95% Confidence Level)	03m	1 - 18 GHz +/- 1.0 dB	

**Test Remarks:** None

Calibration Traceability: All Measuring and Test Equipment (M/TE) identified below are traceable to the National Institute for Standards and Technology (NIST). Calibration Laboratory and Quality System controls are compliant with ISO/IEC 17025-1999.

<b>Standards and Equipment Used:</b>	<b>Condition of Instrument On Release:</b>
<b>Make / Model / Name / S/N / Recall Date</b>	<b>On Release:</b>
Hewlett Packard 8720A Network Analyzer 2749A00347 21-Feb-04	In Tolerance to Internal Quality Standards

*Alan Schifferdecker*  
Calibration Completed By  
Alan Schifferdecker, Cal Lab Technician

*Ronald W. Bethel*  
Attested and Issued on 29-Jul-03  
Ronald W. Bethel, Calibration Lab Supervisor

This document provides traceability of measurements to recognized national standards using controlled processes at the ETS-Lindgren Calibration Laboratory. Uncertainties listed are derived from the methods described by NIST Tech Note 1297. This certificate and report may not be reproduced, except in full, without the written approval of ETS-Lindgren Calibration Laboratory in accordance with ISO/IEC 17025-1999. QAF 1107 (07/03)





**Gain and Antenna Factors for Double Ridged Guide Antenna**  
**Manufactured by EMC Test Systems**  
**Model Number: 3115    Serial Number: 00024566**  
**1.0 Meter Calibration                      Polarization: Horizontal**

Frequency (MHz)	Antenna Factor (dB/m)	Gain Numeric	Gain dBi
1000	24.4	3.79	5.8
1500	25.8	6.27	8.0
2000	27.8	7.03	8.5
2500	28.6	9.03	9.6
3000	30.5	8.48	9.3
3500	31.5	9.04	9.6
4000	32.7	9.05	9.6
4500	32.6	11.77	10.7
5000	34.3	9.86	9.9
5500	34.6	11.00	10.4
6000	34.6	13.11	11.2
6500	34.9	14.23	11.5
7000	36.0	12.94	11.1
7500	37.2	11.37	10.6
8000	37.2	12.81	11.1
8500	37.6	13.20	11.2
9000	37.8	13.99	11.5
9500	38.1	14.80	11.7
10000	38.5	14.87	11.7
10500	38.2	17.47	12.4
11000	38.3	18.82	12.7
11500	39.4	15.99	12.0
12000	38.8	20.12	13.0
12500	39.1	20.30	13.1
13000	40.0	17.86	12.5
13500	40.7	16.31	12.1
14000	41.6	14.24	11.5
14500	41.2	16.64	12.2
15000	40.3	22.00	13.4
15500	38.1	39.23	15.9
16000	37.9	43.31	16.4
16500	39.5	32.16	15.1
17000	41.3	22.38	13.5
17500	45.0	10.15	10.1
18000	51.8	2.23	3.5

Specification compliance testing factor (1.0 meter spacing) to be added to receiver meter reading in dBV to convert to field intensity in dBV/meter. Calibrated 29 Jul 03 (DD/MM/YYYY). Calibration per ARP 958.

**Δ. ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ STANDRDS ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ UHF IV ΚΑΙ UHF V**

