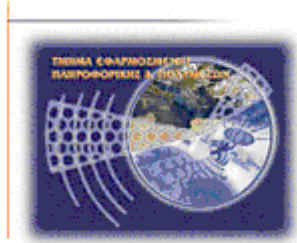




# Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων



## Πτυχιακή εργασία

**Τίτλος: “Ανάπτυξη Μεθοδολογίας και αντίστοιχου Λογισμικού για την λήψη βασικών μετρήσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας”**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**Επιβλέπων καθηγητής: Μιαουδάκης Ανδρέας**





## *Ευχαριστίες*

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μιαουδάκη Ανδρέα του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων (Ε.Π.Π) του ΤΕΙ Κρήτης, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλα τα σχετικά θέματα για την πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και τον Επίκουρο καθηγητή Στρατάκη Δημήτριο για την παροχή πολύτιμων γνώσεων όποτε και αν τον χρειάστηκα , ανεξάρτητα από ημέρα και ώρα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν όχι μόνο υλικά, αλλά κυρίως ψυχολογικά κατά το διάστημα πραγματοποίησης της εργασίας αυτής. Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωσή μου.

**Ευχαριστώ θερμά !**







## *Abstract*

The explosive growth of wireless communications has motivated the “re”consideration of spread-spectrum techniques for multiuser communications. As the phrase suggests, “multiuser” communication systems offer communication services to multiple users simultaneously. Our focus is on a system as depicted. In such a system, multiple users share a communications channel. The term “channel” is both theoretical and physical; it describes the link between the transmitter(s) and the receiver(s). Thus, it could refer to free space or even to a body of water.

For free space, the channel is typically defined by a band of frequencies and characterized by the physical topology between the transmitter(s) and the receiver(s). This multiuser system can also be termed a *multipoint-to-point* communications system in contrast with a *point-to-multipoint* or *broadcast* system as employed for broadcast radio transmission and broadcast television. In broadcast channels, a single information stream is transmitted from a centralized transmitter to be received by multiple receivers.

The objective of the receiver in our multipoint-to-point or *multiple-access* system is to ultimately demodulate the information stream of one, some, or all of the active users in the system. The receiver is thus the recipient of the different information signals of multiple users. Examples of multiuser communication systems include cellular communications, local-area networks, computer communications networks (such as the Internet), telephone networks, and packet-radio networks that are distinguished from the interference or additive noise and can be contributed by the channel, from the contributions from the individual users. In one sense, each active user in the system can represent a noise source for every other user in the system. The challenge of designing a receiver that operates well in a multiuser environment is to mitigate the effects of both the interfering users as well as the effects inherent to the wireless channel due to propagation and ambient channel noise.

In order to achieve high quality telecommunications, we have to make some measurements such as the adjacent channel power, burst power, channel power, intermodulation, etc. These measurements can be made at the transmitter, out of band, and at the receiver. The purpose of this dissertation is to deal with the development of the appropriate software for taking these measurements, and study them.



## Σύνοψη

Η εκρηκτική ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών είχε σαν αποτέλεσμα τον επαναπροσδιορισμό των τεχνικών εξάπλωσης φάσματος για πολυχρηστικές επικοινωνίες. Όπως το υποδηλώνει η φράση, τα «πολυχρηστικά» συστήματα επικοινωνιών προσφέρουν υπηρεσίες σε πολλούς χρήστες μαζί. Σε τέτοια συστήματα πολλοί χρήστες μοιράζονται ένα κανάλι επικοινωνιών. Ο όρος κανάλι είναι τόσο θεωρητικός όσο και φυσικός. Περιγράφει τη σχέση μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Έτσι μπορεί να αναφέρεται για ελεύθερο χώρο ή για κάποια ποσότητα νερού. Για τον ελεύθερο χώρο το κανάλι περιγράφεται από μια μπάντα συχνοτήτων και χαρακτηρίζεται από τη φυσική τοπολογία μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Αυτά τα συστήματα με πολλούς χρήστες μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν από πολλά-προς-σημείο συστήματα επικοινωνιών σε αντίθεση με σημείο-προς-πολλά ή συστήματα μετάδοσης που εκμισθώνονται για μεταδόσεις ραδιοφωνικών σταθμών ή μεταδόσεις τηλεόρασης.

Στην μετάδοση μιας απλής ροής, η πληροφορία μεταδίδεται από ένα κεντρικό πομπό για να ληφθεί από πολλούς δέκτες μαζί. Ο στόχος του δέκτη μας σε πολλά-προς-σημείο ή πολλαπλής πρόσβασης συστήματα είναι η να αποδιαμορφώσει τελικά τη ροή των πληροφοριών από έναν, μερικούς ή όλους τους ενεργούς χρήστες του συστήματος. Ο δέκτης είναι ως εκ τούτου ο αποδέκτης των διαφόρων σημάτων πληροφοριών πολλών χρηστών. Παραδείγματα συστημάτων χρηστών επικοινωνίας είναι τα κυψελοειδή επικοινωνιών, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα, τα δίκτυα υπολογιστών (όπως το Διαδίκτυο), τα τηλεφωνικά δίκτυα και τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Αυτά διακρίνονται από τις συνεισφορές από τους μεμονωμένους χρήστες. Κατά μία έννοια, κάθε ενεργός χρήστης του συστήματος μπορεί να αποτελέσει μια πηγή θορύβου για κάθε άλλον χρήστη του συστήματος.

Η πρόκληση του σχεδιασμού ενός δέκτη που λειτουργεί καλά σε ένα περιβάλλον πολλών χρηστών συνίσταται στο ότι πρέπει να αμβλυνθούν οι επιπτώσεις τόσο των παρεμβαίνοντων χριστών καθώς και των συνεπειών που είναι σύμφυτες με το κανάλι λόγω της ασύρματης διάδοσης και του θορύβου του περιβάλλοντος καναλιού.

Για να μπορέσουμε να επιτύχουμε υψηλού επιπέδου τηλεπικοινωνίες θα πρέπει να κάνουμε κάποιες μετρήσεις, όπως ισχύς παρακείμενου καναλιού, ισχύς μετάδοσης, ενδοδιαμόρφωση, και άλλες. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν στον πομπό, έξω από το εύρος ζώνης και στην είσοδο του δέκτη. Ο σκοπός αυτής της εργασίας έχει να κάνει με την ανάπτυξη του κτάλληλου λογισμικού για την λήψη αυτών των μετρήσεων, και την μελέτη τους.



## Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	3
Abstract .....	v
Σύνοψη .....	vi
Πίνακας Περιεχομένων .....	vii
Πίνακας Εικόνων .....	xxi
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Περίληψη .....	1
1.2. Κίνητρο για τη Διεξαγωγή αυτής της Εργασίας.....	1
1.3. Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας.....	1
1.4. Δομή Εργασίας .....	1
<b>2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....</b>	<b>3</b>
2.1. Ψηφιακά, κινητά, σφαιρικά : Εξέλιξη των δικτύων .....	3
2.2. Ταξινόμηση των συστημάτων κινητής επικοινωνίας.....	4
2.3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ GSM 900, GSM1800 ΚΑΙ GSM 1900 .....	6
2.3.1. GSM900 ΚΑΙ GSM1800 .....	6
2.3.2. ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ .....	7
2.3.2.1. GSM 900 .....	7
2.3.2.2. GSM 1800 .....	7
2.3.2.3. GSM 1900 .....	7
2.3.2.4. E-GSM • Extended-GSM 900 - Εκτεταμένη ζώνη GSM .....	7
2.3.3. Κυψελοειδής Δομή Δικτύου.....	7
2.3.4. Αρχιτεκτονική .....	8
2.3.5. Handover - Αλλαγή κυψέλης .....	9
2.3.6. Χωρητικότητα Δικτύων GSM - Erlang.....	9
2.3.7. Πιστοποίηση και Ασφάλεια .....	10



2.3.8.	Γενιά 2.5G και 2.7G .....	10
2.3.9.	Τεχνολογία GPRS - (General Packet Radio Service) .....	10
2.3.10.	Τεχνολογία EDGE (2.7G) - (Enhanced Data rates for GSM Evolution) .....	11
2.4.	UMTS .....	11
2.4.1.	Εισαγωγή .....	11
2.4.2.	Τεχνολογία .....	12
2.4.3.	Απελευθερώσεις .....	12
2.4.3.1.	Απελευθέρωση «99 .....	13
2.4.3.2.	Απελευθέρωση 4 .....	13
2.4.3.3.	Απελευθέρωση 5 .....	13
2.4.3.4.	Απελευθέρωση 6 .....	13
2.4.4.	Εξωτερικοί διαμορφωτές .....	13
2.4.5.	Διαλειτουργικότητα και σφαιρική περιπλάνηση.....	13
2.5.	Κατανομή φάσματος.....	14
2.6.	Άλλα ανταγωνιστικά πρότυπα.....	15
2.7.	Προβλήματα και ζητήματα.....	16
2.8.	WCDMA (UMTS).....	16
<b>3.</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....</b>	<b>19</b>
3.1.	Εισαγωγή .....	19
3.2.	Testing Transmitter Designs.....	19
3.3.	Measurement model.....	20
3.4.	Measurement Domains .....	20
3.4.1.	Time domain .....	21
3.4.2.	Frequency domain .....	21
3.4.3.	Modulation domain .....	22
3.5.	In-band measurements .....	22
3.5.1.	In-channel measurements .....	23
3.5.1.1.	Channel bandwidth.....	23
3.5.1.2.	Carrier frequency.....	23
3.5.1.3.	Channel power.....	24
3.5.1.4.	Occupied bandwidth.....	25



3.5.1.5.	Peak-to-average power ratio and CCDF curves .....	26
3.5.1.6.	Timing measurements .....	28
3.5.1.7.	Modulation quality measurements .....	29
3.5.1.7.1.	Error Vector Magnitude (EVM).....	29
3.5.1.7.2.	I/Q Offset.....	31
3.5.1.7.3.	Phase and frequency errors.....	31
3.5.1.7.4.	Frequency response and group delay.....	32
3.5.1.7.5.	Rho .....	33
3.5.1.7.6.	Code-domain power. ....	34
3.5.2.	Out-of-channel measurements.....	35
3.5.2.1.	Adjacent Channel Power Ratio (ACPR) .....	35
3.5.2.2.	Spurious.....	37
3.6.	Out-of-band measurements.....	37
3.6.1.	Spurious and harmonics .....	37
3.7.	Best practices in conducting transmitter performance tests .....	38
<b>4.</b>	<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM .....</b>	<b>41</b>
4.1	Εισαγωγή.....	41
	<b>Οι μετρήσεις που πρέπει να γίνουν είναι .....</b>	<b>41</b>
4.2	Modulation accuracy .....	41
4.2.1.	Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται. ....	41
4.2.2.	Θεωρία με εικόνες: GMSK .....	42
4.2.3.	Θεωρία με εικόνες: 8-PSK .....	42
4.2.4.	Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών: GMSK.....	43
4.2.5.	Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών: 8-PSK.....	44
4.2.6.	Πρακτικές μετρήσεις: GMSK .....	45
4.2.7.	Πρακτικές μετρήσεις: 8-PSK .....	46
4.2.8.	Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση .....	47
4.3	Mean transmitted RF carrier power .....	47
4.3.1.	Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται. ....	47
4.3.2.	Θεωρία με φωτογραφίες.....	48
4.3.3.	Γραφική άποψη των περιορισμών και των προδιαγραφών.....	48
4.3.4.	Πρακτικές μετρήσεις.....	49
4.3.5.	Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση. ....	49



4.4 Transmitted RF carrier power versus time.....	50
4.4.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.....	50
4.4.2. Θεωρία με φωτογραφίες.....	50
4.4.3. Γραφική άποψη των περιορισμών και των προδιαγραφών.....	51
4.4.4. Πρακτικές μετρήσεις.....	52
4.4.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	53
4.5 Adjacent channel power.....	53
4.5.1. Εισαγωγή.....	53
4.5.2. Spectrum due to modulation and wideband noise.....	53
4.5.2.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.....	53
4.5.2.2. Θεωρία με φωτογραφίες:.....	53
4.5.2.3. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών.....	54
4.5.2.4. Πρακτικές μετρήσεις.....	55
4.5.2.5. Πότε χρησιμοποιούμε αυτή τη μέτρηση.....	56
4.5.3. Spectrum due to switching.....	56
4.5.3.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.....	56
4.5.3.2. Θεωρία με εικόνες.....	56
4.5.3.3. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών.....	57
4.5.3.4. Πρακτικές μετρήσεις.....	57
4.5.3.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	58
4.6 Spurious.....	58
4.6.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.....	58
4.6.2. Transmitter (Tx) band spurious.....	59
4.6.2.1 Θεωρία με εικόνες.....	59
4.6.2.2 Πρακτικές μετρήσεις.....	59
4.6.2.3 Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	60
4.6.2.4 Διαγώνιος-ταινία πλαστή (παραδείγματος χάριν, GSM900 σε DCS1800).....	60
4.6.2.5 Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών.....	60
4.6.2.6 Πρακτικές μετρήσεις.....	61
4.6.2.7 Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	61
4.6.3. Out-of-band spurious.....	61
4.6.3.1. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών.....	61
4.6.3.2. Πρακτικές μετρήσεις.....	62
4.6.3.3. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	62
4.7 Phase error and mean frequency error.....	62
4.7.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.....	62
4.7.2. Θεωρία στις εικόνες.....	63



4.7.3.	Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών.....	63
4.7.4.	Πρακτικές μετρήσεις.....	64
4.7.5.	Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.....	65
<b>5.</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΑΛΥΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>67</b>
5.1.	Εισαγωγή .....	67
5.2.	Μετρήσεις που γίνονται με τους αναλυτές φάσματος.....	68
5.3.	Τύποι αναλυτών φάσματος.....	70
5.4.	Θεωρία λειτουργίας αναλυτών φάσματος.....	71
5.5.	Το υλικό (Hardware) του αναλυτή.....	72
5.5.1.	Μίκτης.....	73
5.5.2.	IF φίλτρο .....	73
5.5.3.	Ανιχνευτής.....	74
5.5.4.	Φίλτρο βίντεο .....	75
5.5.5.	Άλλα εξαρτήματα.....	76
5.6.	Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά .....	77
5.7.	Συχνотικό εύρος.....	78
5.8.	Ακρίβεια.....	79
5.8.1.	Ακρίβεια συχνότητας .....	79
5.8.2.	Ακρίβεια πλάτους.....	82
5.8.2.1.	Ποιότητα απεικόνισης.....	83
5.8.2.2.	Απόκριση συχνότητας.....	84
5.8.3.	Ανάλυση (resolution) .....	86
5.8.4.	Resolution Bandwidth.....	86
5.8.5.	Επιλεκτικότητα (selectivity).....	87
5.8.6.	Θόρυβος πλευρικών .....	90
5.8.7.	Χρόνος Σάρωσης.....	91
5.8.8.	Ευαισθησία.....	93
5.8.9.	RF εξασθενητής εισόδου.....	94
5.8.10.	IF Φίλτρο .....	94
5.8.11.	Video φίλτρο .....	95
5.8.12.	Παραμορφώση.....	97
5.8.13.	Δυναμική περιοχή.....	100



5.9.	Λειτουργίες χειρισμού .....	105
5.9.1.	Απομακρυσμένη λειτουργία, Σημάδια, Γραμμές περιορισμού.....	105
5.9.2.	Μετρήσεις στο πεδίο του χρόνου.....	106
5.9.3.	Δείκτης διαμόρφωσης/FFT .....	107
5.9.4.	Αποδιαμόρφωση AM, FM, Τηλεόρασης .....	108
5.9.5.	Λειτουργία time-gating .....	109
5.9.6.	Μαρκάρισμα θορύβου.....	110
5.9.7.	Διεγερμένη απόκριση.....	111

## **6. ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ .....113**

6.1.	Εισαγωγή .....	113
6.2.	Συνήθειες εντολές προγραμματισμού αναλυτών φάσματος.....	113
6.1.1	IEEE Common Commands (Κοινές εντολές κάτω από το πρότυπο IEEE).....	114
6.1.1.1	Calibration Query (Ερώτημα καλιμπραρίσματος) .....	114
6.1.1.2	Clear Status (Καθαρισμός status).....	114
6.1.1.3	Standard Event Status Enable (Ενεργοποίηση κατάστασης Στάνταρτ γεγονότων) .....	114
6.1.1.4	Standard Event Status Register Query (Ερώτημα κατάστασης καταχωρητή στάνταρτ γεγονότων).....	115
6.1.1.5	Identification Query (Ερώτημα Χαρακτηριστικών).....	115
6.1.1.6	Instrument State Query (Ερώτημα κατάστασης οργάνου).....	115
6.1.2	Operation Complete (Ολοκλήρωση Διαδικασίας) .....	115
6.1.2.1	Recall (Εντολή ανάκλησης) .....	115
6.1.2.2	Reset (Επαναφορά ρυθμίσεων) .....	116
6.1.2.3	Save (Σώσιμο/Αποθήκευση) .....	116
6.1.2.4	Service Request Enable .....	116
6.1.2.5	Read Status Byte Query.....	116
6.1.2.6	Trigger .....	116
6.1.2.7	Self Test Query (Ερώτημα αυτοδιάγνωσης) .....	116
6.1.2.8	Wait-to-Continue (Αναμονή για να συνεχίσει) .....	116
6.1.3	ABORT Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου ακύρωσης).....	116
6.1.3.1	Abort (Ακύρωση) .....	116
6.1.4	CALCulate Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού) .....	117
6.1.4.1	NdBpoints.....	117
6.1.4.2	NdBresults .....	117
6.1.4.3	NdBstate .....	117
6.1.4.4	Test Current Trace Data Against all Limit Lines .....	117
6.1.5	CALCulate:LLINE Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού γραμμών) .....	117





6.1.5.1	Delete All Limit Lines in Memory .....	117
6.1.5.2	Control Limit Line Amplitude Interpolation .....	117
6.1.5.3	Set Fixed or Relative Limit Lines .....	118
6.1.5.4	Set Limit Line X-axis Units .....	118
6.1.5.5	Control Limit Line Frequency Interpolation .....	118
6.1.5.6	Define Limit Line Values .....	118
6.1.5.7	Merge Additional Values into the Existing Limit Line .....	119
6.1.5.8	Delete Limit Line .....	119
6.1.5.9	Display the Limit Line .....	119
6.1.5.10	Test the Data Against the Limit Line .....	119
6.1.5.11	Set the Margin Size .....	119
6.1.5.12	Display the Limit Margin .....	120
6.1.5.13	Control Limit Line Testing.....	120
6.1.5.14	Select the Type of Limit Line.....	120
6.1.6	CALCulate:MARKer Subsection(Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού σημαδιών) .....	120
6.1.6.1	Markers All Off on All Traces .....	120
6.1.6.2	Continuous Peaking Marker Function.....	120
6.1.6.3	Frequency Counter Marker Resolution .....	120
6.1.6.4	Frequency Counter Marker Automatic Resolution .....	121
6.1.6.5	Frequency Counter Marker.....	121
6.1.6.6	Frequency Counter Marker Query.....	121
6.1.6.7	Marker Function.....	121
6.1.6.8	Marker Peak (Maximum) Search .....	121
6.1.6.9	Marker Peak (Maximum) Left Search.....	121
6.1.6.10	Marker Next Peak (Maximum) Search.....	121
6.1.6.11	Marker Peak (Maximum) Right Search.....	122
6.1.6.12	Marker Peak (Minimum) Search.....	122
6.1.6.13	Marker Mode.....	122
6.1.6.14	Define Peak Excursion .....	122
6.1.6.15	Define Peak Search.....	122
6.1.6.16	Define Peak Threshold .....	122
6.1.6.17	Peak to Peak Delta Markers .....	123
6.1.6.18	Set Center Frequency to the Marker Value .....	123
6.1.6.19	Set Reference Level to the Marker Value .....	123
6.1.6.20	Set Span to the Marker Value.....	123
6.1.6.21	Set Start Frequency to the Marker Value .....	123
6.1.6.22	Set Center Frequency Step Size to the Marker Value .....	123
6.1.6.23	Set Stop Frequency to the Marker Value.....	123
6.1.6.24	Marker On/Off.....	124
6.1.6.25	Marker Table On/Off.....	124
6.1.6.26	Marker to Trace .....	124
6.1.6.27	Marker to Trace Auto .....	124
6.1.6.28	Continuous Signal Tracking Function.....	124



6.1.6.29	Marker X Value .....	124
6.1.6.30	Span Markers Center Frequency X Value .....	124
6.1.6.31	Marker X Position .....	125
6.1.6.32	Span Markers Center Frequency X Position .....	125
6.1.6.33	Span Markers Span X Position.....	125
6.1.6.34	Delta Pair Markers Start Frequency X Position .....	125
6.1.6.35	Delta Pair Markers Stop Frequency X Position.....	125
6.1.6.36	Marker X-Axis Readout .....	125
6.1.6.37	Span Markers Span X Value .....	126
6.1.6.38	Delta Pair Markers Start Frequency X Value .....	126
6.1.6.39	Delta Pair Markers Stop Frequency X Value .....	126
6.1.6.40	Marker Read Y Value.....	126
6.1.7	CALCulate:NTData Subsection (Σύνολο εντολών τύπου NTData) .....	126
6.1.7.1	Normalize the Trace Data (Κανονικοποίηση των δεδομένων του ίχνους).....	126
6.1.8	CALibration Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου καλιμπραρίσματος) .....	127
6.1.8.1	Align All Instrument Assemblies .....	127
6.1.8.2	Set Auto Align Mode All or Not RF .....	127
6.1.8.3	Automatic Alignment .....	127
6.1.8.4	Return to the Default Alignment Data.....	127
6.1.8.5	Align FM Demodulation .....	127
6.1.8.6	Query the Internal or External Frequency Reference.....	128
6.1.8.7	Coarse Adjust the Frequency Reference .....	128
6.1.8.8	Fine Adjust the Frequency Reference .....	128
6.1.8.9	Select the Frequency Corrections.....	128
6.1.8.10	Align the RF Circuitry.....	128
6.1.8.11	Select the Source State for Calibration.....	128
6.1.8.12	Calibrate the Tracking Generator .....	128
6.1.9	CONFigure Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου παραμετροποίησης) .....	129
6.1.9.1	Configure the Basic Spectrum Analyzer State .....	129
6.1.10	COUPle Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου συνδυασμού) .....	129
6.1.10.1	COUPle the Function to Other Settings .....	129
6.1.11	DISPlay Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου απεικόνισης).....	130
6.1.11.1	Active Function Position .....	130
6.1.11.2	Display Viewing Angle .....	130
6.1.11.3	Date and Time Display Format .....	130
6.1.11.4	Date and Time Display.....	130
6.1.11.5	Display Annotation Title Data.....	130
6.1.11.6	Turn the Entire Display On/Off.....	130
6.1.11.7	Turn the Full Screen Display On/Off .....	130
6.1.11.8	Window Annotation .....	131
6.1.11.9	Trace Graticule Display.....	131
6.1.11.10	Trace X-Axis Scale Offset.....	131



6.1.11.11	Display Line Amplitude .....	131
6.1.11.12	Display Line On/Off.....	131
6.1.11.13	IF Gain Auto/Reference Level Auto Ranging.....	131
6.1.11.14	Normalized Reference Level.....	131
6.1.11.15	Normalized Reference Level Position.....	132
6.1.11.16	Trace Y-Axis Amplitude Scaling .....	132
6.1.11.17	Trace Y-Axis Frequency Scaling .....	132
6.1.11.18	Trace Y-Axis Reference Level.....	132
6.1.11.19	Trace Y-Axis Reference Level Offset.....	132
6.1.11.20	Vertical Axis Scaling.....	132
6.1.12	FORMat Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου φορμά).....	133
6.1.12.1	Byte Order .....	133
6.1.12.2	Numeric Data format.....	133
6.1.13	HCOPy Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου HCOPy) .....	133
6.1.13.1	Abort the Print.....	133
6.1.13.2	Printer Type.....	133
6.1.13.3	Color Hard Copy .....	133
6.1.13.4	Print a Hard Copy.....	133
6.1.13.5	Page Orientation .....	134
6.1.13.6	Number of Items Printed on a Page.....	134
6.1.13.7	Printed Page Size.....	134
6.1.14	INITiate Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου Εκκίνησης).....	134
6.1.15	Continuous or Single Measurements.....	134
6.1.15.1	Take New Data Acquisitions.....	135
6.1.15.2	Pause the Measurement .....	135
6.1.15.3	Restart the Measurement .....	135
6.1.15.4	Resume the Measurement.....	135
6.1.16	INPut Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου Εισόδου).....	135
6.1.16.1	Input Port Coupling .....	135
6.1.16.2	Select Internal or External Mixer .....	136
6.1.16.3	Select Mixer Type .....	136
6.1.16.4	Clear the Input Overload .....	136
6.1.17	INSTrument Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου οργάνου).....	136
6.1.17.1	Select Application .....	136
6.1.18	MMEMory Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου μνήμης) .....	136
6.1.18.1	Catalog the Selected Memory Location .....	137
6.1.18.2	Copy a File .....	137
6.1.18.3	Move Data to File.....	137
6.1.18.4	Delete a File.....	137
6.1.18.5	Load a Corrections Table from a File.....	137
6.1.18.6	Load a Limit Line from Memory to the Instrument .....	137



6.1.18.7	Load an Instrument State from a File .....	138
6.1.18.8	Load a Trace From a File to the Instrument .....	138
6.1.18.9	Make a Directory .....	138
6.1.18.10	Delete a Directory.....	138
6.1.18.11	Store a Corrections Table to a File .....	138
6.1.18.12	Store a Limit Line in a File.....	138
6.1.18.13	Store Measurement Results in a File .....	138
6.1.18.14	.Store a Screen Image in a Graphic File .....	138
6.1.18.15	Store an Instrument State in a File.....	139
6.1.18.16	Store a Trace in a File.....	139
6.1.19	OUTPUt Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου εξόδου).....	139
6.1.19.1	Turn Output On/Off.....	139
6.1.20	SENSE Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου ευαισθησίας) .....	139
6.1.21	[:SENSe]:AVERage Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου ευαισθησίας- Σύνολο Μετριοποίησης) .....	139
6.1.21.1	Clear the Current Average.....	139
6.1.21.2	Set the Average Count.....	139
6.1.21.3	Turn Averaging On/Off.....	139
6.1.21.4	Turn Automatic Averaging On/Off .....	140
6.1.21.5	Type of Averaging for Measurements.....	140
6.1.22	[:SENSe]:BANDwidth Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου εύρους ζώνης) 140	
6.1.22.1	Resolution Bandwidth .....	140
6.1.22.2	Resolution Bandwidth Automatic .....	140
6.1.22.3	Video Bandwidth.....	140
6.1.22.4	Video Bandwidth Automatic .....	140
6.1.22.5	Video to Resolution Bandwidth Ratio.....	141
6.1.22.6	Video to Resolution Bandwidth Ratio Mode Select.....	141
6.1.23	[:QSENSe]QCORRection Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου διορθώσεων) 141	
6.1.23.1	Delete All Corrections.....	141
6.1.23.2	Perform Amplitude Correction.....	141
6.1.23.3	Set Amplitude Correction Data .....	141
6.1.23.4	Merge Additional Values into the Existing Amplitude Correction Data .....	142
6.1.23.5	Delete Amplitude Correction .....	142
6.1.23.6	Set Amplitude Correction Frequency Interpolation .....	142
6.1.23.7	Perform Amplitude Correction.....	142
6.1.23.8	Input Impedance Correction .....	142
6.1.23.9	External Amplifier Correction.....	142
6.1.24	[:SENSe]:DEMod Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αποδιαμόρφωσης) 143	
6.1.24.1	Type of Demodulation.....	143



6.1.24.2	FM Deviation .....	143
6.1.24.3	Demodulation Control.....	143
6.1.24.4	Demod Time.....	143
6.1.24.5	Demod View.....	143
6.1.25	[:SENSe]:DETEctor Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου ανίχνευσης)....	143
6.1.25.1	Automatic Detection Type Selected.....	143
6.1.25.2	Type of Detection.....	144
6.1.26	[:SENSe]:FREQUency Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου συχνότητας) 144	
6.1.26.1	Center Frequency.....	144
6.1.26.2	Center Frequency Step Size Automatic.....	144
6.1.26.3	Center Frequency Step Size.....	144
6.1.26.4	Frequency Span .....	145
6.1.26.5	Full Frequency Span.....	145
6.1.26.6	Last Frequency Span .....	145
6.1.26.7	Start Frequency.....	145
6.1.26.8	Frequency Synthesis Mode.....	146
6.1.26.9	Frequency Synthesis State.....	146
6.1.27	[:SENSe]:MIXer Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου μίκτη).....	146
6.1.27.1	Select External Mixer Band.....	146
6.1.27.2	External Mixer Bias Adjust.....	146
6.1.27.3	Set External Mixer Bias On/Off.....	146
6.1.27.4	Set External Mixer LO Harmonic Value.....	147
6.1.27.5	Set External Mixer LO Harmonic Mode .....	147
6.1.28	[:SENSe]:POWER Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου στάθμης).....	147
6.1.28.1	Input Attenuation.....	147
6.1.28.2	Input Port Attenuator Auto.....	147
6.1.28.3	Input Port Power Gain.....	147
6.1.28.4	Input Port Maximum Mixer Power .....	148
6.1.28.5	Optimize Preselector Frequency.....	148
6.1.28.6	Preselector Center.....	148
6.1.29	[:SENSe]:SIDentify Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αναγνώρισης σήματος).....	148
6.1.29.1	Set Mixer Signal Identification Mode.....	148
6.1.29.2	Set Mixer Signal Identification State.....	148
6.1.30	[:SENSe]:SWep Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αναγνώρισης σάρωσης) .....	148
6.1.30.1	Sweep Points .....	148
6.1.30.2	Query Number of Segments .....	149
6.1.30.3	Set All Segment Data .....	149
6.1.30.4	Merge Data With Segmented Sweep Data .....	149
6.1.30.5	Delete All Segmented Sweep Data.....	150
6.1.30.6	Delete Some Segmented Sweep Data.....	150



6.1.30.7	Turn On/Off Segmented Sweep .....	150
6.1.30.8	Set Frequency Domain Scale Type .....	150
6.1.30.9	Sweep Time .....	150
6.1.30.10	Automatic Sweep Time .....	150
6.1.30.11	Sweep Time Mode.....	150
6.1.30.12	Time Gating Delay (Option 1D6 Only).....	150
6.1.30.13	Time Gate Length (Option 1D6 Only) .....	151
6.1.30.14	Time Gate Level (Option 1D6 Only) .....	151
6.1.30.15	Time Gate Polarity (Option 1D6 Only).....	151
6.1.30.16	Preset Time Gate (Option 1D6 Only).....	151
6.1.30.17	Control Time Gate (Option 1D6 Only) .....	151
6.1.30.18	Time Gate Trigger Type (Option 1D6 Only) .....	151
6.1.31	SOURce Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου πηγής) .....	152
6.1.31.1	Sets the Output Power Offset Correction .....	152
6.1.31.2	Source Attenuation .....	152
6.1.31.3	Automatic Source Attenuation .....	152
6.1.31.4	Sets the Output Power .....	152
6.1.31.5	Sets the Source Output Power Mode.....	153
6.1.31.6	Set the Source Sweep Power Range .....	153
6.1.31.7	Set the Output Power at the Start of the Sweep.....	153
6.1.31.8	Set the Output Power to Step Automatically .....	153
6.1.31.9	Set the Output Power Step Size.....	153
6.1.31.10	Set the Source Sweep Power Range .....	153
6.1.31.11	Output Power Tracking .....	153
6.1.31.12	Output Power Tracking Peak.....	154
6.1.32	STATus Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου τρέχουσας κατάστασης).....	154
6.1.32.1	Questionable Calibration Condition .....	154
Εισαγωγή.....		155
<b>7. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....157</b>		
Εισαγωγή.....		157
Τα όργανα και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν περιγράφονται στις παραγράφους που ακολουθούν.....		158
7.1	Πειραματική διάταξη εκπομπής και λήψης σήματος WCDMA.....	158
7.2.	Δημιουργία κατάλληλου λογισμικού για τις μετρήσεις μας.....	159
7.3	Δημιουργία πειραματικού σήματος. ....	160
7.3.1	Περιγραφή προγράμματος agilent N7600B for 3GPP WCDMA.....	160
<b>8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....161</b>		
8.1	Δημιουργία πειραματικού σήματος. ....	161



8.2	Αποτελέσματα μετρήσεων.....	162
8.2.1	Adjacent channel power .....	162
8.2.2	Burst power .....	163
8.2.3	CCDF.....	163
8.2.4	Channel power.....	164
8.2.5	Intermodulation .....	165
8.2.6	Occupied bandwidth.....	165
8.2.7	Spectrum emission mask .....	166
8.2.8	Adjacent channel power two carriers. ....	166
8.2.9	CCDF two carriers.....	168
8.2.10	Channel power two carriers.....	168
8.2.11	Multicarrier power two carriers.....	169







## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Επισκόπηση των σύγχρονων και μελλοντικών συστημάτων κινητής επικοινωνίας .....	5
Εικόνα 2 .....	16
Εικόνα 3. Μοντέλο μετρήσεων. ....	20
Εικόνα 4. Πεδία του χρόνου και της συχνότητας.....	21
Εικόνα 5. Αποδιαμορφώνοντας το σήμα και υπολογίζοντας το σήμα αναφοράς για ποιοτικές μετρήσεις διαμόρφωσης.....	22
Εικόνα 6. Μετρήσεις στη συχνότητα φέροντος και στο εύρος καναλιού. ....	24
Εικόνα 7. Μέτρηση ισχύς καναλιού . ....	25
Εικόνα 8. Μέτρηση του occupied bandwidth. ....	26
Εικόνα 9. Στατιστικές μετρήσεις μέγιστης με μέση κλίμακα ισχύος. ....	27
Εικόνα 10. Οι κορυφές του CCDF. ....	27
Εικόνα 11. Μετρήσεις του χρόνου.....	28
Εικόνα 12. Διανυσματικές και σχετικές παράμετροι λάθους.....	29
Εικόνα 13 . (α) Πολικό διάγραμμα .....	30
Εικόνα 14. Αστερισμοί (που μεγεθύνονται) και μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο (α) χωρίς εξίσωση και (β) με την εξίσωση . ....	31
Εικόνα 15. Μέτρηση λάθους φάσης και συχνότητας.....	32
Εικόνα 16. (α) Το μέγεθος της απάντησης συχνότητας bits-to-RF πρέπει να είναι επίπεδο πέρα από ζώνη συχνότητας ενδιαφέροντος, που υποδεικνύεται από (β) το εύρος ζώνης 3 DB στο φάσμα σημάτων. ....	33
Εικόνα 17. Rho.....	34
Εικόνα 18. Μέτρηση της δύαμης του κώδικα περιοχής. ....	35
Εικόνα 19. Μέτρηση του ACPR. ....	36
Εικόνα 20. Μέτρηση παστών σημάτων εντός της μπάντας συχνοτήτων. ....	37
Εικόνα 21. Μέτρηση πλαστών μεταδόσεων εκτός της μπάντας συχνοτήτων και αρμονικών συχνοτήτων. ....	38
Εικόνα 22 : Theory of phase error and mean frequency error: GMSK.....	42
Εικόνα 23 : Theory of EVM, origin offset and frequency offset (8-PSK) .....	43
Εικόνα 24 : Phase error and mean frequency error, BTS, limits .....	44
Εικόνα 25 : EVM, origin offset and frequency offset, BTS, limits.....	44
Εικόνα 26 : Quad display of the Agilent E4440A PSA series spectrum analyzer showing GMSK modulation metrics graphics of phase error with and without frequency error.....	45
Εικόνα 27 : Διάγραμμα αστερισμού στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει διαμόρφωση GMSK .....	45
Εικόνα 28 : Επίδειξη τετραγώνων της συσκευής ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει τις μετρικές διαμόρφωσης AKPΩΝ και χωριστό λάθος μεγέθους και φάσης.....	46
Εικόνα 29 : Διάγραμμα αστερισμού στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει διαμόρφωση edge/8-PSK .....	47
Εικόνα 30 : Θεωρία διαβιβασθείσας της μέσος όρος δύναμης μεταφορέων RF.....	48
Εικόνα 31 : Σημάνετε τη διαβιβασθείσα δύναμη μεταφορέων RF, BTS, όρια .....	49



Εικόνα 32 : Θεωρία της διαβιβασθείσας δύναμης μεταφορέων RF εναντίον του χρόνου.....	50
Εικόνα 33. GMSK transmitted RF carrier power versus time, BTS, limits, GMSK .....	51
Εικόνα 34. Η διαβιβασθείσα δύναμη μεταφορέων RF εναντίον του χρόνου, BTS, περιορίζει: 8-PSK. 51	
Εικόνα 35. Δύναμη εναντίον του χρόνου στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA. GMSK .....	52
Εικόνα 36. Θεωρία του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου.....	54
Εικόνα 37. Φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου, κανονικό BTS, όρια....	55
Εικόνα 38. Φάσμα λόγω της διαμόρφωσης που παρουσιάζεται στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA .....	56
Εικόνα 39. Θεωρία του φάσματος λόγω της μετατροπής.....	57
Εικόνα 40. Φάσμα λόγω της μετατροπής, BTS, όρια.....	57
Εικόνα 41. Φάσμα λόγω της μετατροπής που παρουσιάζεται στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA .....	58
Εικόνα 42. Tx και ζώνη Rx πλαστά, BTS, όρια .....	59
Εικόνα 43. Διαγώνιος-ταινία πλαστή, GSM900 στις ζώνες του DCS, BTS, όρια .....	60
Εικόνα 44. Διαγώνια ζώνη πλαστή. GSM900 3G στις ζώνες, BTS, όρια.....	61
Εικόνα 45. Ευρείας ζώνης πλαστός, BTS, όρια.....	62
Εικόνα 46. Η θεωρία του λάθους φάσης και σημαίνει το λάθος συχνότητας .....	63
Εικόνα 47. Το λάθος φάσης και σημαίνει το λάθος συχνότητας, BTS, όρια .....	64
Εικόνα 48. Επίδειξη τετραγώνων του ελεγκτή συσκευών αποστολής σημάτων VSA-σειρών Agilent E4406A με και χωρίς λάθος συχνότητας.....	64
Εικόνα 49. Διάγραμμα αστερισμού στον ελεγκτή συσκευών αποστολής σημάτων VSA-σειρών Agilent E4406A.....	65
Εικόνα 50 αναλυτής φάσματος.....	67
Εικόνα 51: Μετρήσεις που γίνονται με τον αναλυτή φάσματος.....	68
Εικόνα 52: Βασικά ανάλυσης φάσματος .....	69
Εικόνα 53: Αναλυτής swept.....	70
Εικόνα 54: Θεωρητική λειτουργία αναλυτή φάσματος .....	71
Εικόνα 55: Διάγραμμα στοιχείο αναλυτή φάσματος.....	72
Εικόνα 56: Μίκτης .....	73
Εικόνα 57: IF φίλτρο .....	74
Εικόνα 58: Ανιχνευτής.....	74
Εικόνα 59: Φίλτρο βίντεο .....	75
Εικόνα 60: Άλλα εξαρτήματα .....	76
Εικόνα 61: Διευκρινήσεις .....	77
Εικόνα 62: Στοιχεία που πρέπει να γνωρίζουμε για να είμαστε σίγουροι για τις μετρήσεις μας.....	78
Εικόνα 63: Συχνοτικό εύρος .....	78
Εικόνα 64: Ακρίβεια .....	79
Εικόνα 65: Ακρίβεια συχνότητας .....	80
Εικόνα 66: Παράδειγμα ακρίβειας συχνότητας.....	81
Εικόνα 67: Ακρίβεια πλάτους.....	82
Εικόνα 68: Ποιότητα απεικόνισης.....	83
Εικόνα 69: Απόκριση συχνότητας .....	84



Εικόνα 70: Σχετική ακρίβεια πλάτους .....	84
Εικόνα 71: Απόλυτη ακρίβεια πλάτους.....	85
Εικόνα 72: Ανάλυση .....	86
Εικόνα 73: Ανάλυση εύρους ζώνης.....	86
Εικόνα 74: Προδιαγραφές ανάλυσης εύρους ζώνης .....	87
Εικόνα 75: Επιλεκτικότητα .....	88
Εικόνα 76: Προδιαγραφές επιλεκτικότητας.....	88
Εικόνα 77: Προδιαγραφές υπολοίπου FM.....	89
Εικόνα 78: Θόρυβος πλευρικών .....	90
Εικόνα 79: Χρόνος σάρωσης .....	91
Εικόνα 80: Ψηφιακή ανάλυση εύρους ζώνης.....	92
Εικόνα 81: Ευαισθησία.....	93
Εικόνα 82: RF εξασθενητής εισόδου.....	94
Εικόνα 83: IF φίλτρο .....	95
Εικόνα 84: Video φίλτρο .....	95
Εικόνα 85: Προδιαγραφές ευαισθησίας /DANL.(1) .....	96
Εικόνα 86: Προδιαγραφές ευαισθησίας /DANL .(2) .....	96
Εικόνα 87: Παραμόρφωση.....	97
Εικόνα 88: Προδιαγραφή παραμόρφωσης.....	98
Εικόνα 89: Σχετική παραμόρφωση πλάτους.....	98
Εικόνα 90: Παραμόρφωση συνατρήσει του επιπέδου μίξης .....	99
Εικόνα 91: Τεστ παραμόρφωσης .....	100
Εικόνα 92: Δυναμική περιοχή .....	101
Εικόνα 93: Προδιαγραφή δυναμικής περιοχής .....	101
Εικόνα 94: Γραφική αναπαράσταση δυναμικής περιοχής .....	102
Εικόνα 95: Κίνητρο για την αναζήτηση δυναμικής περιοχής .....	103
Εικόνα 96: Πραγματικό δυναμικό εύρος .....	103
Εικόνα 97: Μέγιστο επίπεδο ισχύος δυναμικής περιοχής .....	104
Εικόνα 98 : Συνδεσμολογία για την εκπομπή και λήψη wcdma σήματος.....	157
Εικόνα 99 : Συνδεσμολογία στην πράξη για εκπομπή και λήψη WCDMA σήματος. ....	158
Εικόνα 100 : Αναλυτής φάσματος, γεννήτρια σήματος και Η/Υ κατά την διάρκεια των μετρήσεων. ....	159
Εικόνα 101 : Πρόγραμμα για την απαραίτητη λήψη μετρήσεων one button.....	160
Εικόνα 102 :Πρόγραμμα της agilent για 3GPP WCDMA N7600B. ....	160
Εικόνα 103 :Το αρχικό δημιουργημένο σήμα WCDMA για τη λήψη μέτρησης.....	161
<b>Εικόνα 104 :Μέτρηση του Adjacent channel power .....</b>	<b>162</b>
<b>Εικόνα 105 :Μέτρηση του burstl power .....</b>	<b>163</b>
<b>Εικόνα 106 :Μέτρηση του CCDF.....</b>	<b>163</b>
<b>Εικόνα 107 :Μέτρηση του channel power (combined).....</b>	<b>164</b>
<b>Εικόνα 108 :Μέτρηση του channel power (spectrum).....</b>	<b>164</b>
<b>Εικόνα 109 :Μέτρηση του Intermodulation. ....</b>	<b>165</b>
<b>Εικόνα 110 :Μέτρηση του Occupied bandwidth.....</b>	<b>165</b>
<b>Εικόνα 111 :Μέτρηση του Spectrum Emission Mask.....</b>	<b>166</b>



Εικόνα 112 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες.(bar graph)..	166
Εικόνα 113 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες .....	167
Εικόνα 114 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες (spectrum). .	167
Εικόνα 115 :Μέτρηση του CCDF.....	168
Εικόνα 116 :Μέτρηση του Channel power με δύο φέρουσες συχνότητες.(combined). ....	168
Εικόνα 117 :Μέτρηση του Channel power με δύο φέρουσες συχνότητες.(spectrum). ....	169
Εικόνα 118 :Μέτρηση του Multicarrier power με δύο φέρουσες συχνότητες.(combined).....	170
Εικόνα 119 :Μέτρηση του Multicarrier power με δύο φέρουσες συχνότητες.(spectrum).....	170



## Α' ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ :

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης τα τελευταία χρόνια έχουν γνωρίσει σημαντική εξέλιξη, καθώς από τα πλεονεκτήματά τους επωφελούνται τόσο οι πάροχοι υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων, όσο και οι ιδιώτες ή οι απλοί χρήστες. Η ευκολία εγκατάστασης ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας οδήγησε στην δημιουργία διαφόρων τύπων δικτύων που δουλεύουν σε διαφορετικές συχνότητες ανάλογα με τον τύπο τους και την εξέλιξη τους μέσα στα χρόνια στα οποία είναι σε χρήση . Αυτά τα δίκτυα για να μπορέσουν να δουλέψουν σωστά πρέπει να κάνουμε κάποιες μετρήσεις και να μπορούμε να εκτιμήσουμε σωστά τα αποτελέσματα τους για να κάνουμε τις απαραίτητες διορθώσεις.

#### 1.1. Περίληψη

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας εξελίχθηκαν ραγδαίως τα τελευταία 20 χρόνια, ο μεγάλος αριθμός τους και ο διαφορετικός τρόπος λειτουργίας τους επέφερε αλλαγές και στην εγκατάστασή τους. Απαιτούνται πολλές μετρήσεις που μπορούν να μας δείξουν ανάλογα με την επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της κεραίας αν έχουμε παρεμβολές από άλλα δίκτυα ή αν τις προκαλεί η κεραία μας, τι ισχύ πρέπει να έχει αυτή για να μην προκαλέσει και πολλές ακόμα.

Η παρούσα πτυχιακή έχει σκοπό να δείξει τι μετρήσεις πρέπει να κάνουμε από τη μεριά του πομπού για να έχουμε επιτύχει σε μεγάλο βαθμό τις προϋποθέσεις λειτουργίας της κεραίας μας. Αναλύονται οι μετρήσεις σε θεωρητικό επίπεδο σε διάφορα δίκτυα. Οι μετρήσεις που εκτελέσαμε έγιναν σε δίκτυο WCDMA με το λογισμικό που δημιουργήσαμε το οποίο εκτελεί «one button» μετρήσεις και λειτουργεί με αναλυτή φάσματος και γεννήτρια που καθοδηγείται από λογισμικό της Agilent.

#### 1.2. Κίνητρο για τη Διεξαγωγή αυτής της Εργασίας

Κίνητρο για τη διεξαγωγή αυτής της εργασίας ήταν να κατανοήσουμε κάποια στοιχεία μετρήσεων που εκτελούνται σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε αν δουλεύουν σωστά ή όχι.

#### 1.3. Σκοπός και Στόχοι της Εργασίας

Σκοπός και στόχοι αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι:

- Να παρασχεθούν πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις που εκτελούμε σε κάποια συστήματα επικοινωνιών και να δοθούν και πληροφορίες αναφορικά με τη λειτουργία τους.
- Να γίνει παρουσίαση του λογισμικού που δημιουργήσαμε για να εκτελέσουμε αυτές τις μετρήσεις που κάναμε.

#### 1.4. Δομή Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία του κατάλληλου λογισμικού για την διεξαγωγή των κατάλληλων μετρήσεων σε σταθμούς βάσης κινητής



τηλεφωνίας με σκοπό την εκτίμηση της ορθής λειτουργίας τους.

Το κεφάλαιο 1 αποτελεί την εισαγωγή της παρούσας πτυχιακής.

Στο κεφάλαιο 2, έχουμε μια γενική εισαγωγή στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και στις υλοποιήσεις τους καθώς και μια μικρή ιστορική αναδρομή.

Στο κεφάλαιο 3 αναλύονται οι μετρήσεις που γίνονται σε ψηφιακούς πομπούς επικοινωνιών.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται περαιτέρω ανάλυση των μετρήσεων σε δίκτυα GSM με γραφικές παραστάσεις σε πομπούς και εκτός τους φάσματος εκπομπής.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται ανάλυση των στοιχείων από τα οποία αποτελείται ο αναλυτής φάσματος, ο οποίος χρησιμοποιείται για την λήψη των μετρήσεων μας και μας παρέχει απεικόνιση των μετρήσεων μας με γραφικές παραστάσεις.

Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται οι εντολές προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο οργάνων μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα παρατίθενται οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες εντολές προγραμματισμού αναλυτών φάσματος μέσω του προτύπου SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments – SCPI).

Στο κεφάλαιο 7 που αποτελεί και το πρώτο κεφάλαιο του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά τις μετρήσεις καθώς και η μεθοδολογία των μετρήσεων που ακολουθήθηκε.

Στο κεφάλαιο 8 παρατίθενται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές.

Ακολουθεί η βιβλιογραφία και δύο παραρτήματα. Στο παράρτημα 1 δίνεται μια περίληψη της πτυχιακής και στο παράρτημα 2 παρατίθενται οι διαφάνειες από την παρουσίαση της.



## 2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

### 2.1. Ψηφιακά, κινητά, σφαιρικά : Εξέλιξη των δικτύων

Επικοινωνία παντού, για τον καθένα, και οποιαδήποτε στιγμή - έχουμε έρθει πολύ πιο κοντά σε αυτόν τον στόχο κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Η ψηφιοποίηση των συστημάτων επικοινωνιών, η τεράστια πρόοδος στη μικροηλεκτρονική, οι υπολογιστές, και η τεχνολογία λογισμικού, οι εφευρέσεις των αποδοτικών αλγορίθμων και οι διαδικασίες για τη συμπίεση, την ασφάλεια, και την επεξεργασία όλων των ειδών σημάτων, καθώς επίσης και της ανάπτυξης των εύκαμπτων πρωτοκόλλων επικοινωνίας είναι σημαντικές προϋποθέσεις για αυτήν την πρόοδο.

Σήμερα, οι τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες επιτρέπουν την πραγματοποίηση των υψηλής απόδοσης και οικονομικώς αποδοτικών συστημάτων επικοινωνιών για πολλούς τομείς εφαρμογών. Στον τομέα των σταθερών δικτύων - όπου τα συστήματα κλεισίματος (εξοπλισμός χρηστών) συνδέονται με το δίκτυο πέρα μέσα από μια γραμμή (διπλό καλώδιο χαλκού, ομοαξονικό καλώδιο, ίνα γυαλιού) - οι νέες τεχνολογίες δικτύων (όπως ο xDSL και το καλωδιακό μόντεμ) έχουν εισαχθεί, παρέχοντας την ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

Η μεγαλύτερη τεχνολογική και οργανωτική πρόκληση είναι, εντούτοις, η υποστήριξη της κινητικότητας συνδρομητών. Μπορεί να διακριθεί μεταξύ δύο ειδών κινητικότητας: τελική κινητικότητα και προσωπική κινητικότητα.

Στην περίπτωση της τελικής φορητότητας, ο συνδρομητής συνδέεται με το δίκτυο με έναν ασύρματο τρόπο - μέσω των ράδιο ή φωτεινών κυμάτων - και μπορεί να κινηθεί με το τερματικό του ελεύθερα, ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης επικοινωνίας. Ο βαθμός φορητότητας εξαρτάται από τον τύπο κινητού ράδιο δικτύου. Οι απαιτήσεις για ένα ασύρματο τηλέφωνο σπιτιού είναι πολύ λιγότερες απ' ό,τι για ένα κινητό τηλέφωνο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα αυτοκίνητο ή ένα τραίνο. Εάν η φορητότητα πρόκειται να υποστηριχθεί μέσω ολόκληρο το δίκτυο (ή χώρας) ή ακόμα και πέρα από τα όρια δικτύων (ή εθνικά), η πρόσθετη τεχνολογία μετατροπής και οι διοικητικές λειτουργίες απαιτούνται, για να επιτρέψουν στους συνδρομητές για να επικοινωνήσουν στον ασύρματο τρόπο έξω από τις εγχώριες περιοχές τους.

Τέτοιες εκτεταμένες λειτουργίες δικτύων απαιτούνται επίσης για να κατανοήσουμε την προσωπική κινητικότητα και την παγκόσμια κάλυψη. Αυτό γίνεται κατανοητό για να περιλάβει τη δυνατότητα της θέσης -ανεξάρτητα από τη χρήση όλων των ειδών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών - συμπεριλαμβάνων και ειδικά στα σταθερά δίκτυα. Ο χρήστης προσδιορίζεται αυτός ή αυτή (το πρόσωπο), π.χ. με τη χρησιμοποίηση μιας κάρτας τσιπ, στη θέση όπου αυτός ή αυτή μένει αυτήν την περίοδο και έχει πρόσβαση στο δίκτυο. Εκεί, οι ίδιες υπηρεσίες επικοινωνίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως στο σπίτι, περιορισμένες μόνο από τις ιδιότητες του τοπικού δικτύου ή του χρησιμοποιούμενου τερματικού σταθμού. Μια παγκόσμια μοναδική και ομοιόμορφη διευθυνσιοδότηση είναι μια σημαντική απαίτηση.

Στο ψηφιακό συστημάτων κινητής επικοινωνίας GSM (Global System for Mobile communication) η τελική κινητικότητα είναι το κυρίαρχο ζήτημα. Η ασύρματη επικοινωνία ήταν δυνατό με το GSM σε οποιαδήποτε πόλη, οποιαδήποτε χώρα, και ακόμη και σε οποιαδήποτε ήπειρο.

Η τεχνολογία GSM περιέχει τις ουσιαστικές "ευφυείς" λειτουργίες για την υποστήριξη της προσωπικής κινητικότητας, ειδικά όσον αφορά τον προσδιορισμό χρηστών και την επικύρωση, και για τον εντοπισμό και τη διοίκηση των κινητών χρηστών. Εδώ συχνά αγνοείται ότι στα δίκτυα κινητής επικοινωνίας κατά πολύ το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας εμφανίζεται πέρα από το σταθερό μέρος δικτύων, το οποίο διασυνδέει τους ραδιοσταθμούς (σταθμοί βάσεων). Επομένως δεν προξενεί καμία έκπληξη ότι κατά τη διάρκεια της περαιτέρω ανάπτυξης και της εξέλιξης των δικτύων τηλεπικοινωνιών, πολλή σκέψη δίνεται στη σύγκλιση των σταθερών και κινητών δικτύων.

Σήμερα, το GSM χρησιμοποιείται κυρίως για τη λεκτική επικοινωνία, αλλά αυξάνεται σταθερά και η χρήση του για την κινητή μετάδοση στοιχείων. Η σύντομη υπηρεσία μηνυμάτων GSM (SMS) είναι μια μεγάλη επιτυχημένη περίπτωση: αρκετά δισεκατομμύρια μηνύματα κειμένων ανταλλάσσονται μεταξύ των κινητών χρηστών κάθε μήνα. Ο παράγοντας που οδηγεί για νέες (και





υψηλότερου εύρους ζώνης) τις υπηρεσίες δεδομένων είναι η ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Οι βασικές τεχνολογίες που έχουν εισαχθεί στο GSM, η γενική υπηρεσία ασύρματης υπηρεσίας (GPRS – General Purpose Radio Service ) και το ασύρματο πρωτόκολλο εφαρμογής (WAP Wireless Access Protocol) για να εξυπηρετήσουν αυτές τις ανάγκες.

Η επόμενη γενιά της κινητής επικοινωνίας είναι γνωστό και ως καθολικό κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών (UMTS –Universal Mobile Telecommunication System) στην Ευρώπη και ως διεθνές κινητό σύστημα το 2000 τηλεπικοινωνιών (International Mobile Telecommunication System 2000 (IMT-2000)) παγκοσμίως. Η τυποποίηση έχει προχωρήσει ήδη αρκετά μακριά, έτσι ώστε τα πρώτα δίκτυα αναμένονται να αρχίσουν τη λειτουργία τους μέσα σε 2002??. Παρά τις διαφορές στο GSM (ειδικότερα όσον αφορά την τεχνική και την ικανότητα μετάδοσης), είναι ένας σαφής στόχος αυτής της μελλοντικής τεχνολογίας δικτύων για να κρατήσει τις πρόσφατα εισαχθείσες τεχνολογίες GSM και να τις κάνει τα ουσιαστικά συστατικά του UMTS/imt-2000

## 2.2. Ταξινόμηση των συστημάτων κινητής επικοινωνίας

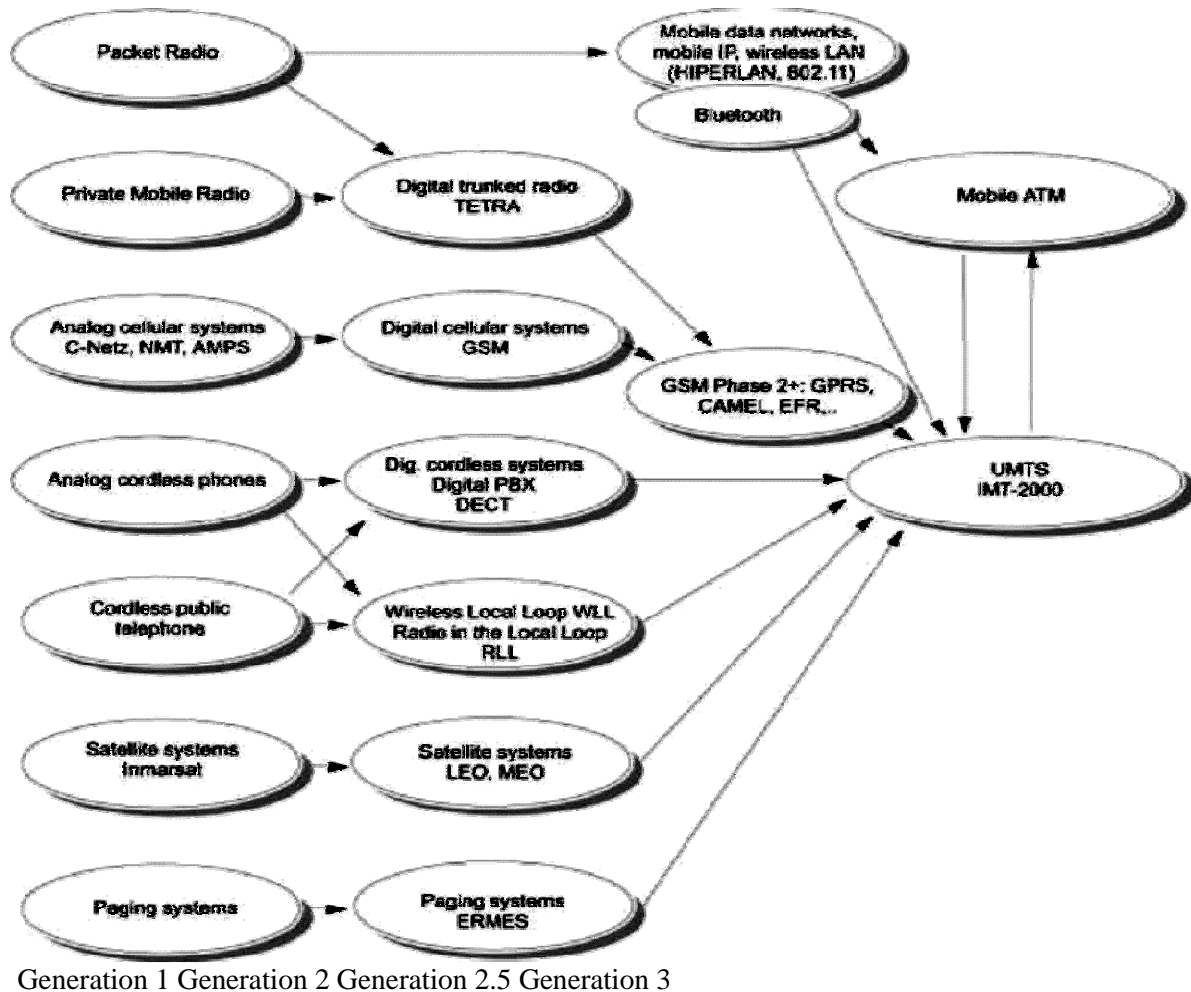
Το σχήμα 1.1 παρουσιάζει ολόκληρο φάσμα σημερινού και - όσο μπορεί να φανεί - μελλοντικά συστήματα κινητής επικοινωνίας.

Για τα αμφίδρομα - και ως εκ τούτου γνήσια - συστήματα επικοινωνιών, η απλούστερη παραλλαγή είναι το ασύρματο τηλέφωνο με την πολύ περιορισμένη κινητικότητα ( στην Ευρώπη ειδικά τα πρότυπα DECT). Αυτή η τεχνολογία υιοθετείται επίσης για την επέκταση ψηφιακού PBXs με τις κινητές επεκτάσεις. Μια σχετική έννοια είναι το ασύρματα στον τοπικός βρόχος (RLL- Radio in the Local Loop) ή τον ασύρματο τοπικό βρόχο (WLL- Wireless Local Loop). Και οι δύο έννοιες απαιτούν μόνο την περιορισμένη κινητικότητα.

Τα δίκτυα τοπικής περιοχής (LANs) έχουν αυξηθεί επίσης με τις λειτουργίες κινητικότητας: Ασύρματα LANs έχουν τυποποιηθεί και προσφέρονται τώρα από διάφορες επιχειρήσεις. Τα WLANs προσφέρουν την βασιζόμενα σε ip , ασύρματη μετάδοση στοιχείων με τα πολύ μεγάλη μετάδοση αλλά την περιορισμένη κινητικότητα. IEEE 802.11 τα συστήματα διαβιβάζουν μέχρι 11 MBIT/S, και HIPERLAN θα προσφέρει μέχρι 25 MBIT/S .Εγκαθίστανται, παραδείγματος χάριν, στα περιβάλλοντα γραφείου και τους αερολιμένες, ως συμπλήρωμα ή εναλλακτική λύση συνδεδεμένο με ενσύρματα LANs, και θεωρούνται επίσης ένα καλό συμπλήρωμα στις τεχνολογίες πρόσβασης UMTS. Οι προσπάθειες "να κινητοποιηθεί" το Διαδίκτυο αξίζει επίσης σε αυτό το πλαίσιο. Ένα νέο πρωτόκολλο δρομολόγησης αποκαλούμενο mobile ip έχει αναπτυχθεί, η οποία επιτρέπει σε έναν κινητό υπολογιστή για να αλλάξει το σημείο σύνδεσής του στο Διαδίκτυο. Μια περαιτέρω ισχυρή ώθηση καινοτομίας για την κινητή μετάδοση στοιχείων και πολυμέσων είναι η ανάπτυξη των ασύρματων κινητών συστημάτων του ATM βασισμένων στον τρόπο ανταλλαγής ασύγχρονης μεταφοράς δεδομένων (ATM).

Μια άλλη αναδυόμενη κατηγορία ασύρματων δικτύων χρησιμοποιείται για την περιορισμένου φάσματος επικοινωνία. Το Bluetooth, παραδείγματος χάριν, αντικαθιστά τα καλώδια με τη διευκόλυνση της άμεσης ασύρματης ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των ηλεκτρονικών συσκευών (π.χ. μεταξύ των κυψελοειδών τηλεφώνων, προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (PDAs), υπολογιστές, και περιφερειακές μονάδες). Αυτά τα δίκτυα καλούνται επίσης δίκτυα περιοχής σώματος (Body Area Networks) ή προσωπικά δίκτυα περιοχής (Personal Area Networks) . Αντίθετα από τις προαναφερθείσες κινητές τεχνολογίες, δεν είναι βασισμένοι σε μια σταθερή υποδομή δικτύων (π.χ. σταθμοί βάσεων). Η δυνατότητα δημιουργίας τέτοιων δικτύων με αυτοφυή και γρήγορο τρόπο τους έδωσε το όνομα δίκτυα ειδικού σκοπού (ad hoc networks) . Οι τεχνολογίες WLAN περιλαμβάνουν επίσης την ικανότητα για peer-to-peer ειδική επικοινωνία (εκτός από την κλασικό μέθοδος client-to-base μετάδοσης σταθμών).





Εικόνα 1 : Επισκόπηση των σύγχρονων και μελλοντικών συστημάτων κινητής επικοινωνίας

Το GSM ανήκει στην κατηγορία κυψελοειδών δικτύων, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δημόσια μαζική επικοινωνία. Είχαν μια πρόωρη επιτυχία με τα αναλογικά συστήματα όπως το προηγμένο κινητό τηλεφωνικό σύστημα (AMPS- Advance Mobile Phone System) στην Αμερική, το σκανδιναβικό κινητό τηλέφωνο (NMT- Nordic Mobile Telephone) σε Σκανδιναβία, ή το C-Netz στη Γερμανία. Ίδρυμένη από το GSM ψηφιακών συστημάτων (με τις παραλλαγές του για 900 MHz, 1800 MHz, και το 1900 MHz), μια αγορά με τα εκατομμύρια των συνδρομητών παγκοσμίως παρήχθη, και αντιπροσωπεύει μια σημαντική οικονομική δύναμη. Ένας ισχυρός παράγοντας γι' αυτήν την γρήγορη ανάπτυξη των αγορών και των τεχνολογιών είναι η απελευθέρωση της αγοράς τηλεπικοινωνιών, οι οποίες επέτρεψαν την καθιέρωση νέων παρόχων δικτύων.

Μια άλλη ανταγωνιστική ή συμπληρωματική τεχνολογία είναι δορυφορική επικοινωνία βασισμένη στους Low Earth Orbiting (LEO) ή Medium Earth Orbiting (MEO) δορυφόρους, που προσφέρουν επίσης παγκόσμιες, και μακροπρόθεσμες ακόμα και ευρυζωνικές, υπηρεσίες επικοινωνίας. Τα διακλαδωμένα ραδιοσυστήματα - σε ψηφιακή μορφή με το ευρωπαϊκό τυποποιημένο Trans European Trunked Radio (TETRA) - χρησιμοποιούνται για τις επιχειρησιακές εφαρμογές όπως τον έλεγχο στόλου. Προσφέρουν τις ιδιωτικές υπηρεσίες που είναι μόνο προσιτές από τις κλειστές ομάδες χρηστών .

Εκτός από τα αμφίδρομα συστήματα επικοινωνιών, επίσης υπάρχουν ποικίλα ομοιοκατευθυνόμενα συστήματα, όπου οι συνδρομητές μπορούν μόνο να λάβουν αλλά να μην στείλουν τα στοιχεία. Με τα ομοιοκατευθυνόμενα συστήματα μηνυμάτων (συστήματα σελιδοποίησης) οι χρήστες μπορούν να λάβουν τα σύντομα μηνύματα κειμένων. Μερικά έτη πριν, τα συστήματα σελιδοποίησης ήταν πολύ δημοφιλή, δεδομένου ότι πρόσφεραν μία οικονομική αποδοτικά προσβασιμότητα με την κάλυψη εκτενών ζωνών. Σήμερα, το SMS στο GSM έχει αντικαταστήσει τη λειτουργία των συστημάτων σελιδοποίησης. Μερικά δισεκατομμύρια μηνύματα SMS



ανταλλάσσονται μεταξύ των κινητών χρηστών GSM κάθε μήνα . Τα ψηφιακά συστήματα ραδιοφωνικής μετάδοσης, όπως η Digital Audio Broadcast (DAB) και Digital Video Broadcast (DVB), είναι πολύ ενδιαφέροντα για την ασύρματη μετάδοση ραδιοσταθμών και τηλεόρασης καθώς επίσης και για τον ήχο - και τη βίντεο- παραγγελία και την ευρυζωνική μετάδοση των σελίδων Διαδικτύου .

Ο δρόμος για τα μελλοντικά καθολικά δίκτυα τηλεπικοινωνιών (UMTS/IMT-2000) έχει ανοίξει με την αντίληψη ότι οι υπηρεσίες προσωπικής επικοινωνίας, Universal Personal Telecommunication (UPT), θα βασίζονται στα έξυπνα δίκτυα. Στα τελευταία χρόνια , η μεγάλη επιτυχία των δικτύων GSM όπως επίσης και ο μεγάλος αριθμός των χρηστών του ίντερνετ έδωσε στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη των συστημάτων τρίτης γενιάς κινητών έναν νέο προσανατολισμό: ένας από τους σημαντικότερους στόχους στην εξέλιξη από το GSM στο UMTS είναι να προσφέρει μια αποδοτική και ισχυρή κινητή πρόσβαση στο Διαδίκτυο .

Το GSM και τα παρελκόμενα του , εντούτοις, θα παραμείνουν για πολλά έτη η τεχνολογική βάση για την κινητή επικοινωνία, και συνεχίζουν να ανοίγουν νέους τομείς εφαρμογών . Προς το παρόν, ο τομέας του κινητού ηλεκτρονικού εμπορίου (π.χ. πληρωμή με τα κινητά τηλέφωνα, κινητές τραπεζικές εργασίες) είναι ιδιαίτερα ελκυστικός. Οι επίσης βασισμένες σε γραπτό κείμενο υπηρεσίες ειδήσεων, ο εντοπισμός , οι εφαρμογές τηλεμετρίας, και τα αυτόματα συστήματα κλήσης έκτακτης ανάγκης είναι μεγάλου ενδιαφέροντος.

### **Πριν το GSM - 1η Γενιά**

Η 1G πρώτη γενιά χρησιμοποιούταν από αρκετές χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας ήταν η αναλογική και χαμηλή ποιότητα μετάδοσης της φωνής με πολλά προβλήματα σύνδεσης, με ογκώδης και βαριές συσκευές, με χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, την έλλειψη ποικίλων υπηρεσιών κτλ. Ποιο συγκεκριμένα υπήρχαν οι εξής τεχνολογίες:

Το AMPS (Advanced Mobile Phone System) ήταν μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ από τα εργαστήρια της Bell στα μέσα του 1970 λειτουργώντας σε συχνότητες των 800MHz (824-894MHz) βασισμένο στην τεχνολογία FDMA. Μια πιο εξελιγμένη έκδοση του AMPS αποτέλεσε λίγο αργότερα το NAMPS (Narrowband AMPS), το οποίο ενσωμάτωνε κάποια ψηφιακή τεχνολογία προκειμένου να επιτρέψει στο σύστημα να αυξήσει τη χωρητικότητά του έως και 3 φορές περισσότερες κλήσεις από το αρχικό AMPS. Το NAMPS μπορεί να έκανε κάποια χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, αλλά κατά βάση ήταν αναλογικό.

Το TACS (Total Access Communication System) ήταν μια αντίστοιχη τεχνολογία του AMPS που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη την δεκαετία του '80. Λειτουργούσε σε συχνότητες των 900MHz υποστήριζε και διάφορες υπηρεσίες, όπως πληροφορίες χρέωσης.

Το C-Network ή αλλιώς C-450 ήταν ένα από τα πρώτα κυψελοειδή δίκτυα και εντοπιζόνταν στη Γερμανία, Πορτογαλία και Νότιο Αφρική. Είναι η πρώτη τεχνολογία που υποστήριζε να μεταφέρεται το σήμα από τη μια κυψέλη στην άλλη χωρίς να διακόπτεται

## **2.3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ GSM 900, GSM1800 ΚΑΙ GSM 1900**

### **2.3.1. GSM900 ΚΑΙ GSM1800**

Το Global System for Mobile communications (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών), συντ. GSM είναι ένα κοινό Ευρωπαϊκό ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) το 1982, άρχισε την μελέτη για την δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Αυτό το σύστημα ονομάστηκε αρχικά Group Special Mobile (GSM).

Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G), το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά σήματα και την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του



διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων.

Το 1989 η ευθύνη του GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) και το 1990 ανακοινώθηκαν επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το 1991 άρχισε η εμπορική του διάθεση στην Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το 1993. Το πρότυπο GSM δεν είναι μόνο Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού υιοθετήθηκε από πολλές άλλες χώρες των άλλων Ηπείρων, εκμεταλλευόμενο διάφορες ζώνες συχνοτήτων.

### 2.3.2. ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

#### 2.3.2.1. GSM 900

Το 1990 άρχισαν να λειτουργούν τα πρώτα δίκτυα GSM στη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz. Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) παραχώρησε ένα ζεύγος συχνοτήτων, από τα 890 έως τα 915 MHz και από τα 935 έως τα 960 MHz. Η πρώτη περιοχή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του κινητού με τον σταθμό βάσης (Up link), ενώ η δεύτερη για την επικοινωνία του σταθμού βάσης με το κινητό (down link). Οι περιοχές (ζώνες) των 25MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 124 + (1 ελεύθερο) κανάλια συχνότητας και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200 KHz. Όλο αυτό το σύστημα ονομάστηκε GSM 900 ή Standard GSM.

#### 2.3.2.2. GSM 1800

Στη συνέχεια, το 1991, αναπτύχθηκε το σύστημα DCS 1800, στο οποίο διατηρείται η δομή ενός GSM 900 δικτύου αλλά χρησιμοποιούνται διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων, από τα 1710 έως τα 1785 MHz Up link και από τα 1805 έως τα 1880 MHz Down link. Οι περιοχές των 75MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 374 (+ 1 ελεύθερο) κανάλια και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200 KHz. Αυτή η αλλαγή στην ζώνη συχνοτήτων έγινε διότι οι ζώνες του GSM 900 στην Ευρώπη ήταν πιασμένες από άλλους πάροχους κινητής τηλεφωνίας. Σήμερα, όλες οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν και τα δύο συστήματα (GSM 900/GSM 1800) στα δίκτυα τους αυξάνοντας αισθητά τη χωρητικότητά στα δίκτυα τους. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 η GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το DCS 1800 σε GSM 1800 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM.

#### 2.3.2.3. GSM 1900

Στο GSM 1900 χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες της Αμερικής, διατηρείται και πάλι η δομή ενός GSM 900 δικτύου, αλλά χρησιμοποιούνται και εδώ διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων: Από τα 1850 έως τα 1910 MHz για Up link και από τα 1930 έως τα 1990 MHz για Down link. Οι περιοχές των 60MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 299+ (1 ελεύθερο) κανάλια συχνότητας και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200KHz. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 η GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το PCS 1900 που λεγότανε παλιότερα σε GSM 1900 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM.

#### 2.3.2.4. E-GSM • Extended-GSM 900 - Εκτεταμένη ζώνη GSM

Το E-GSM καθορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ράδιο Επικοινωνιών στα τέλη της δεκαετίας του 1990 για να «αντικαταστήσει» το κλασικό GSM 900 διατηρώντας βέβαια την δομή του αυξάνοντας όμως τις περιοχές συχνοτήτων από 880 έως 915 MHz για Up link και 925 έως 960 MHz Down link. Έτσι επέτρεψε στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας να αυξήσουν τη χωρητικότητά τους και να καλύψουν τις ανάγκες από την αυξημένη κίνηση των πελατών τους.

### 2.3.3. Κυψελοειδής Δομή Δικτύου

Η εμβέλεια ενός δικτύου GSM σε μία γεωγραφική περιοχή για να γίνει, η περιοχή αυτή διαμελίζεται σε μικρότερες περιοχές που λέγονται κυψέλες, οι οποίες εφάπτονται μεταξύ τους με κάθε κυψέλη να έχει και ένα σταθμό βάσης ( Base Station), συνθέτοντας έτσι μια δομή κυψελών. Η δομή αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται για την απαιτούμενη κάλυψη της μιας περιοχής κάνοντας



επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων. Με την μέθοδο αυτή αυξάνεται η χωρητικότητα του δικτύου αλλά πρέπει η ισχύς κάθε κυψέλης να είναι όση χρειάζεται ώστε να μην ξεπερνάει τα όρια της και να υπερχειλίζει άλλες κυψέλες της ίδιας δομής ενώ για να μην δημιουργείται ενδοκαναλική παρεμβολή σε γειτονικές κυψέλες η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να απέχουν επαρκή απόσταση οι κυψέλες μιας δομής που έχουν την ίδια συχνότητα με τις κυψέλες μιας άλλης δομής. Η ενδοκαναλική παρεμβολή μειώνεται όσο αυξάνει ο αριθμός των κυψελών της δομής. Η ακτίνα κάθε κυψέλης σε αραιοκατοικημένες περιοχές είναι έως και 35Km ενώ σε πυκνοκατοικημένες περιοχές δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα.

Σε περιοχές με πολύ μεγάλη ζήτηση χωρητικότητας δικτύου όπως σε αστικά κέντρα, οι σταθμοί βάσης υπερφορτώνονται και έτσι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα του δικτύου.

Έτσι για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός γίνεται διάσπαση των υπάρχοντων κυψελών σε μικρότερες, ενώ γι' αυτές χρησιμοποιούνται κεραιές μικρότερης ισχύος (macro bs - micro- bs - pico bs) όπως σε κτήρια, στο μετρό, Δημόσιους Οργανισμούς, οδικές αρτηρίες κτλ..

#### 2.3.4. Αρχιτεκτονική

Ένα GSM δίκτυο χωρίζεται σε 3 βασικά μέρη:

1) Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station): Έχει οπωσδήποτε πομπό-δέκτη, κεραιά, οθόνη και την κάρτα SIM. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής στην Ευρώπη μιας κινητής μονάδας είναι στα 2 Watt ενώ σε Αυστραλία και Αμερική είναι 1,6W, οι τιμές αυτές καθορίστηκαν από την Διεθνή Επιτροπή για την προστασία από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

2) Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (Base Station Subsystem): Το BSS διαχειρίζεται τις κλήσεις σε μια γεωγραφική περιοχή όπου καλύπτεται από ένα σύνολο κεραιών διαφόρων μεγεθών σε σειρά σαν αυτούς που βλέπουμε σε λόφους, ταράτσες πολυκατοικιών – εταιριών – σχολείων - οργανισμών κτλ. και κάθε τέτοια κεραιά εξυπηρετεί και από μια κυψέλη. Το BSS χωρίζεται στο βασικό σταθμό πομπό-δέκτη Base Transceiver Station (BTS) και στο βασικό σταθμό ελέγχου Base Station Controller (BSC).

• Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (BTS) φροντίζει την επικοινωνία μεταξύ του δικτύου GSM και του κινητού σταθμού. Ένα BTS μπορεί να ελέγχει μια ή περισσότερες κεραιές. Η ισχύς των κεραιών σε ένα BTS μπορεί είναι 40W έως 500W. Όταν ένας χρήστης A θέλει να πραγματοποιήσει μια κλήση σε έναν άλλο συνδρομητή B, ο σταθμός βάσης μεταβιβάζει το σήμα με το αίτημά του A για αναζήτηση και εντοπισμό του άλλου συνδρομητή B στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο της εταιρείας του A. Το κέντρο της εταιρείας εντοπίζει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται ο B και στέλνει το σήμα στον πλησιέστερο σταθμό βάσης. Από εκεί, πάλι με τη χρήση των διαθέσιμων συχνοτήτων, στέλνεται το σήμα στο κινητό του B κι έτσι μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του ο A. Το πεδίο μιας GSM κεραιάς ενός σταθμού βάσης ή κινητής μονάδας, είναι παλμικό με κανάλια διάρκειας 4,616 ή 9,232 msec το καθένα, που είναι χωρισμένα σε 8 ή 16 διαστήματα-χρονοθυρίδες, διάρκειας 0.577 msec η καθεμία (8X0,577 ή 16X0,577). Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί για μια τηλεφωνική κλήση από μια χρονοθυρίδα άρα ένα κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι και από 8 ή 16 συνδρομητές. Οι 8 ή 16 χρονοθυρίδες που χωρίζονται σε ένα κανάλι αποκαλούνται πλαίσιο TDMA ενώ κάθε χρονοθυρίδα αντιστοιχεί σε 156 bits.

• Το BSC (Base Station Controller-Βασικός Σταθμός Ελέγχου) ελέγχει τα σήματα παίρνοντας τα από ένα ή περισσότερα BTS ενώ εκχωρεί και απελευθερώνει κανάλια. Τα σήματα που λαμβάνει τα κατευθύνει στο MSC- Mobile Switching Centre και όταν χρειάζεται μετατρέπει τα 16kbps φωνής που είναι στην κινητή τηλεφωνία σε 64kbps που χρησιμοποιείται στην σταθερή τηλεφωνία. (σχήμα)

3) Το Υποσύστημα Δικτύου μεταγωγής (NNS- Network Switching Subsystem) που αποτελείται από: Το Κέντρο Διαμονής (Mobile Switching Center), είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση, τον έλεγχο και την δρομολόγηση εισερχόμενων/εξερχόμενων κλήσεων μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και ενός άλλου δικτύου ή άλλων. Όταν ένα MSC συνδέεται με ένα δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας θα πρέπει να δέχεται 64kbps φωνής, όταν όμως ο MSC συνδέεται με ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας τότε θα πρέπει να γνωρίζει που βρίσκεται εκείνη τη δεδομένη χρονική στιγμή ο χρήστης, αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια καταχωρητών VLR (Visitor Locator Register), Home Locator Register (HLR). Ο πάτριος καταχωρητής θέσης αναζήτησης ή τοπικά κέντρα εγγραφής-HLR έχει μια Βάση Δεδομένων που κρατά στοιχεία προφίλ ενός συνδρομητή και πληροφορίες για την τρέχουσα θέση του, κάθε τέτοιο κέντρο η εμβέλεια του είναι σε τοπικό επίπεδο. Έτσι π.χ. όταν ένας συνδρομητής από το





Πέραμα το HLR του χρήστη είναι το "HLR Πέραμα", επίσης σε μια πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα τοπικά κέντρα εγγραφής π.χ. το Περιστερί. Ο καταχωρητής θέσης αναζήτησης επισκεπτών ή εικονικό κέντρο εγγραφής χρήστη (VLR): Όταν ο συνδρομητής βγει από τα όρια της τοπικής περιοχής που καλύπτει το HLR δηλαδή είναι πολύ μακριά από το σπίτι του τότε αναλαμβάνει τον χρήστη ο καταχωρητής θέσης αναζήτησης ή εικονικό κέντρο εγγραφής - VLR ο οποίος έχει μια βάση δεδομένων, ο οποίος συγκρατεί προσωρινά δεδομένα καθώς και την τρέχουσα θέση του, αναλαμβάνοντας τις κλήσεις του καλύτερα κατά τις ώρες αιχμής στο κέντρο της πόλης. Το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Centre – AuC) ο ρόλος του οποίου έγκειται στη διαχείριση δεδομένων για την πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη.

### 2.3.5. Handover - Αλλαγή κυψέλης

Το handover, είναι η εναλλαγή μιας κλήσης που βρίσκεται σε εξέλιξη, σε διαφορετική κυψέλη επειδή η κινητή μονάδα βρίσκεται εν κίνηση. Έχει υπολογιστεί ότι ο μέσος χρόνος παραμονής σε μία κυψέλη μιας κινούμενης μονάδας είναι 4,5 λεπτά. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι handover που μπορούν να γίνουν στο GSM οι οποίοι αφορούν σε κανάλια που είναι στην ίδια κυψέλη, σε κυψέλες που βρίσκονται υπό τον έλεγχο του ίδιου Βασικού σταθμού ελέγχου (BSC), κυψέλες που βρίσκονται στον έλεγχο διαφορετικών σταθμών ελέγχου αλλά στο ίδιο MSC και κυψέλες σε διαφορετικά MSC. Οι δύο πρώτοι τύποι λέγονται εσωτερικά handovers και χρησιμοποιούν τον ίδιο Βασικό σταθμό ελέγχου (BSC), το MSC ενημερώνεται μόνο όταν ολοκληρωθεί το handover. Οι άλλοι δύο τύποι handover καλούνται εξωτερικά handovers και τα χειρίζονται τα MSCs. Επίσης τα handovers, μπορούν να ενεργοποιηθούν από το ίδιο το κινητό ή το MSC σαν λύση για την καταπολέμηση της αυξημένης κίνησης σε μια κυψέλη, την ώρα που δεν απασχολείται, το κινητό ελέγχει τα κανάλια επικοινωνίας με 16 γειτονικές κυψέλες και δημιουργεί μια λίστα με τις 6 πιο πιθανές κυψέλες για handover που έχουν το δυνατότερο σήμα. Οι πληροφορίες περνάνε στο BSC και στο MSC και χρησιμοποιούνται για τον αλγόριθμο του handover. Ο αλγόριθμος «μικρότερης επιτρεπτής απόδοσης» δίνει το δικαίωμα αλλαγής της ισχύς στο handover, έτσι ώστε όταν το σήμα φθίνει πιο κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο, η ισχύς του κινητού να αυξάνεται ενώ αν αυξησει στην ισχύ δεν βελτιώσουν τελικά το σήμα δημιουργείται νέο handover. Στα διπλής ζώνης (Dual Band) δίκτυα GSM (900GSM-1800GSM) μπορεί να γίνει ταυτόχρονη χρήση των δύο αυτών συστημάτων με handovers, χωρίς να γίνεται αντιληπτό από τη κινητή μονάδα. Ο συνδρομητής θα πρέπει, όμως, να διαθέτει κινητή μονάδα που να υποστηρίζει τα δύο συστήματα ταυτόχρονα.

### 2.3.6. Χωρητικότητα Δικτύων GSM - Erlang

Σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιο μοντέλο τηλεφωνικής «κίνησης» με σκοπό την υψηλή ποιότητα παροχής υπηρεσιών. Το μοντέλο αυτό σχεδιάζεται βάσει κάποιων πραγματικών παρατηρήσεων με βάση την τηλεφωνική συμπεριφορά των συνδρομητών της εταιρίας. Για την κατασκευή του μοντέλου αυτού παίρνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως ο αριθμός των συνδρομητών, το πόσο συχνά και σε ποιες περιοχές κάνουν χρήση του κινητού τους (τις ώρες αιχμής-γιορτές), τη μέση διάρκεια μιας τηλεφωνικής συνδιάλεξης κ.α. παράγοντες έτσι ώστε να εξασφαλισθεί εκ των προτέρων η ικανοποίηση των χρηστών. Για να υπολογιστεί η τηλεφωνική "κίνηση" χρησιμοποιείται μια μονάδα μέτρησης, το Erlang. Ένα Erlang δείχνει το φορτίο κίνησης που μεταφέρεται από ένα κανάλι που είναι δεσμευμένο. Αν, δηλαδή, ένα κανάλι χρησιμοποιείται για μία ώρα και 30 λεπτά, κατά την διάρκεια μιας ώρας μεταφέρει 5,0 Erlangs. Εάν Q κλήσεις, μέσης διάρκειας T, πραγματοποιούνται κατά το χρονικό διάστημα t, τότε η τηλεφωνική κίνηση A δίνεται από τη σχέση:

$$A = \frac{QT}{t} \text{ Erlangs}$$

Αν έχουμε 100 χρήστες από τους οποίους οι 30 κάνουν 2 κλήσεις την ώρα διάρκειας 3 λεπτών 15 να κάνουν 4 κλήσεις την ώρα διάρκειας 8 λεπτών και 55 να κάνουν 30 κλήσεις την ώρα διάρκειας ενός λεπτού τότε ο συνολικός φόρτος κίνησης είναι 38,5 Erlangs με μέση κίνηση/χρήστη να είναι 38,5



mErlangs. ( $30 \times 2 \times 3 = 180$ ,  $180/60\text{min} = 3$  Erlangs) ( $15 \times 4 \times 8 = 480$ ,  $480/60\text{min} = 8$  Erlangs) ( $55 \times 30 \times 1 = 1650$ ,  $1650/60\text{min} = 27,5$  Erlangs) ( $0,1$  Erlangs = 6min,  $1$  Erlangs = 60min)

«Η τηλεφωνική κίνηση/συνδρομητή ορίζεται ως η μέση πιθανότητα για ένα συγκεκριμένο συνδρομητή να κάνει χρήση του τηλεφώνου του κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σε ώρες αιχμής.» Μετρήσεις που έχουν γίνει σε δίκτυα GSM έχουν δείξει ότι  $0,025$  Erlang/συνδρομητή είναι υπεραρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες της συνδρομητικής βάσης. Αυτό σημαίνει ότι κάθε συνδρομητής μπορεί να κάνει μία κλήση διάρκειας  $90$  δευτερολέπτων/ώρα. Στην πράξη κανένα, τηλεπικοινωνιακό δίκτυο στον κόσμο δεν μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα όλους τους συνδρομητές του, σε συνθήκες καταγιστικής ζήτησης π.χ. σε περίπτωση σεισμού. Με βάση τα παραπάνω τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας έχουν σχεδιάσει τα δίκτυα τους να έχουν Gos { (Grade of Service) - η πιθανότητα να μπλοκαριστεί μια κλήση} λιγότερο από  $2\%$ . Έτσι αν είχαμε  $100$  συνδρομητές με Gos  $2\%$  με μέση κίνηση/χρήστη να είναι  $38,5$  mErlangs τότε έχουμε  $100 \times 0,0385 \times 5 = 3,85$  Erlangs με Gos  $2\%$  χρειάζονται  $9$  κανάλια σύμφωνα με έναν ειδικό πίνακα Erlang blocking probability. Το Erlang πήρε το όνομά του από τον Δανό μηχανικό τηλεπικοινωνιών A.K.Erlang.

### 2.3.7. Πιστοποίηση και Ασφάλεια

Ένας χρήστης για να μπορέσει να χρησιμοποιήσει το δίκτυο, το δίκτυο θα πρέπει πρώτα να τον πιστοποιήσει. Καταρχήν για να γίνει αυτό κάθε κινητό θα πρέπει να διαθέτει ένα κρυμμένο κλειδί το οποίο βρίσκεται συγκεκριμένα στην κάρτα SIM του και στο Κέντρο Πιστοποίησης (AC). Όταν ενεργοποιείται το κινητό, το Κέντρο Πιστοποίησης στέλνει ένα τυχαίο αριθμό στο κινητό και αυτόν τον αριθμό τον χρησιμοποιούν μαζί με το κρυμμένο κλειδί και με έναν κρυπτογραφημένο αλγόριθμο για την δημιουργία ενός νέου αριθμού. Το κινητό στέλνει πίσω στον κέντρο πιστοποίησης τον αριθμό αυτό και το κέντρο πιστοποίησης με την σειρά του ελέγχει αν είναι ίδιος με αυτόν που έφτιαξε. Αν ο αριθμός είναι ίδιος τότε ο χρήστης πιστοποιήθηκε ειδάλλως τον ειδοποιεί ότι διαδικασία εγγραφής στο δίκτυο ήταν ανεπιτυχής. Κάθε κινητό τηλέφωνο έχει την δικιά του ταυτότητα IMEI (ταυτότητα τηλεφώνου). Η ταυτότητα αυτή είναι ένας μοναδικός 16ψήφιος για κάθε συσκευή που αντιστοιχεί στην μάρκα του κινητού, αριθμός σειράς, στοιχεία κατόχου, ημερομηνία αγοράς συσκευής κ.α. Ένα δίκτυο τηλεφωνίας GSM αποθηκεύει σε 3 διαφορετικές λίστες τα IMEI των συνδρομητών της. 1η λίστα είναι η λευκή λίστα που υπάρχουν όλα τα IMEI το κινητών που λειτουργούν φυσιολογικά και μπορούν να συνδεθούν δίκτυο με ασφάλεια. 2η λίστα είναι η γκρι λίστα που υπάρχουν τα IMEI των κινητών που είναι υπό-παρακολούθηση λόγω πιθανόν προβλημάτων που δημιουργούν. 3η λίστα είναι η μαύρη λίστα που υπάρχουν τα IMEI των κινητών που έχουν δηλωθεί από τους κατόχους τους σαν κλεμμένους ή απολεσθέν τους και ανάλογα την περίπτωση διενεργείται παρακολούθηση των κινητών αυτών αν χρησιμοποιούνται ή την άρνηση εγγραφής τους με το δίκτυο, λειτουργίες αυτές ανήκουν στο MSC.

### 2.3.8. Γενιά 2.5G και 2.7G

Η 2.5G είναι η μεταβατική διαδικασία αναβάθμισης των υπαρχόντων δικτύων GSM 2G με σκοπό την αύξηση χωρητικότητα του δικτύου προσφέροντας και την προσφορά περισσότερων και ποιοτικότερων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Για την ανάπτυξη των δικτύων GSM αναπτύχθηκαν 2 τεχνολογίες:

- Τεχνολογία GPRS - (General Packet Radio Service)
- Τεχνολογία EDGE - (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

### 2.3.9. Τεχνολογία GPRS - (General Packet Radio Service)

Το GPRS (General Packet Radio Service) γενικά είναι το τεχνολογικό πρότυπο που επιτρέπει την ταχύτατη αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM μέσω της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων. Το GPRS επιτρέπεται η ταυτόχρονη χρήση περισσότερων του ενός χρονοθυρίδων έτσι η μεταφορά δεδομένων μπορεί να φτάσει θεωρητικά ως και τα  $153,6 = 16 \times 9,6$  kbps για 16 χρονοθυρίδες ή  $21,4 \times 8 = 171,2$  kbps για 8 χρονοθυρίδες. Οι πόροι του δικτύου



χρησιμοποιούνται πιο αποδοτικά γιατί οι χρονοθυρίδες δεσμεύονται μόνο κατά την ώρα μετάδοσης και αποδεσμεύονται όταν τελειώνει η μετάδοση σε αντίθεση με την τεχνολογία CSD. Στην πράξη όμως το GPRS χρησιμοποιεί 3 με 4 χρονοθυρίδες για κατέβασμα και μια χρονοθυρίδα για ανέβασμα (μη συμμετρική σύνδεση).

### 2.3.10. Τεχνολογία EDGE (2.7G) - (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

Το EDGE είναι μια ενδιάμεση μεταβατική τεχνολογία πριν το 3G και αυτό είναι τεχνολογικό πρότυπο που επιτρέπει στα δίκτυα 2G να έχουν τριπλάσια χωρητικότητα δικτύου με πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης για την παροχή υπηρεσιών 3G, όπως video streaming , πραγματικό Internet browsing κτλ.. Το EDGE είναι μια αναβάθμιση του GPRS αλλά δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα ενώ η αναβάθμιση και η εγκατάσταση του EDGE δεν απαιτεί την χρήση νέου εξοπλισμού από τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας αλλά την βελτίωση του ήδη υπάρχοντος. Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας EDGE σε σχέση με το ήδη υπάρχον GSM δίκτυο, είναι η χρήση μίας διαφορετικής μεθόδου διαμόρφωσης των δεδομένων. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται 8PSK (8 Phase Shift Keying modulation) επιτρέποντας τη μεταφορά 3 bit δεδομένων σε κάθε μοναδικό παλμό του δικτύου. Η τεχνολογία που παρέχουν τα απλά δίκτυα GSM με υποστήριξη υπηρεσιών GPRS, χρησιμοποιεί τη μέθοδο GMSK (Gaussian pre-filtered Minimum Shift Keying) η οποία βασίζεται στη μέθοδο Gauss για την εκθετική μείωση των πιθανοτήτων λάθους κατά τη μεταφορά των δεδομένων, αλλά επιτρέπει τη μεταφορά μόνο ενός bit δεδομένων σε κάθε μοναδικό παλμό του δικτύου. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται είναι 384Kbps ή και 768kbps με στόχο όμως να φτάσει τα 2Mbps. Επίσης το EDGE έχει την ικανότητα αναμετάδοσης ενός πακέτου πληροφοριών, που δεν κωδικοποιήθηκε σωστά, με ένα περισσότερο ισχυρό σχήμα κωδικοποίησης, ενώ στο GPRS τα πακέτα θα έπρεπε να αποστέλλονται με το ίδιο σχήμα κωδικοποίησης ακόμη και αν το περιβάλλον μεταβάλλεται με αποτέλεσμα τις αποσυνδέσεις και τα προβλήματα, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένη ζήτηση.

## 2.4. UMTS

### 2.4.1. Εισαγωγή

Καθολικό κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών (UMTS) είναι ένα από τρίτης γενιάς (3G) τηλέφωνο κυττάρων τεχνολογίες, το οποίο αναπτύσσεται επίσης στη 4G τεχνολογία. Αυτήν την περίοδο, η πιο κοινή μορφή χρήσεων UMTS είναι W-CDMA σαν ελλοχεύουσα διεπαφή αέρα. Τυποποιείται από 3GPP, και είναι η ευρωπαϊκή απάντηση ITU Imt-2000 απαιτήσεις για 3G κυψελοειδή ραδιοσυστήματα.. Για να διαφοροποιήσει το UMTS από τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες δικτύων, το UMTS πωλείται μερικές φορές όπως 3GSM, υπογραμμίζοντας το συνδυασμό της 3G φύσης της τεχνολογίας και GSM πρότυπα που είχε ως σκοπό να πετύχει.

UMTS, χρησιμοποίηση W-CDMA, υποστηρίζει μέχρι 14.0 MBIT/s στοιχεία ποσοστά μεταφοράς θεωρητικά (με HSDPA), αν και προς το παρόν οι χρήστες στα επεκταμένα δίκτυα μπορούν να αναμείνουν ποσοστό μεταφοράς μέχρι 384 KBIT/s για R99 τα μικροτηλέφωνα , και 3.6 MBIT/s για HSDPA μικροτηλέφωνα στη σύνδεση κατιουσών συνδέσεων. Αυτό είναι ακόμα πολύ μεγαλύτερο από τα 9.6 KBIT/s ενός ενιαίου λάθος-διορθωμένου GSM κυκλώματος - αλλαγμένο κανάλι στοιχείων ή πολλαπλάσια κανάλια 9.6 KBIT/s μέσα HSCSD (14.4 KBIT/s για CDMAOne), και-στον ανταγωνισμό σε άλλες τεχνολογίες δικτύων όπως η πρόσβαση CDMA2000, PHS ή wLAN-προσφορών World Wide Web και άλλες υπηρεσίες στοιχείων στις κινητές συσκευές.

Οι πρόδρομοι 3G είναι 2G συστήματα κινητής τηλεφωνίας, όπως GSM, Eίμαι-95, PDC, PHS και άλλες 2G τεχνολογίες που επεκτείνονται στις διαφορετικές χώρες. Στην περίπτωση GSM, υπάρχει μια πορεία εξέλιξης από 2G, GPRS, γνωστός επίσης όπως 2.5G. GPRS υποστηρίζει ένα πολύ καλύτερο ποσοστό στοιχείων (μέχρι ένα θεωρητικό μέγιστο 140.8 KBIT/s, αν και τα χαρακτηριστικά ποσοστά είναι πιο στενά σε 56 KBIT/s) και είναι πακέτο - μεταστρεφόμενο παρά σύνδεση προσανατολισμένη (κύκλωμα - μεταστρεφόμενο). Επεκτείνεται σε ισχύ πολλές όπου το GSM χρησιμοποιείται. E-GPRS, ή AKPH, είναι μια περαιτέρω εξέλιξη GPRS και είναι βασισμένος στα πιο σύγχρονα σχέδια



κωδικοποίησης. Με την ΑΚΡΗ τα πραγματικά ποσοστά στοιχείων πακέτων μπορούν προσιτότητα περίπου 180 KBIT/s (αποτελεσματική). Τα συστήματα ΑΚΡΩΝ αναφέρονται συχνά ως «συστήματα 2.75G».

Από το 2006, τα δίκτυα UMTS σε πολλές χώρες ήταν ή είναι στο στάδιο της αναβάθμισης με Πρόσβαση πακέτων κατιουσών συνδέσεων υψηλής ταχύτητας (HSDPA), γνωστό μερικές φορές όπως 3.5G. Αυτήν την περίοδο, HSDPA επιτρέπει κατιούσα σύνδεση ταχύτητας μεταφοράς μέχρι 7.2 MBIT/s. Η εργασία προχωρεί επίσης στη βελτίωση της uplink ταχύτητας μεταφοράς με Μεγάλο Uplink πρόσβαση πακέτων (HSUPA). Μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, 3GPP μακροπρόθεσμη εξέλιξη το πρόγραμμα σχεδιάζει να κινήσει το UMTS προς 4G τις ταχύτητες 100 MBIT/s κάτω και 50 MBIT/s επάνω, χρησιμοποιώντας μια τεχνολογία διεπαφών αέρα επόμενης γενεάς που βασίζεται OFDM.

Το UMTS υποστηρίζει κινητό συνεδρίαση μέσω video, αν και η εμπειρία στην Ιαπωνία και αλλού έχει δείξει ότι η ζήτηση χρηστών για τις τηλεοπτικές κλήσεις δεν είναι πολύ υψηλή. Άλλες πιθανές χρήσεις για το UMTS περιλαμβάνουν τη μεταφόρτωση της μουσικής και του τηλεοπτικού περιεχομένου, καθώς επίσης και LIVE TV.

### 2.4.2. Τεχνολογία

Το UMTS συνδυάζει W-CDMA, TD-CDMA, ή TD-SCDMA διεπαφές αέρα, GSM Κινητός πυρήνας μερών εφαρμογής (XAPTHΣ), και η οικογένεια GSM της ομιλίας codecs. Στη δημοφιλέστερη κυψελοειδή παραλλαγή κινητών τηλεφώνων του UMTS, W-CDMA χρησιμοποιείται αυτήν την περίοδο. Σημειώστε ότι άλλα ασύρματα πρότυπα χρησιμοποιούν W-CDMA σαν τη διεπαφή αέρα τους, συμπερίληψη FOMA.

Το UMTS άνω των W-CDMA χρησιμοποιεί ένα ζευγάρι των καναλιών 5 MHz. Αντίθετα, ο ανταγωνισμός CDMA2000 το σύστημα χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερα αυθαίρετα κανάλια 1.25 MHz για κάθε κατεύθυνση της επικοινωνίας. Το UMTS και άλλα συστήματα W-CDMA επικρίνονται ευρέως για τη μεγάλη χρήση φάσματός τους, η οποία έχει καθυστερήσει την επέκταση στις χώρες που ενέργησαν σχετικά αργά να διαθέσουν νέες συχνότητα συγκεκριμένα για 3G τις υπηρεσίες (όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες).

Ο συγκεκριμένος ζώνες συχνότητας αρχικά καθορισμένα από το UMTS τα πρότυπα είναι 1885-2025 MHz για την κινητός--βάση (uplink) και 2110-2200 MHz για τον βάση--κινητό (κατιούσα σύνδεση). Στις ΗΠΑ, 1710-1755 MHz και 2110-2155 MHz θα χρησιμοποιηθούν αντ' αυτού, όπως η ζώνη 1900 MHz χρησιμοποιήθηκε ήδη. Επιπλέον, σε μερικές χώρες οι χειριστές UMTS χρησιμοποιούν τα 850 MHz ή/και 1900 MHz ενώνουν (ανεξάρτητα, σημαίνοντας uplink και την κατιούσα σύνδεση είναι μέσα στην ίδια ζώνη), ειδικότερα στις ΗΠΑ κοντά Κινητικότητα AT&T, και στην Αυστραλία κοντά Telstra (850 MHz μόνο). Ένα δίκτυο UMTS900 έχει ανοίξει επίσης στη Φινλανδία, που προγραμματίζεται για περισσότερες αγροτικές περιοχές και άλλες σκληρές περιοχές κάλυψης άνω του GSM το κοινό φάσμα 900 MHz, που υποστηρίζεται αυτήν την περίοδο κοντά Elisa και Nokia (από τον πρότυπο κλασικό 6121) και επίσης ενθαρρυσμένος από τους τοπικούς ρυθμιστές.

Για τους υπάρχοντες χειριστές GSM, είναι μια απλή αλλά δαπανηρή πορεία μετανάστευσης στο UMTS: ένα μεγάλο μέρος της υποδομής μοιράζεται με το GSM, αλλά το κόστος τις νέες άδειες φάσματος και το UMTS στους υπάρχοντες πύργους μπορεί να είναι απαγορευτικά ακριβό.

Μια σημαντική διαφορά του UMTS έναντι του GSM είναι η διεπαφή αέρα διαμορφώνοντας το ραδιοδίκτυο πρόσβασης GSM/EDGE (GeRAN). Μπορεί να συνδεθεί με διάφορο σπονδυλική στήλη δίκτυα όπως Διαδίκτυο, ISDN, GSM ή σε ένα δίκτυο UMTS. Το GeRAN περιλαμβάνει τα τρία χαμηλότερα στρώματα Πρότυπο της OSI. Τα πρωτόκολλα στρώματος δικτύων (OSI 3) διαμορφώνουν Ραδιο διαχείριση των πόρων πρωτόκολλο (RRM). Διαχειρίζονται τα κανάλια φορέων μεταξύ των κινητών τερματικών και του σταθερού δικτύου συμπεριλαμβανομένων των παραδόσεων.

### 2.4.3. Απελευθερώσεις

Η εξέλιξη του συστήματος θα προωθήσει με τις αποκαλούμενες απελευθερώσεις. Κάθε απελευθέρωση θα εισαγάγει τα νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι παραδείγματα πολλά άλλα σε αυτές τις νέες απελευθερώσεις.





#### 2.4.3.1. Απελευθέρωση «99

- Υπηρεσίες φορέων
- κύκλωμα 64 KBIT/s - μεταστρεφόμενο
- πακέτο 384 KBIT/s - μεταστρεφόμενο
- Υπηρεσίες θέσης
- Υπηρεσίες κλήσης: συμβατό σύστημα με Σφαιρικό σύστημα για την κινητή επικοινωνία (GSM), βασισμένο Καθολική ενότητα ταυτότητας συνδρομητών (USIM)

#### 2.4.3.2. Απελευθέρωση 4

- Ραδιόφωνο ακρών
- Μήνυμα πολυμέσων
- MExE (κινητό περιβάλλον εκτέλεσης)
- Βελτιωμένες υπηρεσίες θέσης
- Υπηρεσίες πολυμέσων IP (IMS)

#### 2.4.3.3. Απελευθέρωση 5

- Υποσύστημα πολυμέσων IP (IMS)
- IPν6, Μεταφορά IP μέσα UTRAN
- Βελτιώσεις σε GERAN, MExE, κ.λπ.
- HSDPA

#### 2.4.3.4. Απελευθέρωση 6

- WLAN ολοκλήρωση
- Ραδιοφωνική μετάδοση πολυμέσων και πολλαπλής διανομής
- Βελτιώσεις στο IMS
- HSUPA

### 2.4.4. Εξωτερικοί διαποδιαμορφωτές .

Χρησιμοποίηση του α κυπελοειδής δρομολογητής, PCMCIA ή USB η κάρτα, πελάτες είναι σε θέση να έχει πρόσβαση 3G στις ευρυζωνικές υπηρεσίες, ανεξάρτητα από την επιλογή υπολογιστή τους (όπως το α PC ταμπλετών ή α PDA). Κάποιο λογισμικό εγκαθίσταται από το διαποδιαμορφωτή, έτσι ώστε σε μερικές περιπτώσεις απολύτως καμία γνώση τεχνολογίας δεν απαιτείται για να πάρει online στις στιγμές.

Χρησιμοποιώντας ένα τηλέφωνο που υποστηρίζει 3G και Bluetooth 2.0, τα πολλαπλάσια bluetooth-ικανά laptop μπορούν να συνδεθούν με το Διαδίκτυο. Το τηλέφωνο ενεργεί ως δρομολογητής, αλλά μέσω της παρά ασύρματης δικτύωσης Bluetooth (802.11) ή μιας σύνδεσης USB.

### 2.4.5. Διαλειτουργικότητα και σφαιρική περιπλάνηση

Τα τηλέφωνα UMTS (και κάρτες στοιχείων) είναι ιδιαίτερα φορητά - έχουν ως σκοπό να περιπλανηθούν εύκολα επάνω σε άλλα δίκτυα UMTS (που υποθέτουν τον προμηθευτή σας έχει μια συμφωνία περιπλάνησης). Επιπλέον, σχεδόν όλα τα τηλέφωνα UMTS (εκτός από στην Ιαπωνία) είναι με διπλό σύστημα λειτουργίας συσκευές UMTS/GSM, έτσι εάν ένα τηλέφωνο UMTS ταξιδεύει έξω από την κάλυψη UMTS κατά τη διάρκεια μιας κλήσης η κλήση μπορεί να δοθεί διαφανώς από στη διαθέσιμη κάλυψη GSM. Οι δαπάνες περιπλάνησης είναι συνήθως σημαντικά υψηλότερες από τις κανονικές δαπάνες χρήσης.

Οι περισσότεροι κάτοχοι άδειας UMTS εξετάζουν πανταχού παρόντα, διαφανή σφαιρική περιπλάνηση ένα σημαντικό ζήτημα. Για να επιτρέψουν έναν υψηλό βαθμό διαλειτουργικότητας, τα τηλέφωνα UMTS υποστηρίζουν συνήθως διάφορες διαφορετικές συχνότητες εκτός από την επιφύλαξη GSM τους. Οι διαφορετικές χώρες υποστηρίζουν διαφορετικό Ζώνες συχνότητας UMTS - Η Ευρώπη χρησιμοποίησε αρχικά 2100Mhz ενώ οι ΗΠΑ χρησιμοποίησαν 1700Mhz, και ένα τηλέφωνο και το



δίκτυο UMTS πρέπει να υποστηρίζουν μια κοινή συχνότητα για να εργαστούν από κοινού. Λόγω των συχνοτήτων χρησιμοποιούμενων, τα πρόωρα πρότυπα των τηλεφώνων UMTS που υποδεικνύονται για τις ΗΠΑ πιθανώς δεν θα είναι λειτουργικά αλλού και αντίστροφα. Υπάρχουν τώρα 11 διαφορετικοί συνδυασμοί συχνότητας που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο - συμπεριλαμβανομένων των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο παρελθόν απλώς για 2G τις υπηρεσίες.

Τα τηλέφωνα UMTS χρησιμοποιούν το  $\alpha$  USIM (καθολική ενότητα ταυτότητας συνδρομητών) (βασισμένος στα GSM SIM) και δεχτείτε επίσης τις κάρτες GSM SIM. Αυτά είναι σφαιρικά πρότυπα του προσδιορισμού, και επιτρέπουν στα δίκτυα να προσδιορίσουν τον τηλεφωνικό χρήστη για να επικυρώσουν και τους τοπικούς και περιπλανώμενους πελάτες. Οι συμφωνίες περιπλάνησης μεταξύ των δικτύων επιτρέπουν τις κλήσεις σε έναν πελάτη που επαναπροσανατολίζεται και σε περιπλανώμενο για να καθορίσει τις υπηρεσίες (και τις τιμές) διαθέσιμες στο χρήστη. Εκτός από τις πληροφορίες συνδρομητών χρηστών και τις πληροφορίες επικύρωσης, το USIM παρέχει το διάστημα αποθήκευσης για τις επαφές τηλεφωνικών καταλόγων - τα τηλέφωνα μπορούν να αποθηκεύσουν τα στοιχεία τους όσον αφορά τη μνήμη τους ή στην κάρτα USIM (που είναι συνήθως περιορισμένη στα στοιχεία επαφής τηλεφωνικών καταλόγων της). Ένα USIM μπορεί να κινηθεί προς ένα άλλο τηλέφωνο UMTS ή GSM, και το τηλέφωνο θα πάρει τις λεπτομέρειες χρηστών του USIM - που σημαίνει είναι το USIM (όχι το τηλέφωνο) που καθορίζει τον τηλεφωνικό αριθμό του τηλεφώνου και την τιμολόγηση για τις κλήσεις που γίνονται από το τηλέφωνο.

Η Ιαπωνία ήταν η πρώτη χώρα για να υιοθετήσει 3G τις τεχνολογίες, και δεδομένου ότι δεν είχαν χρησιμοποιήσει το GSM προηγουμένως αυτοί δεν είχε καμία ανάγκη να χτίσει τη συμβατότητα GSM στα μικροτηλέφωνα τους και 3G τα μικροτηλέφωνα τους ήταν μικρότερα από εκείνοι διαθέσιμοι αλλού. Το 2002, NTT DoCoMo FOMA 3G το δίκτυο ήταν ο πρώτος αντιπρόσωπος W-CDMA δίκτυο - ήταν αρχικά ασυμβίβαστο με τα πρότυπα UMTS στο ράδιο επίπεδο αλλά χρησιμοποίησε τα πρότυπα USIM οι κάρτες, που σημαίνουν την κάρτα USIM που βασίστηκε περιπλάνηση ήταν δυνατές (κινώντας την κάρτα USIM σε ένα τηλέφωνο UMTS ή GSM κατά ταξίδι). Και NTT και SoftBank κινητό (που προώθησε 3G Δεκεμβρίου 2002) τώρα χρησιμοποιήστε το τυποποιημένο UMTS, και τους PDC 2G δίκτυα που οργανώνονται παράλληλα.