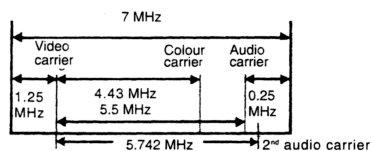
**KATHREIN**

**Technical Appendix  
TV Standards**

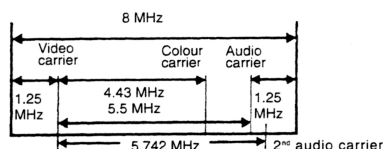
Country	VHF	UHF	Colour system	Country	VHF	UHF	Colour system
Albania	B	G	PAL	Lithuania	D	K	SECAM
Algeria	B	G	PAL	Luxembourg	B	G	PAL
Argentina	N	-	PAL			L	SECAM
Australia	B	B	PAL	Malaysia	B	G	PAL
Austria	B	G	PAL	Malta	B	-	PAL
Bahrain	B	G	PAL	Mexico	M	M	NTSC
Belgium	B	H	PAL	Monaco	L	G	SECAM
Bulgaria	D	K	SECAM		-	G	PAL
Canada	M	M	NTSC	Morocco	B	G	SECAM
China	D	K	PAL	Netherlands	B	G	PAL
CIS (ex USSR)	D	K	SECAM	New Zealand	B	G	PAL
Cyprus	B	G	SECAM	Nigeria	B	I	PAL
Czechoslovakia	D	K	SECAM	Oman	B	G	PAL
Denmark	B	G	PAL	Pakistan	B	-	PAL
Egypt	B	G	SECAM	Philippines	M	-	NTSC
England	-	I	PAL	Poland	D	K	SECAM
Estonia	D	K	SECAM	Portugal	B	G	PAL
Finland	B	G	PAL	Qatar	B	G	PAL
France	L	L	SECAM	Romania	D	K	PAL
Gibraltar	B	G	PAL	Saudi Arabia	B	G	SECAM
Greece	B	G	SECAM	Singapore	B	G	PAL
Hong Kong	-	L	PAL	Slovakia	D	K	SECAM
Hungary	D	K	SECAM	South Africa	I	I	PAL
Iceland	B	G	PAL	Spain	B	G	PAL
India	B	-	PAL	Sri Lanka	B	-	PAL
Indonesia	B	-	PAL	Sweden	B	G	PAL
Iran	B	G	SECAM	Switzerland	B	G	PAL
Iraq	B	G	SECAM	Syria	B	G	PAL
Ireland	I	I	PAL	Thailand	B	G	PAL
Israel	B	G	PAL	Tunisia	B	G	SECAM/PAL
Italy	B	G	PAL	Turkey	B	G	PAL
Japan	M	M	NTSC	United Emirates	B	G	NTSC
Jordan	B	G	PAL	USA	M	M	NTSC
Korea (South)	M	M	NTSC	Vietnam	D	K	SECAM
Kuwait	B	G	PAL	Yemen (North)	B	-	PAL
Latvia	D	K	SECAM	Yemen (South)	B	-	PAL
Lebanon	B	G	SECAM	Yugoslavia (former)	B	G	PAL
Libya	B	G	SECAM				

CCIR-Standard	B	D	G	H	I	K	K1	L	M	N
Number of lines	625	625	625	625	625	625	625	625	525	625
Channel bandwidth	MHz	7	8	8	8	8	8	8	6	6
Video bandwidth	MHz	5	6	5	5	5.5	6	6	4.2	4.2
Video-to-sound spacing	MHz	+5.5 (+5.742)	+6.5	+5.5 (+5.742)	+5.5	+6	+6.5	+6.5	+4.5	+4.5
Vestigial side band	MHz	0.75	0.75	0.75	1.25	1.25	0.75	1.25	0.75	0.75
Picture modulation		Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Pos.	Neg.
Sound modulation		FM	FM	FM	FM	FM	FM	FM	AM	FM

**Channel Division, Band I, Midband, Band III, Superband, Standard B**



**Channel Division, Ext. Superband, Band IV/V, Standard G**



**KATHREIN**

**Technical Appendix  
Channel Allocation**

TV Bands	Channel	Channel limits MHz	Video carrier MHz	1. Audio carrier <sup>1)</sup> MHz	
<b>Standard B + G Europe (+ H. I. K. L for B IV/V)<sup>2)</sup></b>					
I	2	47-54	48.25	53.75	
	3	54-61	55.25	60.75	
	4	61-68	62.25	67.75	
Midband	S 2	111-118	112.25	117.75	
	S 3	118-125	119.25	124.75	
	S 4	125-132	126.25	131.75	
	S 5	132-139	133.25	138.75	
	S 6	139-146	140.25	145.75	
	S 7	146-153	147.25	152.75	
	S 8	153-160	154.25	159.75	
	S 9	160-167	161.25	166.75	
	S 10	167-174	168.25	173.75	
III	5	174-181	175.25	180.75	
	6	181-188	182.25	187.75	
	7	188-195	189.25	194.75	
	8	195-202	196.25	201.75	
	9	202-209	203.25	208.75	
	10	209-216	210.25	215.75	
	11	216-223	217.25	222.75	
	12	223-230	224.25	229.75	
	Superband	S 11	230-237	231.25	236.75
		S 12	237-244	238.25	243.75
		S 13	244-251	245.25	250.75
S 14		251-258	252.25	257.75	
S 15		258-265	259.25	264.75	
S 16		265-272	266.25	271.75	
S 17		272-279	273.25	278.75	
S 18		279-286	280.25	285.75	
S 19		286-293	287.25	292.75	
S 20		293-300	294.25	299.75	
Extended superband		S 21	302-310	303.25	308.75
	S 22	310-318	311.25	316.75	
	S 23	318-326	319.25	324.75	
	S 24	326-334	327.25	332.75	
	S 25	334-342	335.25	340.75	
	S 26	342-350	343.25	348.75	
	S 27	350-358	351.25	356.75	
	S 28	358-366	359.25	364.75	
	S 29	366-374	367.25	372.75	
	S 30	374-382	375.25	380.75	
	S 31	382-390	383.25	388.75	
	S 32	390-398	391.25	396.75	
	S 33	398-406	399.25	404.75	
	S 34	406-414	407.25	412.75	
	S 35	414-422	415.25	420.75	
	S 36	422-430	423.25	428.75	
	S 37	430-438	431.25	436.75	
	S 38	438-446	439.25	444.75	
IV	21	470-478	471.25	476.75	
	22	478-486	479.25	484.75	
	23	486-494	487.25	492.75	
	24	494-502	495.25	500.75	
	25	502-510	503.25	508.75	
	26	510-518	511.25	516.75	
	27	518-526	519.25	524.75	
	28	526-534	527.25	532.75	
	29	534-542	535.25	540.75	
	30	542-550	543.25	548.75	
	31	550-558	551.25	556.75	
	32	558-566	559.25	564.75	
	33	566-574	567.25	572.75	
	34	574-582	575.25	580.75	
	35	582-590	583.25	588.75	
	36	590-598	591.25	596.75	
	37	598-606	599.25	604.75	

TV Bands	Channel	Channel limits MHz	Video carrier MHz	1. Audio carrier <sup>1)</sup> MHz
V	38	606-614	607.25	612.75
	39	614-622	615.25	620.75
	40	622-630	623.25	628.75
	41	630-638	631.25	636.75
	42	638-646	639.25	644.75
	43	646-654	647.25	652.75
	44	654-662	655.25	660.75
	45	662-670	663.25	668.75
	46	670-678	671.25	676.75
	47	678-686	679.25	684.75
	48	686-694	687.25	692.75
	49	694-702	695.25	700.75
	50	702-710	703.25	708.75
	51	710-718	711.25	716.75
	52	718-726	719.25	724.75
	53	726-734	727.25	732.75
	54	734-742	735.25	740.75
	55	742-750	743.25	748.75
	56	750-758	751.25	756.75
	57	758-766	759.25	764.75
	58	766-774	767.25	772.75
	59	774-782	775.25	780.75
	60	782-790	783.25	788.75
	61	790-798	791.25	796.75
	62	798-806	799.25	804.75
	63	806-814	807.25	812.75
	64	814-822	815.25	820.75
	65	822-830	823.25	828.75
	66	830-838	831.25	836.75
	67	838-846	839.25	844.75
	68	846-854	847.25	852.75
	69	854-862	855.25	860.75
	<b>Standard D OIRT</b>			
B I	R I	48.5- 56.5	49.75	56.25
	R II	58- 66	59.25	65.75
	R III	76- 84	77.25	83.75
(B II)	R IV	84- 90	85.25	91.75
	R V	92- 102	93.25	99.75
Special channels	s1	110-118	111.25	117.75
	s2	118-126	119.25	125.75
	s3	126-134	127.25	133.75
	s4	134-142	135.25	141.75
	s5	142-150	143.25	149.75
	s6	150-158	151.25	157.25
	s7	158-166	159.25	165.75
	s8	166-174	167.25	173.75
(B III)	R VI	174-182	175.27	181.75
	R VII	182-190	183.25	189.75
	R VIII	190-198	191.25	197.75
	R IX	198-206	199.25	205.75
	R X	206-214	207.25	213.75
	R XI	214-222	215.25	221.75
	R XII	222-230	223.25	229.75
Special channels	s9 etc. s38	230-238	231.25	237.75
		462-470	463.25	469.75