## 2.5. Κατανομή φάσματος

Πάνω από 120 άδειες έχουν απονεμηθεί ήδη στους χειριστές παγκόσμιους (Δεκεμβρίου 2004), διευκρίνιση W-CDMA ραδιο τεχνολογία πρόσβασης που στηρίζεται GSM. Στην Ευρώπη, η διαδικασία αδειών εμφανίστηκε στο τέλος της φυσαλίδας τεχνολογίας, και οι μηχανισμοί δημοπρασίας για την κατανομή που οργανώθηκε σε μερικές χώρες οδήγησαν σε μερικές εξαιρετικά υψηλές τιμές που καταβάλλονται για τις αρχικές άδειες 2100 MHz, ειδικότερα στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία. Γερμανία, οι πλειοδότες πλήρωσαν συνολικά 50.8 δισεκατομμύριο ευρώ για έξι άδειες, δύο από τις οποίες εγκαταλείφθηκαν στη συνέχεια και γράφτηκαν μακριά από τους αγοραστές τους (Mobilcom και Sonera/Telefonica κοινοπραξία). Έχει προταθεί ότι αυτές οι τεράστιες αμοιβές αδειών έχουν το χαρακτήρα ενός πολύ μεγάλου φόρου που πληρώνεται στο εισόδημα που αναμένεται 10 έτη κάτω από το δρόμο - σε κάθε περίπτωση βάζουν μερικούς ευρωπαϊκούς χειριστές τηλεπικοινωνιών κοντά στην πτώχευση (ο ειδικότερα KPN). Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών μερικοί χειριστές έχουν γράψει μακριά μερικές ή όλες τις δαπάνες αδειών. Πιο πρόσφατα, ένας μεταφορέας στη Φινλανδία έχει αρχίσει 900 MHz UMTS σε μια κοινή ρύθμιση με το περιβάλλει 2G τους σταθμούς βάσεων GSM, μια τάση που αναμένεται για να επεκταθεί πέρα από την Ευρώπη στα επόμενα 1-3 έτη.

Το φάσμα UMTS 2100MHz που διατίθεται στην Ευρώπη χρησιμοποιείται ήδη στη Βόρεια Αμερική. Η σειρά 1900 MHz χρησιμοποιείται για 2G (PC) υπηρεσίες, και 2100 MHz σειράς χρησιμοποιούνται για τις δορυφορικές επικοινωνίες. Οι ρυθμιστές έχουν εντούτοις, ελευθερωμένους επάνω μερικών από τη σειρά 2100 MHz για 3G τις υπηρεσίες, μαζί με τα 1700 MHz για uplink. Οι χειριστές UMTS στη Βόρεια Αμερική που θέλουν να εφαρμόσουν ένα ευρωπαϊκό ύψος σύστημα 2100/1900 MHz θα πρέπει να μοιραστούν το φάσμα με τις υπάρχουσες 2G υπηρεσίες στη ζώνη 1900 MHz.

Ασύρματες προωθημένες υπηρεσίες UMTS AT&T στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι το τέλος του 2004 αυστηρά που χρησιμοποιούν το υπάρχον φάσμα 1900 MHz και διατίθενται για 2G τις υπηρεσίες PC. Το Cingular απόκτησε το ραδιόφωνο AT&T το 2004 και έχει προωθήσει από τότε το UMTS στις



επιλεκτες αμερικανικές πόλεις. Μετά από την απόκτηση του AT&T Cingular, μετονομάστηκε Κινητικότητα AT&T και ξεδιπλώνει μερικές πόλεις με ένα δίκτυο UMTS σε 850 MHz για να ενισχύσει το υπάρχον δίκτυο UMTS του σε 1900 MHz και προσφέρει τώρα στους συνδρομητές διάφορα τηλέφωνα UMTS το 850/1900.

T-κινητός roll-out του UMTS στις ΗΠΑ θα εστιάσει στις ζώνες 2100/1700 MHz που δημοπρατήθηκαν ακριβώς.

Το αρχικό ξεδίπλωμα του UMTS στον Καναδά θα αναληφθεί επίσης χρησιμοποιώντας τα 850 και τις ζώνες 1900MHz λόγω των μεγάλων περιοχών που θα απαιτηθούν για να καλύψουν.

Στην Αυστραλία, με το Telstra εξαπλώνεται ένα εθνικό 3G δίκτυο, γνωστό ως NextG, στη ζώνη των 850 MHz για να αντικαταστήσει το υπάρχον δίκτυο CDMA (Απριλίου 2008) και να ενισχύσει το υπάρχον δίκτυο UMTS 2100 MHz του. Το Optus ξεδιπλώνει αυτήν την περίοδο ένα 3G δίκτυο με την ίδια κάλυψη με το δίκτυο GSM του, χρησιμοποιώντας τη ζώνη 2100 MHz στις πόλεις και τις περισσότερες μεγάλες κωμοπόλεις, και τη ζώνη 900 MHz για τις περιφερειακές περιοχές. Η Vodafone χτίζει επίσης ένα 3G δίκτυο χρησιμοποιώντας τη ζώνη 900 MHz. Οι ζώνες 850 MHz και 900 MHz παρέχουν τη μεγαλύτερη κάλυψη έναντι των ισοδύναμων δικτύων 1700/1900/2100 MHz, και είναι καταλληλότερες στις περιφερειακές περιοχές όπου μεγαλύτεροι χωριστοί συνδρομητές αποστάσεων και σταθμός βάσεων.

Οι μεταφορείς στη Νότια Αμερική τώρα επίσης ξεδιπλώνουν τα δίκτυα 850 MHz.

## 2.6. Άλλα ανταγωνιστικά πρότυπα

Υπάρχουν άλλα ανταγωνιστικά 3G πρότυπα, όπως CDMA2000 και TD-SCDMA, αν και το UMTS μπορεί να χρησιμοποιήσει τα πρότυπα διεπαφών αέρα των τελευταίων.

Από την πλευρά πρόσβασης Διαδικτύου, τα ανταγωνιστικά συστήματα περιλαμβάνουν WiMAX και Στιγμαίως-OFDM. Οι διαφορετικές παραλλαγές του UMTS ανταγωνίζονται με τα διαφορετικά πρότυπα. Ενώ αυτό το άρθρο έχει συζητήσει κατά ένα μεγάλο μέρος UMTS-FDD, μια μορφή που προσανατολίζεται για τη χρήση στο συμβατικό φάσμα κυψελοειδής-τύπων, UMTS-TDD, ένα σύστημα που βασίζεται σε μια διεπαφή αέρα TD-CDMA, χρησιμοποιείται για να παρέχει την υπηρεσία UMTS όπου uplink και η κατιούσα σύνδεση μοιράζονται το ίδιο φάσμα, και είναι πολύ αποδοτικό στην παροχή της ασύμμετρης πρόσβασης. Παρέχει στον αμεσότερο ανταγωνισμό WiMAX και τα παρόμοια προσανατολισμένα προς την Διαδίκτυο-πρόσβαση συστήματα από το συμβατικό UMTS.

Και τα συστήματα διεπαφών αέρα CDMA2000 και W-CDMA γίνονται αποδεκτά από τη ITU ως τμήμα Imt-2000 οικογένεια 3G προτύπων, εκτός από UMTS-TDD TD-CDMA, Ενισχυμένα ποσοστά στοιχείων για την εξέλιξη GSM (AKPH) και Κίνας 3G πρότυπα, TD-SCDMA.

CDMA2000 οι στενότερες απαιτήσεις εύρους ζώνης το καθιστούν ευκολότερο από το UMTS να επεκτείνουν στο υπάρχον φάσμα μαζί με τα πρότυπα κληρονομιών. Σε μερικοί, αλλά όχι όλοι, περιπτώσεις, οι υπάρχοντες χειριστές GSM έχουν μόνο αρκετό φάσμα για να εφαρμόσουν είτε το UMTS είτε το GSM, όχι και τα δύο. Παραδείγματος χάριν, στις ΗΠΑ Φραγμοί φάσματος PC Δ, E, και Φ, το ποσό φάσματος διαθέσιμο είναι 5 MHz σε κάθε κατεύθυνση. Ένα τυποποιημένο σύστημα UMTS θα διαπότηζε εκείνο το φάσμα.

Σε πολλές αγορές εντούτοις, το ζήτημα συνύπαρξης είναι λίγης σχετικότητας, δεδομένου ότι τα νομοθετικά εμπόδια υπάρχουν στην ομο-ανάπτυξη δύο προτύπων στην ίδια εξουσιοδοτημένη φέτα του φάσματος.

Οι περισσότεροι χειριστές GSM στη Βόρεια Αμερική καθώς επίσης και άλλοι σε όλο τον κόσμο έχουν δεχτεί AKPH σαν προσωρινή 3G λύση. Η ασύρματη προωθημένη AKPH AT&T σε εθνικό επίπεδο το 2003, AT&T προώθησε την AKPH στις περισσότερες αγορές και οι τ-κινητές ΗΠΑ έχουν προωθήσει την AKPH σε εθνικό επίπεδο Οκτωβρίου 2005. Ασύρματη προωθημένη σε εθνικό επίπεδο υπηρεσία AKPQN Rogers στα τέλη του 2003 για την καναδική αγορά. Το Bité Lietuva (Λιθουανία) ήταν ένας από τους πρώτους χειριστές στην Ευρώπη για να προωθήσει την AKPH Δεκεμβρίου 2003. (Ιταλία) προωθημένη AKPH TIM το 2004. Το όφελος της AKPHΣ είναι ότι αυτό υπάρχοντα φάσματα GSM δυνάμεων και είναι συμβατό με τα υπάρχοντα μικροτηλέφωνα GSM. Είναι επίσης πολύ ευκολότερο, πιο γρήγορα, και αρκετά φτηνότερο για τους ασύρματους μεταφορείς στη λειτουργία AKPQN του «Μπόλτον» με την αναβάθμιση του υπάρχοντος υλικού μετάδοσης GSM τους για να υποστηρίξει την



ΑΚΡΗ από πρέπει να εγκαταστήσει σχεδόν όλο τον ολοκαίνουργιο εξοπλισμό για να παραδώσει το UMTS. Η ΑΚΡΗ παρέχει μια βραχυπρόθεσμη πορεία βελτίωσης για τους χειριστές GSM και ανταγωνίζεται άμεσα με CDMA2000.

### 2.7. Προβλήματα και ζητήματα

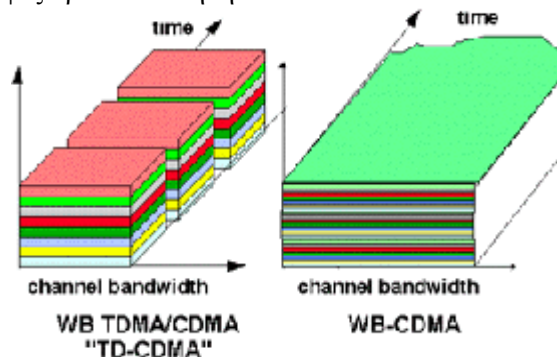
Μερικές χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ιαπωνία, έχουν διαθέσει φάσμα διαφορετικά από Συστάσεις ITU, έτσι ώστε οι ζώνες φάσματος ο συνηθέστερα χρησιμοποιήσαν για το UMTS (UMTS-2100) δεν ήταν διαθέσιμος. Σε εκείνες τις χώρες, οι εναλλακτικές ζώνες χρησιμοποιούνται, αποτρέποντας τη διαλειτουργικότητα του υπάρχοντος εξοπλισμού UMTS-2100, και απαιτώντας το σχέδιο και την κατασκευή του διαφορετικού εξοπλισμού για τη χρήση σε αυτές τις αγορές. Όπως συμβαίνει με το GSM 900 MHz σήμερα, το παραδοσιακό UMTS 2100 MHz εξοπλισμού δεν θα λειτουργήσει σε εκείνες τις αγορές. Εντούτοις, εμφανίζεται σαν το UMTS δεν πάσχει τόσο από τα ζητήματα συμβατότητας ζωνών μικροτηλεφώνων όσο και το GSM έκανε δεδομένου ότι πολλά μικροτηλέφωνα UMTS αυτές τις μέρες σχεδιάζονται για να είναι πολλαπλής ζώνης και στους τρόπους UMTS και GSM μέσα στο ένα μικροτηλέφωνο. Το GSM ζωνών τετραγώνων (850/900/1800/1900 MHz) και το UMTS τρι-ταινιών μικροτηλέφωνα (850/1900/2100 MHz) γίνονται πίο κοινή θέση.

Τις πρώτες ημέρες του UMTS υπήρξαν ζητήματα με το ξεδίπλωμα:

1. υπέρβαρα μικροτηλέφωνα με τη φτωχή ζωή μπαταριών
2. τα προβλήματα με την παράδοση από το UMTS στο GSM, συνδέσεις που πέφτουν ή παραδόσεις μόνο πιθανές σε μια κατεύθυνση (GSM UMTS →) με το μικροτηλέφωνο που αλλάζει μόνο πίσω στο UMTS μετά από να κλείσουν το τηλέφωνο, ακόμα κι αν κάλυψη UMTS επιστροφή-στα περισσότερα δίκτυα σε όλο τον κόσμο αυτό δεν είναι πλέον ένα ζήτημα
3. για πλήρως - ανεστραμμένη ενσωμάτωση UMTS Βιντεοπαραγγελία χαρακτηριστικά γνωρίσματα, ένα σταθμός βάσεων απαιτημένος για να ιδρυθεί κάθε 1-1.5 χλμ (0.62-0.93 miles). Αυτό συνέβη όταν μόνο χρησιμοποιούταν η ζώνη 2100 MHz, εντούτοις με την αυξανόμενη χρήση της χαμηλότερης συχνότητας ενώνει (όπως 850 και 900 MHz) αυτό δεν είναι πλέον έτσι. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια αύξηση στο ενδιαφέρον για τα χαμηλότερα δίκτυα ζωνών από τους χειριστές από το 2006/2007

### 2.8. WCDMA (UMTS)

Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάπτυξη των 3G τηλεπικοινωνιών Η ευρείας ζώνης πολλαπλάσιας-πρόσβασης κατανομή κωδικών (Wideband Code-Division Multiple-Access W-CDMA) είναι μια από τις κύριες τεχνολογίες για την εφαρμογή των κυψελοειδών συστημάτων τρίτης-γενιάς (3G). Είναι βάση στην τεχνική ασύρματης πρόσβασης που προτείνεται από την άλφα ομάδα του ETSI και οι προδιαγραφές οριστικοποιήθηκαν το 1999.



Εικόνα 2

Η εφαρμογή W-CDMA είναι μια τεχνική πρόκληση λόγω του έχει μεγάλη πολυπλοκότητα και μεταβλητότητα. Η πολυπλοκότητα των συστημάτων W-CDMA μπορεί να ερευνηθεί από τρεις διαφορετικές γωνίες: η πολυπλοκότητα κάθε ενιαίου αλγορίθμου, η πολυπλοκότητα του γενικού συστήματος και η υπολογιστική πολυπλοκότητα ενός δέκτη. Οι προσομοιώσεις σε κάθε επίπεδο





σύνδεσης W-CDMA είναι πάνω από 10 φορές υπολογίζω-εντατικότερες από τις τρέχουσες δεύτερης γενεάς προσομοιώσεις. Στη διεπαφή W-CDMA οι διαφορετικοί χρήστες μπορούν ταυτόχρονα να μεταδώσουν με διαφορετικές ταχύτητες μετάδοσης και να διαφέρουν και σε σχέση με το χρόνο. Τα δίκτυα UMTS πρέπει να υποστηρίζουν όλες τις τρέχουσες υπηρεσίες δεύτερης γενεάς και τις πολυάριθμες νέες υπηρεσίες και τις υπηρεσίες.

### Τεχνική περίληψη FDD

Ζώνη συχνότητας: 1920 MHz -1980 MHz και 2110 MHz - 2170 MHz (ντούμπλεξ τμήματος συχνότητας) UL και DL .Ελάχιστη ζώνη συχνότητας που απαιτείται: ~ 2x5MHz  
Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας: 1

Μεταφορέας που χωρίζει κατά διαστήματα: 4.4MHz - 5.2 MHz

Μέγιστος αριθμός καναλιών (φωνής) σε 2x5MHz: ~196 (διαδίδοντας παράγοντας) UL, AMR 7.95kbps/~98 256 (διαδίδοντας παράγοντας 128 UL, AMR 12.2kbps)

Κωδικοποίηση φωνής: AMR codecs (kHz 4.75 - 12.2 kHz, GSM EFR=12.2 kHz) και SID (kHz 1.8)

Κωδικοποίηση καναλιών: Συνεκτική κωδικοποίηση, στρόβιλο κώδικας για τα στοιχεία υψηλού ποσοστού Duplexer που απαιτείται (χωρισμός 190MHz), συμμετρική σύνδεση που υποστηρίζεται

Tx/Rx απομόνωση: Κράτη μέλη: 55dB, BS: 80dB

Δέκτης: Τσουγκράνα

Ευαισθησία δεκτών: Κόμβος B: 121dBm, κινητό 117dBm στα TZITZIΦA 10-3

Τύπος στοιχείων: Διακόπτης πακέτων και κυκλωμάτων

Διαμόρφωση: QPSK

Σφυγμός που διαμορφώνει: Αυξημένο ρίζα συνημίτονο, μείωση = 0.22

Ποσοστό τσιπ: 3.84 Mcps

Ράστερ καναλιών: kHz 200

Μέγιστο ποσοστό στοιχείων χρηστών (φυσικό κανάλι): ~ 2.3Mbps (διαδίδοντας παράγοντας 4, παράλληλοι κώδικες (3 UL DL/6), κωδικοποίηση 1/2 ποσοστού), αλλά παρέμβαση που περιορίζεται.

Μέγιστο ποσοστό στοιχείων χρηστών (προσφερόμεν): 384 kbps (έτος 2002), υψηλότερα ποσοστά (~ 2 Mbps) στο κοντινό μέλλον. HSPDA θα προσφέρει τα στοιχεία επιταχύνεται σε 8-10 Mbps (και 20 Mbps για τα συστήματα MIMO)

Ποσοστό δυαδικών ψηφίων καναλιών: 5.76Mbps

Μήκος πλαισίων: 10ms (38400 τσιπ)

Αριθμός αυλακώσεων/πλαίσιο: 15

Αριθμός τσιπ/αυλάκωση: 2560 τσιπ

Περίοδος ελέγχου δύναμης: Σχισμή χρόνου = ποσοστό 1500 Hz

Μέγεθος βημάτων ελέγχου δύναμης: 0.5, 1, 1.5 και 2 DB (μεταβλητά)

Σειρά ελέγχου δύναμης: UL 80dB, DL 30dB

Κινητή μέγιστη δύναμη: Κατηγορία 1 δύναμης: dBm +33 (+1dB/-3dB) = 2W κατηγορία 2 +27 dBm, κατηγορία 3 +24 dBm, κατηγορία 4 dBm +21

Αριθμός μοναδικών κωδικών προσδιορισμού σταθμών βάσης: 512/συχνότητα

Φυσικοί διαδίδοντες παράγοντες στρώματος: 4... 256 UL, 4... 512 DL





## 3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

### 3.1. Εισαγωγή

- Testing Transmitter Designs
- 2.1 Measurement model
- 2.2 Measurement domains
- 2.2.1 Time domain.
- 2.2.2 Frequency domain
- 2.2.3 Modulation domain
- 2.3 In-band measurements
- 2.3.1 In-channel measurements
- 2.3.1.1 Channel bandwidth
- 2.3.1.2 Carrier frequency
- 2.3.1.3 Channel power
- 2.3.1.4 Occupied bandwidth
- 2.3.1.5 Peak-to-average power ratio and CCDF curves
- 2.3.1.6 Timing measurements
- 2.3.1.7 Modulation quality measurements
- 2.3.1.7.1 Error Vector Magnitude (EVM)
- 2.3.1.7.2 I/Q offset
- 2.3.1.7.3 Phase and frequency errors
- 2.3.1.7.4 Frequency response and group delay
- 2.3.1.7.5 Rho
- 2.3.1.7.6 Code-domain power
- 2.3.2 Out-of-channel measurements
- 2.3.2.1 Adjacent Channel Power Ratio (ACPR)
- 2.3.2.2 Spurious
- 2.4 Out of-band measurements
- 2.4.1 Spurious and harmonics
- 2.5 Best practices in conducting transmitter performance tests

### 3.2. Testing Transmitter Designs

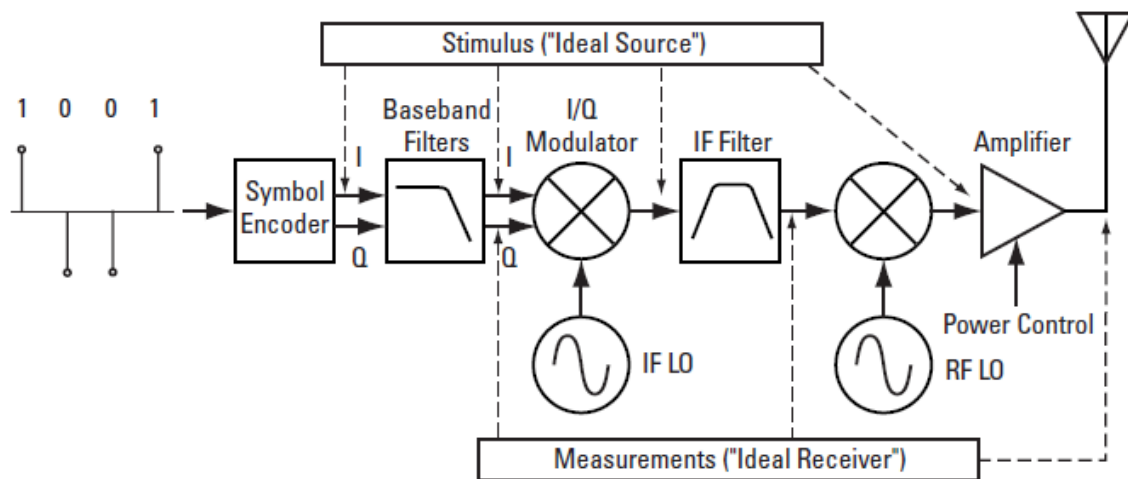
Υπάρχουν πολλά στάδια δοκιμών, κατά το σχεδιασμό ενός πομπού ψηφιακών επικοινωνιών. Τα διάφορα συστατικά και οι υπότιτλοι είχαν αρχικά δοκιμαστεί χωριστά. Όταν κρίνεται σκόπιμο, ο πομπός συναρμολογείται πλήρως και το σύστημα κάνει δοκιμές. Κατά το σχεδιασμό της ανάπτυξης του προϊόντος, οι δοκιμές επαλήθευσης είναι αυστηρές για να βεβαιωθούμε ότι ο σχεδιασμός είναι αξιόπιστος. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να συμμορφώνονται αυστηρά, επαληθεύουμε ότι ο σχεδιασμός πληροί τις απαιτήσεις του συστήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα με εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές. Το κεφάλαιο αυτό καλύπτει δοκιμές στο επισημασμένο τμήμα του πομπού στο σχήμα 1. Περιγράφει τις δοκιμές συμμόρφωσης και άλλες κοινές μετρήσεις του πεδίου της κεραίας. Οι περισσότερες μετρήσεις στον πομπό είναι κοινά σε όλες τις ψηφιακές τεχνολογίες επικοινωνιών, αν και υπάρχουν κάποιες παραλλαγές με τον τρόπο που οι μετρήσεις εκτελούνται. Ιδίως τεχνολογίες, όπως η CDMA ή TDMA, απαιτούν ειδικές δοκιμές που επίσης, περιγράφονται.



### 3.3. Measurement model

Μετρήσεις μετάδοσης γίνονται συνήθως στην είσοδο της κεραίας, όπου εκπέμπεται το τελικό σήμα. Στην περίπτωση αυτή, ο εξοπλισμός μέτρησης χρησιμοποιείται ως ένας ιδεατός δέκτης

Είναι επίσης αναγκαίο να εξεταστεί ο πομπός σε διάφορα σημεία της δοκιμής, όπως οι διαφορετικές ενότητες είναι σχεδιασμένες (βλέπε εικόνα 3). Στην περίπτωση αυτή, ένα σήμα ίσως χρειαστεί να προσομοιώσει αυτά τα τμήματα που δεν είναι ακόμη διαθέσιμα. Ο εξοπλισμός για κάτι τέτοιο ενεργεί ως ένα ιδανικό υποκατάστατο για το κύκλωμα ή τις ενότητες που λείπουν. Φέροντα σήματα μη διαμορφωμένα παραδοσιακά έχουν χρησιμοποιηθεί όπως σαν δείγματα για ορισμένες μετρήσεις σε μέρη ή σε υποσυστήματα του σταθμού, όπως η απόκριση συχνότητας, ομάδα καθυστέρησης ή μετρήσεις στρεβλώσεων. Ωστόσο, πολύπλοκα ψηφιακά αποσπάσματα σήματος χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, καθώς μπορεί να παρέχουν πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα μετρήσεων



Εικόνα 3. Μοντέλο μετρήσεων.

Μερικές φορές μεμονωμένα μπλοκ ή κατασκευαστικά στοιχεία δεν μπορούν να απομονωθούν και η μέτρηση μπορεί να γίνει μόνο κατά το τελικό στάδιο του πομπού. Επομένως, ίσως αναγκαστείτε να συμπεράνετε τις αιτίες των προβλημάτων από μετρήσεις στην έξοδο της κεραίας. Το ιδανικό εργαλείο για δοκιμές δεν είναι μόνο σε θέση να εκτελέσει τις μετρήσεις, αλλά επίσης έχει την ευελιξία να παρέχει πληροφορίες σχετικά με προβλήματα αισθητικής φύσεως του συστήματος από την ανάλυση του μεταδιδόμενου σήματος. Αυτή η υποσημείωση εστιάζεται σε μετρήσεις του πομπού και τεχνικές για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι να κάνουμε την μέτρηση στην έξοδο της κεραίας, παρόλο που στην πράξη αυτές οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν και σε άλλο σημείο του πομπού. Για παράδειγμα, μετρήσεις ποιότητας σήματος μπορούν να εκτελούνται με το RF, EAN ή υψηλής ταχύτητας ενότητες του πομπού.

### 3.4. Measurement Domains





Τα μεταδιδόμενα σήματα μπορούν να προβληθούν σε διαφορετικούς τομείς. Οι τομείς του χρόνου, της συχνότητας και της διαμόρφωσης παρέχουν πληροφορίες για διαφορετικές παραμέτρους του σήματος. Το ιδανικό εργαλείο για μετρήσεις είναι να κάνουμε μετρήσεις στους τρεις τομείς

Εξετάζονται δύο τύποι από εργαλεία συστήματος πομπού: ο αναλυτής φάσματος (SA) και ο αναλυτής διανυσματικού σήματος (VSA).

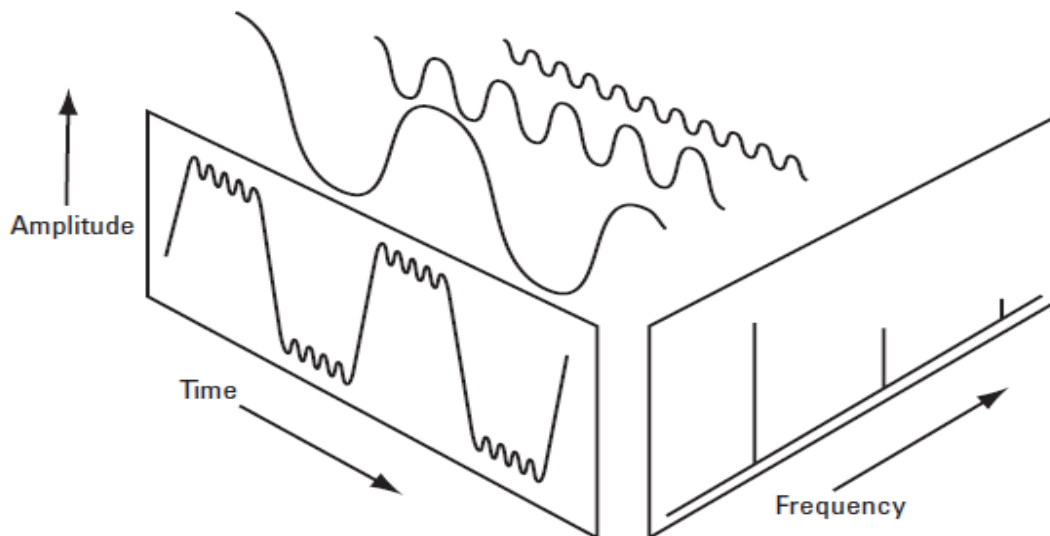
### 3.4.1. Time domain

Παραδοσιακά, χρησιμοποιούμε ηλεκτρικό σήμα με έναν παλμογράφο, για να προβάσουμε το σήμα στον τομέα του χρόνου. Ωστόσο, οι παλμογράφοι δεν έχουν όριο σήματος εισόδου και έχουν περιορισμένο δυναμικό εύρος. αναλυτές φάσματος μετατρέπουν το σήμα σε μπάνα συχνοτήτων και μετράνε τα I και Q στοιχεία του σήματος. Προβάλλουν το σήμα σε διάφορα συστήματα συντεταγμένων, όπως πλάτος ανάλογα με το χρόνο, τη φάση σε σχέση με τον χρόνο, I ή q σε σχέση με το χρόνο, I/ Q πολωμένο σήμα. Οι αναλυτές συχνότητας μπορούν να προβάλλουν σήμα στο πεδίο του χρόνου σαν πλάτος (που περιέχεται στο RF σήμα) σε σχέση με το χρόνο. Οι ικανότητες του μπορούν να επεκταθούν μερικές φορές για μετρήσεις I και Q.

Ανάλυση του χρόνου-τομέα είναι ιδιαίτερα σημαντική στις τεχνολογίες TDMA, όπου το σχήμα και το χρονοδιάγραμμα για διάχυση του σήματος πρέπει να μετράται.

### 3.4.2. Frequency domain

Παρόλο που το πεδίο του χρόνου παρέχει ορισμένες πληροφορίες σχετικά με το σήμα RF, δεν μας δίνει την πλήρη εικόνα. Το σήμα μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω εξετάζοντας τα στοιχεία της συχνότητας (Εικόνα 4). Τόσο ο αναλυτής φάσματος όσο και ο διανυσματικός αναλυτής σήματος μπορούν να εκτελέσουν μετρήσεις στο πεδίο της συχνότητας. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι παραδοσιακοί αναλυτές φάσματος είναι συντονισμένοι δέκτες ανάλυσης, ενώ οι διανυσματικοί αναλυτές σήματος λαμβάνουν δεδομένα του χρόνου και εκτελούν fast fourier μετασχηματισμούς (FFTs) για να αποκτήσουν το φάσμα συχνοτήτων. Επιπλέον, τα VSAs μετρούν τόσο το μέγεθος όσο και τη φάση ενός σήματος



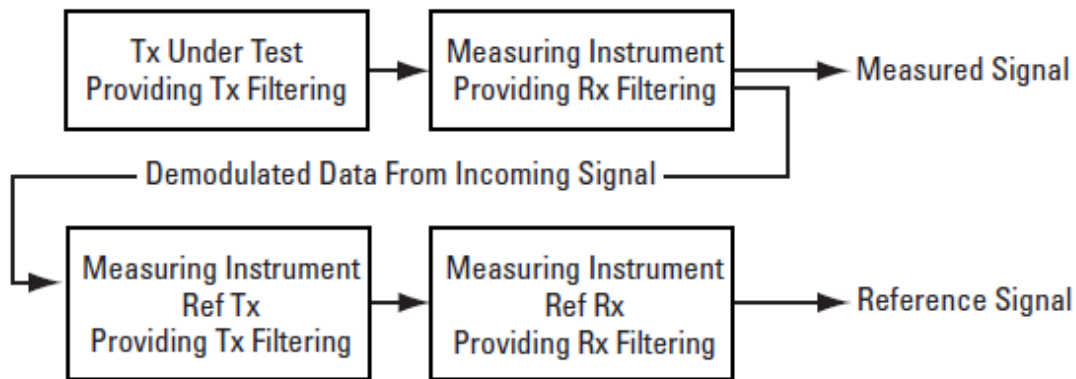
Εικόνα 4. Πεδία του χρόνου και της συχνότητας.

Οι μετρήσεις στον τομέα της συχνότητας είναι ιδιαίτερα σημαντικές ώστε να εξασφαλίσουν ότι το σήμα πληρεί τη φασματική πλήρωση, παρακείμενα κανάλια και απαιτήσεις συστήματος για τις πλαστές παρεμβολές.



### 3.4.3. Modulation domain

Εάν είναι αποδιαμορφωμένο το σήμα RF, μπορεί να αναλυθεί η ποιότητα του σήματος υψηλής ταχύτητας, συγκρίνοντάς το με μια ιδανική αναφορά. Η αναφορά αυτή είναι συνήθως μαθηματική από το μέσο, υπό τον όρο ότι η αρχική ακολουθία δεδομένων μπορεί να ανακτηθεί. Η αποδιαμόρφωση περιλαμβάνει την εφαρμογή κατάλληλων φιλτραρίσματος πριν από την ανάκτηση της υψηλής ταχύτητας και I και Q σήματα και δειγματοληψία στα σήματα με σύμβολική βαθμονόμηση για να ανακτηθούν τα πραγματικά σύμβολα (σχήμα 7).



Εικόνα 5. Αποδιαμορφώνοντας το σήμα και υπολογίζοντας το σήμα αναφοράς για ποιοτικές μετρήσεις διαμόρφωσης.

Οι διανυσματικοί αναλυτές σήματος μπορούν να αποδιαμορφώσουν το σήμα και να εκτελέσουν μετρήσεις της ποιότητας διαμόρφωσης. Ένας αναλυτής φάσματος σάρωσης και συντονισμού με πρόσθετο υλικό και λογισμικό μπορεί, επίσης, να αποδιαμορφώσει και να αναλύσει την ποιότητα διαμόρφωσης.

Διάφορες μορφές προβολής και δυνατότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προβολή των χαρακτηριστικών της μάντας του σήματος στον πομπό και την αναλύση της ποιότητας της διαμόρφωσης:

- I/Q polar (vector) and constellation diagrams.
- Summary table with I/Q quality metrics, such as Error Vector Magnitude (EVM), magnitude error, phase error, frequency error, rho and I/Q offset.
- Magnitude of the error vector versus time and error vector versus frequency (error vector spectrum).
- Magnitude error and phase error versus time or frequency.
- Eye and Trellis diagrams.
- Symbol table.
- Equalization, which allows frequency response and group delay measurements.
- Code-domain analysis

Συνδυασμοί των μορφών προβολής και των ανωτέρω δυνατοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων στο σχεδιασμό. Επιπλέον, εργαλεία αναλογικής αποδιαμόρφωσης, όπως η φάση αποδιαμόρφωσης ή συχνότητα αποδιαμόρφωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε ένα πομπό ψηφιακών επικοινωνιών

### 3.5. In-band measurements



Οι μετρήσεις που απαιτούνται για τη δοκιμή πομπών ψηφιακών επικοινωνιών μπορούν να ταξινομηθούν ως μετρήσεις in-band και out-of-band, ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και το πρότυπο που ακολουθείται.

In-band μετρήσεις είναι μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο τη ζώνης συχνοτήτων που διατίθεται για το σύστημα για παράδειγμα, 890 MHz 960 MHz για GSM. In-band μετρήσεις μπορεί να διαιρεθούν περαιτέρω σε μετρήσεις στο κανάλι και έξω από το κανάλι.

### 3.5.1. In-channel measurements

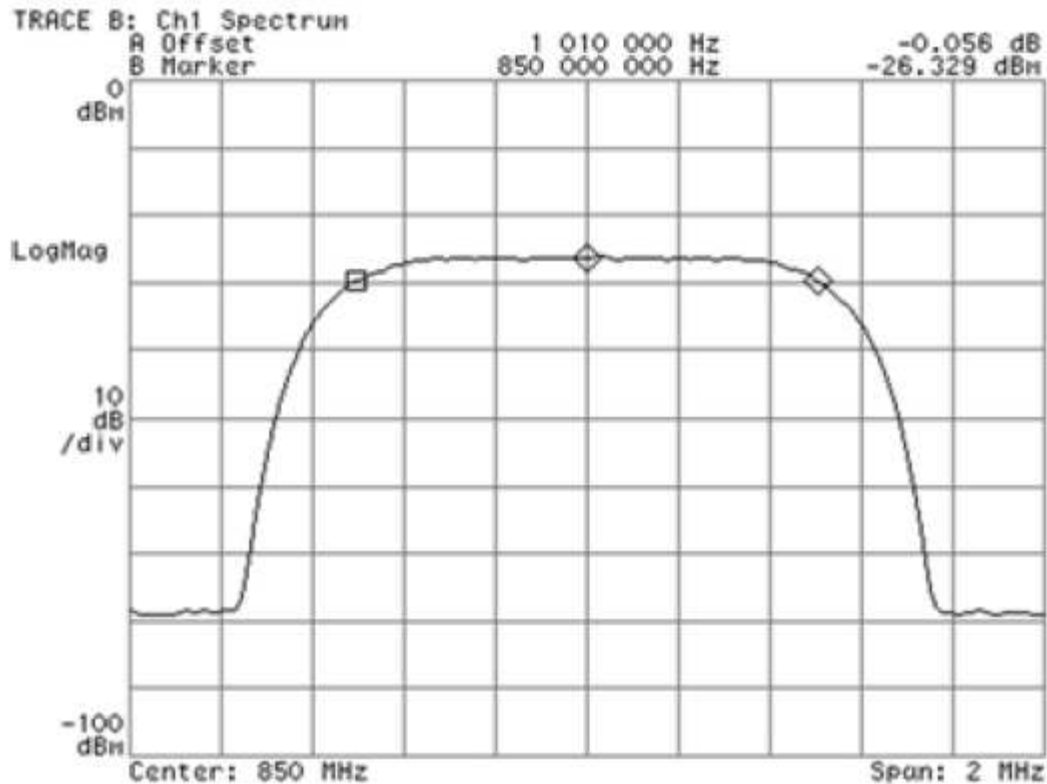
Ο ορισμός του καναλιού σε συστήματα ψηφιακών επικοινωνιών εξαρτάται από τη συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Εκτός από το πολυπλεξία συχνότητας και χώρου (γεωγραφία), οι κοινές τεχνολογίες ψηφιακών επικοινωνιών χρησιμοποιούν είτε ώρα ή κωδικό πολυπλεξίας. Στις TDMA τεχνολογίες, ένα κανάλι ορίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και τη χρησιμοποιούμενη υποδοχή 1 με ένα αριθμό σε ένα επαναλαμβανόμενο πλαίσιο 1, ενώ στις τεχνολογίες CDMA ένα κανάλι ορίζεται από μια συγκεκριμένη συχνότητα και κώδικα. Οι όροι μέσα στο κανάλι και έξω από αυτό διαφέρουν μόνο σε ένα συγκεκριμένο κομμάτι χρόνου ή κώδικα καναλιού στην εν λόγω ζώνη συχνοτήτων

#### 3.5.1.1. Channel bandwidth

Κατά τη δοκιμή ενός πομπού, συνήθως είναι καλή ιδέα μια πρώτη ματιά στο φάσμα του μεταδιδόμενου σήματος. Το σχήμα του φάσματος μπορεί να αποκαλύψει μεγάλα σφάλματα στη σχεδίαση. Για ένα πομπό με ένα συνημιτονικό φίλτρο ρίζας, το εύρος ζώνης του 3dB του διαμορφωμένου καναλιού συχνότητας πρέπει να ακολουθεί το σύμβολο ποσοστού  $\Omega$  εκ τούτου, η μέτρηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό των ακαθάριστων σφαλμάτων ποσοστιαία.

#### 3.5.1.2. Carrier frequency

Σφάλματα συχνότητας μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές στα παρακείμενα κανάλια συχνοτήτων. Επίσης μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα κατά τη διαδικασία ανάκτησης του φέροντος στο δέκτη. Ο σχεδίαστης πρέπει να εξασφαλίζει ότι ο πομπός λειτουργεί στη σωστή συχνότητα. Η φέρουσα συχνότητα πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο του φάσματος για τις περισσότερες μορφές διαμόρφωσης. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον υπολογισμό στο κέντρο της το εύρους ζώνης των 3dB. Για παράδειγμα, στην εικόνα 6, το μετρούμενο φέρον εντοπίζεται σε συχνότητα των 850 MHz.



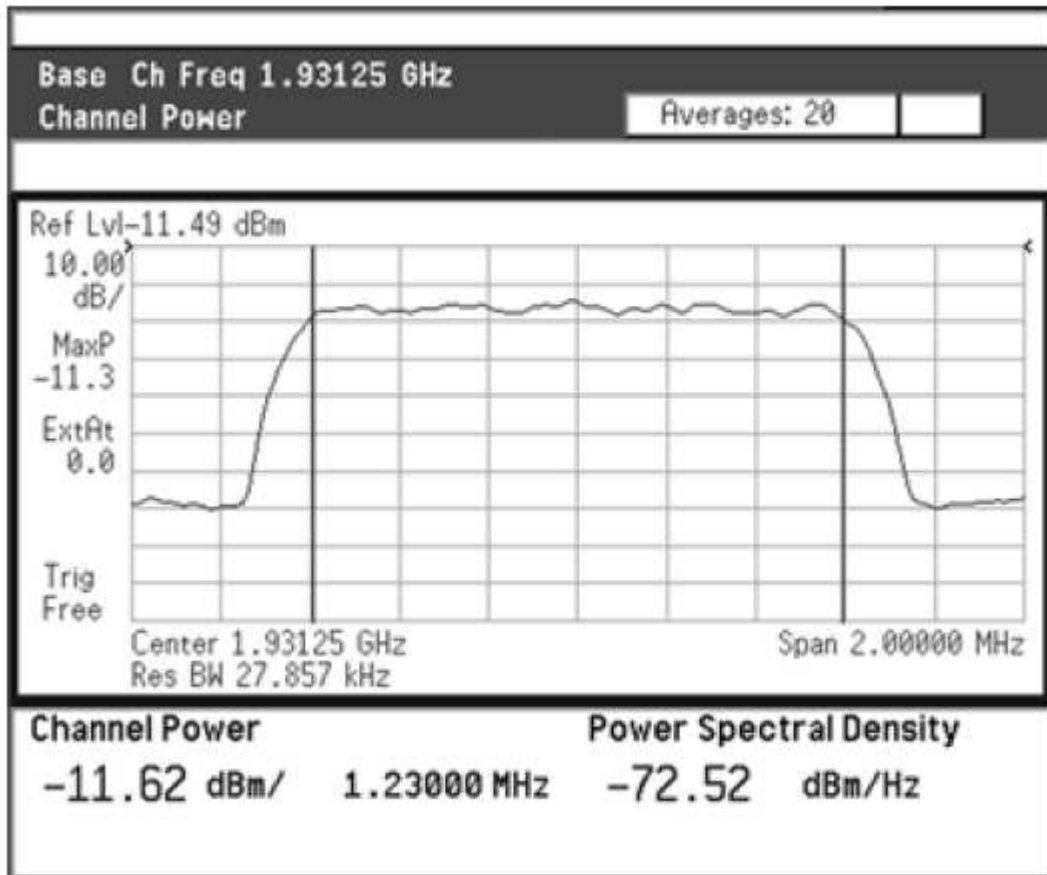
Εικόνα 6.Μετρήσεις στη συχνότητα φέροντος και στο εύρος καναλιού.

Άλλες συνήθεις μέθοδοι για να βρεθεί η συχνότητα φέροντος είναι :

- Μέτρηση ενός μη διαμορφωμένου φέροντος σήματος με μετρητή συχνότητας.
- Υπολογισμός του κέντρου βάρους της μέτρησης του κατεχόμενου εύρους.Όταν εκτελούμε μέτρηση κατεχόμενου εύρους ζώνης ,το εργαλείο της μέτρησης δίνει μια ένδειξη για το λάθος στη συχνότητα φέροντος .
- Χρησιμοποιούμε τη μετρική τιμή σφάλματος συχνότητας που εμφανίζεται στον πίνακα σύνοψης όταν εκτελούμε μετρήσεις της ποιότητας διαμόρφωσης

### 3.5.1.3. Channel power

Η ισχύς του καναλιού είναι η μέση ισχύς στο εύρος ζώνης συχνοτήτων του σήματος ενδιαφέροντος. Η μέτρηση ορίζεται γενικά ως η δύναμη πάνω από τη ζώνη συχνοτήτων ενδιαφέροντος, αλλά η μέθοδος μέτρησης της πραγματικής εξαρτάται από το πρότυπο που ακολουθείται.



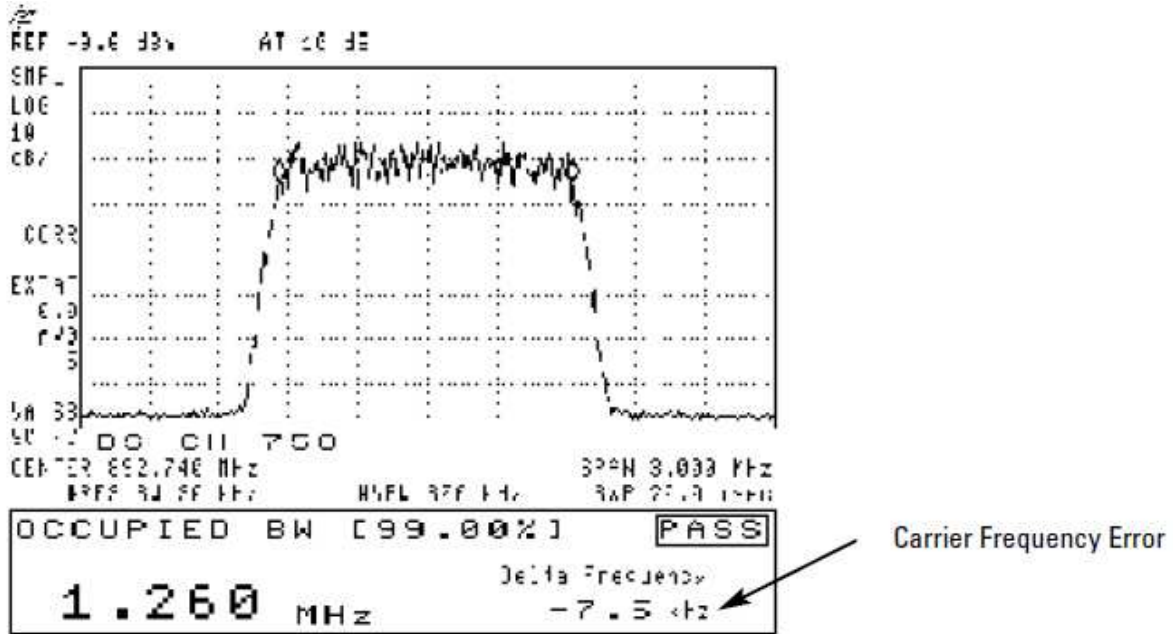
Εικόνα 7. Μέτρηση ισχύς καναλιού .

Η ισχύς είναι η βασική παράμετρος οποιουδήποτε συστήματος επικοινωνίας. Ο στόχος στα ασύρματα συστήματα είναι να διατηρήσουν την κάθε σύνδεση επαρκώς με ελάχιστη ισχύ. Αυτό δίνει δύο πλεονεκτήματα: οι παρεμβολές στο συνολικό σύστημα διατηρούνται στο ελάχιστο και, στην περίπτωση των κινητών σταθμών, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι μεγιστοποιημένη. Ως εκ τούτου, ισχύ εξόδου, ελέγχεται εντός στενών ορίων. Εάν ένας πομπός παράγει πολύ μικρή τροφοδοσία ενέργειας, διακυβεύεται η σύνδεση σε σχέση με τις επιδόσεις, πάρα πολύ, και η παρεμβολή με άλλους πομπούς μπορεί να είναι πολύ υψηλή και η διάρκεια ζωής μπαταρίας υπερβολικά σύντομη.

Στην περίπτωση των συστημάτων CDMA, όπου η συνολική παρέμβαση είναι ανασταλτικός παράγοντας για την χωρητικότητα, ελέγχοντας την ισχύ του κάθε κινητού είναι επίσης απαραίτητο, για να επιτευχθεί μέγιστη χωρητικότητα. Επομένως, ο ακριβής έλεγχος της μεταδόμενης ισχύος είναι κρίσιμης σημασίας για τον καθορισμό ενός συστήματος παραγωγικής ικανότητας, της κάλυψης και της ποιότητας του σήματος.

#### 3.5.1.4. Occupied bandwidth

Το κατεχόμενο εύρος ζώνης συνδέεται στενά με το κανάλι ενέργειας. Αυτό δείχνει πόσο από το φάσμα συχνοτήτων καλύπτεται από κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό (συνήθως 99%) της συνολικής ισχύος του διαμορφωμένου σήματος. Για παράδειγμα, στην εικόνα 8, το εύρος ζώνης που περιλαμβάνει το 99% της ισχύος είναι 1.260 MHz. Οποιαδήποτε στρέβλωση (αρμονική ή αποδιαμόρφωση) παράγει ισχύ εκτός του καθορισμένου εύρους ζώνης.



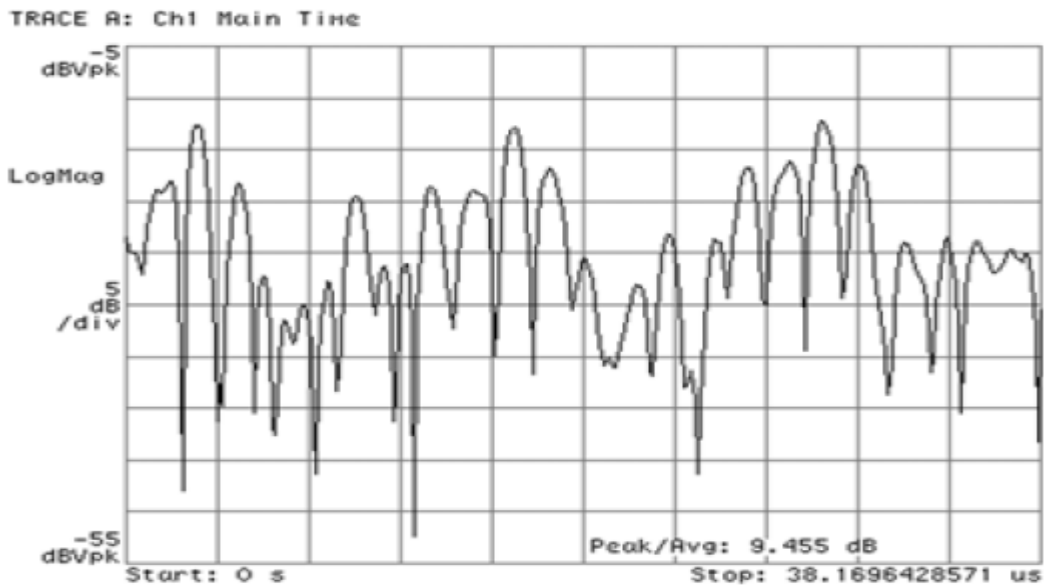
Εικόνα 8. Μέτρηση του occupied bandwidth.

### 3.5.1.5. Peak-to-average power ratio and CCDF curves

Ο λόγος μέγιστης και μέσης ισχύος και το CCDF (defined below) είναι στατιστικές μετρήσεις στο πεδίο των κυματομορφών του χρόνου.

Ο λόγος μέγιστης και μέσης ισχύος είναι ο λόγος της μέγιστης περιεχομένης ισχύος με τη μέση περιεχόμενη ισχύ του σήματος κατά μια συγκεκριμένη στιγμή.

Ορισμένα μέσα μπορούν να προβλέψουν στατιστικά μέγιστη με μέση ισχύ δηλαδή, η μέγιστη περιεχόμενη ισχύς του δεν δίνεται ως μια απόλυτη μέγιστη αλλά ως τα επίπεδα ισχύος που σχετίζονται με ορισμένες πιθανότητες. Για παράδειγμα, στην εικόνα 11 η μέτρηση δείχνει ότι η ισχύς είναι κάτω από ένα επίπεδο που είναι 9.455 dB πάνω από το μέσο όρο 99,99% του χρόνου, δηλαδή, υπάρχει μια πιθανότητα .01% ότι η ισχύς του σήματος είναι υψηλότερη από ένα επίπεδο 9.455dB από τον μέσο όρο.



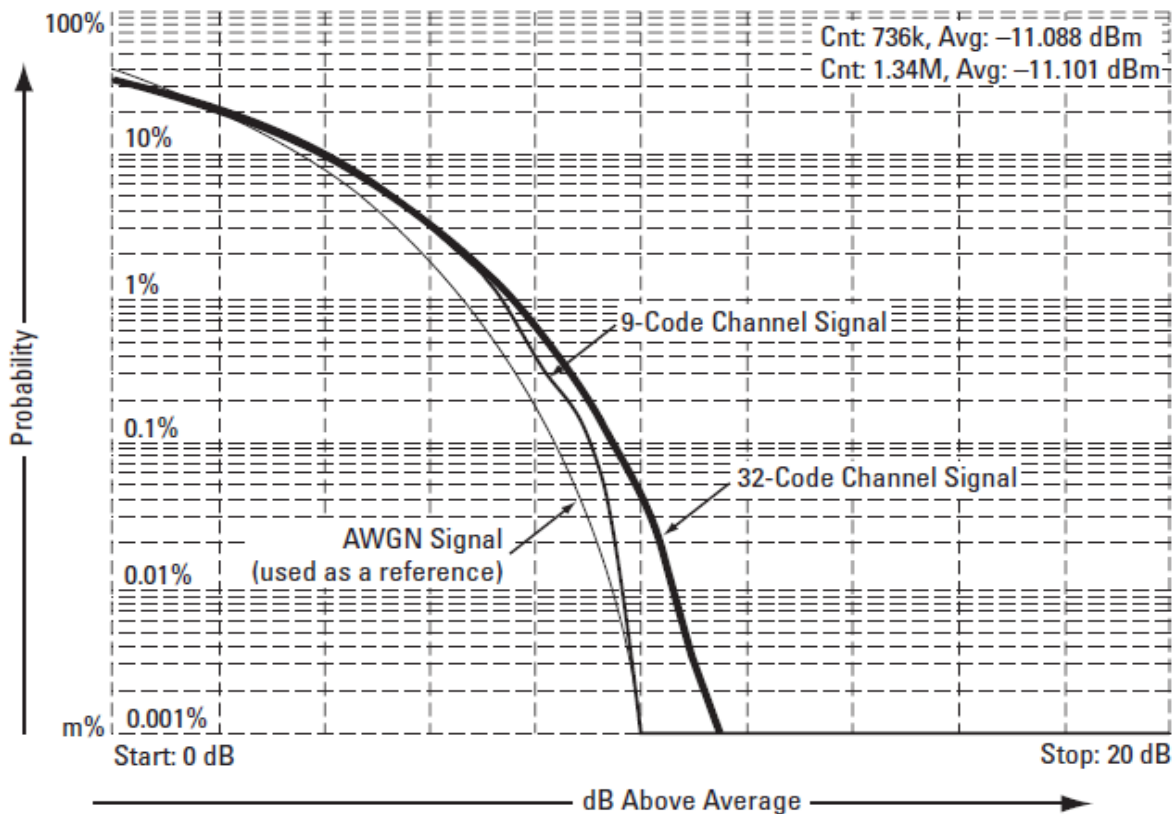




Εικόνα 9. Στατιστικές μετρήσεις μέγιστης με μέση κλίμακα ισχύος.

Τα στατιστικά στοιχεία της ισχύος του σήματος μπορεί να κατανοηθούν πλήρως εκτελώντας αρκετές από αυτές τις μετρήσεις για να εμφανίσουν τα αποτελέσματα σε ένα γράφημα, γνωστό ως το **Complementary Cumulative Distribution Function (CCDF)**. Η καμπύλη CCDF δείχνει την πιθανότητα ότι η ισχύς να είναι ίση ή ανώτερη ορισμένων μέσο όρων αιχμών, για διαφορετικές πιθανότητες και ποσοστά αιχμής. Μεγαλύτερος ο λόγος ισχύος με το μέσο όρο κορυφής, τόσο χαμηλότερη η πιθανότητα να φτάσει το σήμα .

TRACE B: Ch1 CCDF



Εικόνα 10. Οι κορυφές του CCDF.

Τα στατιστικά στοιχεία του σήματος καθορίζουν το ελεύθερο ύψος που απαιτείται στους ενισχυτές και στα άλλα στοιχεία. Σήματα με διαφορετικούς μέσους όρους στατιστικών αιχμής μπορούν να ζορίσουν τα στοιχεία σε ένα πομπό με διάφορους τρόπους, προκαλώντας διάφορα επίπεδα της στρέβλωσης. CCDF μετρήσεις μπορούν να εκτελούνται σε διάφορα σημεία του πομπού για να εξετάσουμε τα στατιστικά στοιχεία του σήματος και του αντίκτυπου των επιμέρους τμημάτων σχετικά με τις εν λόγω στατιστικές. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί επίσης να πραγματοποιηθούν στην έξοδο του πομπού για να συγκρίνουμε τα στατιστικά στοιχεία για μια αναμενόμενη καμπύλη. Οι CCDF καμπύλες συνδέονται επίσης με τις μετρήσεις γειτονικών καναλιών ισχύος (ACP), όπως θα δούμε αργότερα.

Εκτός από την πρόκληση σε υψηλότερα επίπεδα στρεβλώσεων, υψηλα peak-to-average μπορεί να προκαλέσουν συσσωρευμένες ζημιές σε ορισμένα τμήματα. Η εκτέλεση CCDF μετρήσεων σε διάφορα σημεία του πομπού μπορεί να μας βοηθήσουν να αποτρέψουμε ζημιά σε αυτά.

Ο λόγος της μέγιστης προς μέσης ισχύ και οι CCDF στατιστικές μετρήσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές στα ψηφιακά συστήματα γιατί τα στατιστικά στοιχεία μπορεί να ποικίλλουν. Για παράδειγμα, σε συστήματα CDMA, τα στατιστικά στοιχεία του σήματος ποικίλουν ανάλογα με πόσο πολλά κανάλια κώδικα — και ποιά από αυτά — είναι παρόντα την ίδια στιγμή. Η εικόνα 10 εμφανίζει τις καμπύλες CCDF για σήματα με διαμορφώσεις για διαφορετικά κωδικοποιημένα κανάλια .Όσο





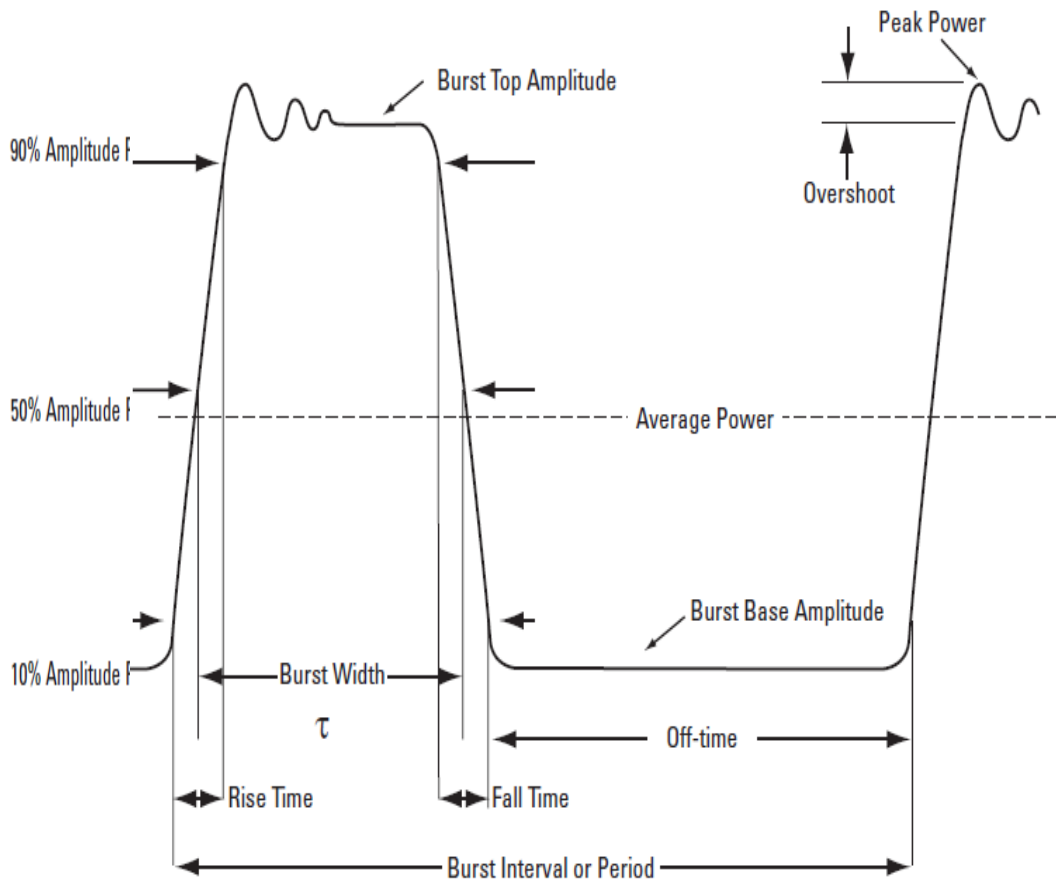
περισσότερα κανάλια κώδικα διαβιβάζονται, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα να καταλήξουμε σε μια δεδομένη αναλογία peak-to-average.

Σε συστήματα που χρησιμοποιούν σταθερά σχήματα διαμορφώσεων πλάτους, όπως GSM, η αναλογία peak to average είναι σχετική αν τα στοιχεία (για παράδειγμα, η ισχύ του ενισχυτή), πρέπει να φέρει περισσότερους από έναν πομπούς. Υπάρχει μια σαφής τάση προς χρήση ενισχυτών πολυδιανομής ισχύος σε έναν σταθμό βάσης για τα περισσότερα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας.

### 3.5.1.6. Timing measurements

Ο χρονισμός μετρήσεων είναι κοινός σε TDMA συστήματα, όπου το σήμα είναι βομβαρδισμένο. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν καταγισμούς πλάτους, το χρόνο ανόδου (uplink), χρόνος πτώσης (downlink), in time, offtime, μέγιστη δύναμη, "on" δύναμη, "off" Κύκλος ενέργειας και καθήκον.

Οι μετρήσεις με διαστήματα χρόνου είναι σημαντικές για να αποφεύγονται οι παρεμβολές με παρακείμενης συχνότητας κανάλια ή με σχισμές (slots) χρόνου οι οποίες ανοίγουν και κλείνουν. Για παράδειγμα, εάν ο πομπός κλείσει πολύ αργά, ο χρήστης με το επόμενο διάστημα χρόνου στο TDMA πλαίσιο θα δει παρεμβολές. Εάν κλείσει πολύ γρήγορα τότε η ισχύς που διαχέεται σε παρακείμενα κανάλια αυξάνει.



Εικόνα 11. Μετρήσεις του χρόνου.

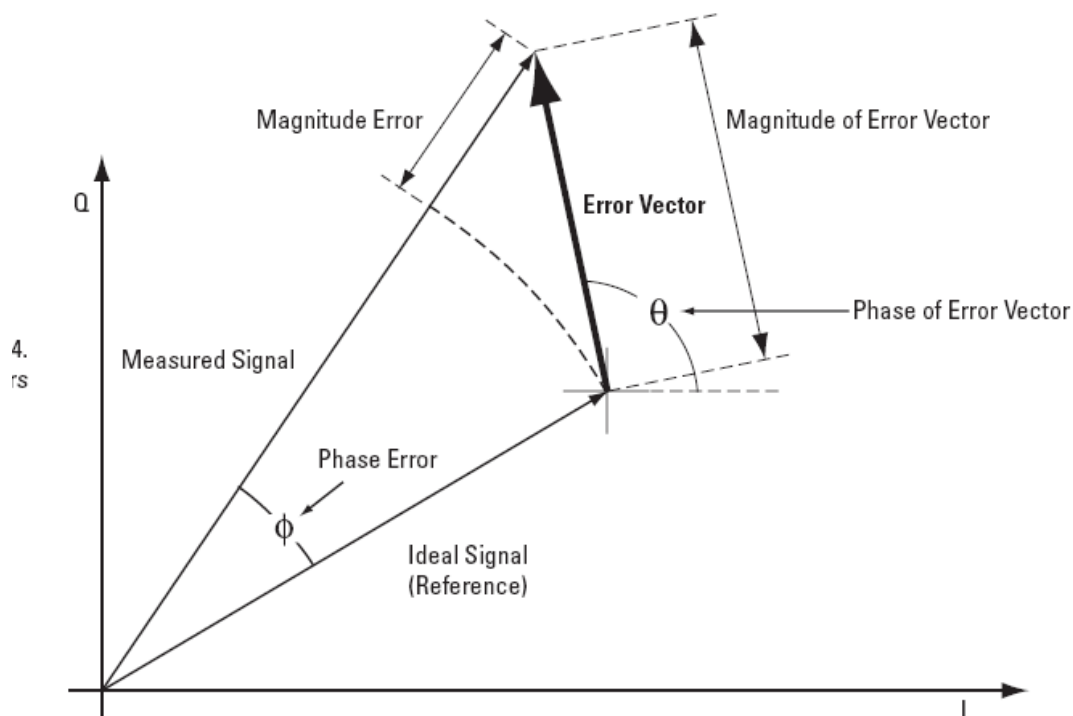


### 3.5.1.7. Modulation quality measurements

Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για τη μέτρηση της ποιότητας ενός ψηφιακά διαμορφωμένου σήματος. Συνήθως περιλαμβάνουν ακρίβεια αποδιαμόρφωσης των διαβιβαζόμενων σημάτων και σύγκρινον το σήμα αυτό με ένα μαθηματικό πρότυπο ή σήμα αναφοράς, όπως είδαμε νωρίτερα. Ο ορισμός της πραγματικής μέτρησης εξαρτάται κυρίως από το σχήμα διαμόρφωσης και το πρότυπο που ακολουθείται. NADC και PDC, χρησιμοποιείται για παράδειγμα, χρησιμοποιεί το διανυσματικό μέγεθος σφάλματος (EVM), ενώ το GSM χρησιμοποιεί τη φάση και συχνότητα σφαλμάτων. Το CDMA ένα χρησιμοποιεί Rho και code-domain-power. Αυτές και άλλες μετρήσεις της ποιότητας του διαμόρφωσης περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες.

#### 3.5.1.7.1. Error Vector Magnitude (EVM)

Η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος διαμόρφωσης στα συστήματα επικοινωνιών είναι το Error vector Magnitude (EVM) . Όταν εκτελούμε μετρήσεις με τη μέθοδο EVM ο αναλυτής παίρνει δείγματα από την έξοδο του πομπού για να καταφέρει να πιάσει την τροχιά του πραγματικού σήματος .Το σήμα συνήθως αποδιαμορφώνεται και το φέρον σήμα παράγεται μαθηματικώς. Το **διάνυσμα λάθους** είναι η διανυσματική διαφορά σε μία δεδομένη στιγμή μεταξύ του ιδανικού σήματος αναφοράς και του μετρημένου σήματος. Το διάνυσμα λάθους είναι μια σύνθετη ποσότητα που περιέχει ένα μέγεθος και ένα τμήμα φάσης. Είναι σημαντικό να μην συγχέεται το **μέγεθος του διανύσματος λάθους με το λάθος μέγεθος**, ή τη **φάση του διανύσματος λάθους με το λάθος φάσης**. Μια γραφική απεικόνιση αυτών των διαφορών μπορεί να φανεί στο σχήμα 14

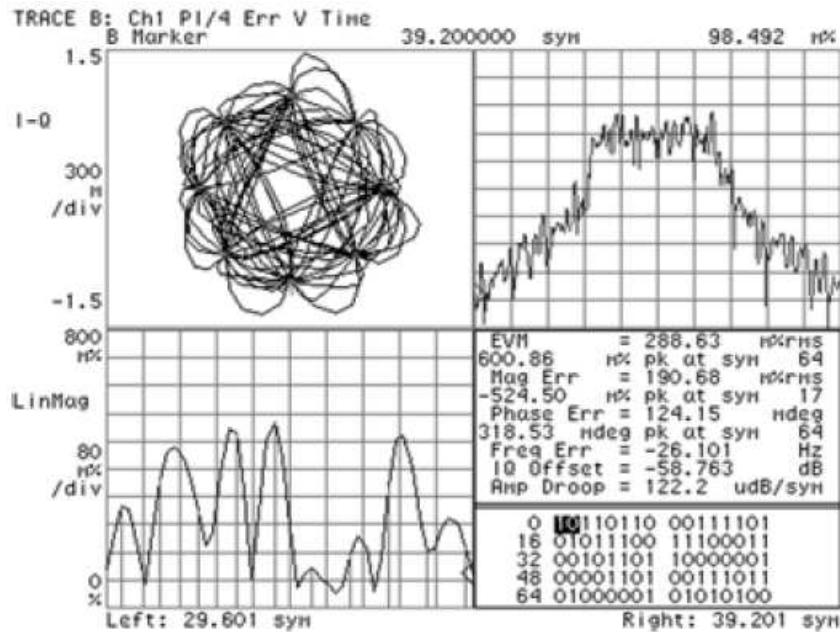


Εικόνα 12. Διανυσματικές και σχετικές παράμετροι λάθους

Το διανυσματικό μέγεθος λάθους είναι η αξία μέσης τετραγωνικής τιμής (RMS) του διανύσματος λάθους κατά τη διάρκεια του χρόνου στις στιγμές των κυκλικών μεταδόσεων. Από τη σύμβαση ,το EVM είναι συνήθως ομαλοποιημένο είτε στο εύρος του πιο ακραίου συμβόλου είτε την τετραγωνική ρίζα της μέσης δύναμης συμβόλων.



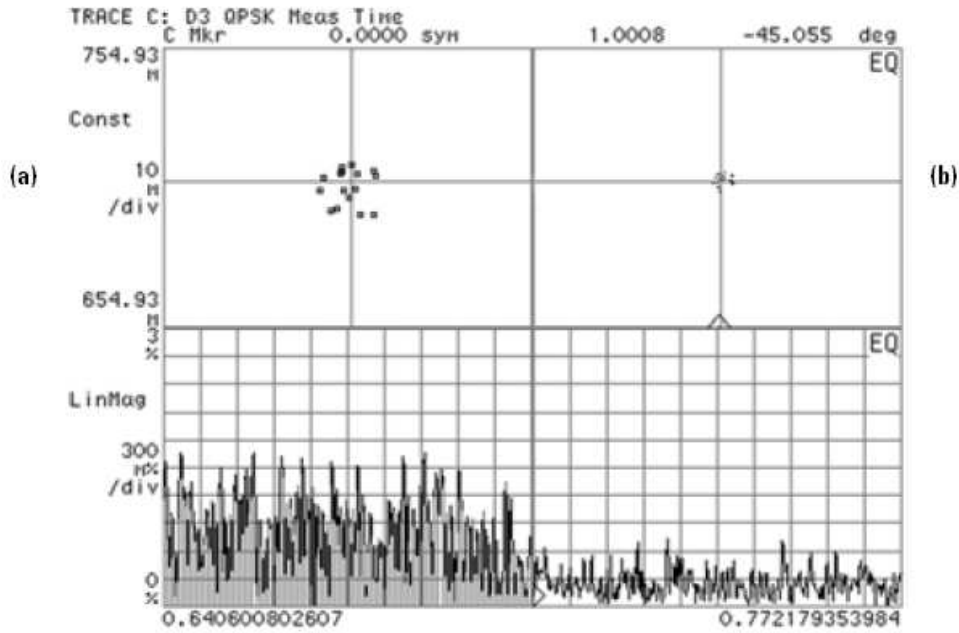
Εκτός από το διάγραμμα αστερισμού και τα πολικά διαγράμματα, άλλες σημαντικές γραφικές παραστάσεις που συνδέονται με το EVM που αναφέρονται σε αυτήν την σημείωση εφαρμογής, είναι **μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο**, το φάσμα του διανύσματος λάθους (διανυσματικό φάσμα λάθους), **λάθος φάσης σε σχέση με το χρόνο**, και **λάθος μεγέθους σε σχέση με το χρόνο**. Το σχήμα 13 παρουσιάζει μερικές από αυτές τις γραφικές παραστάσεις.



Εικόνα 13 . (α) Πολικό διάγραμμα  
(β) μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο  
(γ) διανυσματικό φάσμα λάθους  
(δ) συνοπτικός πίνακας και πίνακας συμβόλων

Το EVM και οι διάφορες σχετικές γραφικές παραστάσεις είναι ευαίσθητες σε οποιαδήποτε ροή σημάτων που έχει επιπτώσεις στην τροχιά της φάσης ενός σήματος για οποιοδήποτε ψηφιακό σχήμα διαμόρφωσης. Τα μεγάλα διανύσματα λάθους και τα σημεία συμβόλων και οι μεταβάσεις μεταξύ των συμβόλων μπορούν να προκληθούν από τα προβλήματα στη ζώνη βάσης, IF ή τμήματα RF του πομπού. Οι διαφορετικές ποιοτικές παραστάσεις διαμόρφωσης και τα εργαλεία διαμόρφωσης μπορούν να βοηθήσουν να αποκαλύψουν ή να ανιχνεύσουν λάθη και διάφορα προβλήματα στον πομπό. Παραδείγματος χάριν, ο αστερισμός I/Q μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει εύκολα τα λάθη δυσαναλογίας κέρδους I/Q. Τα μικρά ποσοστιαία λάθη συμβόλων μπορούν να προσδιοριστούν εύκολα με την εξέταση του μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με την γραφική παράσταση του χρόνου. Το διανυσματικό φάσμα λάθους μπορεί να βοηθήσει για να εντοπιστούν εντός του καναλιού πλαστές μεταδόσεις.

Η τιμή του EVM σαν ένα δείγμα ποιότητα της διαμόρφωσης μπορεί να ενισχυθεί με την χρήση της εξίσωσης στο όργανο μέτρησης. Η εξίσωση χρησιμοποιείται συνήθως στους ψηφιακούς δέκτες επικοινωνιών. Αν και η αρχική λειτουργία της είναι να μειώσει τα αποτελέσματα πολλαπλών διαδρομών, αντισταθμίζει επίσης ορισμένες ατέλειες σημάτων που παράγονται και στον πομπό στο δέκτη. Για αυτόν τον λόγο, είναι χρήσιμο να υπάρξει ένας εξισωτής στο όργανο μέτρησης. Ένα όργανο με έναν εξισωτή θα μιμηθεί καλύτερα έναν δέκτη, δηλαδή οι βλάβες που ο εξισωτής του δέκτη αφαιρεί, αφαιρούνται επίσης με το όργανο μέτρησης. Επομένως, οι απομειώσεις έχουν λίγη επίδραση στην απόδοση συστημάτων, επίσης ελάχιστα μπορούν επηρεάσουν το μετρημένο EVM. Το σχήμα 14 παρουσιάζει το μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο με ή και χωρίς εξίσωση. Με την εξίσωση ο αστερισμός φαίνεται πολύ καλύτερος και το μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο είναι χαμηλότερο. Το σήμα εδώ δεν έχει αλλάξει, μόνο η τεχνική μέτρησης.

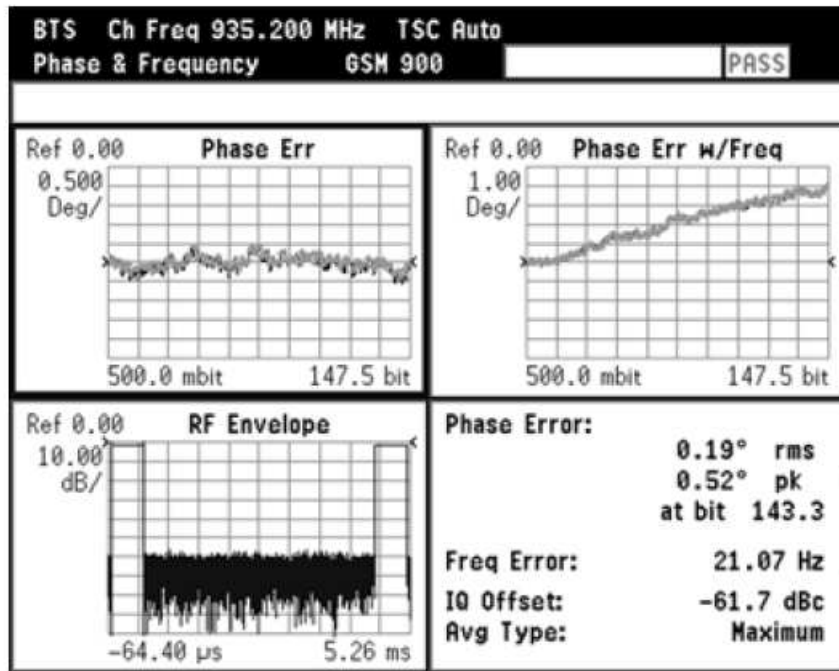


Εικόνα 14. Αστειρισμοί (που μεγεθύνονται) και μέγεθος του διανύσματος λάθους σε σχέση με το χρόνο (α) χωρίς εξίσωση και (β) με την εξίσωση .

### 3.5.1.7.2. I/Q Offset

### 3.5.1.7.3. Phase and frequency errors

Για τα σχήματα διαμόρφωσης σταθερού εύρους, όπως το GMSK που χρησιμοποιείται στα συστήματα GSM, η φάση I/Q και τα λάθη συχνότητας είναι τα αντιπροσωπευτικότερα μέτρα της ποιότητας του σήματος από το EVM. Όπως με το EVM, ο αναλυτής παίρνει δείγματα από την έξοδο του πομπού προκειμένου να μπορέσει συλληφθεί η πραγματική τροχιά φάσης. Αυτό αποδιαμορφώνεται έπειτα, και η ιδανική (ή αναφορά) τροχιά φάσης παράγεται από μαθηματική πράξη. Το λάθος φάσης καθορίζεται με τη σύγκριση των πραγματικών σημάτων και των σημάτων αναφοράς. Η μέση κλίση του σήματος λάθους φάσης είναι το λάθος συχνότητας. Η βραχυπρόθεσμη παραλλαγή αυτού του σήματος ορίζεται ως το λάθος φάσης και εκφράζεται από τους κανονισμούς του RMS και της αιχμής του σήματος (αριθμός 18).



Εικόνα 15. Μέτρηση λάθους φάσης και συχνότητας

Τα σημαντικά λάθη φάσης μπορούν να δείξουν τα προβλήματα στο τμήμα ζωνών βάσης του πομπού. Ο ενισχυτής στον οποίο μπορεί επίσης να δημιουργηθεί η διαστρέβλωση που προκαλεί υψηλό λάθος φάσης για τα σήματα πολυδιανομής. Το σημαντικό λάθος φάσης στην αρχή ενός καταγισμού μπορεί να δείξει ότι ένα διασυνδεδετής (synthesizer) αποτυγχάνει να προσαρμοστεί αρκετά γρήγορα. Σε ένα πραγματικό σύστημα, το μικρό λάθος φάσης μειώνει τη δυνατότητα ενός δέκτη να αποδιαμορφώνει σωστά, ειδικά με τους οριακούς όρους σημάτων. Αυτό υποβιβάζει τελικά την ευαισθησία.

Το λάθος συχνότητας είναι η διαφορά μεταξύ της διευκρινισμένης συχνότητας φέροντος και της πραγματικής συχνότητας φέροντος. Ένα σταθερό λάθος συχνότητας απλά δείχνει ότι χρησιμοποιείται μια ελαφρώς λανθασμένη συχνότητα φέροντος. Τα ασταθή λάθη συχνότητας μπορούν να δείξουν τη βραχυπρόθεσμη αστάθεια στο LO, το λανθασμένο φιλτράρισμα, AM-PM στον ενισχυτή, ή το λανθασμένο δείκτη διαμόρφωσης εάν ο πομπός εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας έναν αναλογικό διαμορφωτή συχνότητας.

#### 3.5.1.7.4. Frequency response and group delay.

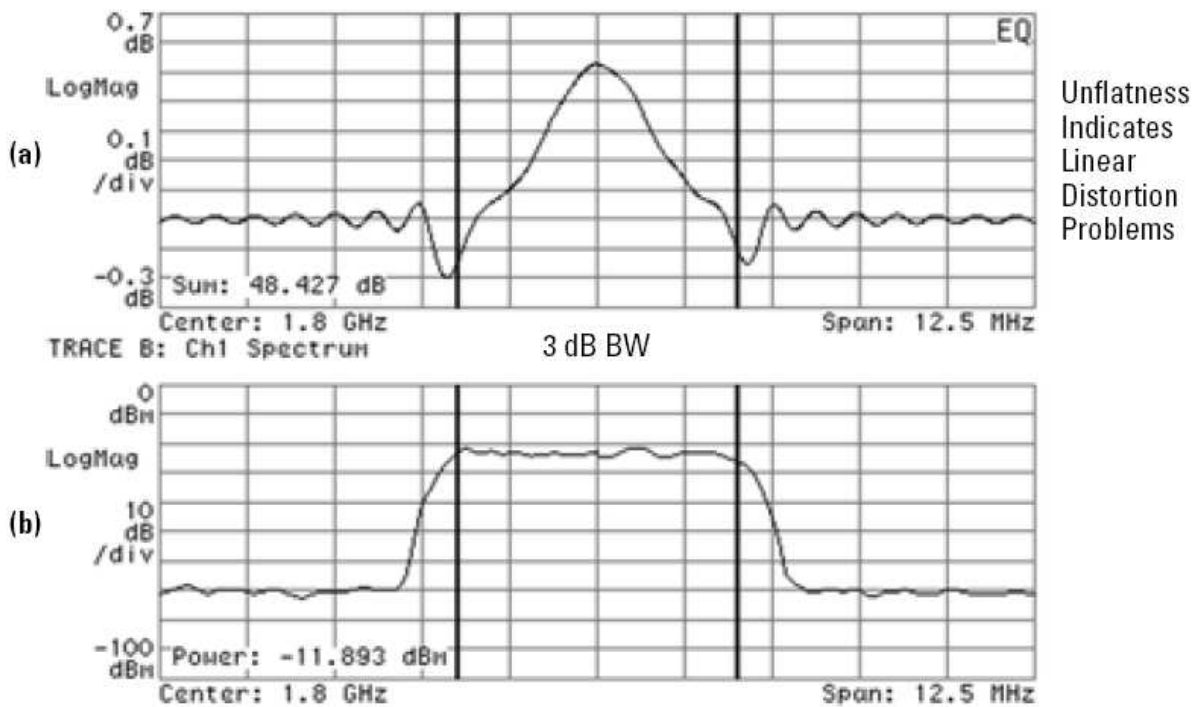
Όπως σημειώνεται ανωτέρω, η εξίσωση αντισταθμίζει ορισμένες ατέλειες σημάτων στον πομπό, το μονοπάτι μετάδοσης ή το δέκτη. Η εξίσωση αφαιρεί μόνο τη γραμμική διαστρέβλωση. Η γραμμική διαστρέβλωση εμφανίζεται όταν περνά το σήμα μέσω μιας ή περισσότερων γραμμικών συσκευών που έχουν τις λειτουργίες μεταφοράς που δεν παρέχουν ομαλότητα πλάτος (παραδείγματος χάριν, κυματισμός και κλίση), ή/και των παραλλαγών σε μια ομάδα καθυστέρησης πέρα από το εύρος ζώνης του σήματος. Μπορούν να υπάρξουν πολλές πηγές γραμμικής διαστρέβλωσης σε ένα σύστημα, όπως, φίλτρα περάσματος μάντας στο IF, τις λάθος απολήξεις των καλωδίων, το λάθος φιλτράρισμα ζωνών βάσης, μη-αντισταθμισμένο  $\sin(x)/x$ , τον κακό συνδυασμό κεραιών, των συνδυαστών σημάτων και παρενέργειες από τις πολλαπλές διαδρομές σημάτων. Από μια σκοπιά διαμόρφωσης, όλοι οι γραμμικοί μηχανισμοί στρεβλώσεων μπορούν να συνδυαστούν και να αντιπροσωπευθούν από μια ενιαία λειτουργία μεταφοράς,  $H(F)$ .

Κατά εφαρμογή της εξίσωσης, το όργανο μέτρησης πρέπει να αντιδράσει στα αποτελέσματα της γραμμικής διαστρέβλωσης. Για να επιτύχει αυτό, ένα φίλτρο εξισωτών του οποίου λειτουργία μεταφοράς είναι  $1/H(F)$  εφαρμόζεται πέρα από το εύρος ζώνης του σήματος.





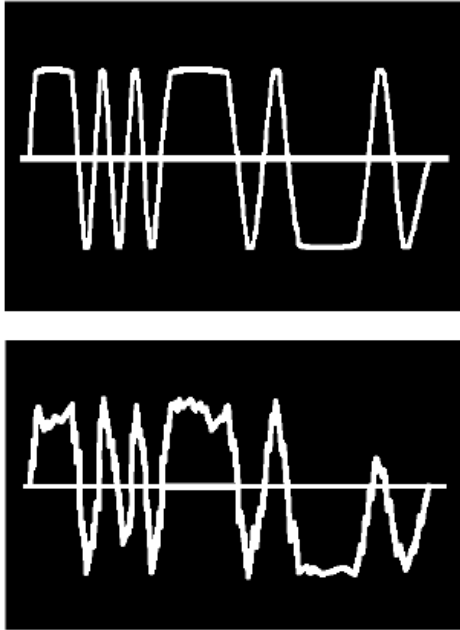
Μόλις εφαρμοστεί η εξίσωση, η αντίστροφη λειτουργία μεταφοράς του εξισωτή, που αντιπροσωπεύει τα γραμμικά στοιχεία στρεβλώσεων της συσκευής υπό δοκιμή, μπορεί να φανεί και να μετρηθεί. Εάν μετριέται άμεσα στον πομπό, η αντίστροφη λειτουργία μεταφοράς είναι βασικά bits-to-RF συχνότητα response του πομπού (ή οι παραλλαγές από την ιδανική απάντηση συχνότητας που προκαλείται από τις μη γραμμικές διαστρεβλώσεις). Η πραγματική απάντηση συχνότητας μπορεί να επιδειχθεί και να μετρηθεί ως προς το μέγεθος, τη φάση, και την καθυστέρηση συνολικά. Ιδανικά, το μέγεθος της απάντησης συχνότητας πρέπει να είναι επίπεδο πέρα από τη ζώνη συχνότητας ενδιαφέροντος, και η φάση της πρέπει να είναι γραμμική πέρα και από εκείνη την ίδια ζώνη συχνότητας. Η καθυστέρηση ομάδας είναι ένα πιο χρήσιμο μέτρο της διαστρέβλωσης φάσης. Ορίζεται ως τον παράγωγο της απάντησης φάσης προς τη συχνότητα ( $DJ/dw$ ) —δηλαδή την κλίση της απάντησης φάσης. Εάν ο πομπός δεν εισάγει τη διαστρέβλωση, η απάντηση φάσης της είναι γραμμική και η καθυστέρηση της ομάδας των σημάτων είναι σταθερή. Οι αποκλίσεις από τη σταθερή καθυστέρηση της ομάδας δείχνουν τη διαστρέβλωση.



Εικόνα 16. (α) Το μέγεθος της απάντησης συχνότητας bits-to-RF πρέπει να είναι επίπεδο πέρα από ζώνη συχνότητας ενδιαφέροντος, που υποδεικνύεται από (β) το εύρος ζώνης 3 DB στο φάσμα σημάτων.

### 3.5.1.7.5. Rho

Τα συστήματα CDMA χρησιμοποιούν το  $r$  (rho) ως μια από τις ποιοτικές μετρήσεις διαμόρφωσης. Το Rho μετριέται σχετικά με τα σήματα με ένα ενιαίο κανάλι κώδικα. Είναι η αναλογία της συσχετισμένης ισχύος συνολικά με τη διαβιβασθείσα ισχύ (σχήμα 17). Η συσχετισμένη ισχύς υπολογίζεται με την αφαίρεση συχνότητας, φάσης και της μετόπισης χρόνου, και την εκτέλεση ενός διαγώνιου συσχετισμού μεταξύ του διορθωμένου μετρημένου σήματος και της ιδανικής αναφοράς. Εάν κάποια από τη διαβιβασθείσα ενέργεια δεν συσχετίζεται, αυτή η υπερβολική ισχύ εμφανίζεται ως προστιθέμενος θόρυβος που μπορεί να παρεμβάλλει και άλλους χρήστες στο σύστημα.



$$\rho = \frac{\text{Power that correlates with ideal}}{\text{Total Power}}$$
$$= \frac{\text{Signal Power}}{\text{Signal Power} + \text{Error Power}}$$

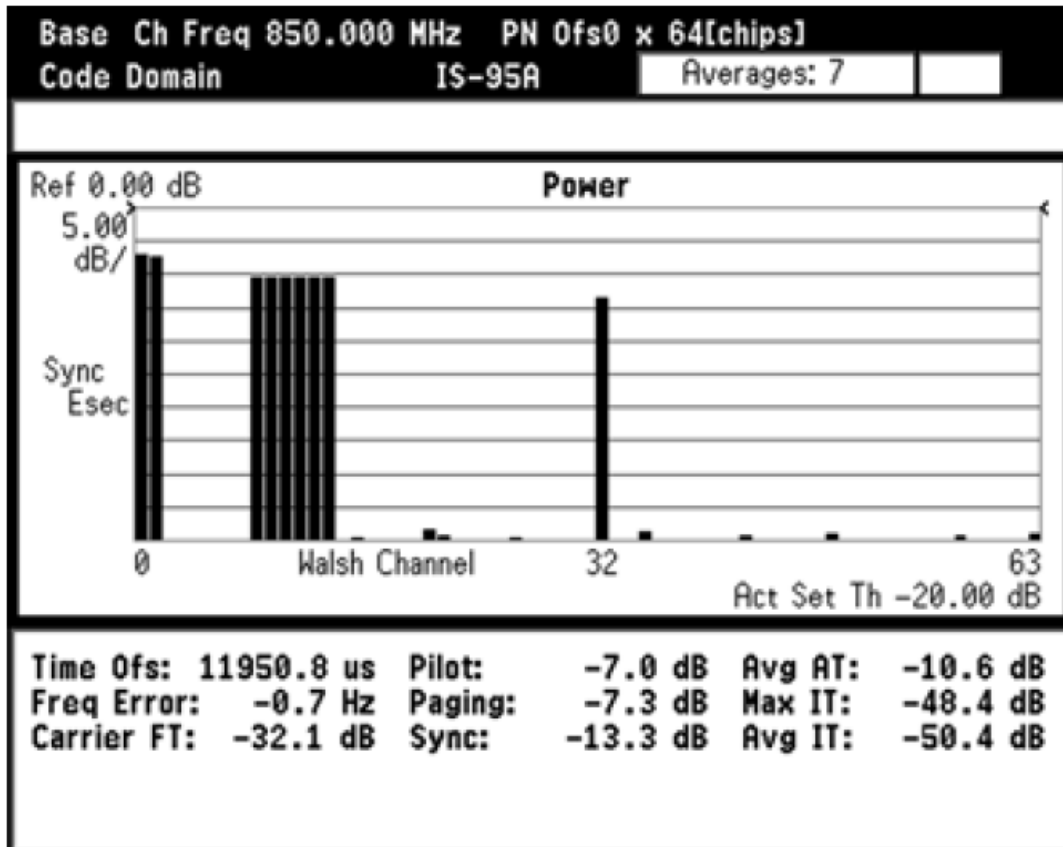
Εικόνα 17.Rho.

Η μέτρηση  $\rho$  δείχνει το γενικό επίπεδο απόδοσης διαμόρφωσης ενός πομπού CDMA κατά την προσπέλαση ενός ενιαίου καναλιού. Δεδομένου ότι η ασύνδετη ισχύ εμφανίζεται ως παρεμβολή, η κακή απόδοση  $\rho$  έχει επιπτώσεις στην ικανότητα του κυττάρου (cell).

#### 3.5.1.7.6. Code-domain power.

Στα συστήματα CDMA, ένα σήμα με τα πολλαπλάσια κανάλια κώδικα μπορεί να αναλυθεί στην περιοχή κώδικα. Για να αναλύσει το σύνθετο κυματοειδές σήμα, κάθε κανάλι αποκωδικοποιείται χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο κώδικα συσχετισμού. Αυτός ο αλγόριθμος καθορίζει τον παράγοντα συντελεστή συσχετισμού για κάθε κώδικα. Μόλις αποκωδικοποιηθούν τα κανάλια, η ισχύ σε κάθε κανάλι κώδικα καθορίζεται.





Εικόνα 18.Μέτρηση της δύαμης του κώδικα περιοχής.

Η μέτρηση της ισχύος κώδικα-περιοχής, όπως φαίνεται στο σχήμα 18, είναι ουσιαστική για την επαλήθευση ότι ο σταθμός βάσης διαβιβάζει τη σωστή ισχύ σε κάθε ένα από τα κανάλια κώδικα. Είναι επίσης σημαντικό να εξετάσει τα επίπεδα ισχύος κώδικα-περιοχής των ανενεργών καναλιών, τα οποία μπορούν να δείξουν τα συγκεκριμένα προβλήματα στον πομπό. Παραδείγματος χάριν, ανεπιθύμητες ωθήσεις εντός του καναλιού βελτιώνουν το επίπεδο του θορύβου κώδικα-περιοχής. Η συμπίεση μπορεί να αναγκάσει μίξη των ενεργών καναλιών κώδικα για να παραγάγει ενέργεια σε συγκεκριμένα ανενεργά κανάλια.

### 3.5.2. Out-of-channel measurements

Στην μάντα εκτός του καναλιού οι μετρήσεις είναι εκείνες που μετράνε την παραμόρφωση και την παρεμβολή εντός της ζώνης του συστήματος, αλλά έξω από την συχνότητα εκπομπής του καναλιού.

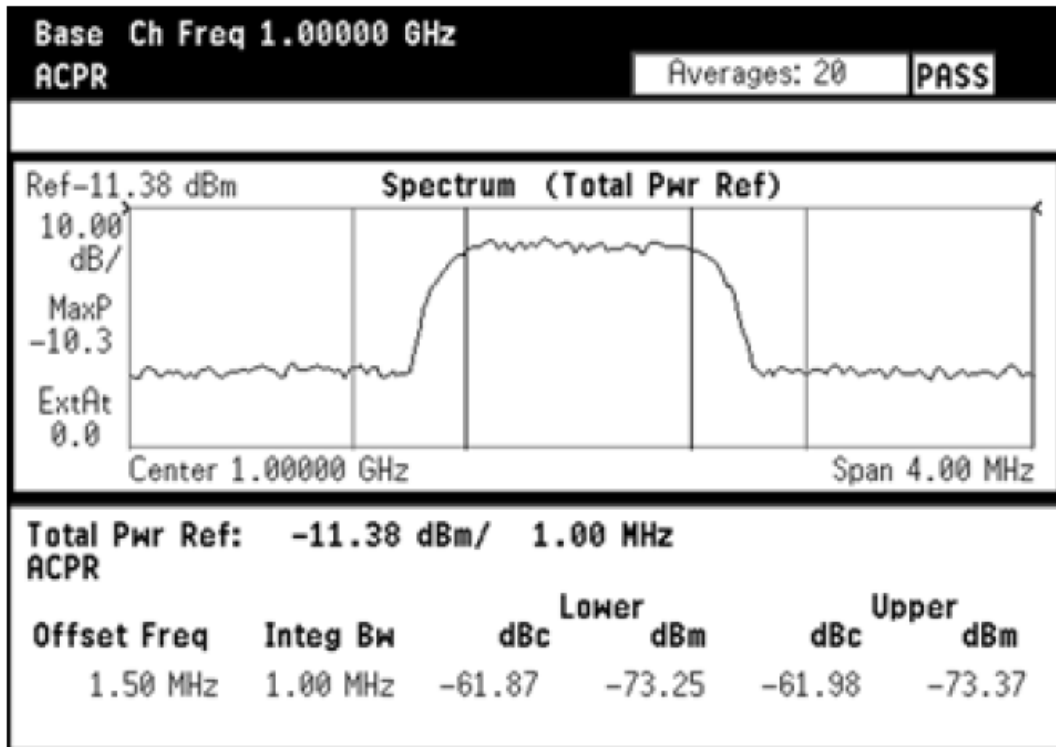
#### 3.5.2.1. Adjacent Channel Power Ratio (ACPR)

Οποιαδήποτε τεχνολογία χρησιμοποιείται ή τα πρότυπα που ακολουθούνται, οι μετρήσεις του ACP απαιτούνται για να εξασφαλίσουν ότι ο πομπός δεν παρεμποδίζει τα παρακείμενα και εναλλάσσομενα κανάλια.

Η παρακείμενη αναλογία ισχύος καναλιών (ACPR) ορίζεται συνήθως ως η αναλογία της μέσης ισχύος στο παρακείμενο κανάλι συχνότητας προς τη μέση ισχύ στο διαβιβασθέν κανάλι



συχνότητας. Παραδείγματος χάριν, στο σχήμα 19, το ACPR πέρα από ένα εύρος ζώνης 1MHz και για τα διαβιβασθέντα και παρακείμενα κανάλια είναι  $-61,87$  Db για το χαμηλότερο παρακείμενο κανάλι και  $-61,98$  Db για το ανώτερο παρακείμενο κανάλι Το ACPR μετριέται συχνά στις πολλαπλάσιες μετατοπίσεις(παρακείμενα και εναλλάσσομαι κανάλια).



Εικόνα 19.Μέτρηση του ACPR.

Κατά παραγωγή των μετρήσεων ACPR, την είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι στατιστικές του σήματος διαβιβασθέντος. Οι καμπύλες **CCDF** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόν το λόγο, όπως είδαμε νωρίτερα. Η διαφορετική peak-to-average αναλογία τιμές ασκεί διαφορετική επίδραση στα μη γραμμικά συστατικά του πομπού, όπως ο ενισχυτής RF, και επομένως στο ACPR επίσης. Οι υψηλότερες peak-to-average αναλογίες στο διαβιβασθέν σήμα μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη παρέμβαση στο παρακείμενο κανάλι. Οι μετρήσεις ACPR στην ίδια συσκευή αποστολής σημάτων μπορούν να παρέχουν τα διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με τις στατιστικές του διαβιβασθέντος σήματος. Κατά τη μέτρηση ACPR στους σταθμούς βάσεων CDMA, παραδείγματος χάριν, είναι σημαντικό να εξεταστεί η χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση καναλιών.

Τα διαφορετικά πρότυπα έχουν τα διαφορετικούς ονόματα και τους ορισμούς για τη μέτρηση του ACP. Παραδείγματος χάριν, για τα συστήματα TDMA όπως το GSM, υπάρχουν δύο κύριοι συντελεστές στο ACP: στις μεταβάσεις ανοίγματος και κλεισίματος του καταγισμού, και η ίδια η διαμόρφωση. Τα πρότυπα GSM ονομάζουν το **φάσμα παραγωγής RF** μέτρησης του ACP (**ORFS**) και διευκρινίζουν δύο διαφορετικές μετρήσεις: **ORFS λόγω της διαμόρφωσης** και **ORFS λόγω της μετατροπής** .

Στην περίπτωση του NADC-TDMA, του ACP λόγω των μεταβάσεων και της ίδια της διαμόρφωσης μετριέται επίσης χωριστά για τους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας σταθμούς. Επιπλέον, μια λειτουργία στάθμισης που αντιστοιχεί στην απάντηση φίλτρων ζωνών βάσης δεκτών εφαρμόζεται στη μέτρηση και για τη βάση και για τους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας.

**To spectral splatter** είναι ένας όρος που συνδέεται συχνά με το ACP λόγω των μεταβάσεων. Το spectral splatter μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργίες από το γρήγορο άνοιγμα και κλείσιμο μετάδοσης, το ψαλίδισμα (κορεσμός) και των επεξεργαστών ψηφιακών σημάτων (DSP) ή άλλα λάθη λόγω της κλιμάκωσης. Το υψηλό spectral splatter μπορεί περιστασιακά να προκληθεί από μεταβάσεις φάσεως. Δεδομένου ότι οι μεταβάσεις είναι πολύ σύντομα γεγονότα, ο χρόνος που δεσμεύεται μπορεί

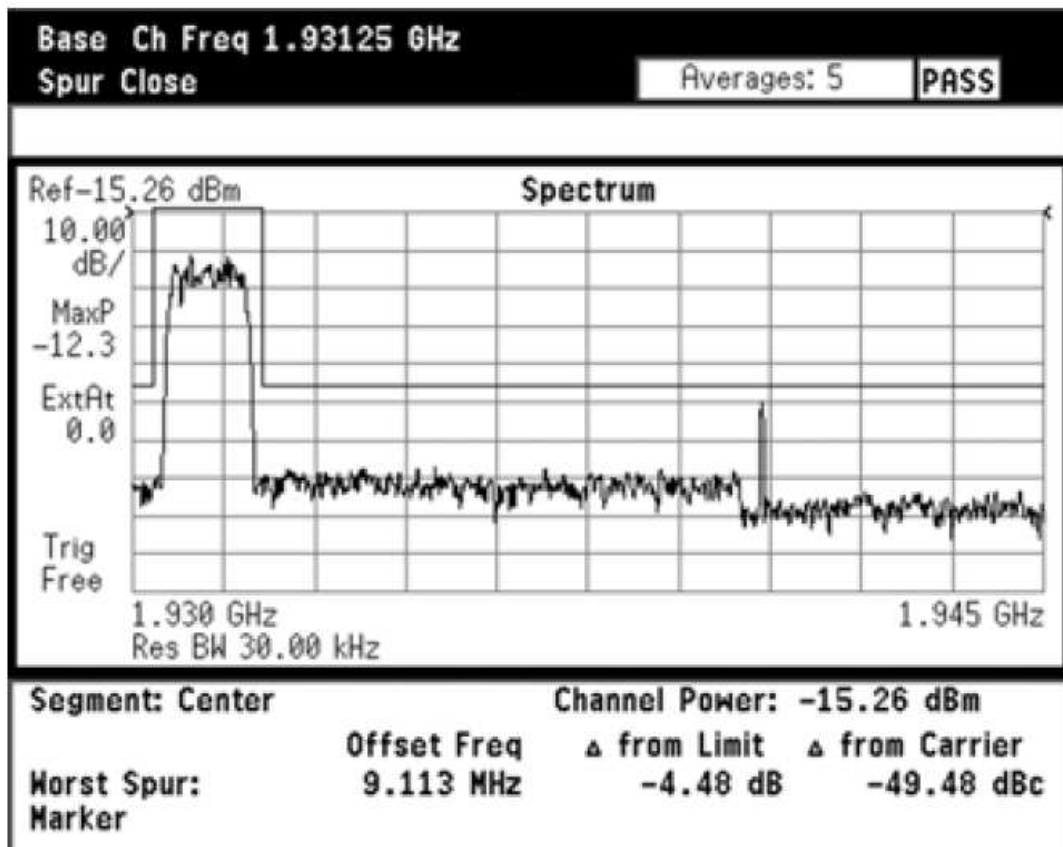


να είναι χρήσιμος για να τα εντοπίσει και να τα αναλύσει. Το spectral splatter μπορεί επίσης να αναλυθεί χρησιμοποιώντας φασματογράφο, που σχεδιάζει το φάσμα σε σχέση με το χρόνο.

Για συστήματα με CDMA one, το ACPR δεν είναι καθορισμένο στο πρότυπο, αλλά χρησιμοποιείται συχνά για να μετρήσει συγκεκριμένες εκπομπές μέσα στην μάντα συχνοτήτων. Η αναγέννηση του φάσματος είναι μια μέτρηση που δείχνει πόση ενέργεια από το παρακείμενο κανάλι μεγαλώνει (πόσο χειρότερη γίνεται) για μια συγκεκριμένη αύξηση της μεταδιδόμενης ενέργειας του καναλιού.

### 3.5.2.2. Spurious

Τα πλαστά σήματα μπορούν να προκληθούν από τους διαφορετικούς συνδυασμούς σημάτων στον πομπό. Οι πλαστές εκπομπές από τον πομπό που εμπίπτουν στη ζώνη του συστήματος πρέπει να είναι κάτω από το επίπεδο που διευκρινίζεται από τα πρότυπα για να εγγυηθεί την ελάχιστη παρέμβαση με άλλα κανάλια συχνότητας στο σύστημα (σχήμα 20)



Εικόνα 20. Μέτρηση παστών σημάτων εντός της μάντας συχνοτήτων.

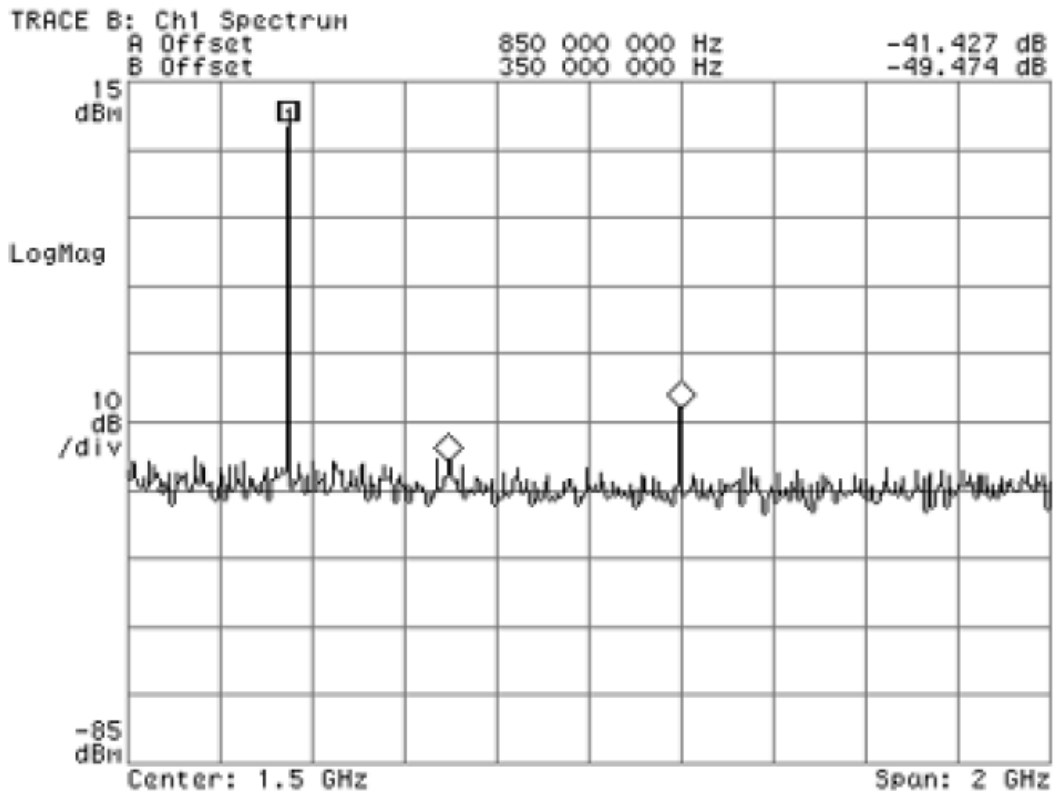
## 3.6. Out-of-band measurements

### 3.6.1. Spurious and harmonics

Ενώ πλαστές εκπομπές προκαλούνται από τους διαφορετικούς συνδυασμούς σημάτων στον πομπό, οι αρμονικές είναι προϊόντα διαστρεβλώσεων που προκαλούνται από τη μη γραμμική



συμπεριφορά στον πομπό. Είναι πολλαπλάσια ακέραιων αριθμών της διαβιβασθείσας συχνότητας μεταφορέων του σήματος. Εξω από την μάντα συχνοτήτων οι πλαστές μεταδόσεις και οι αρμονικές μετριοούνται για να διασφαλίσουν μικρότερη πρραμόρφωση με άλλα συστήματα τηλεπικοινωνιών.



Εικόνα 21. Μέτρηση πλαστών μεταδόσεων εκτός της μάντας συχνοτήτων και αρμονικών συχνοτήτων.

### 3.7. Best practices in conducting transmitter performance tests

Με την ακολουθία ορισμένων οδηγιών στη διεύθυνση των δοκιμών επαλήθευσης σχεδίου, μπορείτε πολύ να αυξήσετε την πιθανότητα ο πομπός να λειτουργήσει κατάλληλα στο πραγματικό περιβάλλον. Ο εξοπλισμός δοκιμής πρέπει να επιλεχτεί προσεκτικά για να μειώσει τις αβεβαιότητες μέτρησης και να αυξήσει την εμπιστοσύνη σε σωστή λειτουργία συσκευών αποστολής σημάτων.

Κατά εκτέλεση των απόλυτων μετρήσεων δύναμης, όπως η δύναμη καναλιών, η ακρίβεια της μέτρησης περιορίζεται από την απόλυτη ακρίβεια εύρους του οργάνου. Στην περίπτωση των σχετικών μετρήσεων δύναμης, όπως ACPR, η ακρίβεια περιορίζεται από τη σχετική ακρίβεια εύρους και τη δυναμική περιοχή του οργάνου. Εμπειρικά, το πάτωμα θορύβου ή η διαστρέβλωση του οργάνου πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 Db κάτω από τη διαστρέβλωση του μέτρησης του σήματος.

Δεδομένου ότι το σήμα είναι όπως ο οόρυβος, ο υπολογισμός του μέσου όρου της ισχύς πάνω σε διάφορες μετρήσεις είναι εξαιρετικά σημαντικός για περισσότερες επαναλαμβανόμενες μετρήσεις δύναμης.

Στην περίπτωση χρονικής μέτρησης, η ακρίβεια της μέτρησης είναι κυρίως περιορισμένη από την ακρίβεια του χρόνου, τη χρονική ανάλυση και το πλάτος γραμμικότητας του οργάνου μέτρησης. Μέχρι τότε είναι πολύ παραμέτροι που πρέπει να μετρηθούν, η χρήση μασκών και μυνήματα περάσματος/λάθους που άνουν ευκολότερη τη διασφάλιση ότι οι χρονικοί παραμέτροι ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές τους.

. Η ακρίβεια των ποιοτικών μετρήσεων διαμόρφωσης περιορίζεται κυρίως από την ακρίβεια του οργάνου δοκιμής, το οποίο δίνεται συνήθως ως ποσοστό. Χαρακτηριστικά, ο εξοπλισμός δοκιμής πρέπει να είναι δέκα φορές ακριβέστερος από το διευκρινισμένο όριο, έτσι τα αποτελέσματα



μέτρησης μπορούν να αποδοθούν στην υπο δοκιμή μονάδα (unit-under-test, UUT) και όχι στην όργανο μέτρησης.



## 4. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

### 4.1 Εισαγωγή

Οι μετρήσεις είναι πολύ βασικές στις τεχνολογίες επικοινωνιών γιατί μας βοηθάνε στο να κατανοήσουμε τη λειτουργία των τηλεπικοινωνιών και να μπορέσουμε να ρυθμίσουμε σωστά τα διάφορα κομμάτια του σταθμού βάσης έτσι ώστε να έχουμε καλύτερη κάλυψη για του χρήστες του δικτύου σαν κύριο σκοπό μας. Οι μετρήσεις αυτές έχουν τρία σκέλη, το ένα είναι από τη μεριά του πομπού το άλλο από τη μεριά του δέκτη και τέλος είναι η απόδοσης του συστήματος.

Οι μετρήσεις που πρέπει να γίνουν είναι

Από τη μεριά του πομπού:

- Παραγόμενη ενέργεια σταθμών βάσης.
- Λάθος συχνότητας.
- Δυνητικά παραγόμενη ενέργεια.
- Εκπομπές φάσματος παραγωγής RF.
- Ενδοδιαμόρφωση εκπομπής.
- Διαμόρφωση εκπομπής.

Από τη μεριά του δέκτη:

1. Δοκιμή ευαισθησίας αναφοράς.
2. Δυναμική περιοχή.
3. Παρακείμενη ευαισθησία καναλιών.
4. Χαρακτηριστικά φραζίματος
5. Χαρακτηριστικά ενδοδιαμόρφωσης
6. Πλαστές μεταδόσεις.
7. Επαλήθευση του εσωτερικού υπολογισμού BER.

Από τη μεριά απόδοσης του συστήματος έχουμε:

1. Αποδιαμόρφωση DCH με όρους στατικής διάδοσης.
2. Αποδιαμόρφωση DCH με όρους πολλαπλών διαδρομών εξασθένιση.
3. Αποδιαμόρφωση DCH με όρους στην κίνηση της διάδοσης.
4. Αποδιαμόρφωση DCH στους όρους γέννησης/θανάτου σε ένα μπλοκ BLER.
5. Επαλήθευση του εσωτερικού υπολογισμού BLER.