<sup>1)</sup> 2nd audio carrier = video carrier +5.742 MHz

<sup>2)</sup> Deviant audio carriers

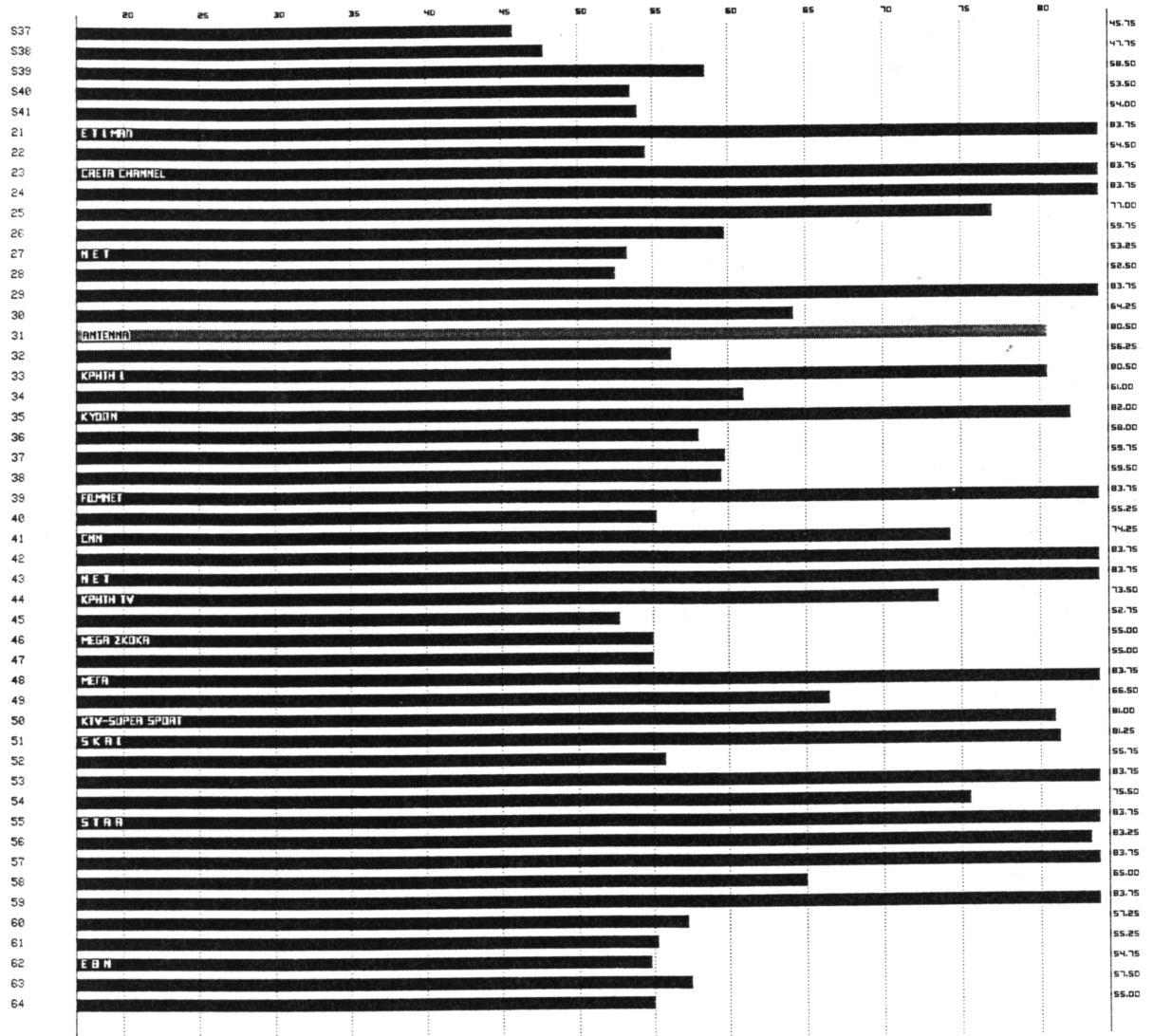
Standard I:

Audio carrier = Video carrier +6 MHz

Standard K, L:

Audio carrier = Video carrier +6.5 MHz

**Ε. ΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΩΝ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ**



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Hewlett Packard, HP 8590 SERIES, SPECTRUM ANALYZER, Operating Manual
- [2] Agilent 82357A, USB/GPIB Interface for Windows, User's Guide
- [3] Agilent E4444 BenchLink Spectrum Analyzer, Getting Started Guide
- [4] KATHREIN, Satellite and Terrestrial Antenna Products and Systems, Catalogue 2002
- [5] HP 8712ET and HP 8714ET RF Network Analyzers User's Guide
- [6] Hewlett Packard, HP 8590B/8592B, SPECTRUM ANALYZER, Installation and Verification Manual
- [7] The Fundamentals of Signal Analysis, Application Note 243, Agilent Technologies
- [8] Σημειώσεις μαθήματος «Αρχές Σχεδιασμού Δικτύων GSM»
- [9] Σημειώσεις μαθήματος «Κινητές και Δορυφορικές Επικοινωνίες»
- [10] C.A. Balanis, "Antenna Theory and Design"
- [11] John D. Kraus, Antennas, 2ed