### 4.2 Modulation accuracy

#### 4.2.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Το σφάλμα φάσης (GMSK) και το σύστημα EVM (8-PSK) είναι θεμελιώδεις παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στο GSM για να χαρακτηρίσουν ακρίβεια διαμόρφωσης. Αυτές οι μετρήσεις αποκαλύπτουν πολλά σχετικά με την απόδοση του πομπού. Φτωχό σφάλμα φάσης ή το EVM υποδηλώνει πρόβλημα με το I / Q υψηλής ταχύτητας γεννήτρια, φίλτρα, διαμορφωτή ή ενισχυτή στην διάταξη κυκλωμάτων πομπού. Σε ένα πραγματικό σύστημα, κακή φάση σφάλμα ή το EVM θα μειώσει την ικανότητα του δέκτη να αποδιαμορφώσει σωστά, ιδιαίτερα σε όρους οριακού σήματος. Αυτό, σε τελική ανάλυση, επηρεάζει περιοχή κάλυψης.

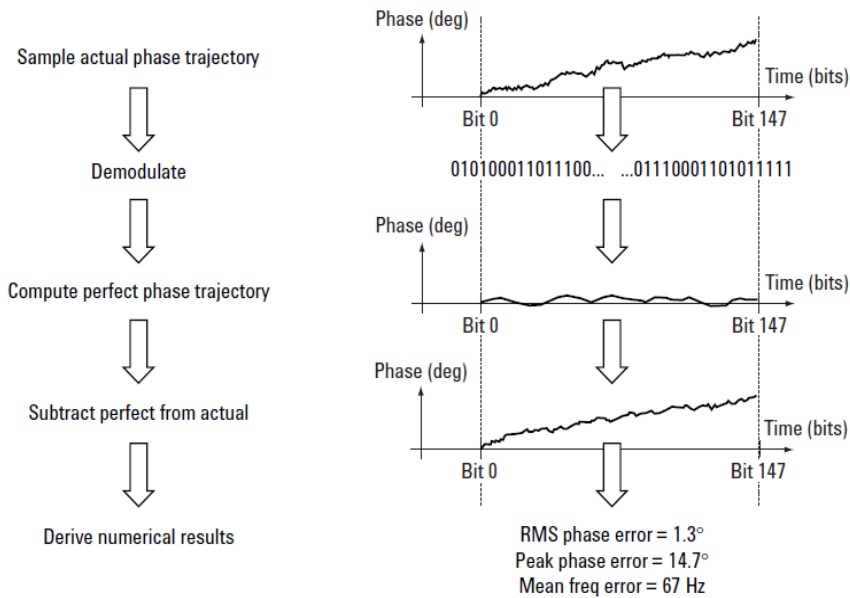




Μετρήσεις συχνότητας σφαλμάτων υποδηλώνει κακή δυνατότητα σύνθεσης/ κλείδωμα φάσης βρόχου σε επίπεδο επιδόσεων επιδόσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μια BTS με άλματα συχνότητας ενεργά. Κακές μετρήσεις συχνότητας σφαλμάτων μπορεί να δείξουν, για παράδειγμα, ότι μια σύνθεση αποτυγχάνει να ρυθμίσει αρκετά γρήγορα όπως μετατοπίζει την συχνότητα μεταξύ των μεταδόσεων. Σε ένα πραγματικό σύστημα χαμηλή συχνότητα σφαλμάτων μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα. Για παράδειγμα, ο δέκτης προορισμού μπορεί να μην είναι σε θέση να αποκτήσει κλείδωμα και ο πομπός ενδέχεται να προκαλέσει παρεμβολές με άλλους χρήστες. Αν αυτή είναι η περίπτωση, άλλες μετρήσεις πρέπει να γίνουν ώστε να προσδιορίσουν αυτό με βεβαιότητα.

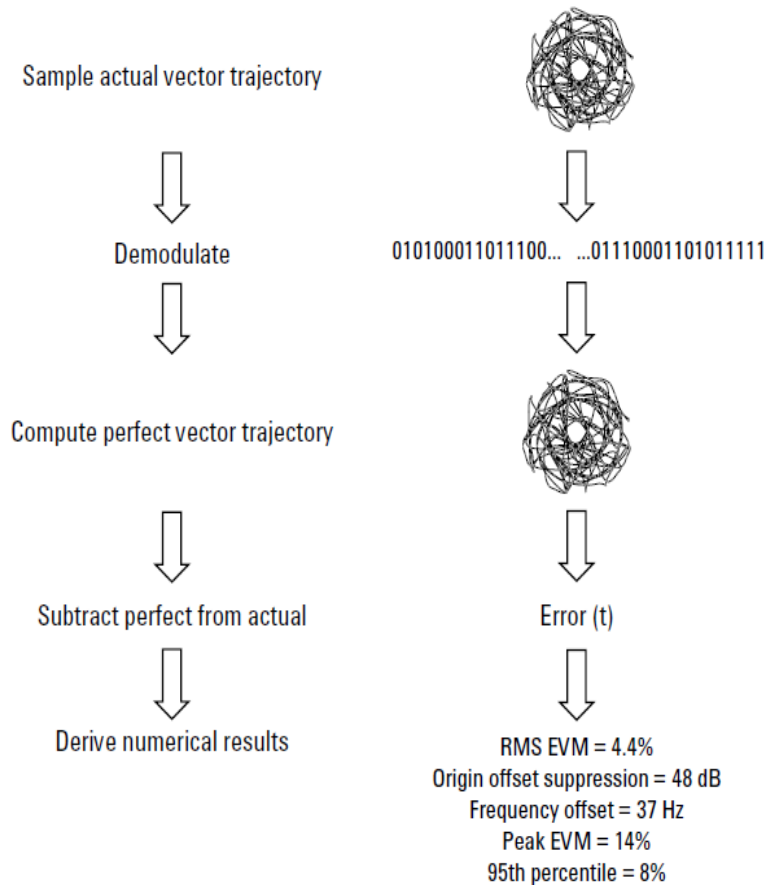
### 4.2.2. Θεωρία με εικόνες: GMSK

Μετρήσεις φάσης και συχνότητας σφαλμάτων είναι πολύπλοκες, ωστόσο η σύγχρονη δοκιμή εξοπλισμού μπορεί να εκτελέσει όλες τις απαραίτητες επεξεργασίες σημάτων και να εκτελέσει μαθηματικές πράξεις αυτόματα. Η εικόνα 22 δείχνει πώς λειτουργεί η μέτρηση. Η δοκιμή του δέκτη ή η ανάλυση δειγμάτων στην έξοδο του πομπού για να καταγράψει την τροχιά πραγματικής φάσης. Στη συνέχεια αποδιαμορφώνεται και γίνονται μαθηματικές πράξεις όπου προέρχεται η ιδανική τροχιά φάσης. Αφαίρεση από τα άλλα αποτελέσματα σε ένα μήνυμα σφάλματος. Η μέση κλίση του σήματος αυτού (φάση/χρόνος) δίνει τη συχνότητα σφαλμάτων. Η διακύμανση του σήματος αυτού ορίζεται ως φάση σφάλματος και εκφράζεται με όρους μέσης τετραγωνικής ρίζας (rms) και της κορυφής.



Εικόνα 22 : Theory of phase error and mean frequency error: GMSK

### 4.2.3. Θεωρία με εικόνες: 8-PSK



Εικόνα 23 : Theory of EVM, origin offset and frequency offset (8-PSK)

Οι μετρήσεις σφάλματος διανυσματικού μεγέθους προέρχονται χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που είναι παρόμοια με εκείνη των μετρήσεων της φάσης και συχνότητας σφαλμάτων. Η εικόνα 23 δείχνει πώς λειτουργεί η μέτρηση. Η δοκιμή του δέκτη ή του αναλυτή δείγματοληπτεί την έξοδο του πομπού και καταγράφει την πραγματική διανυσματική τροχιά (πληροφορίες τόσο για το μέγεθος όσο και για τη φάση του σήματος). Αυτό είναι στη συνέχεια αποδιαμορφωμένο και η ιδανική τροχιά φορέα προέρχεται. Αφαίρεση από τα άλλα αποτελέσματα σε ένα μήνυμα σφάλματος. Στη συνέχεια, οι απαιτούμενες στατιστικές τιμές υπολογίζονται από το σήμα. Το σύστημα EVM εκφράζεται ως ποσοστό του ονομαστικού σήματος διανυσματικού μεγέθους και το RMS αιχμής και απαιτούνται 95 % ποσοστά τιμών. Ορίζεται ως η ποσοστιαία τιμή στο 95% των δειγμάτων που το σύστημα EVM είναι κάτω από το 95 της εκατό και είναι, συνεπώς, πάντα μεγαλύτερη από την τιμή R.M.S. και μικρότερη από το μέγιστο.

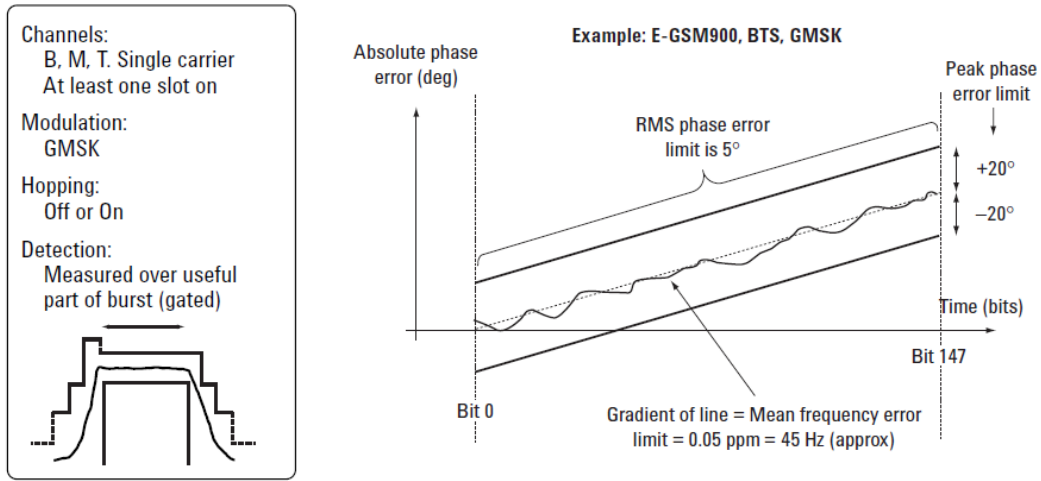
Η προέλευσης μετατόπισης παράγεται επίσης ως τμήμα της μέτρησης της ακρίβειας διαμόρφωσης. Αυτό είναι ένα μέτρο της μετατόπισης DC στις πορείες I και του Q της συσκευής αποστολής σημάτων και εκφράζεται σε DB (ως αναλογία του ονομαστικού διανυσματικού μεγέθους σημάτων). Το λάθος συχνότητας προέρχεται επίσης από αυτήν την μέτρηση.

#### 4.2.4. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών: GMSK

Οι προδιαγραφές του ETSI 3GPP καθορίζουν τα όρια δοκιμής για τους σταθμούς βάσεων κινητής τηλεφωνίας. Οι μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας πρέπει να εκτελεστούν πέρα από τις



πολλαπλάσιες διαχύσεις σήματος και στα πολλαπλάσια κανάλια. Η πραγματική απόδοση συσκευών αποστολής σημάτων ποικίλει με τη συχνότητα.

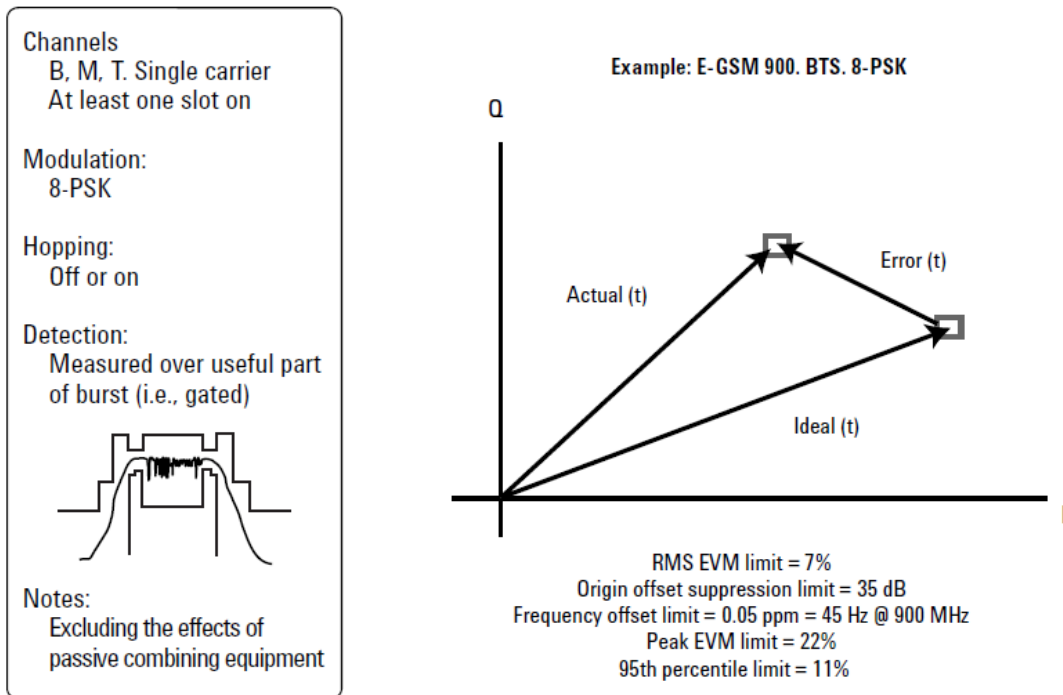


Εικόνα 24 : Phase error and mean frequency error, BTS, limits

Αξίζει να σημειωθεί ότι το όριο για το λάθος συχνότητας το όριο στο κατώφλι με την αποτυχία εκφράζεται από την άποψη του PPM (μέρη ανά εκατομμύριο) και ισχύει σε όλες τις ζώνες συχνότητας. Τα όρια λάθους φάσης είναι επίσης κοινά σε όλες τις ζώνες.

#### 4.2.5. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών: 8-PSK

##### Graphical view of limits and specifications: 8-PSK

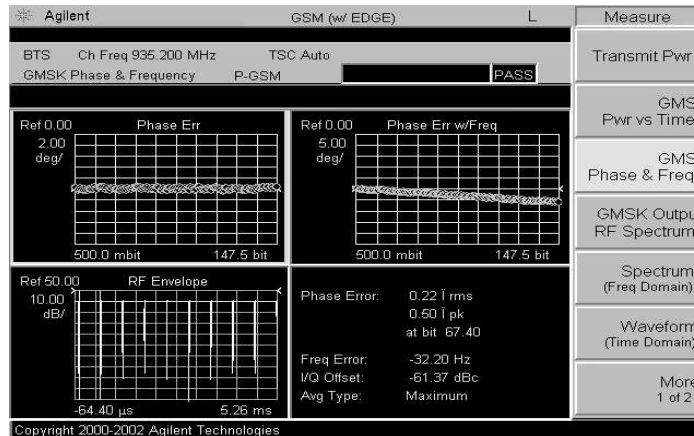


Εικόνα 25 : EVM, origin offset and frequency offset, BTS, limits



Όπως με τις μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας (GMSK), οι μετρήσεις EVM, η προέλευση μετατόπισης και η μετατόπιση συχνότητας (8-PSK) πρέπει να εκτελεστούν πέρα από τις πολλαπλάσιες διαχύσεις συχνότητας και στα πολλαπλά κανάλια. Όλο το σχετικό πέρασμα/αποτυχίας όρια είναι κοινά σε όλες τις ζώνες.

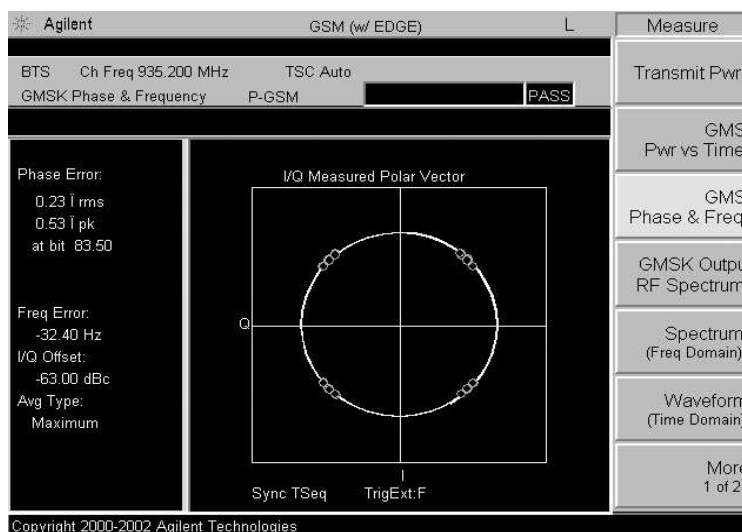
#### 4.2.6. Πρακτικές μετρήσεις: GMSK



Εικόνα 26 : Quad display of the Agilent E4440A PSA series spectrum analyzer showing GMSK modulation metrics graphics of phase error with and without frequency error

Όπως αναφέρεται, ο σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής εκτελεί την απαραίτητη επεξεργασία σήματος αυτόματα, που καθιστά αυτές τις μετρήσεις απλές και γρήγορες. Είναι επίσης χρήσιμο να αντιμετωπισθεί το λάθος φάσης σε σχέση με το χρόνο-ειδικά σε R& D και κατά την εύρεση ελαττωμάτων. Παραδείγματος χάριν, μια φάση και μια δοκιμή λάθους συχνότητας μπορεί να αποτύχουν σε ορισμένα όρια μόνο σε ένα σημείο κατά την διάχυση συχνότητας - στην αρχή. Αυτό θα μπορούσε να δείξει ένα πρόβλημα με την ράμπα ισχύς ή κάποια ανεπιθύμητη αλληλεπίδραση μεταξύ του διαμορφωτή και του ενισχυτή δύναμης.

Τα διαγράμματα αστερισμού μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να παρατηρήσουν μερικές πτυχές της ακρίβειας διαμόρφωσης και μπορούν να αποκαλύψουν ορισμένους μηχανισμούς ελαττωμάτων όπως η δυσαναλογία εύρους I/Q ή η δυσαναλογία τετραγωνισμού.

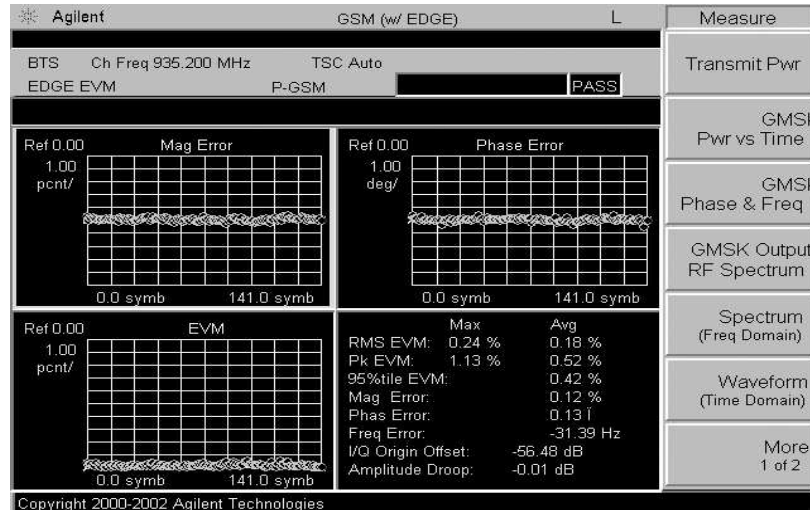


Εικόνα 27 : Διάγραμμα αστερισμού στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει διαμόρφωση GMSK



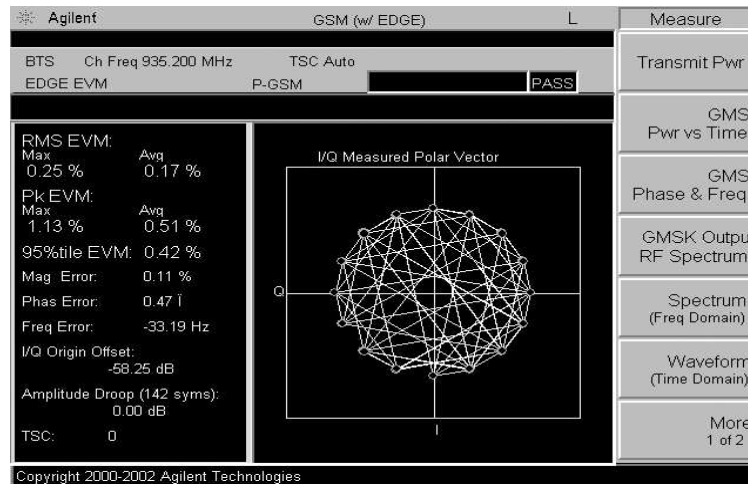
### 4.2.7. Πρακτικές μετρήσεις: 8-PSK

Ο σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής εκθέτει όλες τις απαραίτητες παραμέτρους για να εξετάσει την ακρίβεια διαμόρφωσης στα σήματα 8-PSK και παρέχει μερικές φορές τις διαφορές απόψεις και τις πρόσθετες παραμέτρους για να βοηθήσει την ανίχνευση μηχανικών βλαβών. Μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να χωριστούν τα λάθη φάσης και μεγέθους (και οι δύο φέρουσες στο γενικό EVM). Παραδείγματος χάριν, ένα φτωχό EVM λόγω της φτωχής ακρίβειας μεγέθους καταδεικνύει ένα πρόβλημα συμπίεσης (κάτι που είναι επίσης δυνατό να εξεταστεί κατά την παραγωγή των μετρήσεων δύναμης).



Εικόνα 28 : Επίδειξη τετραγώνων της συσκευής ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει τις μετρικές διαμόρφωσης AKPΩΝ και χωριστό λάθος μεγέθους και φάσης

Πάρτε τη πρόσθετη προσοχή κατά το χρησιμοποίηση των διαγραμμάτων αστερισμού στο EDGE. Λόγω της μεθόδου φιλτραρίσματος που χρησιμοποιείται στο EDGE, το σήμα έχει έμφυτη παρεμβολή εντός σήματος. Αυτό σημαίνει ότι το σήμα (το οποίο δεν το σκοπεύει) δεν καλύπτει τους στόχους του 8-PSK. Είναι δύσκολο να ληφθούν οι πληροφορίες από μια σειρά I/Q σχημάτων από ένα σήμα EDGE και είναι πλέον συνήθης τακτική να σχεδιάσουν και να δουν ένα σήμα EDGE σε ένα ιδεατό I/Q όπου τα διανύσματα λάθους σε σχέση με την απόφαση συμβόλου σχεδιάζονται με τους παραδοσιακούς στόχους του 16-PSK (υπάρχουν 16 παρά οκτώ λόγω της περιστροφής 3PI/8 στη διαμόρφωση EDGE). Αυτό είναι ένας χρήσιμος τρόπος για να παρατηρήσουμε αυτό το σήμα. Προβλήματα όπως ο υπερβολικός θόρυβος ή τα παρεμβαίνοντας κεντρίσματα σημάτων μπορούν να παρατηρηθούν με αυτήν την μέθοδο. Λόγω της περιστροφής 3PI/8 στο EDGE, το χρησιμοποιούμενο φίλτρο, καθώς επίσης και με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο χάραξης, δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί η εγγύτητα του σήματος στα κατώτατα όρια απόφασης συμβόλων τόσο εύκολα όσο με άλλα σχέδια διαμόρφωσης.



Εικόνα 29 : Διάγραμμα αστερισμού στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA που παρουσιάζει διαμόρφωση edge/8-PSK

#### 4.2.8. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση

Μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας (GMSK) και EVM, μετατόπιση προέλευσης και οι μετρήσεις μετατόπισης συχνότητας (8-PSK) μπορούν να δείξουν μεγάλο φάσμα των τύπων ελαττωμάτων. Είναι επίσης η θεμελιώδης μέθοδος για τις διαδικασίες βαθμολόγησης I/Q, εάν χρησιμοποιούνται, αν εργάζονται. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά σε κάθε στάδιο στον κύκλο της ζωής του BTS. Ο σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής μπορεί να κάνει αυτές τις μετρήσεις γρήγορα και με ακρίβεια. (Χαρακτηριστικά, ο εξοπλισμός δοκιμής πρέπει να είναι 10 φορές ακριβέστερος από το όριο προδιαγραφών έτσι τα αποτελέσματα μέτρησης μπορούν να αποδοθούν στη συσκευή στο πλαίσιο της δοκιμής και όχι του συστήματος δοκιμής.)

### 4.3 Mean transmitted RF carrier power

#### 4.3.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Η παραγόμενη ισχύς είναι ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό συσκευών αποστολής σημάτων και συνδέεται άμεσα με το φάσμα. Τα GSM/EDGE συστήματα χρησιμοποιούν το δυναμικό έλεγχο ισχύος που εξασφαλίζει ότι κάθε σύνδεση διατηρείται αρκετά με ένα ελάχιστο ποσοστό της ισχύος. Αυτό δίνει δύο θεμελιώδη οφέλη: η γενική παρεμβολή συστημάτων τηρείται σε ένα ελάχιστο και, στην περίπτωση των σταθμών κινητής τηλεφωνίας, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας μεγιστοποιείται. Επομένως, η ισχύς παραγωγής ελέγχεται μέσα σε σφιχτά όρια. Εάν ένας πομπός παράγει επίσης λίγη ισχύ, η απόδοση των συνδέσεων συμβιβάζεται πάρα πολύ με αποτέλεσμα και η παρεμβολή σε άλλα, να είναι πάρα πολύ υψηλή και η διάρκεια ζωής μπαταρίας πάρα πολύ σύντομη.

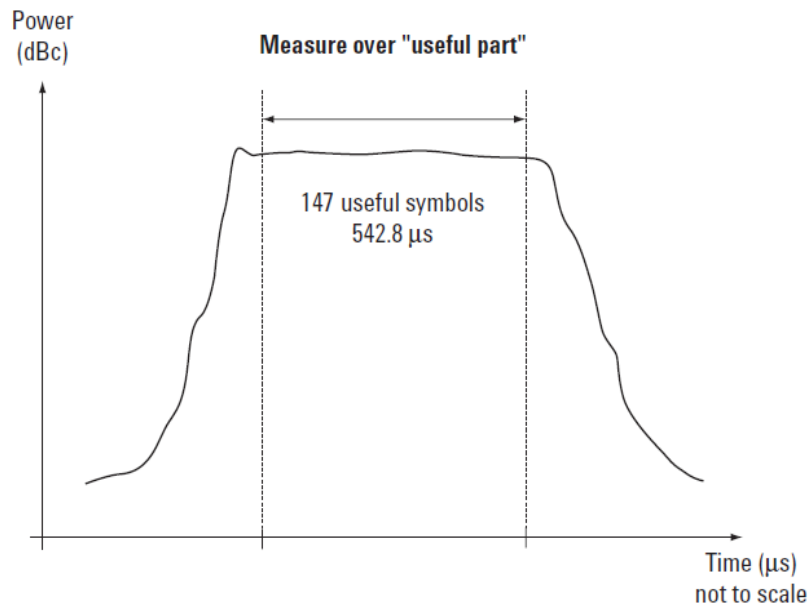
Οι κοινές πρακτικές εφαρμογές πομπών απαιτούν τη βαθμολόγηση ισχύος παραγωγής στην κατασκευή, για να ανταποκριθούν στις προδιαγραφές του GSM/EDGE (αυτό επιτρέπει χαμηλό κόστους στα συστατικά που χρησιμοποιούνται). Αυτή η διαδικασία βαθμολόγησης περιλαμβάνει την κατασκευή ενός πίνακα των παραγόντων βαθμολόγησης για τα βήματα και τη συχνότητα ισχύος. Η βαθμολόγηση ισχύος διορθώνει τα αποτελέσματα της συστατικής παραλλαγής.

Οι μετρήσεις ισχύος έξω από τις προδιαγραφές δείχνουν ένα ελάττωμα, συνήθως στα στοιχεία κυκλώματος ενισχυτών ισχύος ή στους πίνακες βαθμολόγησης. Μπορούν επίσης να παρέχουν την πρόωρη ένδειξη ενός ελαττώματος κατά την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.





### 4.3.2. Θεωρία με φωτογραφίες.



Εικόνα 30 : Θεωρία διαβιβασθείσας της μέσης όρος δύναμης μεταφορέων RF

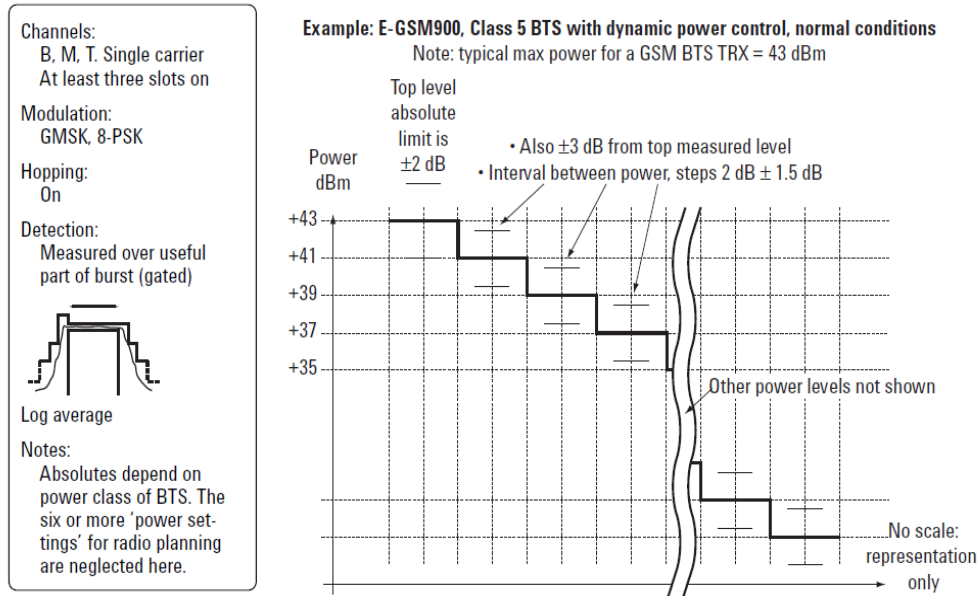
Εννοιολογικά, η μέση μέτρηση δύναμης σε GSM/EDGE είναι απλή. Ορίζεται ως η μέση δύναμη κατά τη διάρκεια του χρήσιμου μέρους του GSM έκρηξη. Οι προδιαγραφές ETSI 3GPP καθορίζουν αυτής στον εξοπλισμό δοκιμής νομιμοποίησης (τουλάχιστον) πρέπει να είναι ικανές τη σωστή αναφορά συγχρονισμού με την αποδιαμόρφωση του εισερχόμενου σήματος, και gating πέρα από το χρήσιμο μέρος μόνο.

Οι περισσότεροι σταθμοί πομποδεκτών βάσεων εφαρμόζουν το δυναμικό έλεγχο δύναμης. Αυτό το καθιστά απαραίτητο να κάνει τις πολλαπλάσιες μετρήσεις ισχύος σε διάφορα επίπεδα ισχύος και διάφορες συχνότητες προκειμένου να εξετάσει για την κατάλληλη λειτουργία.

### 4.3.3. Γραφική άποψη των περιορισμών και των προδιαγραφών

Οι προδιαγραφές ETSI 3GPP καθορίζουν τα όρια δύναμης και από την άποψη της απόλυτης ακρίβειας και της σχετικής ακρίβειας (μεταξύ των επιπέδων δύναμης ή `steps'). Τα παραδείγματα που δίνονται στο σχήμα 12 είναι για τις συσκευές αποστολής σημάτων ενός συγκεκριμένων τύπου και μιας κατηγορίας. Τα απόλυτα όρια εξαρτώνται από τον τύπο και την κατηγορία της συσκευής υπό δοκιμή.





Εικόνα 31 : Σημάνετε τη διαβιβασθείσα δύναμη μεταφορέων RF, BTS, όρια

#### 4.3.4. Πρακτικές μετρήσεις

Στην πράξη, πολλοί τύποι εξοπλισμού δοκιμής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις τροφοδοσίας σε συστήματα GSM/EDGE. Ακρίβεια, γραμμικότητα και επαναληψιμότητα είναι το κλειδί εδώ και οι επιδόσεις που απαιτούνται σε επίπεδο εξοπλισμού δοκιμής εξαρτώνται από την εφαρμογή.

Είναι δυνατό να γίνουν οι μετρήσεις ισχύος στα σήματα GSM/EDGE με το να ενεργοποιήσουν την αυξανόμενη άκρη μιας έκρηξης (ή ενός εξωτερικού σήματος ρολογιού εάν κάποιο είναι διαθέσιμο) αντί του ορισμένου συμβόλου 13/συμβόλου 14 μετάβασης. Αυτή η μέθοδος θα οδηγήσει στα ελαφρώς αυξανόμενα επίπεδα αβεβαιότητας και η πρόσθετη προσοχή πρέπει να ληφθεί κατά τη μέτρηση του καταιγισμού 8-PSK. Οι αλλαγές εύρους εκφύουν στη διαμόρφωση 8-PSK και μπορούν να προκαλέσουν ψευδή ενεργοποίηση και λανθασμένα αποτελέσματα.

Είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθεί είτε ένας μέγιστος είτε θερμικός αισθητήρας δύναμης με έναν συμβατικό μετρητή. Και οι δύο τύποι αισθητήρων πρέπει να χρησιμοποιηθούν με προσοχή. Οι αισθητήρες αιχμής δύναμης συλλαμβάνουν υπερανυψώσεις κορυφής στην ράμπα της έκρηξης επάνω και δίνουν ανακριβείς αναγνώσεις. Οι θερμικοί αισθητήρες θα δώσουν τα αποτελέσματα που επηρεάζονται κατά ένα μεγάλο μέρος από τις διαφορές μορφές καταιγισμού από τον ένα πομπό στον στην επόμενο. Κάποιος σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής, κατάλληλος για GSM/EDGE R& D, η κατασκευή και η εγκατάσταση και η συντήρηση μπορούν να κάνουν αυτήν την μέτρηση όπως καθορίζεται στις προδιαγραφές ETSI 3GPP στην αποδιαμόρφωση και περίφραξη.

Σημείωση: οι μετρήσεις δύναμης είναι εξαιρετικά τρωτές στον κακό συνδυασμό. Εάν η συσκευή παραγωγής αποστολής σημάτων, για να εξετάσει την εισαγωγή εξοπλισμού, δεν αντιστοιχεί κατάλληλα, και κάποια ενέργεια απεικονίζεται πίσω στη συσκευή αποστολής σημάτων, ο εξοπλισμός δοκιμής θα δώσει μια χαμηλής ισχύος ανάγνωση.

#### 4.3.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Οι μετρήσεις ισχύος εκτελούνται κανονικά σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του BTS. Οι απαιτήσεις ακρίβειας, γραμμικότητας και επανάληψης είναι χαρακτηριστικά πιο αυστηρές σε R&D από,τι στην εγκατάσταση και τη συντήρηση.



Στην κατασκευή, όπου η βαθμολόγηση δύναμης απαιτείται, η ταχύτητα μέτρησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Για να βαθμολογήσει πλήρως και να χαρακτηριστεί, παραδείγματος χάριν, ένας πομποδέκτης GSM/EDGE BTS στην κατασκευή ίσως απαιτήσει εκατοντάδες μετρήσεις.

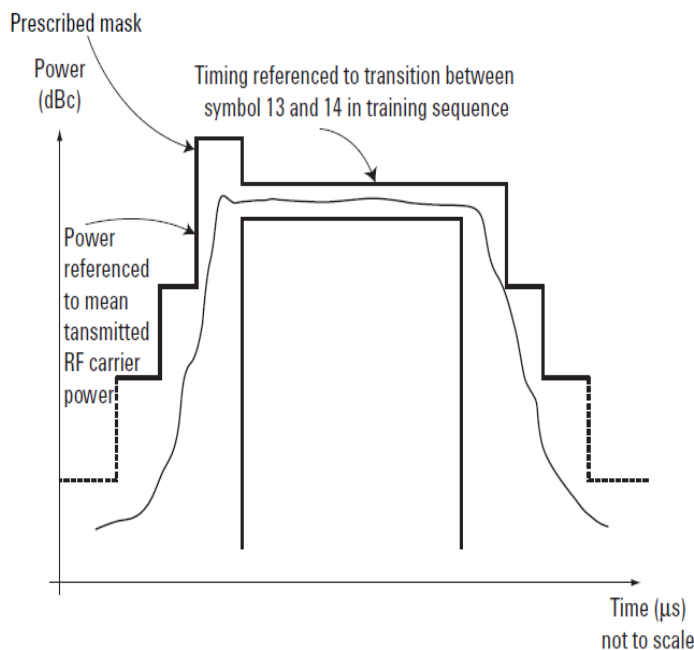
#### 4.4 Transmitted RF carrier power versus time

##### 4.4.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Η μέτρηση αυτή αξιολογεί το φάκελο της ισχύος μεταφοράς στον τομέα του χρόνου έναντι μιας καθορισμένης μάσκας. Σε συστήματα GSM/EDGE οι πομποί πρέπει να αυξήσουν την ισχύ επάνω και κάτω στη διαίρεση χρόνο πολλαπλής πρόσβασης (TDMA) δομή για την αποφυγή παρεμβολών παρακείμενων χρησιμοποιούμενων υποδοχών χρόνου. Εάν οι πομποί ενεργοποιηθούν πολύ αργά, ενδέχεται να χαθούν δεδομένα στην αρχή του καταγισμού, υποβάθμιση της ποιότητας σύνδεσης και εάν έχουν απενεργοποιηθεί πολύ αργά, ο χρήστης στην επόμενη χρησιμοποιούμενη υποδοχή χρόνου στο πλαίσιο TDMA θα αντιμετωπίσετε παρεμβολές. Η μέτρηση αυτή ελέγχει επίσης, ότι η απενεργοποίηση των πομπών είναι πλήρης.

Εάν μια συσκευή αποστολής σημάτων αποτυγχάνει τη μέτρηση «εκπεμπόμενη ισχύς μεταφοράς RF συναρτήσει του χρόνου», αυτό δείχνει συνήθως ένα πρόβλημα με τον ενισχυτή παραγωγής της μονάδας ή τον ισοσταθμισμένο βρόχο. Αυτή η μέτρηση δεν εξετάζει να δει εάν η δύναμη κεκλιμένων ραμπών των πομπών λειτουργεί πάρα πολύ γρήγορα, που έχει ως αποτέλεσμα την εξάπλωση της ενέργειας σε όλο το φάσμα και προκαλώντας παρεμβολές. Η μέτρηση «spectrum due to switching» μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει αυτήν την επίδραση.

##### 4.4.2. Θεωρία με φωτογραφίες.

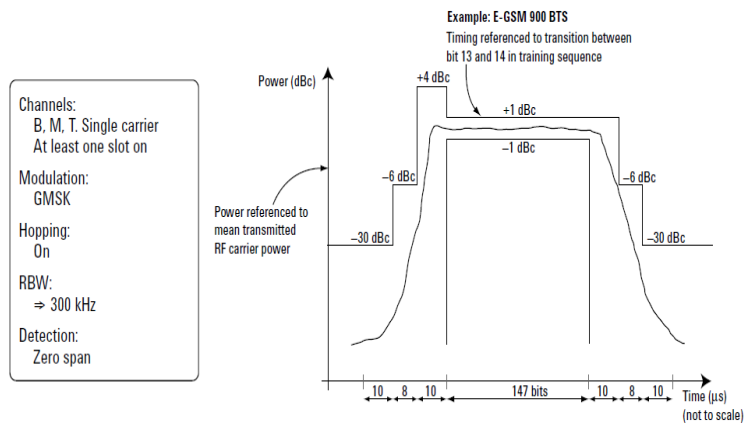


Εικόνα 32 : Θεωρία της διαβιβασθείσας δύναμης μεταφορέων RF εναντίον του χρόνου



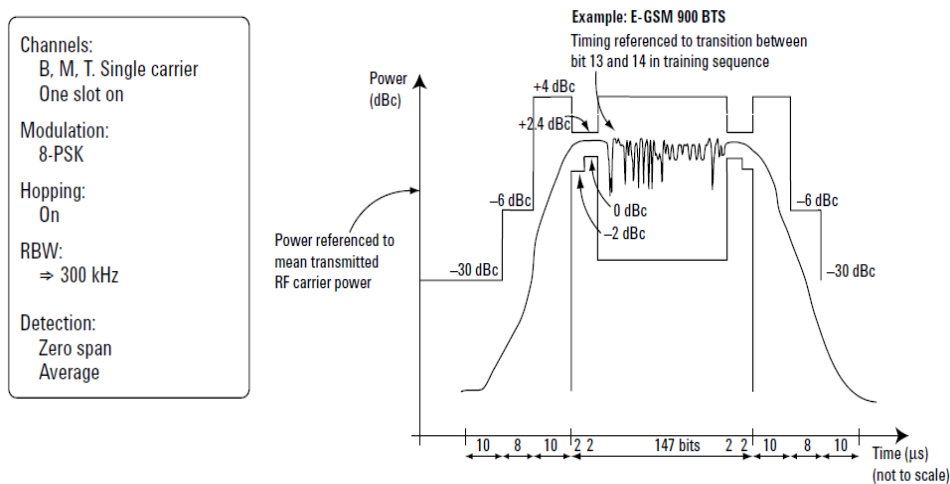
Η μέτρηση εκπεμπόμενη ισχύς μεταφορέα RF συναρτήσει του χρόνου γίνεται με τη χρήση ενός αναλυτή σε κατάσταση μηδενικής διάρκειας λειτουργίας. Η μάσκα επιτυχίας / αποτυχίας τοποθετείται πάνω από τη μετρούμενη καμπύλη και αναφέρεται με δύο τρόπους. Οριζόντια (άξονα του χρόνου), η μέτρηση αναφέρεται από τη μετάβαση από τα σύμβολα 13 και 14 της ακολουθίας εκπαίδευσης. Ως εκ τούτου, όπως με τη μέση εκπεμπόμενη ισχύ μεταφορέα RF, είναι απαραίτητο για τον εξοπλισμό δοκιμών να αποδιαμορφωθεί ώστε να κάνει τη μέτρηση αυτή σωστά. Κάθετα (ισχύς άξονα), η μέτρηση αναφέρεται κατά τη μέτρηση της μέσης εκπεμπόμενη ισχύς RF μεταφορέα.

### 4.4.3. Γραφική άποψη των περιορισμών και των προδιαγραφών



Εικόνα 33. GMSK transmitted RF carrier power versus time, BTS, limits, GMSK

Όπως φαίνεται στο σχήμα 14, οι γραμμές ορίου για BTS εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, η πιο θεμελιώδης μέγεθος είναι το υπάρχον επίπεδο ισχύος του πομπού. Οι απόλυτες οριακές τιμές εξαρτώνται επίσης από αυτή τη ζώνη..



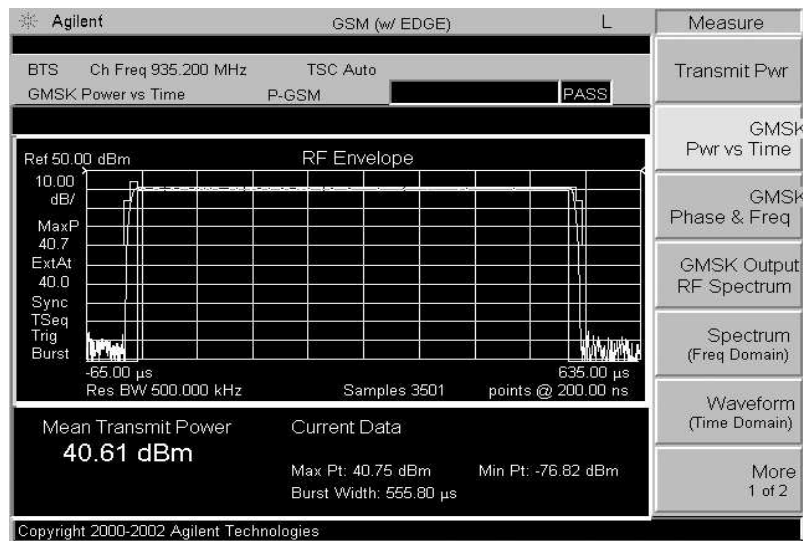
Εικόνα 34. Η διαβιβασθείσα δύναμη μεταφορέων RF εναντίον του χρόνου, BTS, περιορίζει: 8-PSK



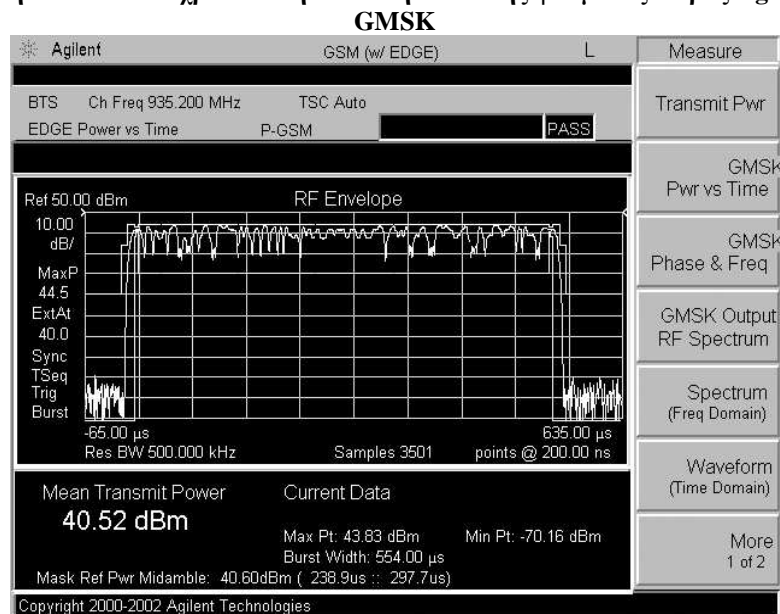
#### 4.4.4. Πρακτικές μετρήσεις.

Στην πράξη, οι περισσότερες αστοχίες ισχύος ως συνάρτηση του χρόνου προκύπτουν είτε προς την κορυφή της ανοδικής άκρης ή της πτωτικής άκρης. Ωστόσο, είναι επίσης σημαντικό στις περισσότερες περιπτώσεις στον κύκλο ζωής BTS για να εξασφαλιστεί ότι η αναλογία ενεργοποίησης / απενεργοποίησης είναι επαρκής. Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται ο αναλυτής ο οποίος πρέπει να έχει επαρκή δυναμική περιοχή

Για τους σκοπούς της προσαρμογής, είναι εξαιρετικά χρήσιμη να δούμε την ισχύ ως προς τον χρόνο, σε πραγματικό χρόνο κατά την προβλεπόμενη μάσκα επειδή πολλοί πομποί του GSM έχουν πολυσταδιακή ενεργοποίησης / απενεργοποίησης κυκλώματα που απαιτούν βαθμονόμηση.



Εικόνα 35. Δύναμη εναντίον του χρόνου στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA.



Σχήμα 17. Δύναμη εναντίον του χρόνου στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA. 8-PSK



#### 4.4.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Από την έρευνα και ανάπτυξη μέχρι την εγκατάσταση, τη συντήρηση, και την υπηρεσία, η ισχύς σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιείται στις μετρήσεις παγκοσμίως στις εφαρμογές GSM/EDGE για να ελέγξει την καλή λειτουργία των πομπών.

### 4.5 *Adjacent channel power*

#### 4.5.1. Εισαγωγή

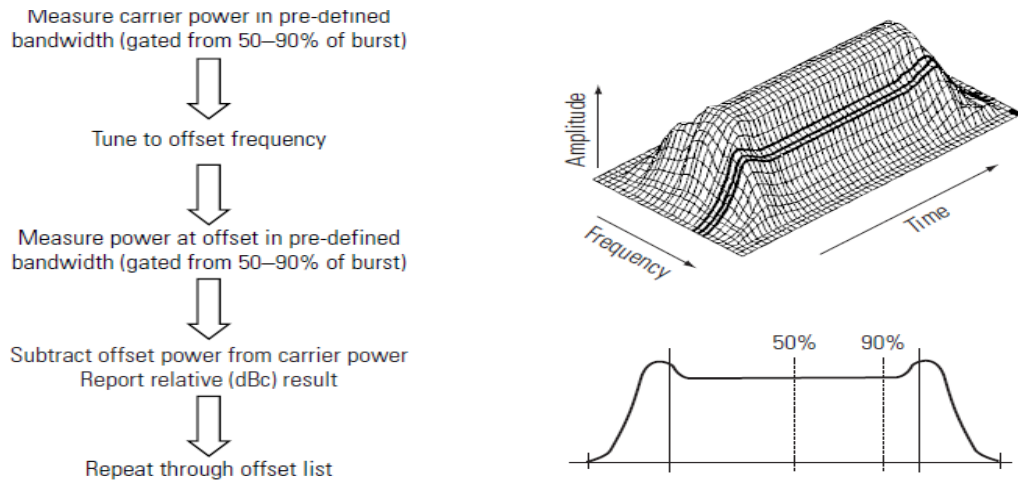
Η παρακείμενη ισχύ καναλιών στο GSM/EDGE καθορίζεται από το 3GPP ως δύο μετρήσεις: φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου, και φάσμα λόγω της μετατροπής

#### 4.5.2. Spectrum due to modulation and wideband noise

##### 4.5.2.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Αυτή η μέτρηση και η επόμενη «φάσμα λόγω της μετατροπής,» συγκεντρώνονται συχνά και αποκαλούνται «φάσμα παραγωγής RF» (ORFS). Η διαδικασία διαμόρφωσης σε ένα πομπό προκαλεί το συνεχές κύμα (CW) μεταφορέα που διαδίδεται φασματικά. Το φάσμα λόγω μέτρησης διαμόρφωσης και ευρείας ζώνης θορύβου» χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι η διαδικασία διαμόρφωσης δεν προκαλεί υπερβολικό φασματική διάδοση. Εάν γινόταν αυτό, άλλοι χρήστες που χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες θα είχαν παρεμβολές. Η μέτρηση του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου μπορεί να θεωρηθεί ως παρακείμενη μέτρηση ισχύος καναλιών (AKE) αν και διάφορα παρακείμενα κανάλια εξετάζονται. Αυτή η μέτρηση, μαζί με τη μέτρηση λάθους φάσης, μπορεί να αποκαλύψει πολυάριθμα ελαττώματα στην αλυσίδα μετάδοσης, παραδείγματος χάριν, σφάλματα στη γεννήτρια, τα φίλτρα και το διαμορφωτή ζωνών βάσης I/Q. Όπως καθορίζεται, η μέτρηση ελέγχει επίσης για τον ευρείας ζώνης θόρυβο από τον πομπό. Η προδιαγραφή απαιτεί ολόκληρη την ζώνη μετάδοσης να εξεταστεί. Πάλι, εάν η συσκευή αποστολής σημάτων παραγάγει τον υπερβολικό ευρείας ζώνης θόρυβο, άλλοι χρήστες θα έχουν παρεμβολές.

##### 4.5.2.2. Θεωρία με φωτογραφίες:



Εικόνα 36. Θεωρία του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου

Η μέτρηση καθορίζεται και σχεδιάζεται ως εξής. Ο αναλυτής είναι συντονισμένος σε μια συχνότητα σημείου και έπειτα χρονικά περιορισμένη πέρα από με μέρος του διαμορφωμένου καταιγισμού. Η ισχύς μετριέται έπειτα χρησιμοποιώντας αυτόν τον τρόπο και έπειτα η συσκευή ανάλυσης είναι επανασυντονισμένη στην επόμενη συχνότητα, ή στη μετατόπιση ενδιαφέροντος. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου μετριοούνται όλες οι μετατοπίσεις και ελέγχονται σε σχέση με τα επιτρεπτά όρια. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου όλες οι μετατοπίσεις μετρηθούν και ελεγχθούν στα επιτρεπτά όρια. Τι αποτέλεσμα είναι το «φάσμα» του σήματος, εντούτοις, φασματικά συστατικά που προκύπτουν από την επίδραση του καταιγισμού δεν εμφανίζονται επειδή οι κεκλιμένες ράμπες είναι περιορισμένες έξω. Σημείωση: το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι ένα σύνολο σημείων συχνότητας/ισχύος, αυτό δεν είναι μια σαρωμένη μέτρηση (με εξαίρεση τα όφσσετ πέρα από το kHz 1800 μέσα στην περίπτωση του BTS).

Τα όρια δοκιμής εκφράζονται συνήθως σε γενικές γραμμές (dBc) έτσι το πρώτο βήμα της μέτρησης είναι να ληφθεί μια ανάγνωση στην κεντρική συχνότητα στην οποία ο πομπός είναι συντονισμένος. Επειδή αυτή η μέτρηση είναι περιορισμένη και ένα διαφορετικό εύρος ζώνης χρησιμοποιείται, αυτή η ανάγνωση δεν θα είναι η ίδια ως μέσος όρος μετάδοσης RF μέτρησης ισχύος φέροντος. Στην πράξη το τελευταίο είναι περίπου 8 DB υψηλότερα αλλά αυτό εξαρτάται από τη φασματική μορφή του σήματος.

#### 4.5.2.3. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών

Όπως με άλλες μετρήσεις, τα πραγματικά όρια εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες: κατηγορία, τύπος, σύστημα και επίπεδο ισχύος. Το σχήμα 19 δίνει τα παράδειγμα των ορίων στο EGSM900 και κανονικό BTS στη υψηλή ισχύ.





Channels:  
B, M, T, Signal carrier

Modulation:  
GMSK, 8-PSK

Hopping:  
Off

RBW:  
30 kHz and 100 kHz

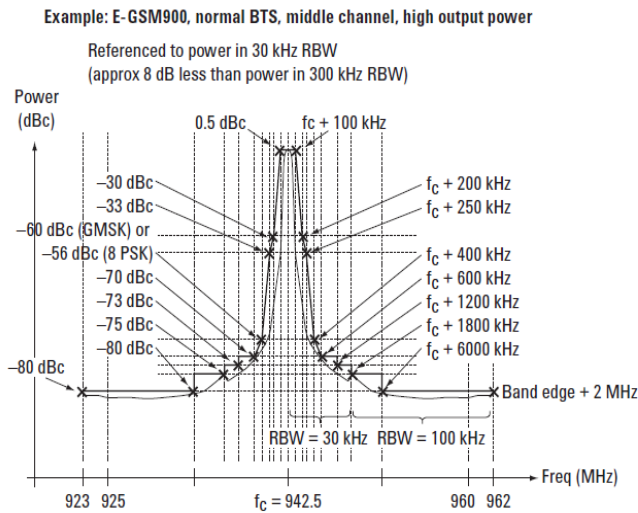
VBW:  
=RBW

Detection:  
Gated over 50%–90% of burst  
Zero span ( $\leq 1800$  kHz offsets)  
Average

Filter:  
5-pole sync tuned

Notes:  
For low O/P power levels further conditions apply (limits are less demanding).

Limits are identical for GMSK and 8-PSK, except for the 400 kHz offset.



Εικόνα 37. Φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου, κανονικό BTS, όρια

#### 4.5.2.4. Πρακτικές μετρήσεις

Το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και η ευρείας ζώνης μετρήσεις θορύβου είναι και δύσκολες και χρονοβόρες εάν γίνονται ακριβώς όπως οι ETSI και Ansi προδιαγραφές απαιτούν. Είναι φυσικό να εκτελούνται κάποια υποσύνολα από την καθορισμένη σειτ μετρήσεων για ταχύτερα ή/και λιγότερα κοστοβόρα αποτελέσματα. Στις ευρείες μετατοπίσεις όπως στα 600 kHz και πάνω, αυτές οι μετρήσεις απαιτούν υψηλό δυναμικό εύρος -αυτό είναι ιστορικά ακριβό. Απαιτούν επίσης μια μεγάλη υπολογιστική ισχύ εάν πρόκειται να γίνουν γρήγορα. Σε μερικές εφαρμογές η πλήρης ακολουθία του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου οι μετρήσεις εκτελούνται μόνο σε μια βάση δειγμάτων.

Ιστορικά, τυποποιημένες συσκευές ανάλυσης φάσματος έχουν χρησιμοποιηθεί, και όταν παρέχεται ένα κατάλληλο σήμα πυλών, αυτή μέθοδος δουλεύει καλά. Εντούτοις, αυτή η χρονοβόρα τεχνική απαιτεί μια σειρά χωριστών μετρήσεων και συχνό επανασυντονισμό.

Κατ' αρχάς, με μια ευρεία δειγματοληπτική συσκευή εύρους ζώνης, είναι δυνατό να εκτελεστούν πολλές από τις γειτονικές μετρήσεις μέχρι και στα 600 kHz, χρησιμοποιώντας DSP τεχνικές-ουσιαστικά τις FFTs. Αυτό σημαίνει ότι διάφορες μετρήσεις μπορούν να εκτελεστούν στο ίδιο σύνολο δειγμάτων, το οποίο οδηγεί σε μια σημαντική βελτίωση ταχύτητας.

Μια περαιτέρω βελτίωση ταχύτητας μπορεί να επιτευχθεί με τη μέτρηση πέρα από ένα μεγαλύτερο κομμάτι της έκρηξης. Τα πρότυπα καθορίζουν ότι αυτές οι μετρήσεις πρέπει να εκτελεστούν πέρα από το 50%-90% τμήμα της έκρηξης. Εντούτοις, για την πρακτική βελτίωση ταχύτητας, είναι αρκετά λογικό να μετρηθεί το τμήμα πάνω από το 10% 90% της έκρηξης. Στο τέλος, στις ευρείς μετατοπίσεις είναι δυνατό να προ-αμβλυνθεί, ή να χαραχτεί έξω το κεντρικό μέρος του σήματος στο GSM/EDGE (στο πεδίο συχνότητας). Αυτό δίνει μια σημαντική βελτίωση της δυναμικής περιοχής





Εικόνα 38. Φάσμα λόγω της διαμόρφωσης που παρουσιάζεται στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA

#### 4.5.2.5. Πότε χρησιμοποιούμε αυτή τη μέτρηση.

Αυτή η μέτρηση είναι σημαντική επειδή καθορίζει πόσο ο πομπός θα παρεμβάλει άλλους χρήστες. Για αυτόν τον λόγο αυτή η μέτρηση χρησιμοποιείται συνήθως σε BTS R&D και κατασκευή. Συνήθως, λόγω των χρονικών περιορισμών, μόνο ένα υποσύνολο του ορισμένου καταλόγου μετατόπισης χρησιμοποιείται. Παραδείγματος χάριν, στην κατασκευή, που επιλέγεται ένας κατάλληλος κατάλογος μετατόπισης συχνότητας εξαρτάται πολύ από τη σχεδίαση του πομπού.

### 4.5.3. Spectrum due to switching

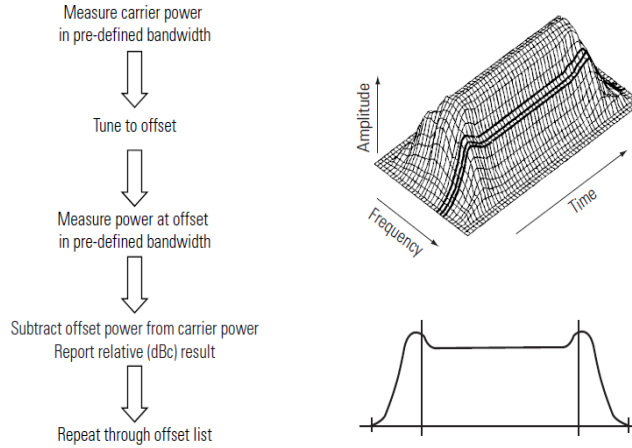
#### 4.5.3.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Στους GSM/EDGE πομπούς επιπέδου RF η ισχύ διαβιβάζεται ραγδαίως. Η "διαβιβαζόμενη ισχύς RF φέροντος έναντι χρόνου" μέτρηση χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι αυτή η διαδικασία θα συμβεί στη σωστή στιγμή και θα συμβεί αρκετά γρήγορα. Ωστόσο, εάν η ισχύς RF αυξηθεί πάρα πολύ γρήγορα, ανεπιθύμητα φασματικά στοιχεία υπάρχουν στη μετάδοση. Η μέτρηση αυτή χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι τα συστατικά αυτά είναι κάτω από το αποδεκτό επίπεδο.

Εάν η ισχύς μετάδοσης αυξάνει πάρα πολύ γρήγορα, οι χρήστες που αναπτύσσουν δραστηριότητες σε διαφορετικές συχνότητες, ειδικά εκείνοι κοντά στο κανάλι ενδιαφέροντος, θα έχουν σημαντική παρεμβολή. Οι αποτυχίες με αυτήν την μέτρηση δείχνουν συχνά τα ελαττώματα στον ενισχυτή ισχύος του πομπού ή τον ισοπεδωμένο βρόχο.

#### 4.5.3.2. Θεωρία με εικόνες.

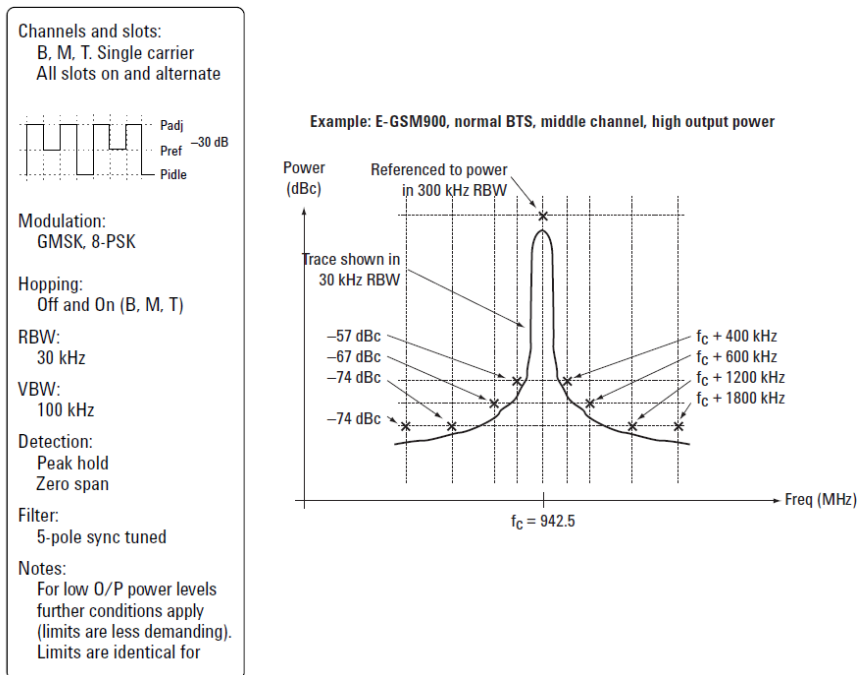
Οι μετρήσεις του φάσματος λόγω της μετατροπής εκτελούνται με παρόμοιο τρόπο στη μέτρηση του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου. Η συσκευή ανάλυσης είναι συντονισμένη και μετρά στις πολλαπλάσιες συχνότητες μετατόπισης στο zeronspan τρόπο. Σε αυτήν την περίπτωση κανένα χρονικό δρομολόγηση δεν χρησιμοποιείται, έτσι η ισχύ και από τις αυξήσεις και τις διαδικασίες διαμόρφωσης έχει επιπτώσεις στη μέτρηση. Η επίδραση των αυξήσεων υπερσχύει του φάσματος λόγω των μετρήσεων μετατροπής. Πάλι, οι προδιαγραφές είναι σχετικές, έτσι το πρώτο βήμα στη διαδικασία είναι να καθιερωθεί μια αναφορά.



Εικόνα 39.Θεωρία του φάσματος λόγω της μετατροπής

για φορά η ίδια ως «σημάνετε τη διαβιβασθείσα δύναμη μεταφορέων RF» με τον τρόπο ότι μετρίεται (εύρος ζώνης ψηφίσματος = kHz 300).

### 4.5.3.3. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών



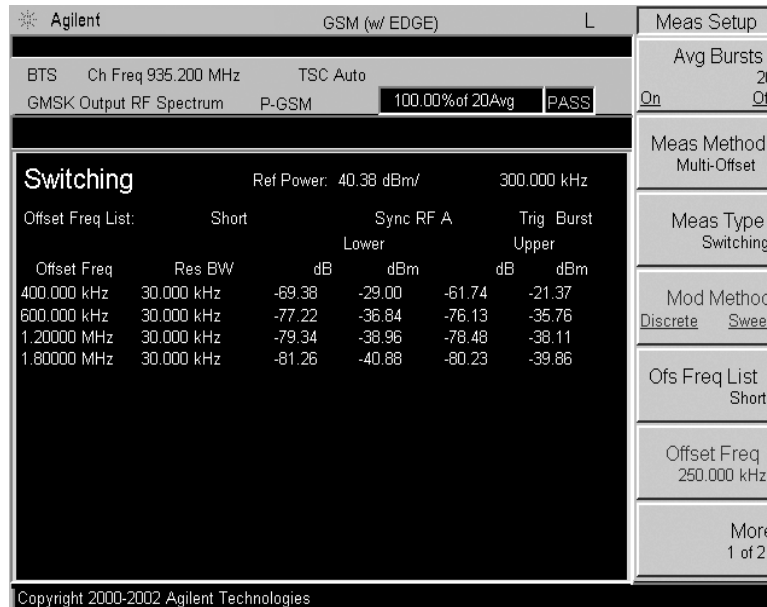
Εικόνα 40. Φάσμα λόγω της μετατροπής, BTS, όρια

Όπως με άλλες μετρήσεις τα πραγματικά όρια εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες: επίπεδο κατηγορίας, τύπων, συστημάτων και δύναμης. Η εικόνα 39 δίνει τα όρια παραδείγματος για E-GSM900 κανονικό BTS στη υψηλή ισχύ

### 4.5.3.4. Πρακτικές μετρήσεις



Το φάσμα λόγω των μετρήσεων μετατροπής είναι λιγότερο δύσκολο και λιγότερο απαιτητικό από το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και των ευρείας ζώνης μετρήσεων θορύβου. Στην πράξη, ο εξοπλισμός που μπορεί να εκτελέσει τα τελευταία μπορεί εύκολα να διαχειριστεί τα πρώτα.



Εικόνα 41. Φάσμα λόγω της μετατροπής που παρουσιάζεται στη συσκευή ανάλυσης φάσματος σειράς Agilent E4440A PSA

#### 4.5.3.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Το φάσμα λόγω των μετρήσεων μετατροπής εκτελείται συνήθως παράλληλα με το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και των ευρείας ζώνης μετρήσεων θορύβου.

### 4.6 Spurious

#### 4.6.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται.

Οι μετρήσεις πλαστών εκπομπών είναι απαραίτητες σε όλα τα συστήματα ραδιοεπικοινωνιών, και στο GSM είναι εκτενείς. Για τη σωστή λειτουργία οι πομποί GSM δεν πρέπει να βάζουν την ισχύ σε λανθασμένα μέρη του φάσματος. Εάν συμβεί αυτό, άλλοι χρήστες του συστήματος GSM μπορούν να έχουν παρεμβολές και χειρότερα ακόμα, άλλοι χρήστες του ραδιοφάσματος (παραδείγματος χάριν, αστυνομία, τηλεόραση, εμπορικό ραδιόφωνο, στρατός και ναυσιπλοΐα) θα έχουν υποβιβασμένες, ή ακόμα και μπλοκαρισμένες συνδέσεις. Σχεδόν οποιοδήποτε ελάττωμα στα κυκλώματα των πομπών μπορεί να φανερωθεί σαν πλαστό κάποιου είδους ή άλλου. Οι πλαστές μετρήσεις που θα αναλυθούν στο σημείο αυτό είναι εκείνες που ορίζονται σε αυτό ως «καθοδηγημένες» Αυτές οι προδιαγραφές ισχύουν όταν συνδέεται άμεσα η οργάνωση δοκιμής με τη συσκευή κάτω από το συνδεδητήρα κεραιών δοκιμής. Τα πρότυπα ETSI και ANSI καθόρισαν επίσης έναν μεγάλο αριθμό μετρήσεων για πλαστές ακτινοβολήσεις.

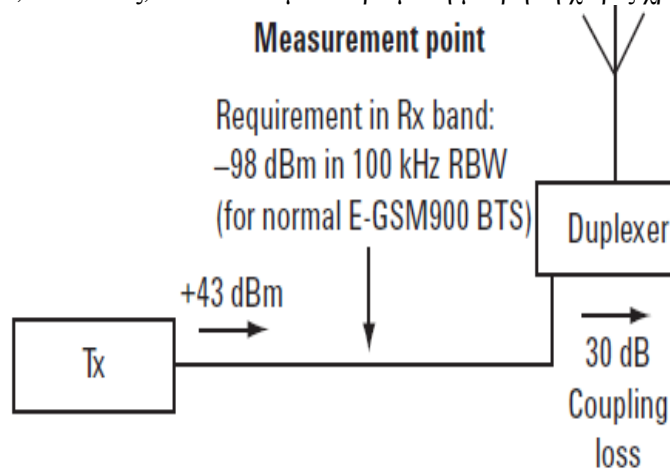
Όλες οι πλαστές μετρήσεις καθορίζονται στις προδιαγραφές ETSI 3GPP σαν οι τυποποιημένες μετρήσεις συσκευών ανάλυσης φάσματος, όπως όταν, μια μπάντα συχνοτήτων σαρώνεται (με ορισμένες τοποθετήσεις φίλτρων/ταχύτητας) και ένα σωστό/λάθος όριο εφαρμόζεται



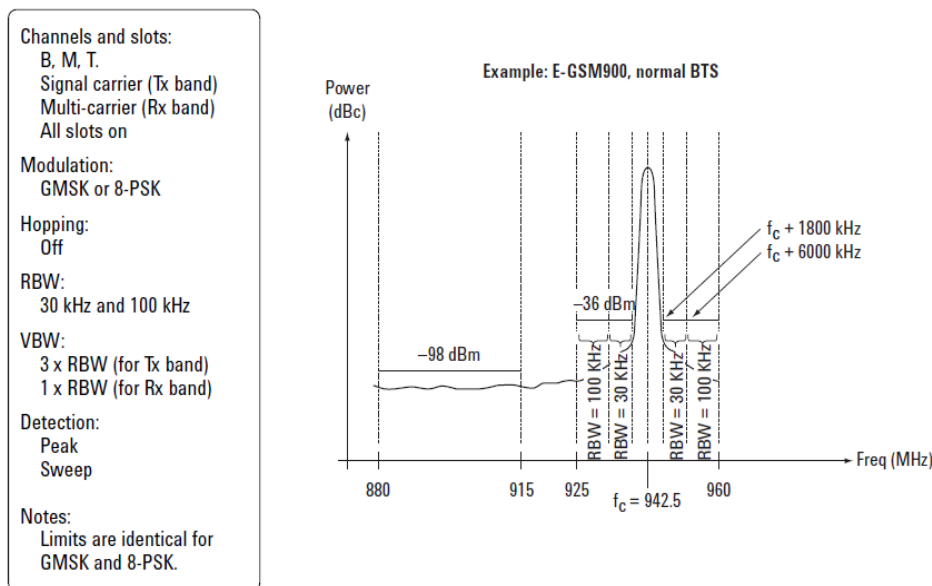
## 4.6.2. Transmitter (Tx) band spurious

### 4.6.2.1 Θεωρία με εικόνες

Η πλαστή ζώνη Tx είναι μια μέτρηση καθορισμένη που ελέγχει ότι ο πομπός δεν βάζει την ανεπιθύμητη ενέργεια στα λανθασμένα μέρη της ζώνης Tx (925-960 MHz για το ε-GSM). Αυτή η μέτρηση αποκαλύπτει λίγα περισσότερο από τη μετατροπή λόγω της διαμόρφωσης και η ευρείας ζώνης μέτρηση θορύβου, εντούτοις, αυτό είναι μια σαρωμένη μέτρηση χωρίς χρονικό gating.



Graphical view of limits and specifications



Εικόνα 42. Tx και ζώνη Rx πλαστά, BTS, όρια

### 4.6.2.2 Πρακτικές μετρήσεις

Μέχρι σήμερα, καμία συσκευή ανάλυσης δεν έχει την ικανοποιητική δυναμική περιοχή για να μετρήσει την πλαστή ζώνη Rx στις προδιαγραφές ETSI 3GPP άμεσα. Συνήθως ένα διαπερατό φίλτρο μπάντας Rx χρησιμοποιείται μπροστά από την εισαγωγή συσκευών ανάλυσης για να μειώσει το σήμα ζωνών Tx. Όπως με όλες τις πλαστές μετρήσεις είναι δυνατό να επιταχυνθεί η διαδικασία για BTS



παρασκευή ,από απλά να ελέγξει που επιλέγεται τα μέρη υψηλού ρίσκου της ζώνης. Με άλλα λόγια, μέσω της ανάλυσης σχεδίου και του πειραματισμού είναι δυνατό να καθορίσει σε ποιες συχνότητες η συσκευή αποστολής σημάτων είναι πλέον πιθανή να αποτύχει. Ελέγχουμε μόνο σε αυτές τις συχνότητες για να ελαχιστοποιήσουμε το χρόνο δοκιμής.

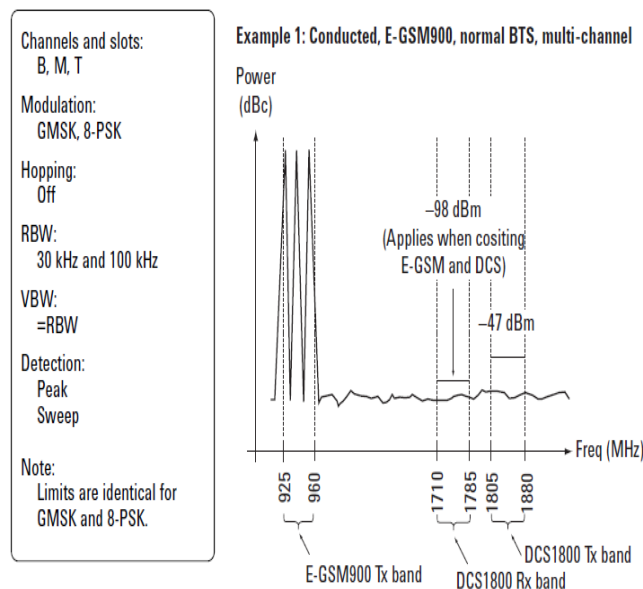
#### 4.6.2.3 Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Η εφαρμογή των πλαστών μετρήσεων ζωνών Tx πρέπει να εξεταστεί παράλληλα με την εφαρμογή του φάσματος λόγω της διαμόρφωσης και των ευρείας ζώνης μετρήσεων θορύβου επειδή υπάρχει κάποιος πλεονασμός εδώ. Είναι λογικό, στην παρασκευή παραδείγματος χάριν, για να εκτελεστεί το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και της ευρείας ζώνης μέτρησης θορύβου μόνο πάνω από ,και συμπεριλαμβανομένου της αντιστάθμισης των 1800 kHz ( $\pm$ ) και να εφαρμοστεί έπειτα η πλαστή μέτρηση ζωνών Tx, εάν είναι απαραίτητο, για να ελεγχθεί το υπόλοιπο της ζώνης Tx. Όπως με το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου, τα Tx και Rx οι πλαστές μετρήσεις μάντας συχνοτήτων δεν χρειάζονται να εκτελεστούν περιεκτικά έξω από R& D, στην επαλήθευση και τη νομιμοποίηση. Ένα περιορισμένο υποσύνολο αυτών των μετρήσεων μπορεί να παραχθεί και να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή και την υπηρεσία τομέων για λόγους δαπανών και χρόνου.

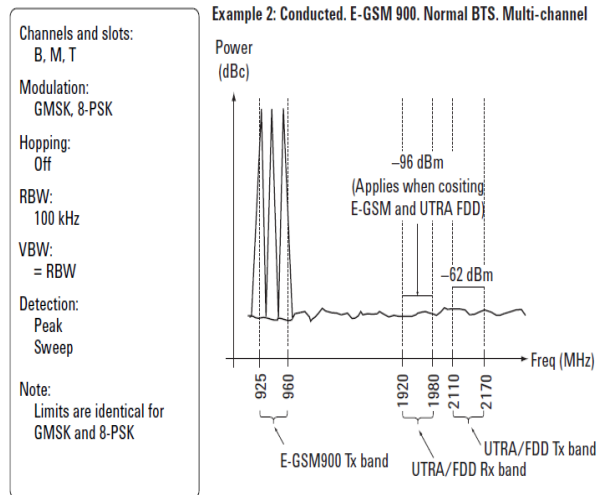
#### 4.6.2.4 Διαγώνιος-ταινία πλαστή (παραδείγματος χάριν, GSM900 σε DCS1800)

Σε μερικές χώρες τα συστήματα GSM900 και DCS1800 υπάρχουν μαζί και σε μερικές περιπτώσεις οι σταθμοί βάσης και για τα δύο συστήματα εγκαθίστανται μαζί. Για αυτόν τον λόγο τα πρότυπα ETSI 3GPP απαιτούν τη συγκεκριμένη απόδοση διαγώνιας μάντας. Παραδείγματος χάριν, οι πομποί στα GSM900 πρέπει να βάλουν ένα ελάχιστο της ενέργειας στις ζώνες Tx και Rx μέσα στο DCS1800 και αντίστροφα. Επίσης, στις χώρες όπου το GSM απαιτείται για να συνυπάρξει με 3G, ισχύουν πρόσθετοι όροι.

#### 4.6.2.5 Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών



Εικόνα 43. Διαγώνιος-ταινία πλαστή, GSM900 στις ζώνες του DCS, BTS, όρια



Εικόνα 44. Διαγώνια ζώνη πλαστή. GSM900 3G στις ζώνες, BTS, όρια

#### 4.6.2.6 Πρακτικές μετρήσεις

Στην πράξη οι διαγώνιες μετρήσεις πλαστών εκπομπών μετρήσεις ομαδοποιούνται με τις πλαστές μετρήσεις μάντας Tx και Rx και χρησιμοποιούνται οι ίδιες τεχνικές..

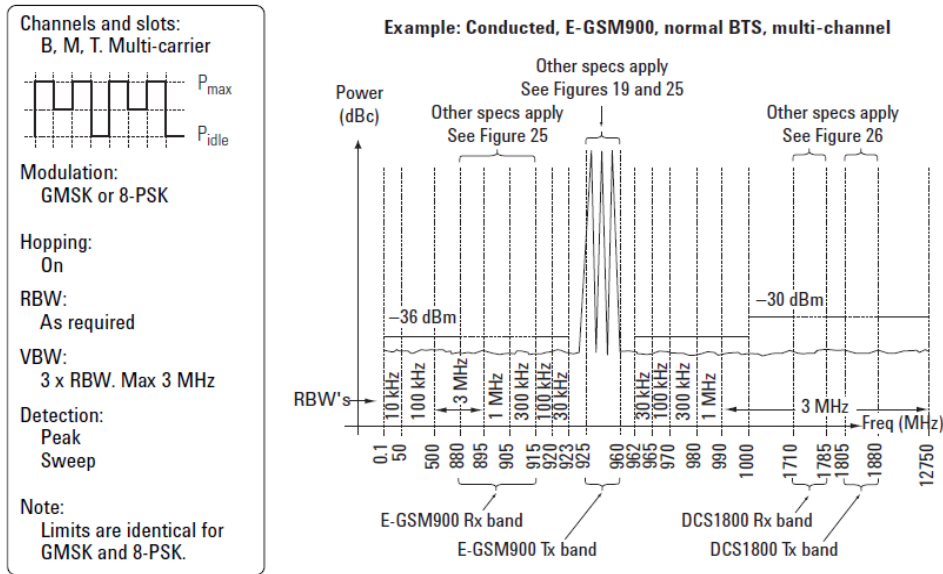
#### 4.6.2.7 Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Εφαρμόζεται ως ζώνη μάντας Tx και Rx

#### 4.6.3. Out-of-band spurious

Οι εκτός ζώνης μετρήσεις πλαστών εκπομπών είναι μια σειρά μετρήσεων συσκευών ανάλυσης φάσματος πέρα από ένα μεγάλο φάσμα συχρότητας από τα 100 kHz 100 μέσω των 12.75 Ghz (για GSM900). Οι ρυθμίσεις για τη μέτρηση φαίνονται στην εικόνα 45.

##### 4.6.3.1. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών



Εικόνα 45. Ευρείας ζώνης πλαστός, BTS, όρια

#### 4.6.3.2. Πρακτικές μετρήσεις

Στην πράξη, ευρείας ζώνης πλαστός είναι στην πραγματικότητα μια σειρά δοκιμών και αν και λεπτομερείς, αυτές παίρνουν κάποιο χρόνο. Κάποιος εξοπλισμός δοκιμής αυτοματοποιεί τη διαδικασία καθιστώντας τη μέτρηση απλή

#### 4.6.3.3. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση.

Οι ευρείας ζώνης πλαστές μετρήσεις εκτελούνται σπάνια στην κατασκευή, εγκατάσταση, συντήρηση ή η υπηρεσία, εντούτοις, επιλεγμένες πλαστές μετρήσεις μπορούν να γίνουν γρήγορα και εύκολα. Παραδείγματος χάριν, οι πομποί είναι « κίνδυνος» στις αρμονικές συχνότητες. Αυτοί μπορούν να ελεγχθούν εύκολα στην κατασκευή χωρίς μια σημαντική χρονική ποινική ρήτρα.

### 4.7 Phase error and mean frequency error

#### 4.7.1. Σκοπός της μέτρησης-τι αποδεικνύεται

Το λάθος φάσης είναι η θεμελιώδης παράμετρος που χρησιμοποιείται στο GSM για να χαρακτηρίσει ακρίβεια διαμόρφωσης. Αυτές οι μετρήσεις αποκαλύπτουν πολλά για την απόδοση διαμορφωτών των πομπών. Το φτωχό λάθος φάσης δείχνει ένα πρόβλημα με τη γεννήτρια, τα φίλτρα ή το διαμορφωτή ζωνών βάσης I/Q στα στοιχεία κυκλώματος των πομπ. Ο ενισχυτής παραγωγής στη συσκευή αποστολής σημάτων μπορεί επίσης να δημιουργήσει τη διαστρέβλωση που προκαλεί το απαράδεκτα υψηλό λάθος φάσης. Σε ένα πραγματικό σύστημα, το φτωχό λάθος φάσης θα μειώσει τη δυνατότητα ενός δέκτη που αποδιαμορφώνει σωστά, ειδικά στους οριακούς όρους σημάτων. Αυτό έχει επιπτώσεις τελικά στη σειρά.

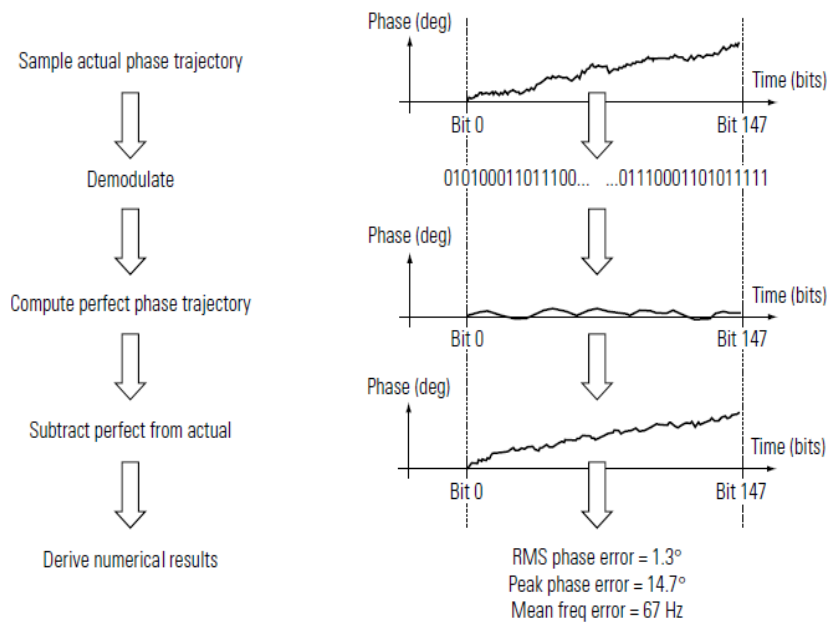
Οι μετρήσεις λάθους συχνότητας δείχνουν το φτωχό βρόχο κλειδαριών συνθετών/φάσης απόδοση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ένα BTS με hopping συχνότητας ενεργό. Οι φτωχές μετρήσεις





λάθους συχνότητας μπορούν να παρουσιάσουν, παραδείγματος χάριν, εκείνο το  $\alpha$  ο συνθέτης αποτυγχάνει να εγκαταστήσει αρκετά γρήγορα καθώς μετατοπίζει τη συχνότητα μεταξύ των μεταδόσεων. Σε ένα πραγματικό σύστημα που το φτωχό λάθος συχνότητας μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα, παραδείγματος χάριν, ο δέκτης στόχων να είναι ανίκανος να κερδίσει την κλειδαριά και η συσκευή αποστολής σημάτων να προκαλέσει την παρέμβαση με άλλους χρήστες. Εάν το τελευταίο συμβαίνει, άλλες μετρήσεις μπορούν να καθορίσουν αυτό με βεβαιότητα.

#### 4.7.2. Θεωρία στις εικόνες

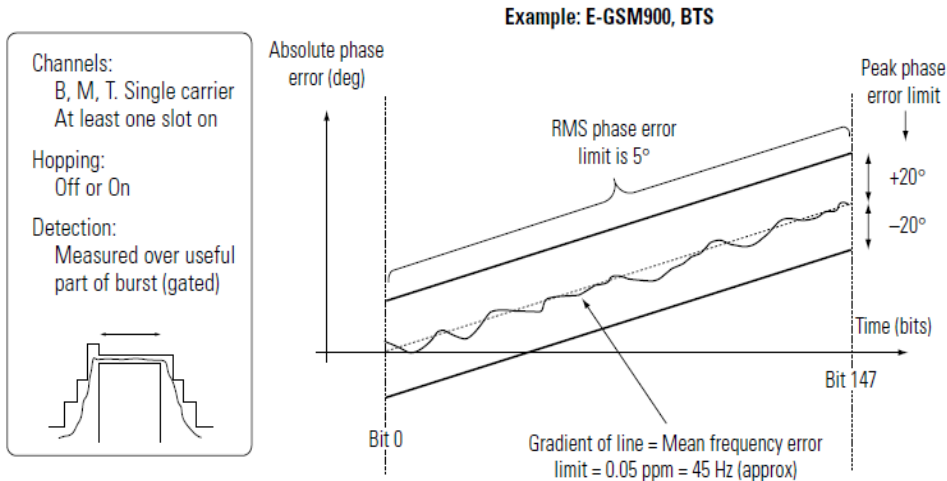


Εικόνα 46. Η θεωρία του λάθους φάσης και σημαίνει το λάθος συχνότητας

Οι μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας είναι σύνθετη, εντούτοις σύγχρονη δοκιμή ο εξοπλισμός μπορεί να εκτελέσει όλα τα απαραίτητα επεξεργασία και μαθηματικά σήματος αυτόματα. Το σχήμα 3 επιδεικνύει πώς η μέτρηση λειτουργεί. Τα δείγματα δεκτών ή συσκευών ανάλυσης δοκιμής η παραγωγή συσκευών αποστολής σημάτων προκειμένου να συλληφθεί η πραγματική τροχιά φάσης. Αυτό αποδιαμορφώνεται έπειτα και από μαθηματική άποψη η ιδανική φάση η τροχιά παράγεται. Η αφαίρεση ενός από άλλο οδηγεί σε ένα σήμα λάθους. Η μέση κλίση αυτού του σήματος (φάση/χρόνος) δίνει το λάθος συχνότητας. Η παραλλαγή αυτού του σήματος ορίζεται ως το λάθος φάσης και εκφράζεται από την άποψη της ρίζας σημαίνει τακτοποιημένος (RMS) και μέγιστος

#### 4.7.3. Γραφική άποψη των ορίων και των προδιαγραφών

Οι προδιαγραφές ETSI και Ansi καθορίζουν τα όρια δοκιμής και για τους σταθμούς πομποδεκτών βάσεων και mobiles. Οι μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας πρέπει να εκτελεστούν πέρα από τις πολλαπλάσιες εκρήξεις, και στα πολλαπλάσια κανάλια. Η πραγματική απόδοση συσκευών αποστολής σημάτων θα ποικίλει με τη συχνότητα.

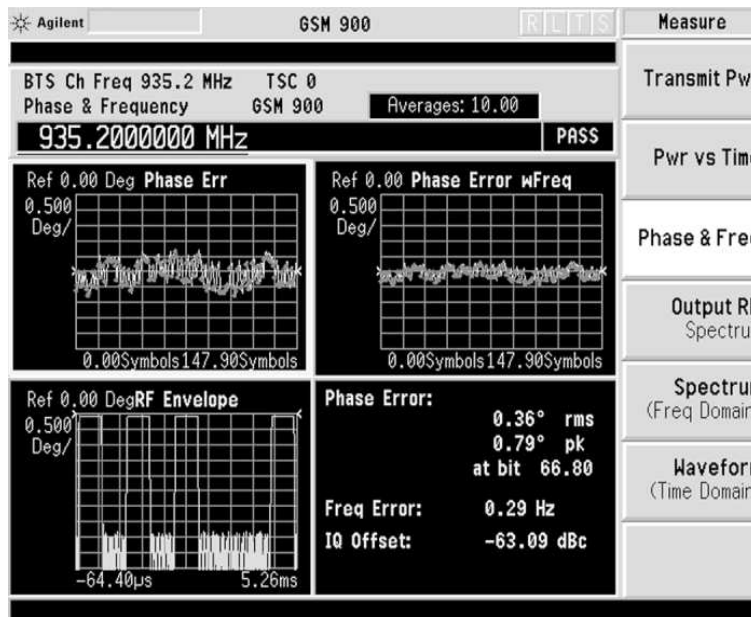


Εικόνα 47. Το λάθος φάσης και σημαίνει το λάθος συχνότητας, BTS, όρια

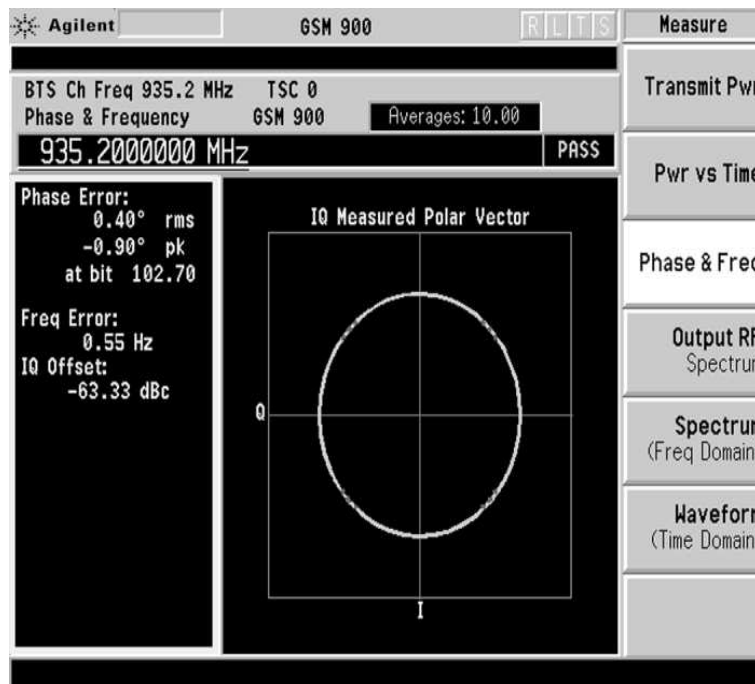
Αξίζει ότι για το λάθος συχνότητας το πέρασμα/αποτυγχάνει το όριο εκφράζεται από την άποψη του PPM (μέρη ανά εκατομμύριο) και ισχύει πέρα από GSM900, DCS1800 και PCS1800. Τα όρια λάθους φάσης είναι επίσης κοινά στα τρία συστήματα.

#### 4.7.4. Πρακτικές μετρήσεις

Όπως αναφέρεται, ο σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής εκτελεί την απαραίτητη επεξεργασία σήματος αυτόματα, που καθιστά αυτές τις μετρήσεις απλές και γρήγορες. Είναι επίσης χρήσιμο να αντιμετωπισθεί το λάθος φάσης εναντίον χρόνος-ειδικά σε R& Δ και κατά το εύρεση ελαττωμάτων. Παραδείγματος χάριν, μια φάση και μια δοκιμή λάθους συχνότητας να αποτύχουν τα ορισμένα όρια μόνο σε ένα σημείο στην έκρηξη, παραδείγματος χάριν, στην αρχή. Αυτό θα μπορούσε να δείξει ένα πρόβλημα με την κεκλιμένη ράμπα δύναμης συσκευών αποστολής σημάτων ή μερικές ανεπιθύμητες αλληλεπίδραση μεταξύ του διαμορφωτή και του ενισχυτή δύναμης.



Εικόνα 48.Επίδειξη τετραγώνων του ελεγκτή συσκευών αποστολής σημάτων VSA-σειρών Agilent E4406A με και χωρίς λάθος συχνότητας



Εικόνα 49. Διάγραμμα αστερισμού στον ελεγκτή συσκευών αποστολής σημάτων VSA-σειρών Agilent E4406A

Τα διαγράμματα αστερισμού μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να παρατηρήσουν μερικές πτυχές της ακρίβειας διαμόρφωσης και μπορούν να αποκαλύψουν ορισμένους μηχανισμούς ελαττωμάτων όπως η δυσαναλογία εύρους I/Q ή η δυσαναλογία τετραγωνισμού.

Διάγραμμα αστερισμού στον ελεγκτή συσκευών αποστολής σημάτων VSA-σειρών Agilent E4406A

#### 4.7.5. Πότε χρησιμοποιούμε τη μέτρηση

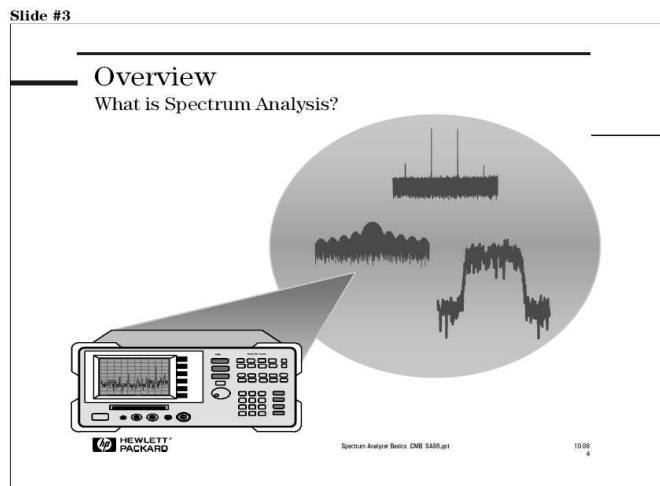
Οι μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας μπορούν να συλλάβουν μια μεγάλη διάδοση σφάλματος και αποδεικνύουν ότι οποιαδήποτε διαδικασία βαθμολόγησης I/Q έχει εκτελεσθεί επιτυχώς. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά σε κάθε στάδιο στον κύκλο της ζωής BTS. Ο σύγχρονος εξοπλισμός δοκιμής μπορεί να κάνει αυτές τις μετρήσεις πολύ γρήγορα και με την καλή ακρίβεια (χαρακτηριστικά ο εξοπλισμός δοκιμής πρέπει να είναι 10x ακριβέστερος από το όριο προδιαγραφών έτσι τα αποτελέσματα μέτρησης μπορούν να αποδοθούν στη συσκευή στο πλαίσιο της δοκιμής και όχι του συστήματος δοκιμής).





## 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΑΛΥΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

### 5.1. Εισαγωγή



Εικόνα 50 αναλυτής φάσματος

Στον σχεδιασμό, κατασκευή ή στο πεδίο του service/επισκευής μιας ηλεκτρονικής συσκευής, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο που θα βοηθήσει στο να αναλύσουμε τα ηλεκτρικά σήματα που κάνουν την ηλεκτρονική συσκευή να λειτουργεί, έτσι ώστε να καθορίσουμε την απόδοση του συστήματος, να εντοπιστούν σφάλματα-δυσλειτουργίες κτλ.

Όμως πώς μετράμε αυτά τα ηλεκτρικά σήματα έτσι ώστε να δούμε τι ακριβώς συμβαίνει σε αυτά καθώς περνάνε μέσα από την ηλεκτρονική συσκευή-σύστημα; Χρειαζόμαστε έναν παθητικό-δέκτη (passive receiver). Ο “δέκτης” αυτός δεν επηρεάζει με οποιοδήποτε τρόπο το σήμα – απλώς το απεικονίζει με τέτοια μορφή έτσι ώστε να είναι εύκολο να αναλύσουμε το σήμα. Αυτός είναι ο Αναλυτής Φάσματος. Ο Αναλυτής Φάσματος απεικονίζει ανεπεξέργαστη πληροφορία για το σήμα όπως, πλάτος, ισχύς, περίοδο, πλευρικές μάντες και συχνότητα. Μπορεί να μας δώσει μια καθαρή και ακριβή εικόνα του φάσματος στο πεδίο της συχνότητας.

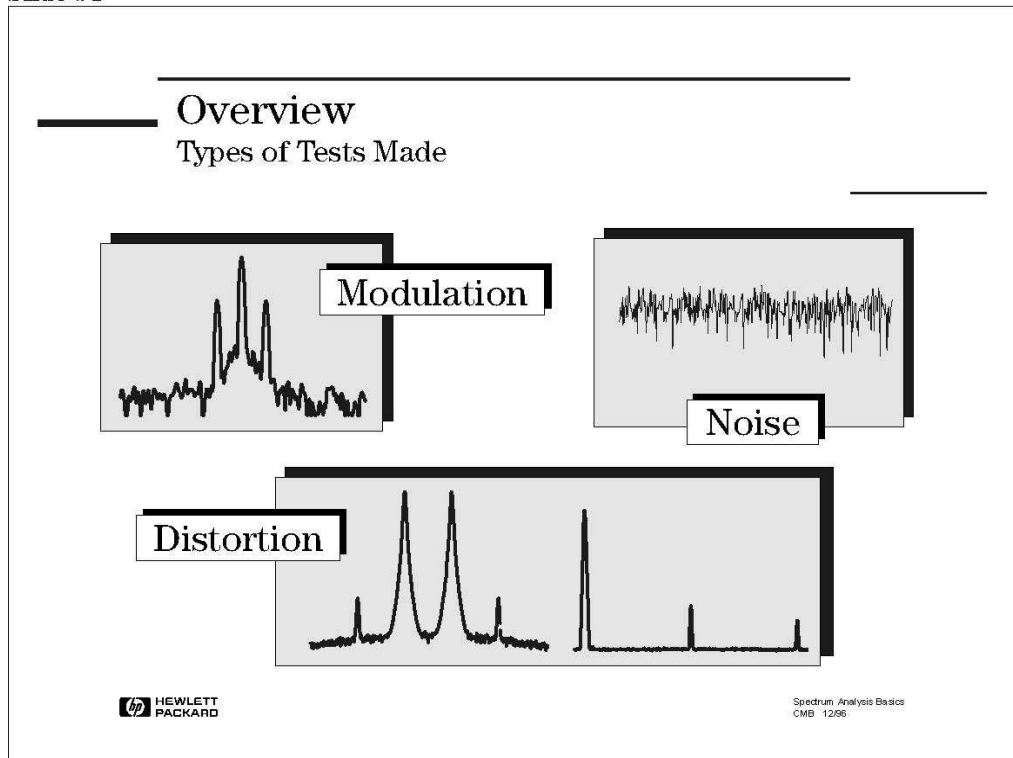
Ανάλογα την εφαρμογή, ένα σήμα μπορεί να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, στις τηλεπικοινωνίες, για να αποστείλουμε πληροφορία όπως φωνή ή δεδομένα, το σήμα πρέπει να διαμορφωθεί σε ένα φέρον υψηλότερης συχνότητας. Το διαμορφωμένο αυτό σήμα έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά βασισμένα στο είδος της διαμόρφωσης που χρησιμοποιούμε, π.χ. όταν ασχολούμαστε με μη-γραμμικές συσκευές όπως ενισχυτές ή μίκτες, είναι σημαντικό να καταλάβουμε πώς και τι είδους παραμορφώσεις παράγονται και τι μορφή έχουν αυτές οι παραμορφώσεις. Με το να καταλάβουμε τα χαρακτηριστικά του θορύβου και το πώς ένα σήμα θορύβου διαφέρει σε σχέση με άλλα είδη σημάτων μπορεί να μας βοηθήσει στο να αναλύσουμε την συσκευή/σύστημα μας.

Η κατανόηση των σημαντικών πτυχών μιας συσκευής ανάλυσης φάσματος για τη μέτρηση όλων αυτών των τύπων σημάτων θα σας βοηθήσει να κάνετε τις ακριβέστερες μετρήσεις και σας δώσετε την εμπιστοσύνη ότι ερμηνεύετε τα αποτελέσματα σωστά.



## 5.2. Μετρήσεις που γίνονται με τους αναλυτές φάσματος

Slide #4



Εικόνα 51: Μετρήσεις που γίνονται με τον αναλυτή φάσματος

Οι πιο συχνές μετρήσεις που πραγματοποιούνται με Αναλυτή Φάσματος είναι: διαμόρφωση, παραμόρφωση και θόρυβος.

Η δυνατότητα να μπορούμε να μετρήσουμε την ποιότητα της διαμόρφωσης είναι σημαντική ώστε να αποφανθούμε ότι ένα σύστημα λειτουργεί κατάλληλα και ότι η πληροφορία μεταδίδεται σωστά. Η κατανόηση του φασματικού περιεχομένου είναι μεγάλης σημασίας, ειδικά στις επικοινωνίες όπου το διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι πολύ περιορισμένο. Το ποσό της ισχύς που μεταδίδεται (πχ, για να ξεπεραστεί η εξασθένιση καναλιού σε ασύρματα συστήματα) είναι μια πολύ σημαντική μέτρηση στις τηλεπικοινωνίες. Διάφορα τεστ όπως βαθμός διαμόρφωσης, πλάτος πλευρικών, ποιότητα διαμόρφωσης, το τρέχον κατειλημένο εύρος ζώνης είναι παραδείγματα συνηθισμένων μετρήσεων διαμόρφωσης.

Στις επικοινωνίες, η μέτρηση της παραμόρφωσης είναι άλλη μια πολύ σημαντική μέτρηση για τον δέκτη αλλά και για τον πομπό. Υπερβολική αρμονική παραμόρφωση στην έξοδο ενός πομπού μπορεί να οδηγήσει σε παρεμβολές με άλλες μπάντες επικοινωνίας. Τα στάδια προ-ενίσχυσης στον δέκτη πρέπει να “ελεύθερα” από παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης (intermodulation distortion) έτσι ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο Crosstalk (διαφυγή του ενός καναλιού στο άλλο). Οι πιο κοινές μετρήσεις παραμόρφωσης περιλαμβάνουν μετρήσεις: παραμόρφωσης ενδοδιαμόρφωσης (intermodulation distortion), παραμορφώσεις αρμονικών και παραμορφώσεις εικονικής εκπομπής (spurious emissions).

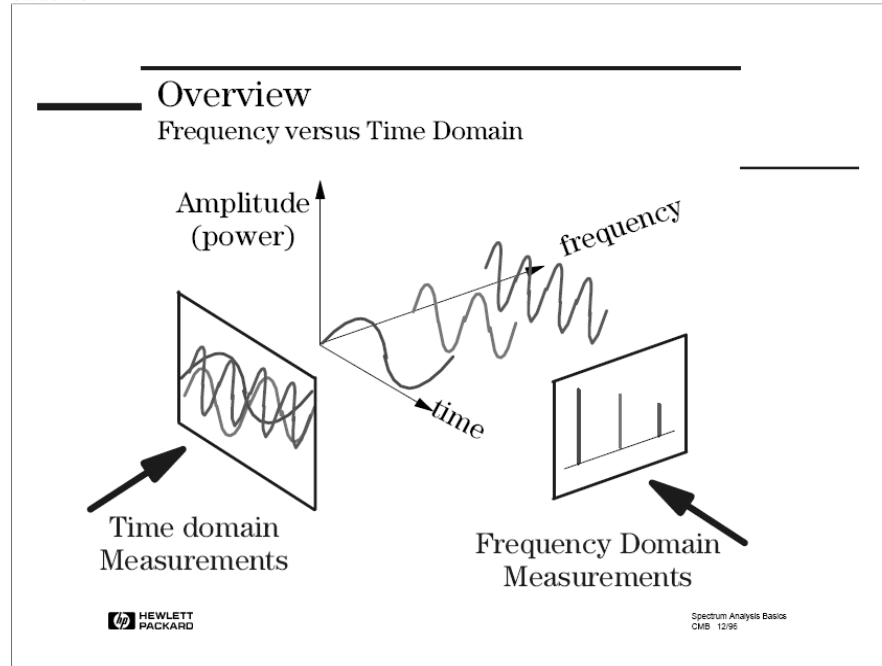
Ο θόρυβος είναι πολύ συχνά το σήμα που θέλουμε να μετρήσουμε. Οποιοδήποτε ενεργό ηλεκτρονικό κύκλωμα ή συσκευή είναι καταδικασμένη να παράγει θόρυβο. Διάφορα tests όπως noise figure και Λόγος Σήματος προς Θόρυβο (SNR – Signal to Noise Ratio) είναι σημαντικά στο να απεικονίζουν τις επιδόσεις μιας συσκευής και/ή την συνεισφορά της στον συνολικό θόρυβο του συστήματος.

Για όλες τις παραπάνω μετρήσεις ενός αναλυτή φάσματος, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε την λειτουργία του φασματικού αναλυτή και τις δυνατότητες που χρειάζεται να έχει ο αναλυτής φάσματος έτσι ώστε να πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη μέτρηση και να κάνει τεστ προδιαγραφών



Spectrum Analysis Basics

Slide #5



Εικόνα 52: Βασικά ανάλυσης φάσματος

Παραδοσιακά, όταν θέλουμε να εξετάσουμε ένα ηλεκτρικό σήμα, χρησιμοποιούμε ένα παλμογράφο για να δούμε πως το σήμα μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του χρόνου. Αυτό είναι μια πολύ σημαντική πληροφορία, όμως δεν δίνει την συνολική εικόνα. Για να κατανοήσουμε πλήρως την απόδοση της συσκευής/συστήματος, θα χρειαστούμε επιπλέον να αναλύσουμε το σήμα μας στο πεδίο της συχνότητας. Δηλαδή μια γραφική αναπαράσταση του πλάτους του σήματος σαν συνάρτηση της συχνότητας. Ο αναλυτής φάσματος στο πεδίο της συχνότητας είναι ότι και ο παλμογράφος στο πεδίο του χρόνου.

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει ένα σήμα, στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Στο πεδίο του χρόνου, όλες οι συχνοτικές συνιστώσες του σήματος αθροίζονται μεταξύ τους και απεικονίζονται. Στο πεδίο της συχνότητας, πολύπλοκα σήματα (σήματα που απαρτίζονται από περισσότερες της μίας συχνότητες) διαχωρίζονται στις φασματικές συνιστώσες τους, και απεικονίζεται το πλάτος της κάθε φασματικής συνιστώσας.

Μετρήσεις στο πεδίο της συχνότητας έχουν διάφορα σαφή πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, έστω ότι εξετάζουμε ένα σήμα στον παλμογράφο όπου και εμφανίζεται σαν ένα κανονικό ημιτονοειδές σήμα. Ένα ημιτονοειδές σήμα δεν έχει αρμονική παραμόρφωση. Αν εξετάσουμε το ίδιο σήμα στον φασματικό αναλυτή, μπορεί να ανακαλύψουμε ότι το σήμα είναι στην πραγματικότητα άθροισμα διαφορετικών συχνοτήτων. Ότι δεν ήταν ευδιάκριτο στον παλμογράφο γίνεται ξεκάθαρο στον φασματικό αναλυτή.

Μερικά συστήματα είναι εγγενώς προσανατολισμένα στο πεδίο της συχνότητας. Για παράδειγμα, διάφορα συστήματα τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούν τεχνικές FDMA (Frequency Division Multiple Access) ή FDM (Frequency Division Multiplexing). Σε αυτά τα συστήματα, αναθέτονται σε διάφορους χρήστες διαφορετικές συχνότητες για εκπομπή και λήψη, όπως επί παραδείγματι με ένα κινητό τηλέφωνο. Οι ραδιοφωνικοί σταθμοί επίσης χρησιμοποιούν FDM, με κάθε σταθμό να καταλαμβάνει μια συγκεκριμένη μπάνα συχνοτήτων σε δεδομένη γεωγραφική περιοχή. Αυτού του τύπου τα συστήματα πρέπει να υποστούν ανάλυση στο πεδίο της συχνότητας έτσι ώστε να είναι σίγουρο το ότι κανείς δεν παρεμβάλλεται σε γειτονικές συχνότητες. Θα δούμε στην συνέχεια πώς η μέτρηση με ένα αναλυτή φάσματος μπορεί να μειώσει σημαντικά τον συνολικό θόρυβο που παρουσιάζεται στη μέτρηση εξαιτίας της ικανότητας του να περιορίζει το φάσμα του εύρους μέτρησης.

Εξετάζοντας με αυτό τον τρόπο το φάσμα, μετρήσεις συχνότητας, ισχύς, αρμονικού περιεχομένου και θορύβου μπορούν να πραγματοποιηθούν εύκολα. Με το να μας δοθεί δυνατότητα να μετρήσουμε





αυτές τις ποσότητες, μπορούμε να υπολογίσουμε την ολική αρμονική παραμόρφωση, το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης, την σταθερότητα του σήματος, την ισχύ εξόδου, την παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης (intermodulation distortion), το power bandwidth, το carrier-to-noise ratio, και πολλές άλλες χρήσιμες μετρήσεις, απλώς χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή φάσματος

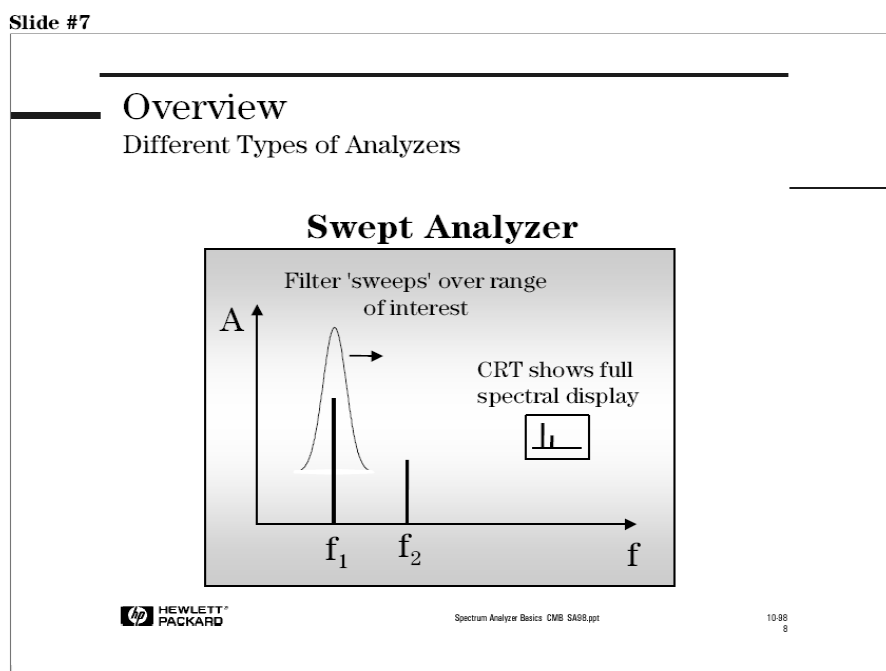
### 5.3. Τύποι αναλυτών φάσματος

Τώρα που έχουμε μια εικόνα για την σημαντικότητα των αναλυτών φάσματος, ας ρίξουμε μια ματιά στους διαφορετικούς τύπους αναλυτών που είναι διαθέσιμοι για μέτρηση RF.

Υπάρχουν βασικά 2 τρόποι για να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις στο πεδίο της συχνότητας (συχνοτική ανάλυση): Μετασχηματισμός Fourier (Fourier transform) και η τεχνική swept-tuned.

Ο αναλυτής Fourier χρησιμοποιεί ένα σήμα στο πεδίο του χρόνου, το ψηφιοποιεί χρησιμοποιώντας δειγματοληψία, εκτελεί τα μαθηματικά που χρειάζονται για να μετατραπεί στο πεδίο της συχνότητας και τέλος απεικονίζει το αποτέλεσμα. Είναι σαν ο αναλυτής να εξετάζει όλο το εύρος των συχνοτήτων ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας παράλληλα φίλτρα μετρώντας τα την ίδια στιγμή. Στην πραγματικότητα λαμβάνει την πληροφορία στο πεδίο του χρόνου που περιέχει την απαραίτητη συχνοτική πληροφορία. Με την ικανότητα του για ανάλυση σήματος σε πραγματικό χρόνο, ο αναλυτής Fourier μπορεί να συλλαμβάνει περιοδικά καθώς και τυχαία και παροδικά (transient) συμβάντα. Μπορεί ακόμα να παρέχει σημαντική βελτίωση ταχύτητας σε σύγκριση με παραδοσιακούς αναλυτές σάρωσης (swept analyzer) και μπορεί να μετρήσει φάση και πλάτος. Ωστόσο έχει κάποιους περιορισμούς, ιδιαίτερα στο εύρος συχνότητας, στην ευαισθησία και την δυναμική περιοχή. Θα εξετάσουμε αργότερα τι είναι αυτοί οι όροι και την σημαντικότητά τους.

Οι αναλυτές Fourier γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς, με την πρόοδο των μετατροπέων από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα (analog-to-digital converters, ADC) και της ψηφιακής επεξεργασίας σημάτων (Digital Signal Processing). Διαδικασίας που πρωτίτερα χρειάζονταν ειδικό και δαπανηρό υλικό (hardware) μπορούν τώρα να πραγματοποιηθούν με απλά ολοκληρωμένα τσιπ DSP (Digital Signal Processing), τα οποία γίνονται μικρότερα και γρηγορότερα με την πάροδο του χρόνου. Αυτοί οι αναλυτές μπορούν να προσφέρουν σημαντικές βελτιώσεις ταχύτητας και επίδοσης σε σύγκριση με συμβατικούς αναλυτές φάσματος, αλλά με μεγάλο οικονομικό κόστος.



Εικόνα 53: Αναλυτής swept

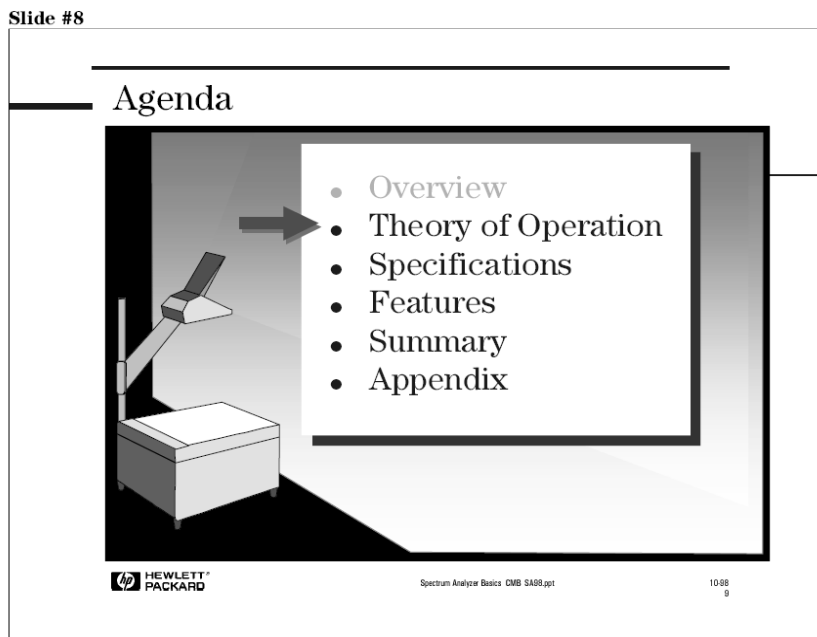


Ο πιο κοινός τύπος αναλυτή φάσματος είναι ο Swept-tuned. Είναι ένα ευρέως αποδεκτό όργανο-εργαλείο γενικής-χρήσης για μετρήσεις στο πεδίο της συχνότητας. Η τεχνική που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι αυτή της super-ετερώδυνης (superheterodyne). Ετερώδυνη είναι η ιδιότητα να επεξεργασίας της συχνότητα και το πρόθεμα super αναφέρεται στις υπερηχητικές συχνότητες, δηλαδή της συχνότητες που βρίσκονται πάνω από το ακουστικό όριο. Απλουστευμένα, αυτού του είδους οι αναλυτές “σαρώνουν” το φάσμα που μας ενδιαφέρει και εμφανίζουν όλες τις συχνοτικές συνιστώσες που υπάρχουν. Θα δούμε στην συνέχεια πώς αυτό επιτυγχάνεται. Ο αναλυτής φάσματος τύπου swept-tuned λειτουργεί σαν ένας κοινός δέκτης AM αλλά την θέση του μεγαφώνου στο ράδιο παίρνει μια οθόνη στον αναλυτή.

Η τεχνική σάρωσης swept-tuned θέτει σε εφαρμογή μετρήσεις στο πεδίο της συχνότητας πάνω σε μεγάλη δυναμική περιοχή και μεγάλο συχνοτικό εύρος, κάνοντας έτσι σημαντικές συνεισφορές σε μετρήσεις προσανατολισμένες στο πεδίο της συχνότητας για πολλαπλές εφαρμογές, συμπεριλαμβάνοντας την κατασκευή και συντήρηση μικροκυματικών ζεύξεων, ραντάρ, εξοπλισμό τηλεπικοινωνιών, καλωδιακής τηλεόρασης, εξοπλισμού εκπομπής (broadcast), κινητών επικοινωνιακών συστημάτων.

Για το υπόλοιπο αυτού του συγγράμματος, ο όρος αναλυτής φάσματος θα αναφέρεται μόνο στον αναλυτή φάσματος σάρωσης (swept tuned analyzer). Αυτού του είδους τον αναλυτή θα μελετήσουμε με λεπτομέρεια.

#### 5.4. Θεωρία λειτουργίας αναλυτών φάσματος



Εικόνα 54: θεωρητική λειτουργία αναλυτή φάσματος

Βασίζόμενοι στην προηγούμενη εικόνα, θα φανταζόμασταν ότι ο αναλυτής αποτελείται από ένα φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων (bandpass filter) που σαρώνει μια συγκεκριμένη περιοχή του φάσματος που μας ενδιαφέρει. Έστω ότι το σήμα εισόδου είναι 1MHz, τότε όταν το φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων σαρώνει την περιοχή του 1MHz, θα “δει” το σήμα εισόδου και θα το απεικονίσει στην οθόνη.

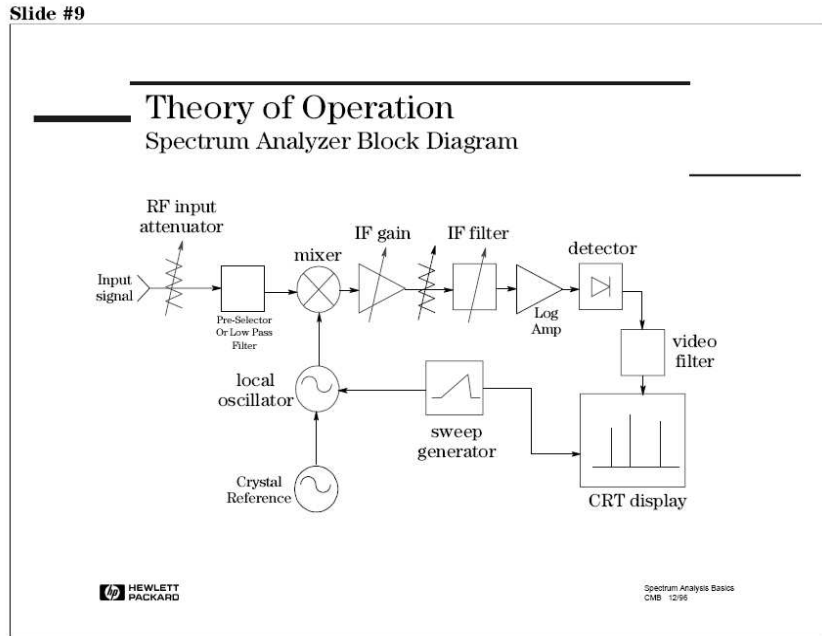
Αν και θεωρητικά το παραπάνω σενάριο δουλεύει, είναι πολύ δύσκολο και δαπανηρό να κατασκευαστεί ένα φίλτρο που συντονίζεται σε μια ευρεία περιοχή. Μια ευκολότερη, και συνεπώς λιγότερο δαπανηρή υλοποίηση είναι να χρησιμοποιηθεί ένας συντονιζόμενος (tunable) τοπικός ταλαντωτής, και να κρατήσουμε σταθερό το φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων. Θα δούμε μπαίνοντας σε περισσότερες λεπτομέρειες ότι σε αυτό το σενάριο “σκανάρουμε” το σήμα εισόδου πρωτίτερα του



σταθερού φίλτρου, και όταν περνάει μέσα από το σταθερό φίλτρο διέλευσης συχνοτήτων, αυτό εμφανίζεται στην οθόνη.

Τώρα θα μπούμε σε περισσότερες λεπτομέρειες για το πώς λειτουργεί ο αναλυτής φάσματος σάρωσης (swept-tuned).

### 5.5. Το υλικό (Hardware) του αναλυτή

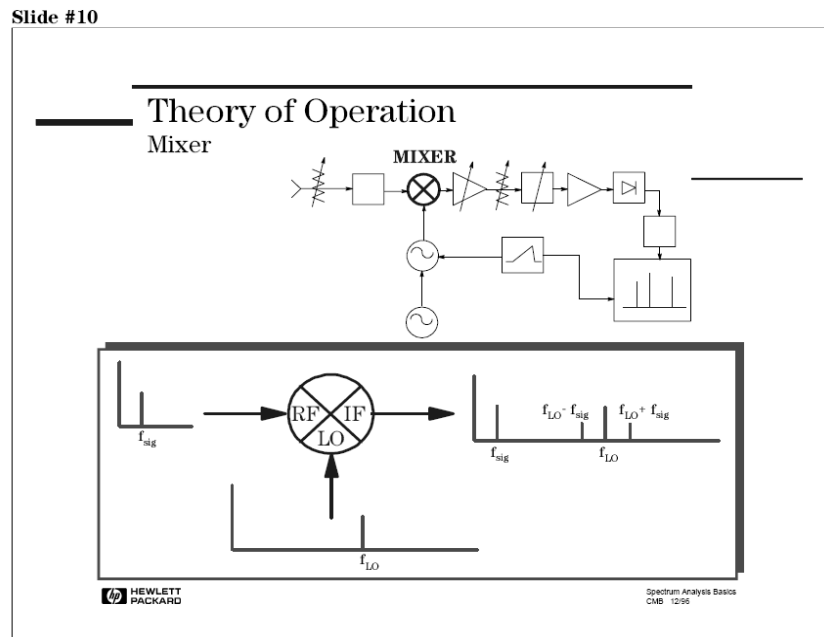


Εικόνα 55: Διάγραμμα στοιχείο αναλυτή φάσματος

Τα βασικά εξαρτήματα σε έναν αναλυτή φάσματος είναι ο RF input attenuator, ο μίκτης, η μονάδα IF (Intermediate Frequency) gain, το φίλτρο IF, ο ανιχνευτής, το φίλτρο video, ένας τοπικός ταλαντωτής, η γεννήτρια σάρωσης (sweep generator), και μια οθόνη CRT. Πριν μιλήσουμε για το πώς όλα τα μέρη δουλεύουν μαζί, ας κατανοήσουμε τα κάθε εξάρτημα ξεχωριστά.



### 5.5.1. Μίκτης



Εικόνα 56: Μίκτης

Ο μίκτης είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει ένα σήμα από μια συχνότητα σε μια άλλη. Συνεπώς, μερικές φορές λέγεται και μεταφραστής-συχνότητας (frequency-translation device).

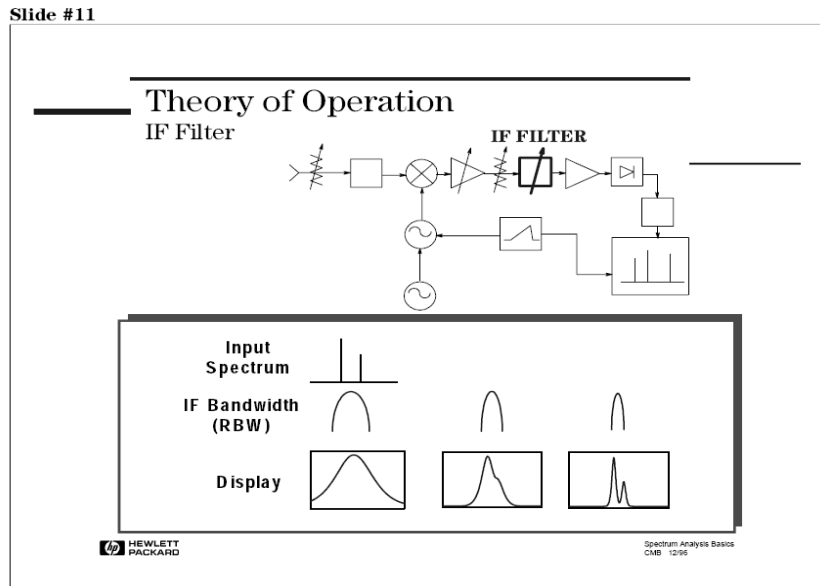
Εξ ορισμού, ένας μίκτης είναι μια μη γραμμική συσκευή (συχνότητες που εμφανίζονται στην έξοδο δεν υπήρχαν και στην είσοδο). Το σήμα του τοπικού ταλαντωτή ( $f_{LO}$ ) εφαρμόζεται σε μία πόρτα του μίκτη και το σήμα που θα υποστεί μετατροπή ( $f_{sig}$ ) εφαρμόζεται στην δεύτερη πόρτα. Η έξοδος του μίκτη αποτελείται από 2 αρχικά σήματα ( $f_{sig}$  και  $f_{LO}$ ) καθώς και το άθροισμα ( $f_{LO}+f_{sig}$ ) και η διαφορά ( $f_{LO}-f_{sig}$ ) συχνοτήτων αυτών των δύο σημάτων.

Σε έναν αναλυτή φάσματος, η διαφορά συχνοτήτων είναι ουσιαστικά αυτή που μας ενδιαφέρει. Ο μίκτης έχει μετατρέψει το RF σήμα εισόδου μας σε ένα IF (Intermediate Frequency) σήμα που μπορεί να φιλτραριστεί, ενισχυθεί και ανιχνευτεί από τον αναλυτή για να απεικονιστεί στην οθόνη. Ας δούμε πώς επιτυγχάνεται αυτό εν συντομία.

### 5.5.2. IF φίλτρο

Το IF φίλτρο είναι ένα φίλτρο ζώνης διέλευσης συχνοτήτων που χρησιμοποιείται σαν “παράθυρο” για την ανίχνευση σημάτων. Το εύρος ζώνης του λέγεται και resolution bandwidth (RBW) του αναλυτή και μπορεί να ρυθμιστεί από τον αναλυτή.

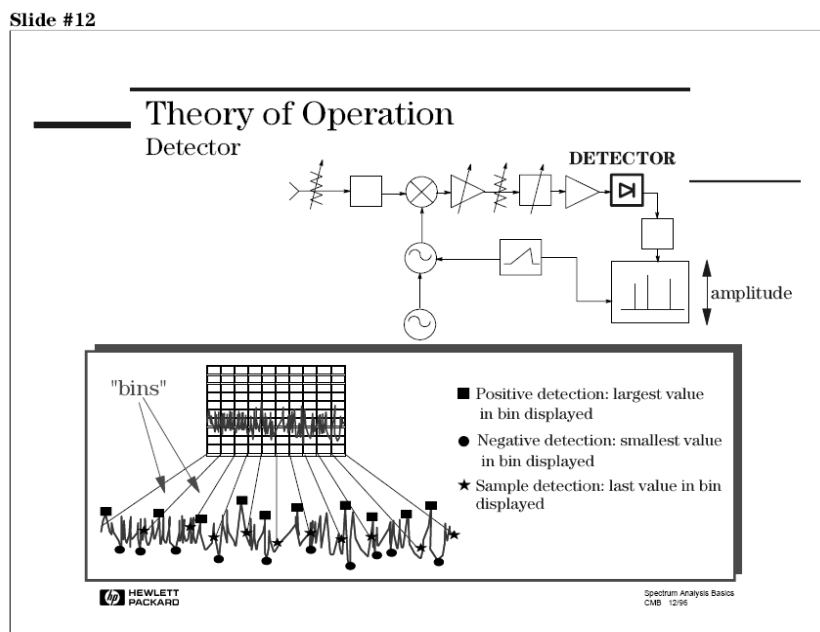
Αν ο αναλυτής έχει την δυνατότητα ευρείας αλλαγής στις ρυθμίσεις του resolution bandwidth, το όργανο μπορεί να βελτιστοποιηθεί για στην σάρωση και να προσαρμοστεί εύκολα στις ιδιαιτερότητες κάθε σήματος, με κόστος στην επιλεκτικότητα της συχνότητας (το να μπορούμε να διακρίνουμε 2 κοντινά σήματα σε συχνότητα), στο SNR και την ταχύτητα της μέτρησης.



Εικόνα 57: IF φίλτρο

Παρατηρώντας την παραπάνω εικόνα βλέπουμε ότι όσο το RBW στενεύει, η επιλεκτικότητα βελτιώνεται (μπορούμε να ξεχωρίσουμε δύο διαφορετικά σήματα). Αυτό συχνά βελτιώνει το SNR. Η ταχύτητα σάρωσης και η ταχύτητα ανανέωσης του ίχνους (trace) ωστόσο θα υποβαθμιστούν με “στενότερα” RBWs. Η ιδανική ρύθμιση του RBW εξαρτάται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου σήματος.

### 5.5.3. Ανιχνευτής



Εικόνα 58: Ανιχνευτής

Ο αναλυτής πρέπει να μετατρέψει το IF σήμα σε ένα baseband ή video σήμα έτσι ώστε να μπορεί να προβληθεί στην οθόνη του οργάνου. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ανιχνευτή “περιβάλλουσας” (envelope detector) ο οποίος εκτρέπει την δέσμη της CRT οθόνης στον κατακόρυφο άξονα (y), ή στον άξονα πλάτους.



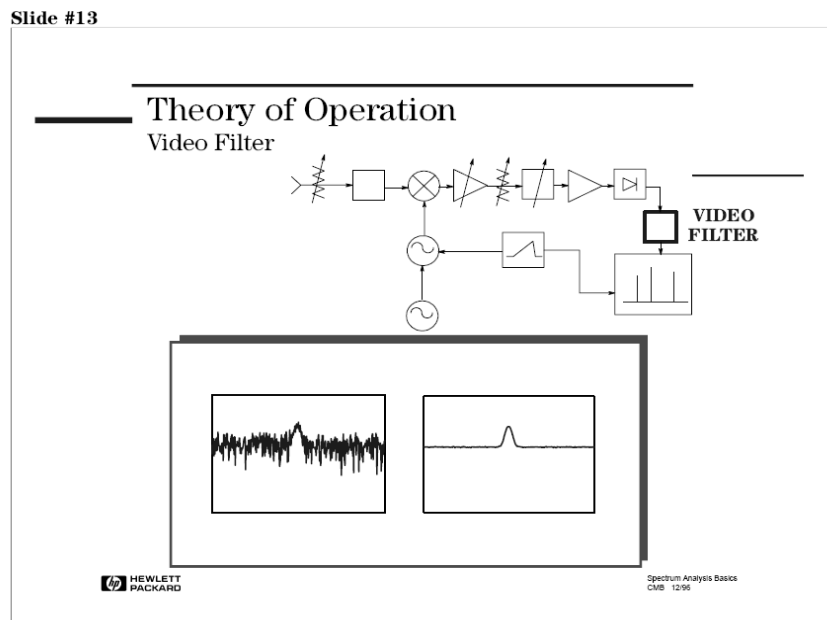
Πολλοί μεταγενέστεροι αναλυτές φάσματος έχουν ψηφιακές οθόνες και χρησιμοποιούν ένα μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (analog-to-digital converter, ADC). Αυτό δίνει την δυνατότητα πολλών διαφορετικών μεθόδων απεικόνισης επηρεάζοντας δραματικά τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζεται το σήμα.

Η λειτουργία ανίχνευσης **θετικής κορυφής (positive-peak detector mode)** λαμβάνει και απεικονίζει την μέγιστη τιμή του σήματος κατά την διάρκεια ενός ίχνους. Η λειτουργία αυτή είναι καλή για να αναλύει ημιτονοειδή σήματα, αλλά εμφανίζει την τάση να είναι υπερευαίσθητη στον θόρυβο όταν δεν υπάρχουν ημιτονοειδή σήματα στο σήμα. Ομοίως, η λειτουργία ανίχνευσης **αρνητικής κορυφής (negative-peak detector mode)** λαμβάνει την ελάχιστη τιμή του σήματος.

Στην λειτουργία **ανίχνευσης δείγματος (sample detection mode)**, παράγεται μία τυχαία τιμή για κάθε ίχνος (trace element). Αυτή η λειτουργία είναι η καλύτερη για να υπολογίζεται η **ενεργός τιμή (rms)** θορύβου ή σημάτων που μοιάζουν με θόρυβο, αλλά μπορεί να “χάσει” τις κορυφές από σήματα-ριπές (burst) και narrowband (στενού εύρους ζώνης) σήματα.

Για την απεικόνιση των σημάτων και θορύβου ταυτόχρονα, χρησιμοποιείται η λειτουργία **κανονικής ανίχνευσης (normal detector mode)**. Σε αυτή την λειτουργία, αν το βίντεο σήμα αυξάνει ή μειώνεται μονοτονικά στην διάρκεια μιας περιόδου ενός ίχνους, τότε συμπεραίνεται ότι το συχνοτικό περιεχόμενο μετριέται, και η λειτουργία εύρεσης θετικής κορυφής (**positive-peak detector mode**) χρησιμοποιείται. Αν το σήμα μεταβάλλεται όχι μονοτονικά κατά την διάρκεια του χρόνου, τότε συμπεραίνεται ότι μετριέται θόρυβος, και τα σημεία ίχνους (trace points), εναλλάσσονται μεταξύ λειτουργίας θετικής κορυφής και αρνητικής κορυφής. Όταν απεικονίζεται η ελάχιστη τιμή, η μέγιστη τιμή αποθηκεύεται και συγκρίνεται με την μέγιστη τιμή του επόμενου ίχνους. Το μεγαλύτερο των 2 τιμών απεικονίζεται. Αυτή η τεχνική προσφέρει μια καλύτερη απεικόνιση του τυχαίου θορύβου σε σχέση με την λειτουργία ανίχνευσης κορυφής, αλλά αποφεύγει το πρόβλημα του “χαμένου σήματος” της ανίχνευσης δείγματος.

#### 5.5.4. Φίλτρο βίντεο



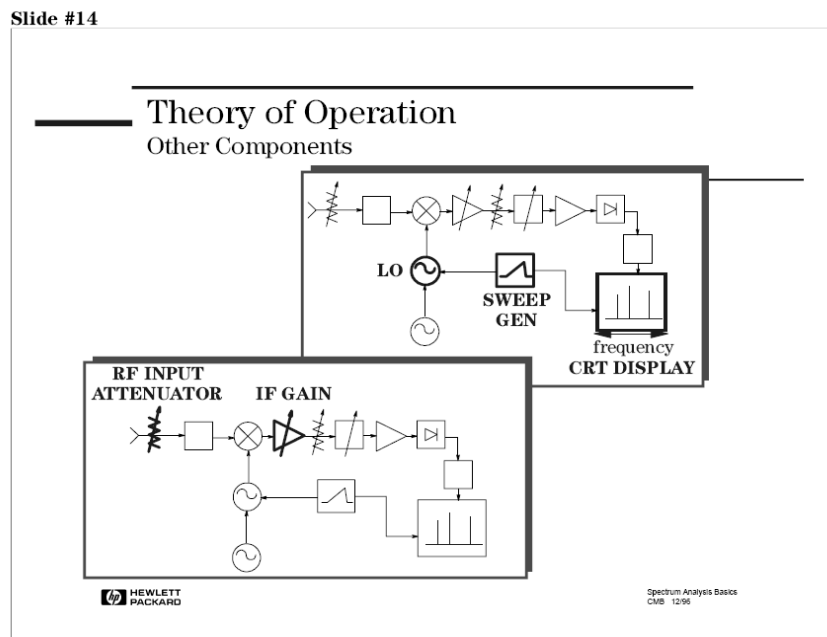
Εικόνα 59: Φίλτρο βίντεο

Το φίλτρο βίντεο είναι ένα χαμηλοπερατό φίλτρο που τοποθετείται μετά τον ανιχνευτή περιβάλλουσας (envelope detector) και πριν το ADC. Το φίλτρο καθορίζει το εύρος ζώνης του ενισχυτή βίντεο, και χρησιμοποιείται για να κανονικοποιήσει ή για να ομαλοποιήσει το ίχνος που παρουσιάζεται στην οθόνη.



Ο αναλυτής φάσματος απεικονίζει το σήμα και (+) τον θόρυβο έτσι ώστε όσο κοντύτερα το σήμα είναι στο επίπεδο του θορύβου, τόσο δυσκολότερο γίνεται να διαβαστεί. Με το να αλλάξουμε το εύρος ζώνης (VBW), μπορούμε να μειώσουμε τις peak-to-peak μεταβολές του θορύβου. Αυτός ο τύπος ομαλοποίησης μπορεί να βοηθήσει στην εύρεση σημάτων από αλλιώς θα ήταν μη ευκρινή εξαιτίας του θορύβου.

### 5.5.5. Άλλα εξαρτήματα



Εικόνα 60: Άλλα εξαρτήματα

Ακολουθεί, μια σύντομη περιγραφή μερικών άλλων εξαρτημάτων.

Ο τοπικός ταλαντωτής είναι ένας ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση (voltage) και όταν επιδρά έχει σαν επακόλουθο τον συντονισμό του αναλυτή σε δεδομένη συχνότητα. Η γεννήτρια σάρωσης (sweep generator), στην πραγματικότητα συντονίζει το LO έτσι ώστε η συχνότητα του να αλλάζει σε αναλογία με την τάση ράμπας (ramp voltage). Αυτό επιπλέον εκτρέπει την ακτίνα ηλεκτρονίων της οθόνης CRT οριζόντια, από αριστερά στα δεξιά, δημιουργώντας το πεδίο του χρόνου στον X-άξονα.

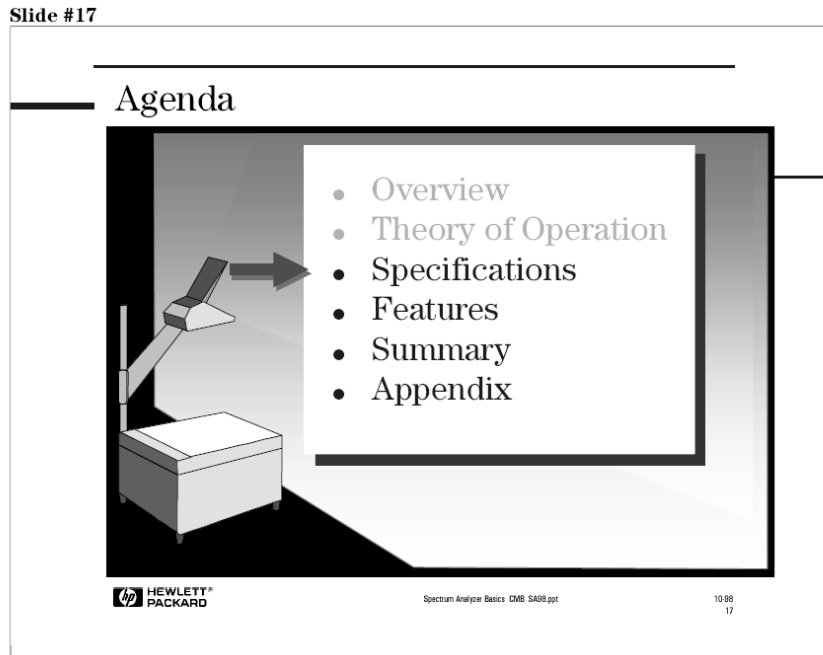
Ο εξασθενητής εισόδου (RF input attenuator) είναι ένας εξασθενητής βήματος τοποθετημένος ανάμεσα στην είσοδο του σήματος και τον πρώτο μίκτη. Χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει την ένταση του σήματος που λαμβάνει ο πρώτος μίκτης. Αυτό είναι σημαντικό έτσι ώστε να αποτραπεί συμπίεση στο κέρδος (gain) του μίκτη και παραμόρφωση που μπορεί να προκληθεί από σήματα με μεγάλη ένταση.

Η μονάδα IF ενίσχυσης (IF gain) είναι τοποθετημένη μετά τον μίκτη αλλά πριν το IF, ή RBW, φίλτρο. Χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την κάθετη θέση σημάτων που απεικονίζονται, χωρίς να επηρεάζει το επίπεδο έντασης του σήματος που φτάνει στον μίκτη εισόδου. Όταν αλλάξει, η τιμή του επιπέδου αναφοράς αλλάζει ανάλογα. Εφόσον δεν θέλουμε να αλλάξει το επίπεδο αναφοράς (η κάθετη θέση των απεικονιζόμενων σημάτων) καθώς αλλάζουμε τον εξασθενητή εισόδου, αυτά τα δύο εξαρτήματα 'δένονται' μεταξύ τους. Το IF κέρδος (gain) θα αλλάξει αυτόματα ώστε να αντισταθμίσει τις αλλαγές που γίνονται στον εξασθενητή εισόδου, έτσι τα απεικονιζόμενα σήματα παραμένουν στάσιμα στην CRT οθόνη, και το επίπεδο αναφοράς δεν αλλάζει.





## 5.6. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά



Εικόνα 61: Διευκρινήσεις

Το να κατανοήσουμε τις δυνατότητες και τους περιορισμούς ενός αναλυτή φάσματος είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στην κατανόηση της συνολικής φασματικής ανάλυσης. Οι σημερινοί αναλυτές φάσματος προσφέρουν μεγάλη ποικιλία δυνατοτήτων και επιπέδων απόδοσης. Μέσα από αυτό το “χάος”, πώς μπορούμε να ξέρουμε ποιες προδιαγραφές είναι σημαντικές για μια συγκεκριμένη εφαρμογή και γιατί;

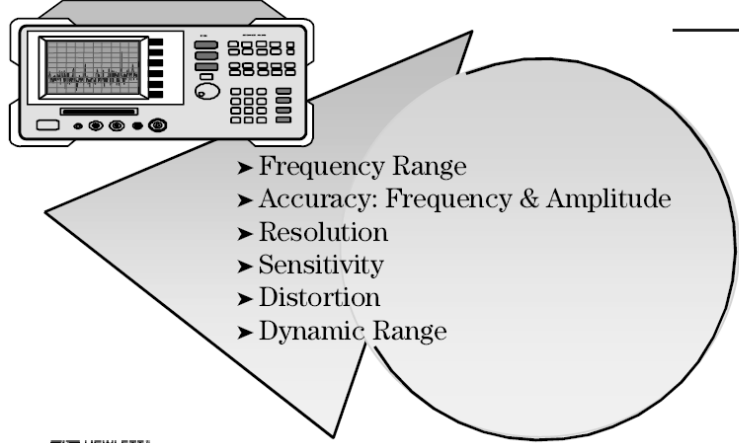
Οι προδιαγραφές ενός αναλυτή φάσματος είναι ο τρόπος του κατασκευαστή του οργάνου να ορίσει κάποια standards-πρότυπα απόδοσης για το τι μπορούμε να περιμένουμε από μια συγκεκριμένη μέτρηση. Με το να κατανοούμε και να ερμηνεύουμε αυτές τις προδιαγραφές μπορούμε να προβλέψουμε πώς ο αναλυτής θα αποδώσει-ανταποκριθεί κατάλληλα σε μια μέτρηση.

Στην συνέχεια θα περιγράψουμε διαφορετικές προδιαγραφές που είναι σημαντικό να καταλάβουμε.



Slide #18

### Specifications



- ▶ Frequency Range
- ▶ Accuracy: Frequency & Amplitude
- ▶ Resolution
- ▶ Sensitivity
- ▶ Distortion
- ▶ Dynamic Range

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analyzer Basics CMB SA98.ppt

10-88  
18

**Εικόνα 62: Στοιχεία που πρέπει να γνωρίζουμε για να είμαστε σίγουροι για τις μετρήσεις μας**

Τι χρειάζεται να ξέρουμε για τον αναλυτή φάσματος έτσι ώστε να είμαστε σίγουροι ότι θα πραγματοποιήσει σωστά τις μετρήσεις μας; Πολύ βασικά, πρέπει να ξέρουμε

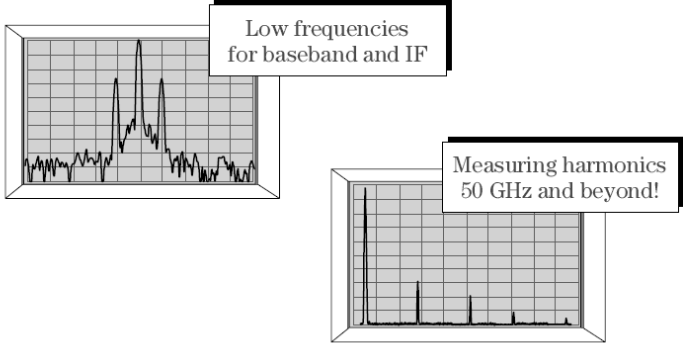
- 1) Το συχνοτικό εύρος (frequency range)
- 2) Το εύρος του πλάτους (amplitude range, maximum input and sensitivity)
- 3) Μέχρι ποιο επίπεδο μπορούμε να μετρήσουμε την διαφορά ανάμεσα δύο σημάτων, σε πλάτος (dynamic range) και συχνότητα (resolution)
- 4) Πόσο ακριβείς είναι οι μετρήσεις μας

### 5.7. Συχνοτικό εύρος

Slide #19

### Specifications

#### Frequency Range



Low frequencies for baseband and IF

Measuring harmonics 50 GHz and beyond!

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analysis Basics  
CMB 12/96

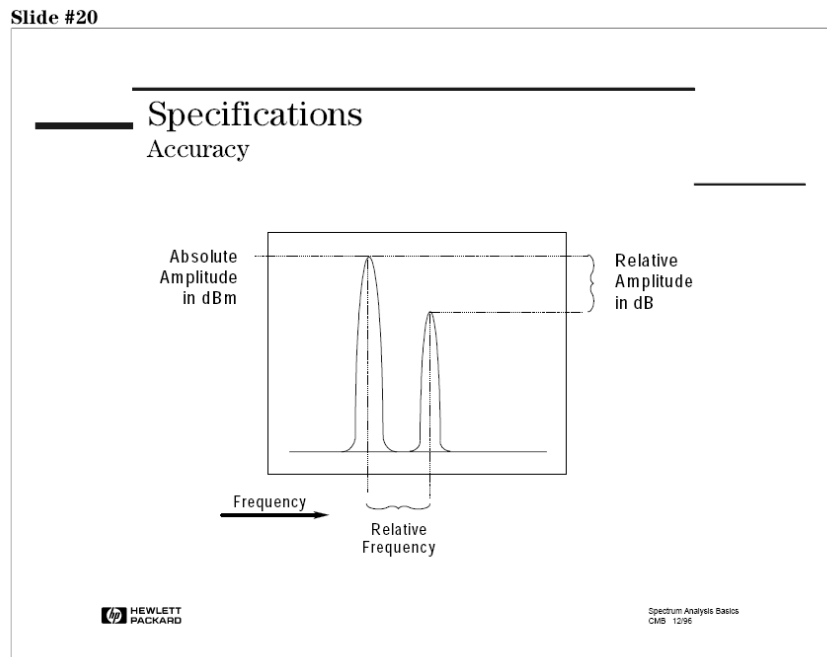
**Εικόνα 63: Συχνοτικό εύρος**



Φυσικά, η πρώτη και πιο σημαντική προδιαγραφή που πρέπει να ξέρουμε είναι το συχνοτικό εύρος του αναλυτή. Δεν χρειάζεται μόνο ο αναλυτής φάσματος να καλύπτει τις βασικές συχνότητες της εφαρμογής που θα τον χρησιμοποιήσουμε, αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε και τις αρμονικές ή τα “πλασματικά” σήματα στις υψηλές ή μεσαίες συχνότητες, και την IF στις χαμηλές συχνότητες.

Ένα παράδειγμα ανάγκης υψηλότερου συχνοτικού εύρους είναι οι ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Μερικά standards κινητής τηλεφωνίας απαιτούν μετρήσεις μέχρι και 10 αρμονικών. Αν δουλεύουμε στα 900MHz, αυτό σημαίνει ότι χρειαζόμαστε αναλυτή με άνω όριο συχνότητας τα  $10 \cdot 900\text{MHz} = 9\text{GHz}$ . Επιπλέον, παρόλο που μιλάμε για αναλυτές τύπου RF, πρέπει να έχουμε και δυνατότητα μέτρησης της χαμηλής μπάνας και σημάτων IF.

## 5.8. Ακρίβεια



Εικόνα 64: Ακρίβεια

Η ακρίβεια είναι η δεύτερη προδιαγραφή που θα σταθούμε. Πόσο ακριβή θα είναι τα αποτελέσματα μας σε συχνότητα και πλάτος;. Όταν μιλάμε για προδιαγραφές ακρίβειας, είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι υπάρχει η προδιαγραφή απόλυτης ακρίβειας και η προδιαγραφή σχετικής ακρίβειας.

Μια απόλυτη μέτρηση πραγματοποιείται με μοναδικό κέρσορα (marker). Π.χ. ,η συχνότητα και το επίπεδο ισχύς (power level) ενός φορέα για μετρήσεις παραμόρφωσης, είναι μια απόλυτη μέτρηση.

Μια σχετική μέτρηση πραγματοποιείται με σχετικό, ή δέλτα κέρσορα (marker). Μερικά παραδείγματα είναι, modulation frequencies, channel spacing, pulse repetition frequencies, και offset frequencies σχετικές με τον φορέα. Οι σχετικές μετρήσεις είναι ακριβέστερες σε σχέση με τις απόλυτες μετρήσεις.

Ας ξεκινήσουμε μελετώντας την ακρίβεια συχνότητας.

### 5.8.1. Ακρίβεια συχνότητας



Slide #21

**Specifications**  
Accuracy: Frequency Readout Accuracy

Typical datasheet specification:

Spans < 2 MHz: ± (freq. readout x freq. ref. accuracy  
+ 1% of frequency span  
+ 15% of resolution bandwidth  
+ 10 Hz "residual error")

Frequency

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analysis Basics CMB SA98.ppt

10-88  
21

Εικόνα 65: Ακρίβεια συχνότητας

Η ακρίβεια συχνότητας, είναι συνήθως ορισμένη σαν το άθροισμα πολλών διαφορετικών ειδών σφαλμάτων, όπως frequency-reference inaccuracy, span error, και RBW center-frequency error.

Η ακρίβεια Frequency-reference καθορίζεται από την βασική αρχιτεκτονική του αναλυτή. Η ποιότητα του εσωτερικού ρολογιού είναι ακόμη ένας παράγοντας, όμως πολλοί αναλυτές φάσματος χρησιμοποιούν ταλαντωτές υψηλής ποιότητας-απόδοσης.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες στον σχεδιασμό ενός σύγχρονου-μοντέρνου αναλυτή φάσματος: οι synthesized και free-running. Σε έναν synthesized αναλυτή, μερικοί ή όλοι οι ταλαντωτές είναι συντονισμένοι σε ένα μοναδικό, ανιχνεύσιμο, ταλαντωτή αναφοράς. Αυτού του είδους οι αναλυτές έχουν μια ακρίβεια της τάξεως των μερικών εκατοντάδων hertz. Αυτός ο σχεδιασμός προσφέρει μέγιστη απόδοση αναλογικά με την πολυπλοκότητα και το κόστος κατασκευής. Αναλυτές φάσματος αρχιτεκτονικής free-running χρησιμοποιούν απλούστερη σχεδίαση και προσφέρουν μέτρια ακρίβεια συχνότητας σε προσιτή τιμή. Οι free-running αναλυτές προσφέρουν ακρίβεια μερικών megahertz. Αυτό δεν είναι σημαντικό μειονέκτημα σε πολλές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, πολλές φορές μετράμε ένα μεμονωμένο-απομονωμένο σήμα, η απλώς χρειαζόμαστε αρκετή ακρίβεια ίσα ίσα για να αναγνωρίσουμε το σήμα ενδιαφέροντος μας ανάμεσα σε άλλα σήματα.

Τα σφάλματα Span-error χωρίζονται σε δυο κατηγορίες βασιζόμενοι στο γεγονός ότι πολλοί αναλυτές φάσματος είναι fully synthesized για μικρά spans, αλλά είναι ανοιχτού-βρόχου (open-loop) για μεγαλύτερα spans.

Τα RBW σφάλματα μπορεί να είναι αξιοσημείωτα-ευμεγέθη σε μερικούς αναλυτές φάσματος, ειδικά για μεγάλες τιμές του RBW, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πολύ μικρότερα από τα σφάλματα Span error.



Slide #22

**Specifications**  
Accuracy: Frequency Readout Accuracy Example

Single Marker Example:

2 GHz  
400 kHz span  
3 kHz RBW

Calculation:

$(2 \times 10^9 \text{ Hz}) \times (1.3 \times 10^{-7} / \text{yr.ref.error})$	=	260 Hz
1% of 400 kHz span	=	4000 Hz
15% of 3 kHz RBW	=	450 Hz
10 Hz residual error	=	10 Hz
<b>Total</b>	=	<b><math>\pm 4720 \text{ Hz}</math></b>

HEWLETT  
PACKARD Spectrum Analysis Basics  
CMR 12/96

**Εικόνα 66: Παράδειγμα ακρίβειας συχνότητας**

Ας χρησιμοποιήσουμε την προηγούμενη εξίσωση σε ένα παράδειγμα για να δείξουμε το πώς μπορούμε να υπολογίσουμε την ακρίβεια συχνότητας της μέτρησης μας.

Έστω ότι μετράμε ένα σήμα στα 2GHz, χρησιμοποιώντας 400kHz διάστημα (span) και 3kHz RBW, μπορούμε να προσδιορίσουμε την ακρίβεια συχνότητας μας προσθέτοντας τις διαφορετικές πηγές σφαλμάτων.

$$\text{Freq ref accuracy} = 1.3 \times 10^{-7} / \text{yr}$$

Συνεπώς έχουμε:

$$\begin{aligned} (2 \times 10^9 \text{ Hz}) \times (1.3 \times 10^{-7} / \text{yr}) &= 260 \text{ Hz} \\ 1\% \text{ από } 400 \text{ kHz span} &= 4000 \text{ Hz} \\ 15\% \text{ από } 3 \text{ kHz RBW} &= 450 \text{ Hz} \\ 10 \text{ Hz υπόλοιπα σφάλματα} &= 10 \text{ Hz} \\ \text{Σύνολο} &= \pm 4720 \text{ Hz} \end{aligned}$$



### 5.8.2. Ακρίβεια πλάτους

Slide #23

## Specifications

Accuracy: Relative Amplitude Accuracy

- Display fidelity
- Frequency response
- Δ RF Input attenuator
- Δ Reference level
- Δ Resolution bandwidth
- Δ CRT scaling

Relative Amplitude in dB

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analysis Basics CMB SA88.ppt

10-88  
23

Εικόνα 67: Ακρίβεια πλάτους

Τώρα θα εξετάσουμε την ακρίβεια πλάτους.

Οι περισσότεροι αναλυτές φάσματος ορίζονται με όρους απόλυτης και σχετικής ακρίβειας πλάτους. Μίας και η σχετική απόδοση του αναλυτή επηρεάζει και τους δύο τύπους ακρίβειας, θα μιλήσουμε πρώτα για αυτήν.

Όταν κάνουμε σχετικές μετρήσεις σε ένα εισερχόμενο σήμα, χρησιμοποιούμε ένα μέρος του σήματος σαν αναφορά. Για παράδειγμα κάνοντας μετρήσεις παραμόρφωσης δεύτερης αρμονικής, χρησιμοποιούμε το βασικό-θεμελιώδες σήμα σαν αναφορά. Απόλυτες τιμές δεν μας ενδιαφέρουν, μας ενδιαφέρει μόνο το πόσο διαφέρει η δεύτερη αρμονική σε σχέση με το θεμελιώδες σήμα.

Η σχετική ακρίβεια πλάτους εξαρτάται από : ποιότητα απεικόνισης (Display fidelity) και την απόκριση συχνότητας (frequency response) όπου και επηρεάζουν άμεσα την ακρίβεια πλάτους. Τα άλλα τέσσερα πρόκειται για διαδικασίες που γίνονται κατά την διάρκεια μιας μέτρησης, και έτσι επηρεάζουν αρνητικά μόνο όταν αλλάζουν.



### 5.8.2.1. Ποιότητα απεικόνισης

Slide #24

## Specifications

Accuracy: Relative Amplitude Accuracy - Display Fidelity

- Applies when signals are not placed at the same reference amplitude
- Display fidelity includes
  - Log amplifier or linear fidelity
  - Detector linearity
  - Digitizing circuit linearity
- Technique for best accuracy

Relative Amplitude in dB

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analysis Basics CMB 5A98.ppt

10-88  
24

**Εικόνα 68: Ποιότητα απεικόνισης**

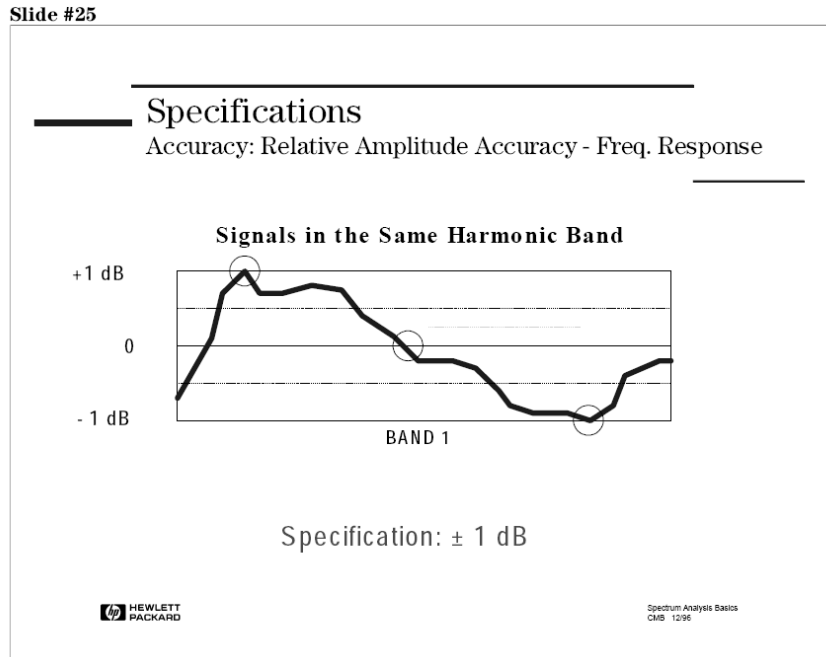
Η ποιότητα απεικόνισης (Display fidelity) επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Μέσα σε αυτούς είναι ο λογαριθμικός ενισχυτής (log amplifier), ο ανιχνευτής και τα κυκλώματα ψηφιοποίησης. Η οθόνη CRT από μόνη της δεν είναι παράγοντας για τους αναλυτές που χρησιμοποιούν τεχνικές ψηφιοποίησης και προσφέρουν ψηφιακά σημάδια (markers), γιατί η πληροφορία της θέσης ενός σημαδιού (marker) παίρνεται από την μνήμη trace, και όχι από την οθόνη CRT. Η ποιότητα απεικόνισης είναι καλύτερη σε μικρές διαφορές πλάτους, και ζώνες από μερικά δέκατα του dB για κοντινά πλάτη σημάτων μέχρι και 2dB για μεγάλες αποστάσεις πλατών.

Μια τεχνική για την βελτίωση της ακρίβειας του πλάτους είναι να ορίσουμε το πρώτο σήμα σαν σήμα αναφοράς χρησιμοποιώντας λειτουργίες του αναλυτή, και να χρησιμοποιήσουμε σημάδια (markers) για να διαβάσουμε την τιμή του πλάτους. Στην συνέχεια μετακινούμε το δεύτερο σήμα στο ίδιο σημείο αναφοράς και υπολογίζουμε την διαφορά.



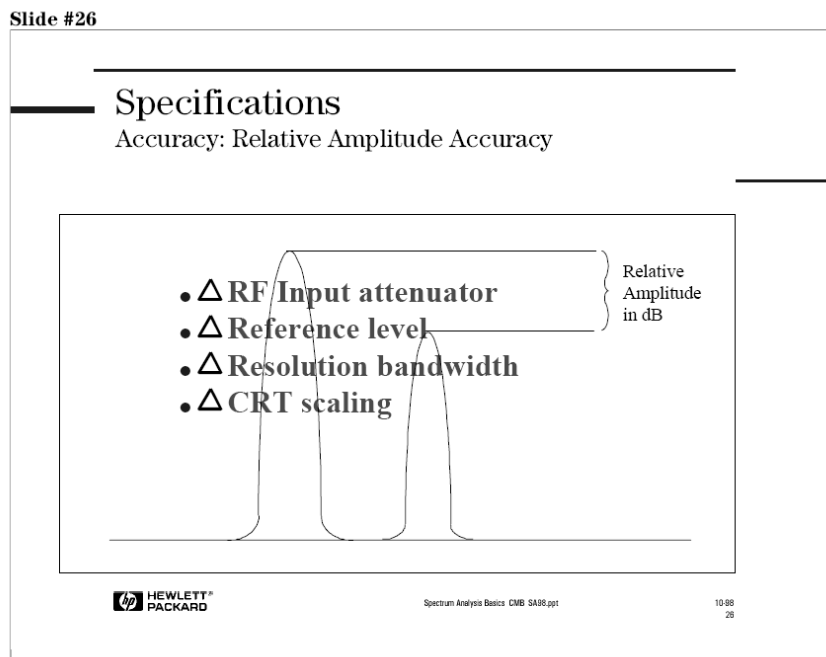


### 5.8.2.2. Απόκριση συχνότητας



Εικόνα 69: Απόκριση συχνότητας

Η απόκριση συχνότητας, ή η “ομαλότητα” του αναλυτή φάσματος, επίσης παίζει ρόλο σε σχετικές αβεβαιότητες πλάτους και είναι εξαρτώμενη από το πεδίο συχνότητας. Ένας αναλυτής φάσματος RF χαμηλής απόκρισης (χαμηλών συχνοτήτων), μπορεί να έχει απόκριση συχνότητας  $\pm 0.5$  dB. Από την άλλη μεριά, ένας μικροκυματικός αναλυτής φάσματος (απόκρισης-υψηλών συχνοτήτων), με συντονισμό στα 20GHz μπορεί να έχει απόκριση συχνότητας  $\pm 4$  dB!



Εικόνα 70: Σχετική ακρίβεια πλάτους



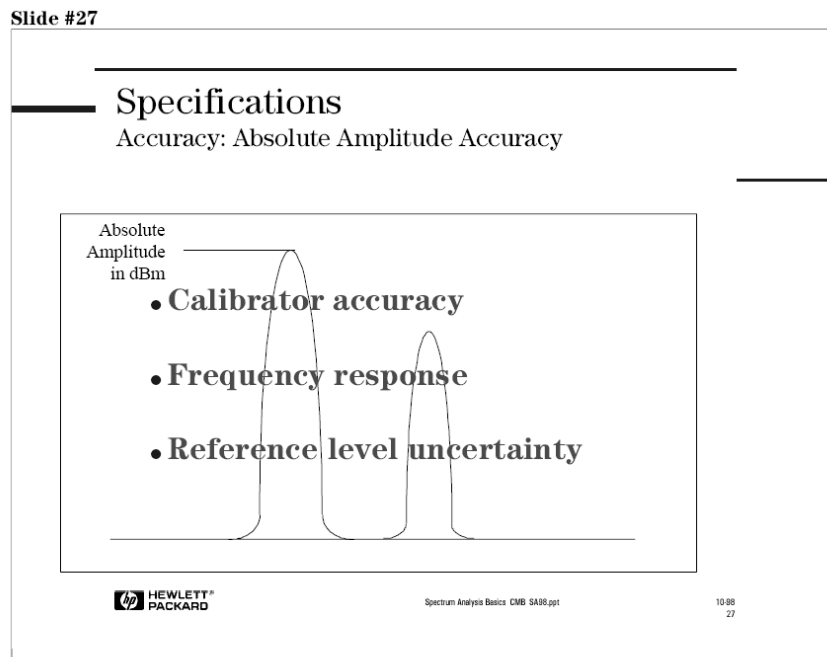
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, οι 4 προδιαγραφές παραπάνω επηρεάζουν αρνητικά την ακρίβεια μιας μέτρησης όταν αλλάζονται κατά την διάρκεια μιας μέτρησης, και μπορούν να εξαλειφθούν αν μείνουν απείραχτες.

Επειδή ένας εξασθενητής εισόδου RF (RF Input attenuator) πρέπει να επιδρά σε όλο το συχνοτικό εύρος του αναλυτή, η ακρίβεια βήματος του είναι συνάρτηση της συχνότητας. Σε χαμηλές RF συχνότητες, περιμένουμε τον εξασθενητή να ανταποκρίνεται πολύ καλά, στα 20GHz όχι τόσο καλά.

Το κέρδος-gain IF (ή reference level control) έχει αβεβαιότητες επίσης, αλλά είναι πιο ακριβές σε σχέση με τον εξασθενητή εισόδου (RF Input attenuator) επειδή επιδρά σε μια μόνο συχνότητα.

Μιας και διαφορετικά φίλτρα έχουν διαφορετικές απώλειες εισόδου, με τον να αλλάζουμε το RBW (Resolution Bandwidth) μπορούμε να επηρεάσουμε αρνητικά την ακρίβεια.

Τέλος, αλλάζοντας την ανάλυση της οθόνης π.χ από 10dB/div σε 1 dB/div ή σε γραμμικό, μπορεί να εισάγει αβεβαιότητα στην μέτρηση πλάτους.

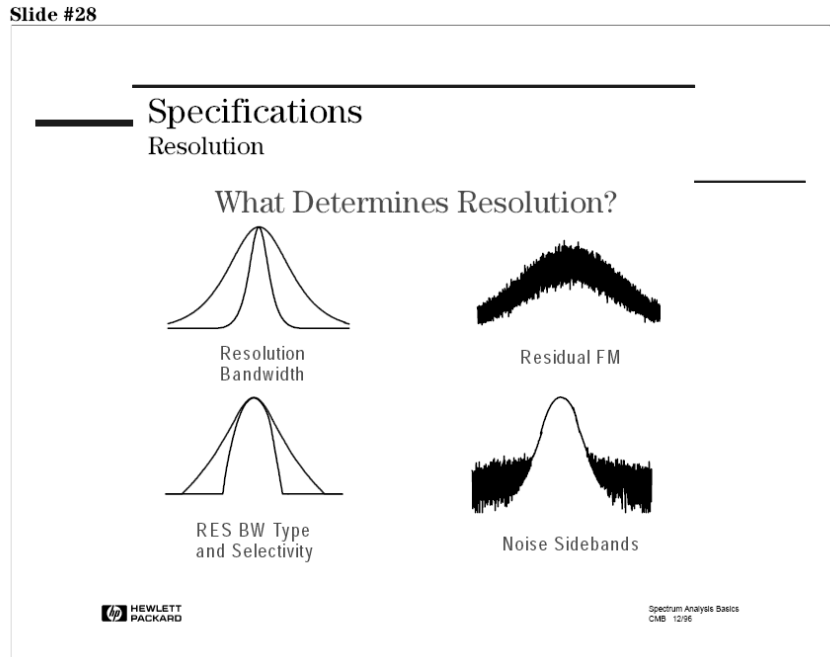


Εικόνα 71: Απόλυτη ακρίβεια πλάτους

Η απόλυτες μετρήσεις πλάτους είναι ουσιαστικά μετρήσεις σχετικές σε ένα εσωτερικά παραγόμενο σήμα γνωστού πλάτους και συχνότητας (σήμα βαθμονόμησης - calibrator). Οι περισσότεροι αναλυτές φάσματος έχουν ένα τέτοιο σήμα (calibrator). Μιας και το σήμα calibrator λειτουργεί σε μια συχνότητα, στηρίζομαστε στην σχετική ακρίβεια του αναλυτή για να επεκτείνουμε το σήμα calibrator σε άλλες συχνότητες και πλάτη. Μια συνηθισμένη μέτρηση με σήμα calibrator έχει μια αβεβαιότητα της τάξεως των  $\pm 0.3$  dB.



### 5.8.3. Ανάλυση (resolution)

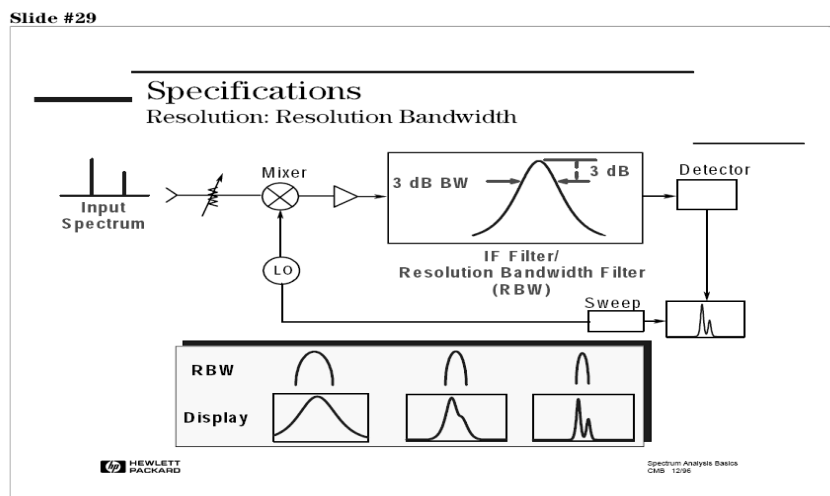


Εικόνα 72: Ανάλυση

Η ανάλυση (resolution) είναι μια σημαντική προδιαγραφή όταν προσπαθούμε να μετρήσουμε σήματα κοντινά μεταξύ τους και θέλουμε να μπορούμε να τα ξεχωρίζουμε το ένα από το άλλο με επιτυχία. Είδαμε ότι το εύρος ζώνης του IF φίλτρου λέγεται και RBW (resolution bandwidth). Αυτό γιατί το εύρος του IF φίλτρου και το σχήμα του είναι αυτό καθορίζει το πόσο ευδιάκριτα θα είναι τα σήματα.

Επιπρόσθετα το εύρος του φίλτρου, η επιλεκτικότητα (selectivity), ο τύπος του φίλτρου, η τυπική απόκλιση FM, και ο θόρυβος της πλευρικής μπάντας (sideband noise) είναι παράγοντες που πρέπει να μας προβληματίσουν εξετάζοντας την ανάλυση. Θα εξετάσουμε όλα τα παραπάνω στην συνέχεια.

### 5.8.4. Resolution Bandwidth



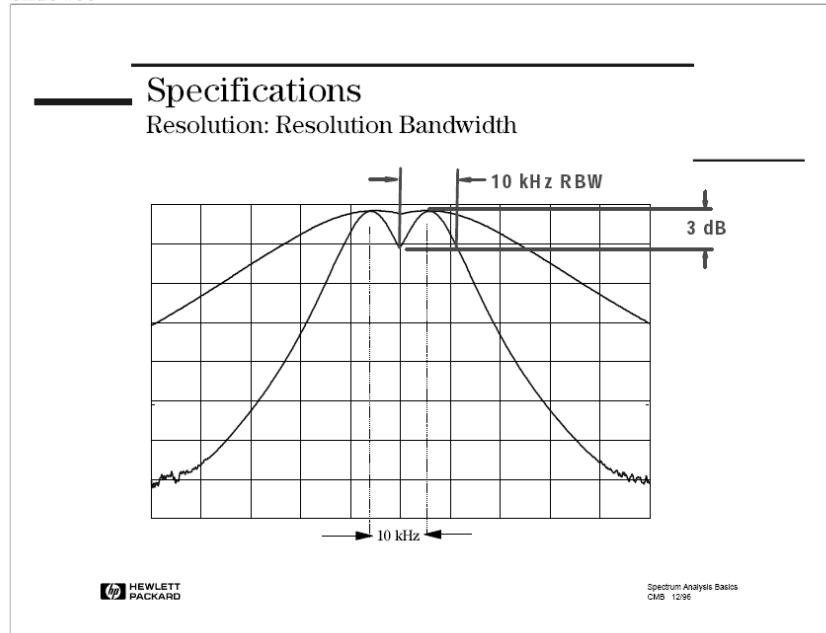
Εικόνα 73: Ανάλυση εύρους ζώνης



Μια από τις πρώτες παρατηρήσεις που κάνουμε βλέποντας ένα σήμα στην οθόνη του παλμογράφου είναι ότι δεν μπορεί να απεικονιστεί σαν μια λεπτή γραμμή άπειρου μήκους. Έχει κάποιο φάρδος στην οθόνη. Αυτό το φαινόμενο προέρχεται από το “σκανάρισμα” (tracing) του αναλυτή του IF φίλτρου του, κατά την διάρκεια συντονισμού με ένα σήμα. Έτσι αν αλλάξουμε το εύρος ζώνης του φίλτρου, αλλάζει και το φάρδος της απεικονιζόμενης απόκρισης. Οι προδιαγραφές ενός αναλυτή Hewlett Packard ορίζουν 3dB εύρος ζώνης. Μερικοί άλλοι κατασκευαστές ορίζουν 6dB εύρος ζώνης.

Αυτό το σενάριο ενισχύει την ιδέα το εύρος και σχήμα του IF φίλτρου είναι αυτό που καθορίζει το πόσο ευδιάκριτα θα είναι δύο (2) κοντινά σήματα μεταξύ τους.

Slide #30



Εικόνα 74: Προδιαγραφές ανάλυσης εύρους ζώνης

Όταν μετράμε δύο σήματα ίσου πλάτους (amplitude), η τιμή του επιλεγμένου RBW (resolution bandwidth) μας πληροφορεί για το πόσο κοντά μπορεί να είναι μεταξύ τους τα σήματα και να μπορούν να ξεχωρίζουν το ένα από το άλλο. Για παράδειγμα, αν δύο σήματα διαφέρουν μεταξύ τους για 10kHz, 10kHz RBW μπορεί εύκολα να διαχωρίσει τις αποκρίσεις. Παρ’ όλα αυτά, με πλατύτερο RBW, τα δύο σήματα μπορεί να εμφανιστούν σαν ένα.

Γενικά, δύο σήματα ίσου πλάτους, μπορούν να αναλυθούν αν η απόστασή τους είναι μεγαλύτερη ή ίση με το 3dB εύρος ζώνης του επιλεγμένου RBW φίλτρου(resolution bandwidth filter).

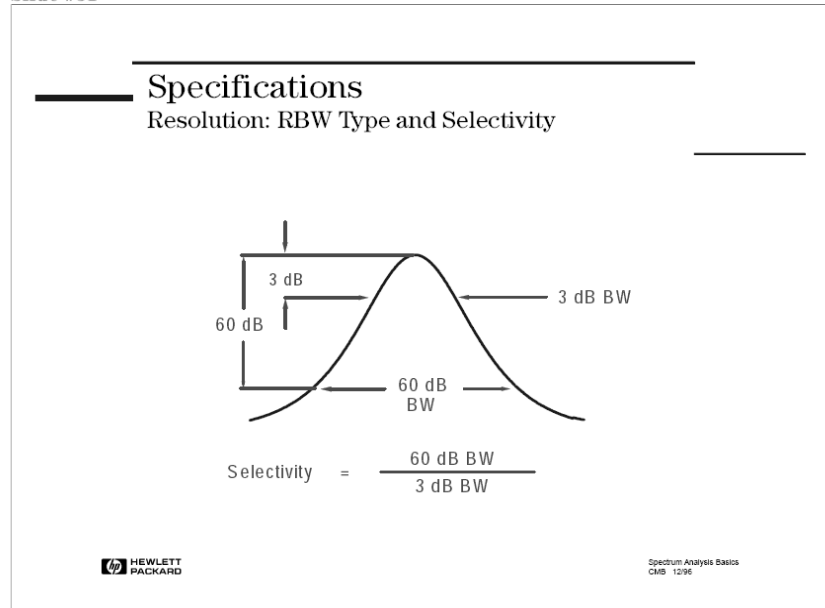
### 5.8.5. Επιλεκτικότητα (selectivity)

Η επιλεκτικότητα (selectivity) είναι το σημαντικό χαρακτηριστικό για να διαχωρίζουμε σήματα διαφορετικού πλάτους. Τυπικές τιμές επιλεκτικότητας ξεκινούν από 11:1 και φτάνουν μέχρι 15:1 για αναλογικά φίλτρα, και 5:1 για ψηφιακά φίλτρα.

Συνήθως εξετάζουμε σήματα διαφορετικού πλάτους.

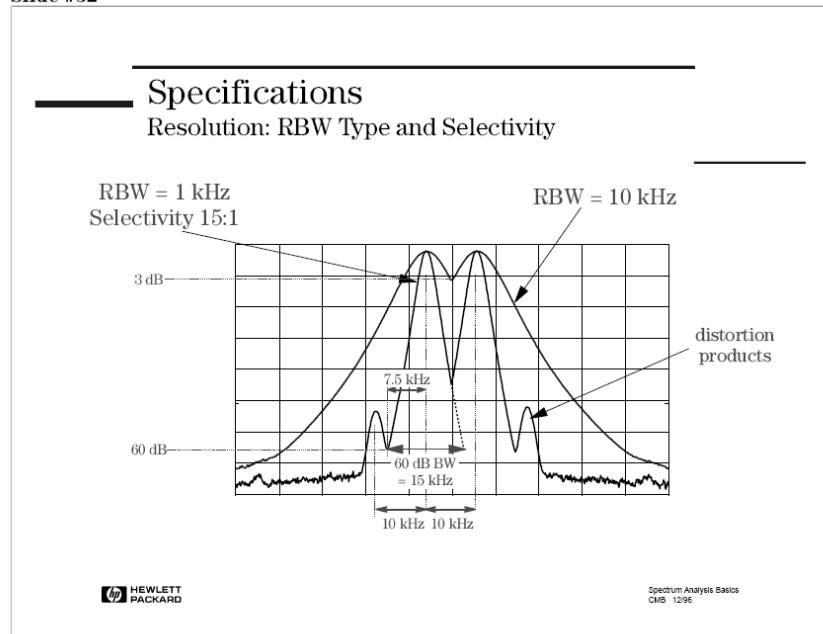


Slide #31



Εικόνα 75: Επιλεκτικότητα

Slide #32



Εικόνα 76: Προδιαγραφές επιλεκτικότητας

Για παράδειγμα, έστω ότι κάνουμε ένα τεστ δύο διαφορετικών τόνων (two-tone) όπου τα σήματα διαχωρίζονται κατά 10kHz. Με ένα RBW των 10kHz, το ξεκαθάρισμα των δύο τόνων ίσου πλάτους δεν είναι πρόβλημα όπως είδαμε. Αλλά οι παραμορφώσεις, που μπορεί να είναι 50 dB κάτω και 10kHz μακρύτερα, δεν θα φαίνονται.

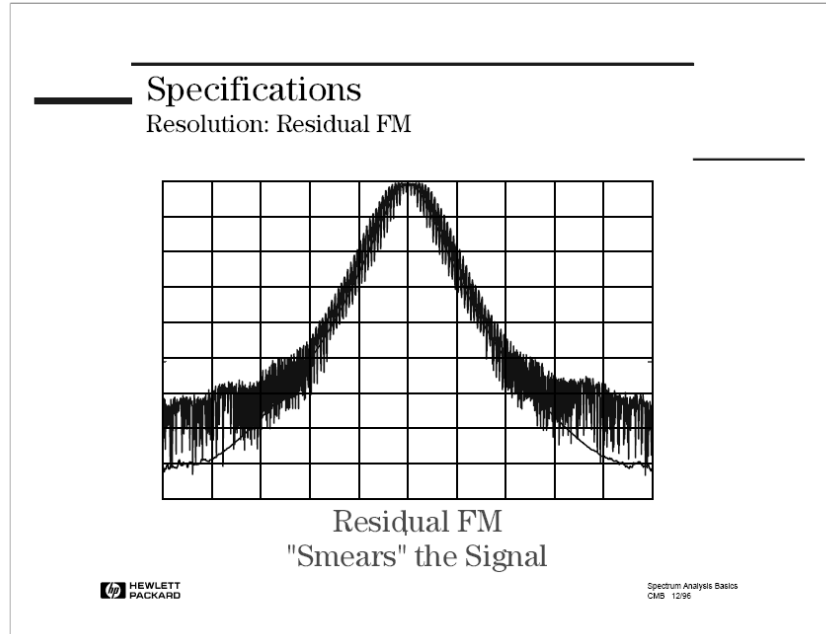
Ας δοκιμάσουμε ένα RBW των 3 kHz το οποίο έχει επιλεκτικότητα 15:1. Το πλάτος του φίλτρου 60dB χαμηλότερα είναι 45kHz (15 x 3kHz), έτσι η παραμορφώσεις χάνονται κάτω από την απόκριση του τεστ τόνου. Αν προσπαθήσουμε με στενότερο φίλτρο (πχ 1kHz φίλτρο) τα 60dB εύρος είναι 15kHz (15 x 1kHz), και οι παραμορφώσεις είναι εύκολα ορατές. Έτσι το απαιτούμενο RBW για την μέτρηση πρέπει να είναι μικρότερο από 1 kHz.

Αυτό μας λει, ότι δύο σήματα όχι ίσα σε πλάτος κατά 60dB πρέπει να χωριστούν μέχρι τουλάχιστον το μισό του εύρους των 60dB για να διακρίνουμε το μικρότερο σήμα. Έτσι, η



επιλεκτικότητα (selectivity) είναι το κλειδί για να καθορίζουμε την ανάλυση (resolution) άνισων σε πλάτος σημάτων.

Slide #33



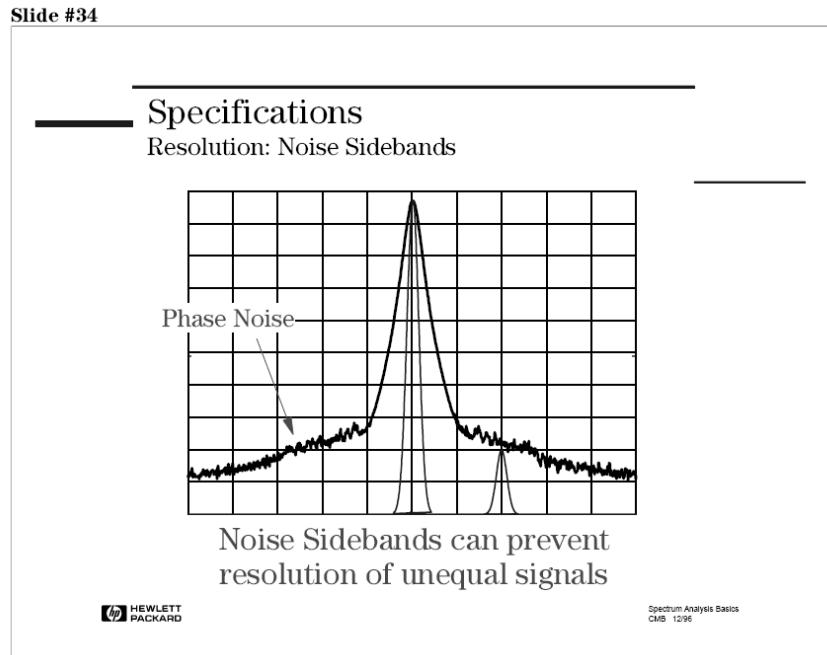
**Εικόνα 77: Προδιαγραφές υπολοίπου FM**

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ανάλυση (resolution) είναι η σταθερότητα (stability) συχνότητας του τοπικού ταλαντωτή του αναλυτή φάσματος. Αυτή η εγγενής μη σταθερότητα συχνότητας ενός ταλαντωτή λέγεται residual FM. Αν το RBW του αναλυτή φάσματος είναι λιγότερο από το peak-to-peak FM, τότε το φαινόμενο residual FM εμφανίζεται, και το σήμα φαίνεται σαν “μουντζουρωμένο” (smearing). Δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί για το αν φταίει το σήμα ή το LO για αυτή την αστάθεια. Επιπλέον, το “μουντζούρωμα” αυτό, δυσχεραίνει πολύ την προσπάθεια μας να ξεχωρίσουμε δύο σήματα μεταξύ τους.

Εφαρμόζοντας κλείδωμα φάσης (phase locking) σε μία μέτρηση, μπορούμε να μειώσουμε το φαινόμενο residual FM.



### 5.8.6. Θόρυβος πλευρικών



Εικόνα 78: θόρυβος πλευρικών

Η υπολειπόμενη αστάθεια εμφανίζεται σαν θόρυβος πλευρικών (sidebands noise) στην βάση της απόκρισης του σήματος. Αυτός ο θόρυβος μπορεί να καλύψει σήματα χαμηλού πλάτους που αλλιώς θα ήταν ευδιάκριτα. Ο θόρυβος πλευρικών επηρεάζει την ανάλυση μιας μεγεθυσμένης εικόνας ενός σήματος χαμηλής στάθμης πλάτους.

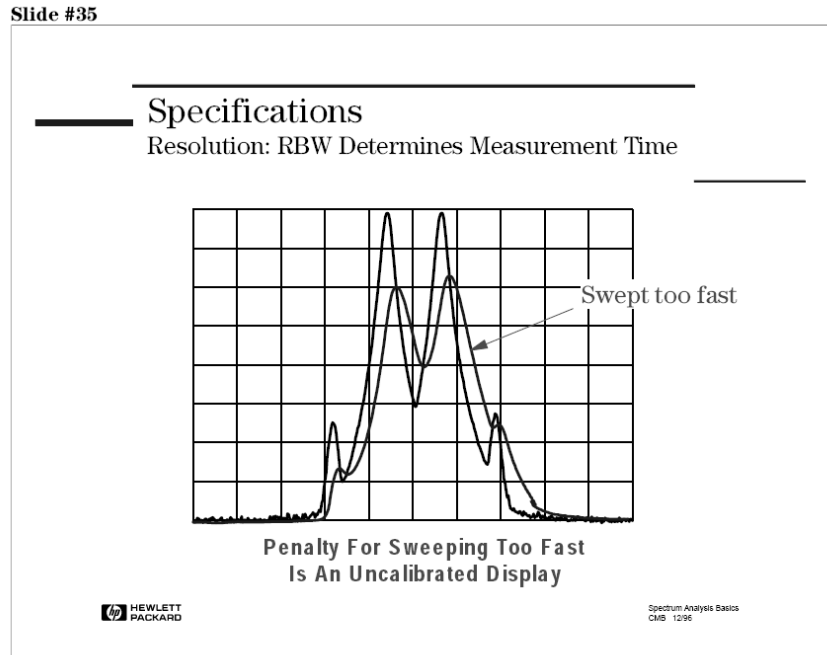
Ο θόρυβος πλευρικών έχει μονάδες dBc ή dB σχετιζόμενο με ένα φέρον και εμφανίζεται μόνο όταν το σήμα είναι αρκετά πάνω από την στάθμη θορύβου του συστήματος. Αυτός είναι ο απώτατος περιορισμός στις δυνατότητες ενός αναλυτή να ξεκαθαρίσει σήματα άνισα σε πλάτος. Το παραπάνω σχήμα μας δείχνει ότι αν και έχουμε καθορίσει ότι θα μπορούμε να δούμε ξεκάθαρα τα δύο σήματα σε εύρος 3dB και επιλεκτικότητα (selectivity), δυστυχώς παρατηρούμε ότι ο θόρυβος πλευρικών καλύπτει το μικρότερο σήμα.

Η προδιαγραφή θορύβου πλευρικών είναι συνήθως κανονικοποιημένη στο 1Hz RBW. Επομένως, αν χρειαστεί να μετρήσουμε ένα σήμα 50dB κάτω από ένα φορέα στα 10 kHz offset σε 1 kHz RBW, θα χρειαστούμε η προδιαγραφή του αναλυτή για τον θόρυβο πλευρικών να είναι  $\pm -80$  dBc/1Hz RBW στα 10kHz offset.





### 5.8.7. Χρόνος Σάρωσης



Εικόνα 79: Χρόνος σάρωσης

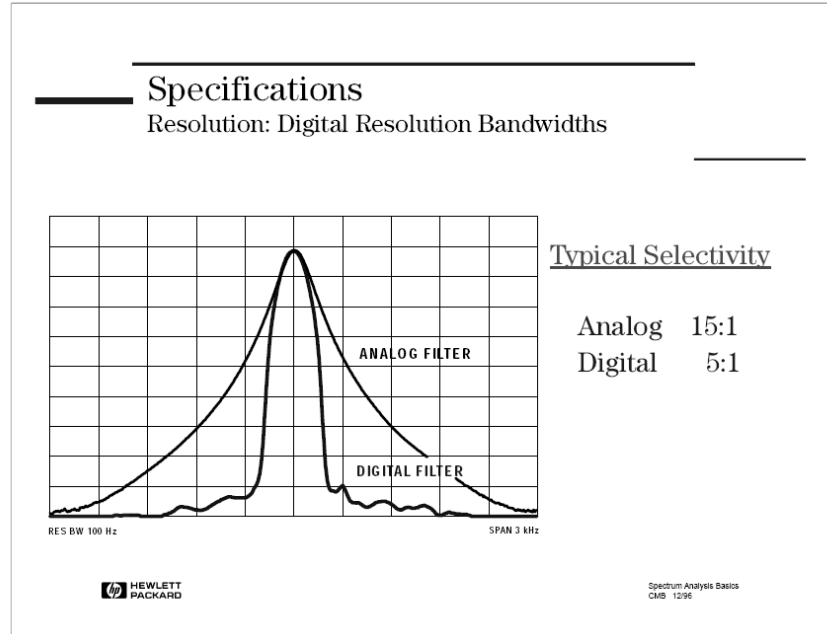
Όταν “στενεύουμε” το RBW για να έχουμε καλύτερη ανάλυση, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τον χρόνο που χρειάζεται για να “σαρωθεί”. Αφού αυτά τα φίλτρα περιορίζονται από το εύρος ζώνης, χρειάζονται ένα πεπερασμένο χρόνο για να ανταποκριθούν σωστά. Στενότερα φίλτρα απαιτούν μεγαλύτερους χρόνους απόκρισης. Όταν ο χρόνος σάρωσης είναι λίγος, τα RBW φίλτρα δεν μπορούν να ανταποκριθούν, και η απεικόνιση του σήματος γίνεται μη-καλιμπραρισμένη (uncalibrated) σε πλάτος και συχνότητα, το πλάτος γίνεται μικρότερο και η συχνότητα μεγαλύτερη εξαιτίας της καθυστέρησης μέσα στο φίλτρο.

Οι μεταγενέστεροι αναλυτές φάσματος έχουν την λειτουργία auto-coupled sweeptime που επιλέγει αυτόματα το ταχύτερο δυνατό χρόνο σάρωσης βασισμένο στις τιμές Span, RBW και VBW.

Οι αναλυτές φάσματος συνήθως έχουν μια ακολουθία 1-10 ή μια 1-3-10 από RBWs, μερικοί έχουν βήματα ανά 10%. Περισσότερες στάθμες RBWs είναι προτιμότερες γιατί επιτρέπουν να επιλέγουμε την κατάλληλη ανάλυση για να γίνει η μέτρηση στον γρηγορότερο χρόνο σάρωσης που είναι δυνατόν. Για παράδειγμα, αν μια ανάλυση 1kHz (1sec χρόνος σάρωσης) δεν είναι αρκετή, μια ακολουθία 1-3-10 μπορεί να κάνει την μέτρηση σε 300Hz Res BW (10sec χρόνος σάρωσης), ενώ μια ακολουθία 1-10 πρέπει να χρησιμοποιήσει 100Hz Res BW (100sec χρόνος σάρωσης)!



Slide #36



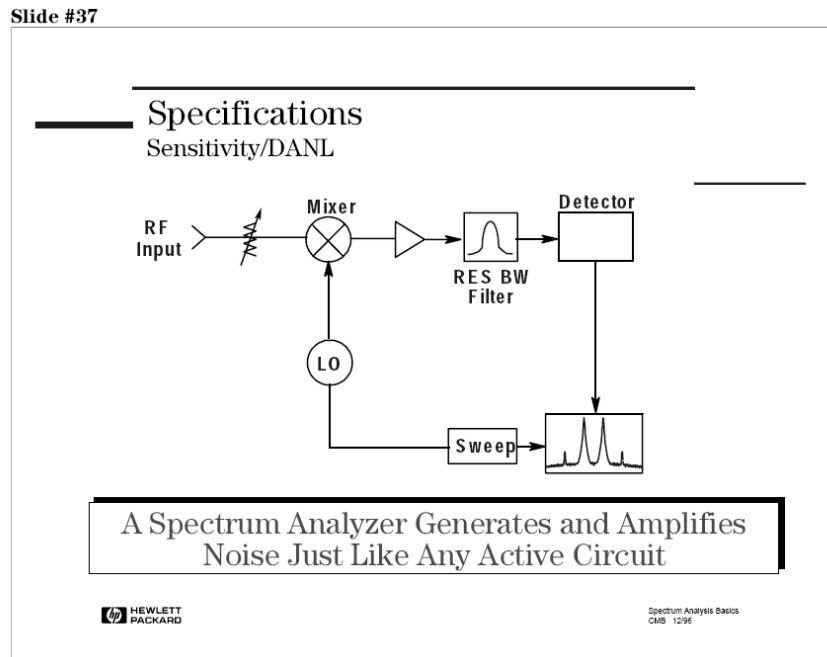
Εικόνα 80: Ψηφιακή ανάλυση εύρους ζώνης

Το τελευταίο που πρέπει να θυμόμαστε πριν κλείσουμε το θέμα με την ανάλυση είναι ότι αναλυτές φάσματος που χρησιμοποιούν φίλτρα IF βασισμένα σε DSP (digital signal processing) έχουν άριστη επιλεκτικότητα (selectivity) και ταχύτητα μέτρησης. Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει ακριβώς αυτό. Για παράδειγμα, με 100Hz RBW, ένα ψηφιακό φίλτρο είναι 3.1 φορές ταχύτερο από ένα αντίστοιχο αναλογικό.

RBW	Βελτίωση Ταχύτητας
100 Hz	3.1
30 Hz	14.4
10 Hz	52.4
3 Hz	118
1 Hz	84



### 5.8.8. Ευαισθησία



Εικόνα 81: Ευαισθησία

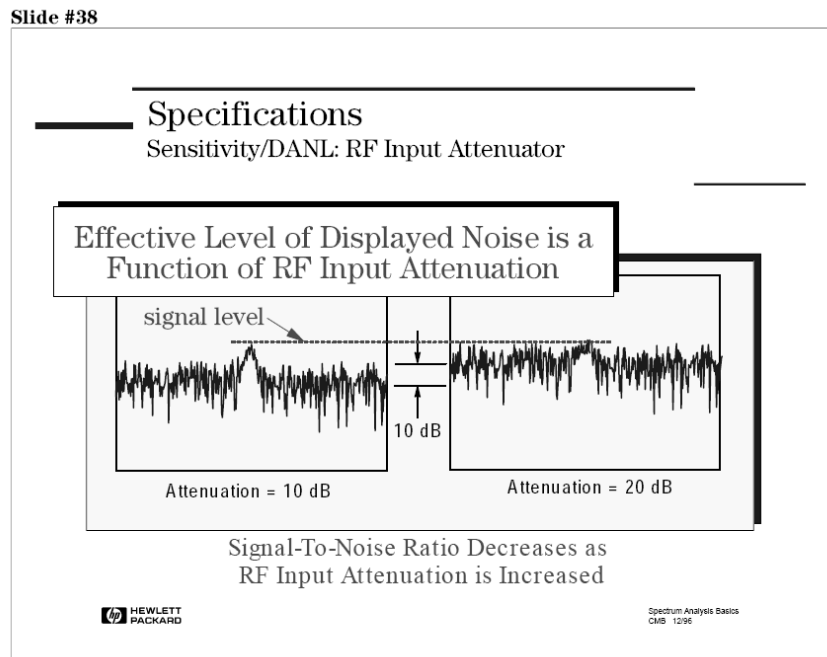
Μια από τις βασικές χρήσεις ενός αναλυτή φάσματος είναι να ψάξει και να μετρήσει σήματα χαμηλού πλάτους. Η ευαισθησία (sensitivity) οποιουδήποτε δέκτη είναι μια ένδειξη του πόσο καλά μπορεί να μετρήσει μικρά σήματα. Ο ιδανικός δέκτης δεν προσθέτει θόρυβο στον θερμικό θόρυβο που προϋπάρχει σε όλα τα ηλεκτρονικά συστήματα, εκφράζεται με  $kTB$  ( $k$ =Σταθερά Boltzman,  $T$ =Θερμοκρασία, και  $B$ =Εύρος ζώνης). Στην πράξη, όλοι οι δέκτες, συμπεριλαμβανομένου τους αναλυτές φάσματος, προσθέτουν ένα ποσοστό εσωτερικά παραγόμενου θορύβου.

Οι αναλυτές φάσματος συνήθως χαρακτηρίζουν τον εσωτερικό θόρυβο απεικονίζοντας το μέσο όρο του επιπέδου του θορύβου σε dBm, με την μικρότερη δυνατή τιμή του RBW. Ένα σήμα κάτω από το αυτό το επίπεδο θορύβου είναι αδύνατο να ανιχνευτεί. Μια γενική τιμή της ευαισθησίας είναι της τάξης από 90dBm έως -145dBm.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την ευαισθησία του αναλυτή μας έτσι ώστε να αποφασίζουμε αν θα μετρήσει σωστά ένα σήμα χαμηλού πλάτους-έντασης.



### 5.8.9. RF εξασθενητής εισόδου



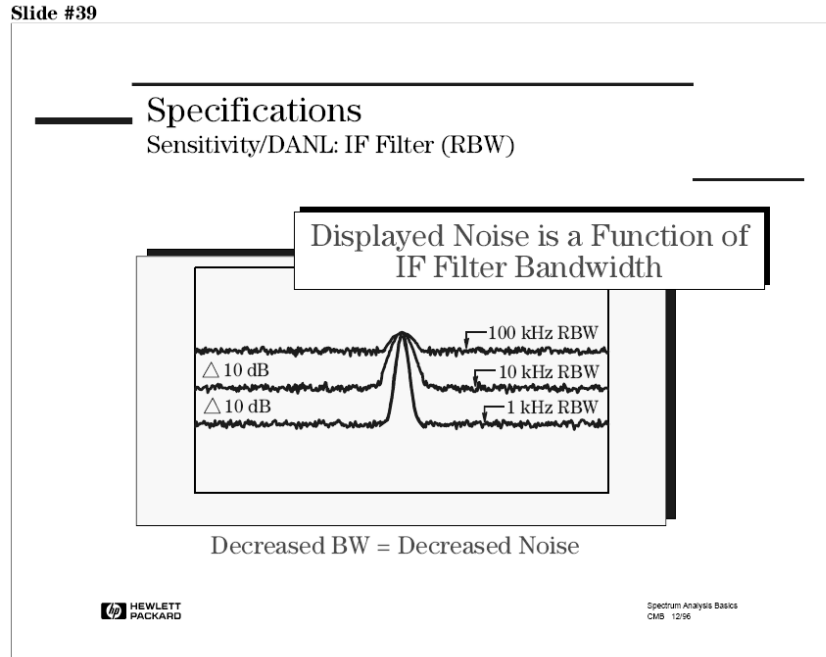
Εικόνα 82: RF εξασθενητής εισόδου

Μία άλλη πλευρά του εσωτερικού θορύβου του αναλυτή που συνήθως παραβλέπεται, είναι το πεδίο δράσης του, σαν συνάρτηση της ρύθμισης του RF εξασθενητή εισόδου. Αφού ο εσωτερικός θόρυβος παράγεται μετά τον μίκτη, ο εξασθενητής εισόδου RF δεν έχει επίδραση στο γενικό επίπεδο θορύβου. Παρ' όλα αυτά, ο εξασθενητής εισόδου RF επηρεάζει το πλάτος του σήματος στην είσοδο και έτσι μειώνει το SNR του αναλυτή. Το καλύτερο SNR πετυχαίνεται με την χαμηλότερη εξασθένιση εισόδου RF.

Παρατηρούμε στην εικόνα, ότι η απεικονιζόμενη στάθμη πλάτους, δεν πέφτει χαμηλότερα με αυξημένη την εξασθένιση. Θυμόμαστε από την Θεωρία ότι ο RF εξασθενητής εισόδου και το IF gain είναι “δεμένα” μεταξύ τους. Έτσι αυξάνοντας την RF εξασθένιση εισόδου 10dB, το IF gain θα αυξηθεί ταυτόχρονα 10dB για να αντισταθμίσει την απώλεια. Το αποτέλεσμα είναι ότι το σήμα στην οθόνη μένει σταθερό, αλλά το επίπεδο θορύβου αυξάνει 10dB.

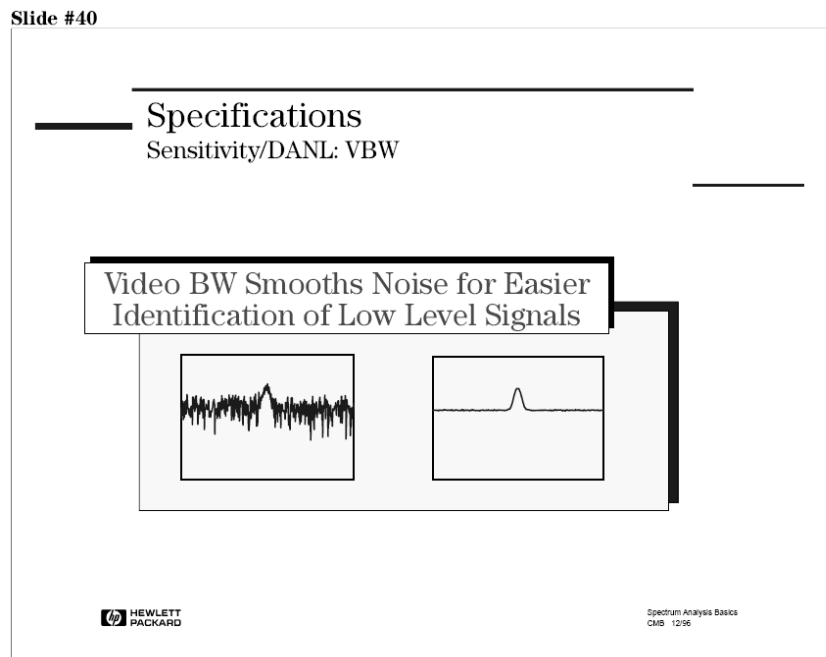
### 5.8.10. IF Φίλτρο

Αυτός ο εσωτερικά παραγόμενος θόρυβος σε μια συσκευή ανάλυσης φάσματος είναι θερμικής φύσης, δηλαδή είναι τυχαίος και δεν έχει κανένα ιδιαίτερο φασματικό συστατικό. Επίσης, η στάθμη του είναι επίπεδη πέρα από ένα εύρος συχνότητας που είναι πλατύτερο σε σύγκριση με το επιλεγμένο RBW. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός θόρυβος που φθάνει στον ανιχνευτή (και απεικονίζεται) συσχετίζεται με το RBW που έχει επιλεγεί. Δεδομένου ότι ο θόρυβος είναι τυχαίος, η σχέση μεταξύ του απεικονιζόμενου επιπέδου θορύβου και RBW είναι λογαριθμική με βάση το δέκα. Με άλλα λόγια, εάν το RBW αυξάνεται (ή μειώνεται) κατά έναν παράγοντα επί δέκα φορές, δέκα φορές ενέργεια περισσότερος (ή λιγότερος) θόρυβος φτάνει στον ανιχνευτή, ο μέσος όρος του απεικονιζόμενου θορύβου (Displayed Average Noise Level - DANL) αυξάνεται (ή μειώνεται) κατά 10 dB.



Εικόνα 83: IF φίλτρο

### 5.8.11. Video φίλτρο

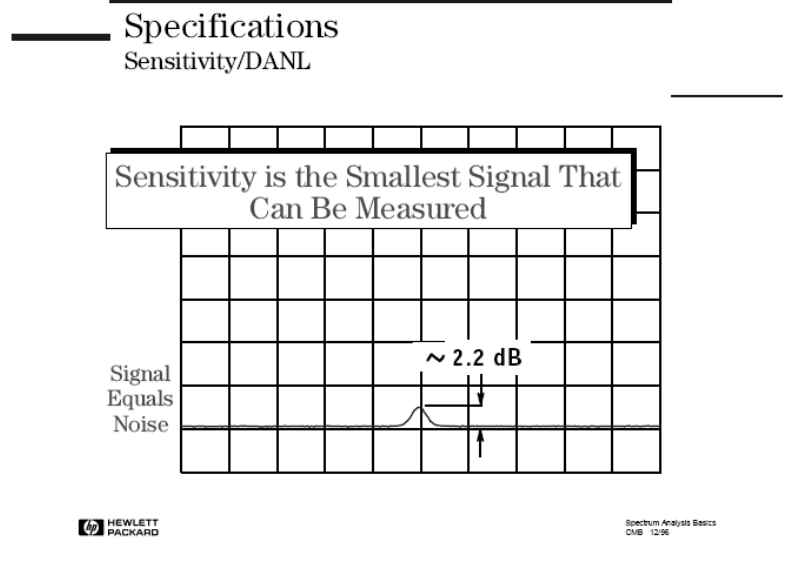


Εικόνα 84: Video φίλτρο

Στην Θεωρία μάθαμε πώς το video φίλτρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να ομαλοποιήσει τον θόρυβο για τον ευκολότερο προσδιορισμό των σημάτων χαμηλού επιπέδου-πλάτους. Δεδομένου ότι μιλάμε για τη μέτρηση των σημάτων χαμηλού επιπέδου-πλάτους, θα το επαναλάβουμε εδώ. Το VBW, εντούτοις, δεν επηρεάζει την ανάλυση (resolution) συχνότητας του αναλυτή (όπως το RBW), και επομένως η αλλαγή του VBW δεν βελτιώνει την ευαισθησία. Όμως, βελτιώνει το πόσο ευδιάκριτες θα είναι μετρήσεις με χαμηλό SNR.



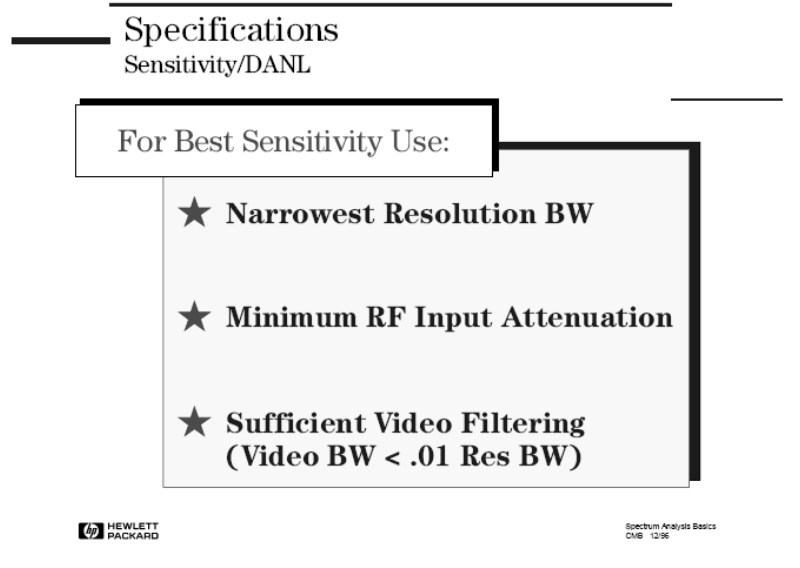
Slide #41



Εικόνα 85: Προδιαγραφές ευαισθησίας /DANL.(1)

Ένα σήμα του οποίου η στάθμη πλάτους είναι ίσο με το μέσο όρο του απεικονιζόμενου θορύβου (DANL), θα εμφανιστεί προσεγγιστικά σαν ένα 2.2dB “καρούμπαλο” πάνω από το μέσο όρο του απεικονιζόμενου θορύβου. Αυτό θεωρείται ότι είναι και η ελάχιστη στάθμη μετρήσιμου σήματος. Παρ, όλα αυτά, θα δούμε το σήμα μόνο αν χρησιμοποιούμε φίλτρο video ώστε να μετριάσουμε τον θόρυβο.

Slide #42



Εικόνα 86: Προδιαγραφές ευαισθησίας /DANL .(2)

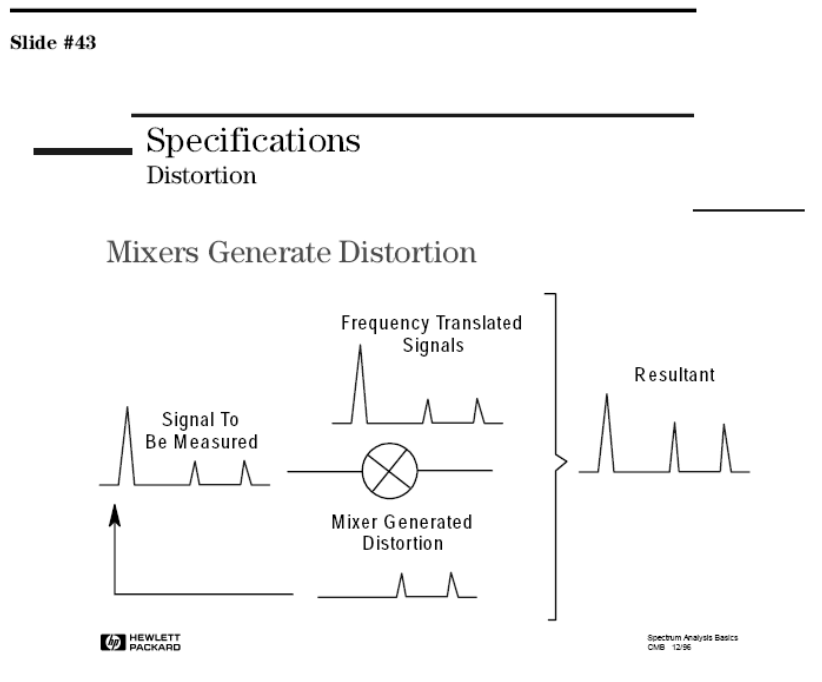
Σύμφωνα με αυτά που μάθαμε, καταλαβαίνουμε ότι η καλύτερη ρύθμιση της ευαισθησίας επιτυγχάνεται σε:



- 1) στενότερο RBW
- 2) ελάχιστη εξασθένιση εισόδου RF
- 3) χρησιμοποιώντας φίλτρο video

Προσέχετε όμως, η βελτιστοποίηση της ρύθμισης της ευαισθησίας μπορεί να έρθει σε αντίθεση με άλλες προδιαγραφές μέτρησης. Για παράδειγμα, μικρότερη ρύθμιση του RBW μπορεί να αυξήσει κατά πολύ τον χρόνο της μέτρησης. Επιπλέον, μηδενική εξασθένιση της εισόδου μπορεί να μειώσει την ακρίβεια της μέτρησης.

### 5.8.12. Παραμορφώση



Εικόνα 87: Παραμόρφωση

Αν και οι μετρήσεις παραμορφώσεων, όπως η ενδοδιαμόρφωση (intermodulation) τρίτης τάξεως και η αρμονική παραμόρφωση, είναι κοινές μετρήσεις για το χαρακτηρισμό συσκευών, ο ίδιος ο ανάλυσης φάσματος παράγει επίσης παραμορφώσεις, και θα διαταράξει ενδεχομένως τη μέτρηση.

Οι παραμορφώσεις ενός ανάλυσης φάσματος διευκρινίζονται από τον κατασκευαστή, είτε άμεσα, είτε συσσωρεύονται σε μια προδιαγραφή δυναμικής περιοχής όπως θα δούμε σύντομα.

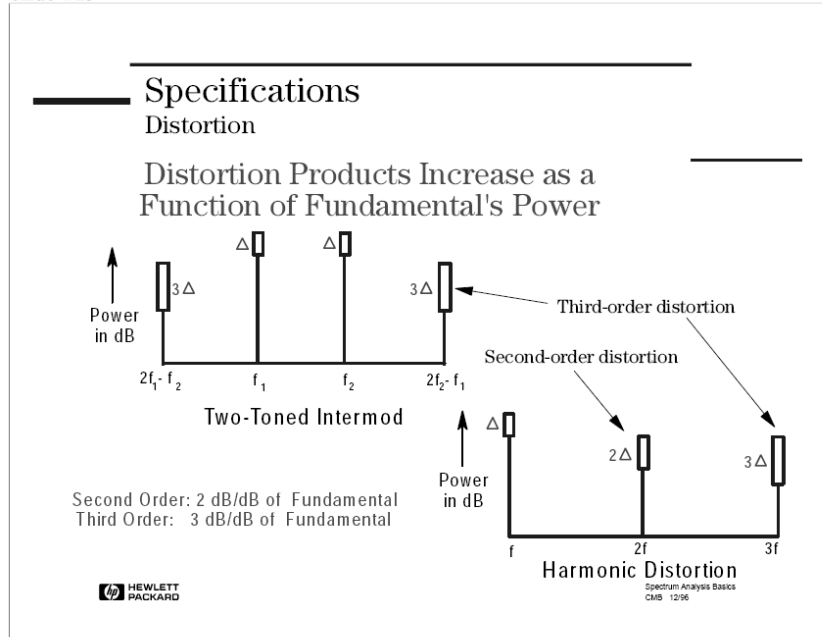
Επειδή οι μίκτες είναι μη γραμμικές συσκευές, παράγουν εσωτερικές παραμορφώσεις. Αυτές οι εσωτερικές παραμορφώσεις μπορούν, στη χειρότερη περίπτωση, να καλύψουν εντελώς την εξωτερική παραμόρφωση της συσκευής. Αλλά ακόμα και όταν είναι η εσωτερική παραμόρφωση έχει στάθμη χαμηλότερη από την παραμόρφωση που προσπαθούμε να μετρήσουμε, η εσωτερική παραμόρφωση συχνά προκαλεί λάθη στη μέτρηση της (εξωτερικής) παραμόρφωσης του DUT.

Όπως θα δούμε, η εσωτερικά παραγόμενη παραμόρφωση είναι συνάρτηση της ισχύος εισόδου, επομένως, δεν υπάρχει καμία προδιαγραφή παραμόρφωσης για έναν αναλυτή φάσματος. Πρέπει να καταλάβουμε πώς η παραμόρφωση συσχετίζεται με το σήμα εισόδου, έτσι ώστε να μπορούμε να καθορίσουμε για την εφαρμογή μας, εάν η παραμόρφωση που προκαλείται από τον αναλυτή, θα επηρεάσει ή όχι τη μέτρησή μας.





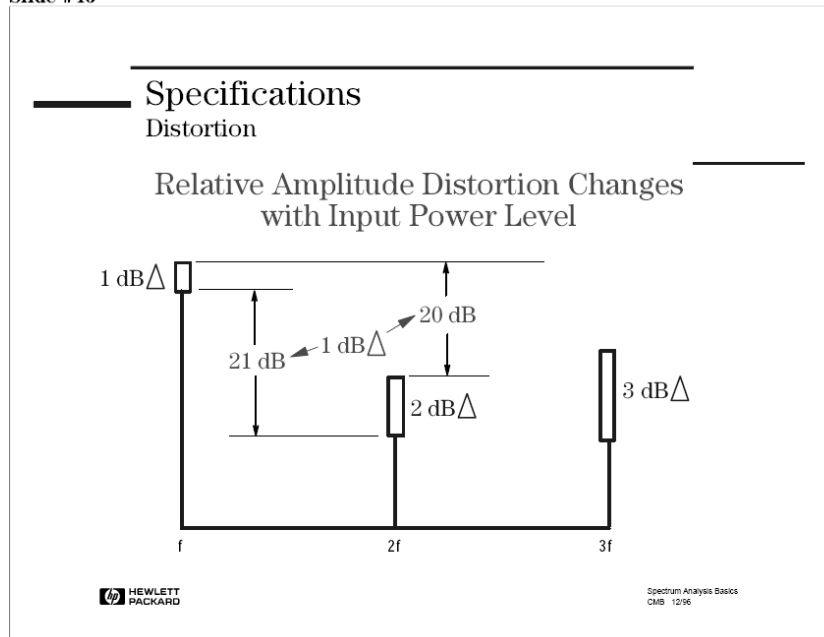
Slide #45



Εικόνα 88: Προδιαγραφή παραμόρφωσης

Η συμπεριφορά της παραμόρφωσης, για οποιαδήποτε μη-γραμμική συσκευή, είτε είναι ή εσωτερική παραμόρφωση του πρώτου μίκτη του αναλυτή είτε είναι παραμόρφωση παραγόμενη από την συσκευή μας κατά την διάρκεια δοκιμής (φαίνεται παραπάνω). Η παραμόρφωση δεύτερης τάξεως αυξάνεται στο τετράγωνο σε σχέση με την θεμελιώδη, και η παραμόρφωση τρίτης τάξεως αυξάνεται στον κύβο. Αυτό σημαίνει ότι στην λογαριθμική κλίμακα του αναλυτή φάσματος, η στάθμη της δεύτερης τάξεως παραμόρφωση θα αλλάξει 2 φορές γρηγορότερα σε σχέση με την θεμελιώδη, και η τρίτης τάξεως παραμόρφωση θα αλλάξει 3 φορές γρηγορότερα.

Slide #46



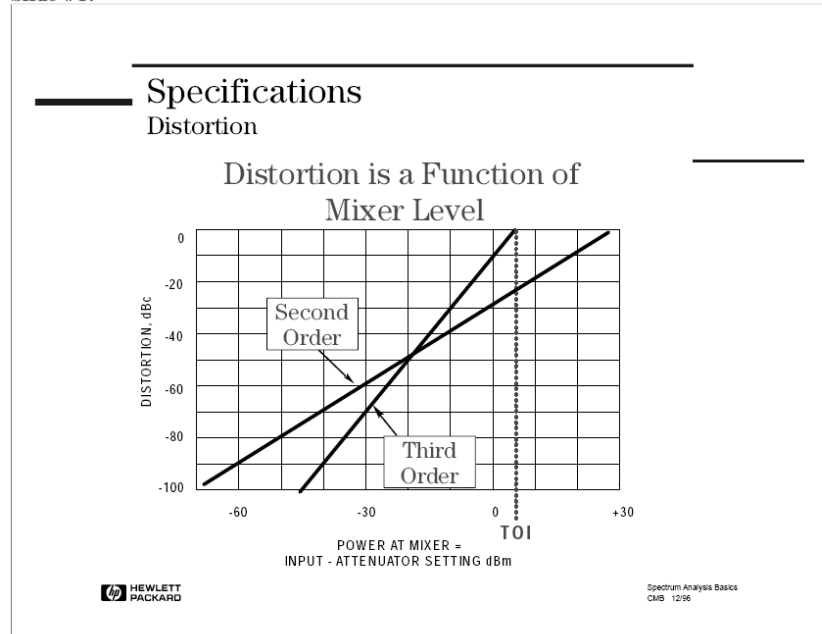
Εικόνα 89: Σχετική παραμόρφωση πλάτους



Οι περισσότερες μετρήσεις παραμόρφωσης γίνονται σε σχέση με τα θεμελιώδη σήματα. Όταν η στάθμη του θεμελιώδους σήματος μειωθεί κατά 1dB, η παραμόρφωση δεύτερης τάξεως μειώνεται κατά 2dB, αλλά σχετικά με το θεμελιώδες, μειώνεται κατά 1dB. Υπάρχει σχέση 1 προς 1 ανάμεσα στο θεμελιώδες και παραμόρφωση δεύτερης τάξεως.

Όταν η στάθμη του θεμελιώδους σήματος μειωθεί κατά 1dB, η παραμόρφωση τρίτης τάξεως μειώνεται κατά 3dB, αλλά σχετικά με το θεμελιώδες, μειώνεται κατά 2dB. Υπάρχει σχέση 2 προς 1 ανάμεσα στο θεμελιώδες και παραμόρφωση τρίτης τάξεως.

Slide #47



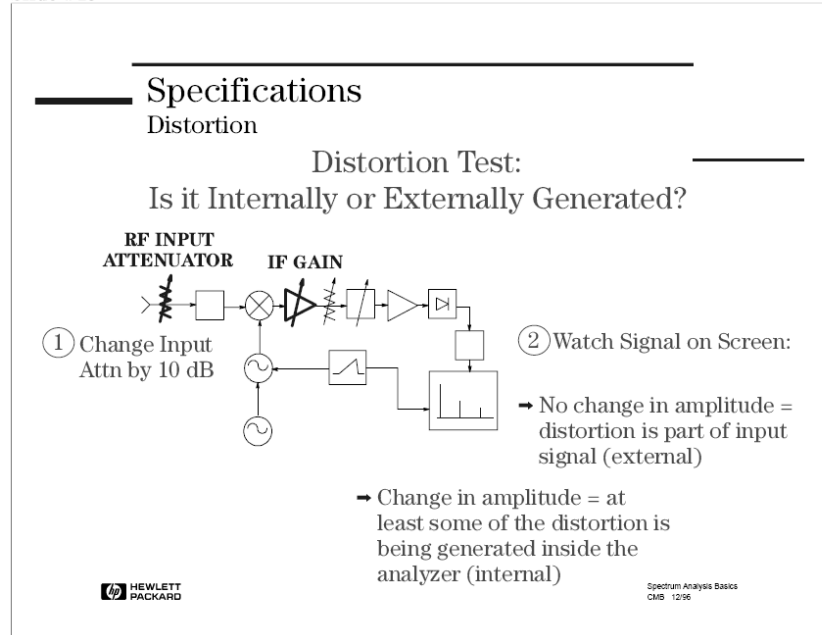
Εικόνα 90: Παραμόρφωση συναρτήσει του επιπέδου μίξης

Η κατανόηση αυτής της έννοιας είναι χρήσιμη στον καθορισμό της παραμόρφωσης μέσα στον αναλυτή. Εδώ έχουμε την γραφική παράσταση των σταθμών της δεύτερης και τρίτης τάξεως παραμόρφωσης σχετικά με τα σήματα που τις προκάλεσαν. Ο Χ-άξονας είναι το πλάτος του σήματος στον πρώτο μίκτη. Ο Υ-άξονας είναι το εσωτερικά-παραγόμενο επίπεδο παραμορφώσεων του αναλυτή φάσματος εκφρασμένο σε dBc.

Παρατηρείστε την κλίση της δεύτερης και τρίτης τάξεως καμπύλης. Η κλίση είναι 1-1 ( $y=x$ ) για την καμπύλη δεύτερης τάξεως, επειδή κάθε αλλαγή dB στο θεμελιώδες επίπεδο αλλάζει εξίσου το επίπεδο της δεύτερης τάξεως αρμονικής παραμόρφωσης σχετικά με το θεμελιώδη. Η καμπύλη τρίτης τάξεως έχει κλίση 1-2 επειδή η σχέση μεταξύ θεμελιώδους και τρίτης τάξεως παραμόρφωσης αλλάζει δύο φορές γρηγορότερα από την θεμελιώδη. Συνεπώς, εάν η παραμόρφωση του αναλυτή, διευκρινίζεται για μια στάθμη σημάτων στον μίκτη, η παραμόρφωση σε οποιοδήποτε άλλη στάθμη μπορεί εύκολα να καθοριστεί. Αυτό το παράδειγμα δείχνει ότι για μια στάθμη έστω -40 dBm στον μίκτη, η παραμόρφωση τρίτης τάξεως είναι -90 dBc και η παραμόρφωση δεύτερης τάξεως είναι -70 dBc.



Slide #48



Εικόνα 91: Τεστ παραμόρφωσης

Πριν αφήσουμε το κεφάλαιο της παραμόρφωσης, υπάρχει ένα τεστ που θα πρέπει να γίνεται για όλες τις μετρήσεις παραμόρφωσης. Το τεστ θα μας πληροφορήσει εάν αυτό που βλέπουμε στην οθόνη του αναλυτή είναι παραμόρφωση παραγόμενη εσωτερικά στον αναλυτή, ή παραμόρφωση που οφείλεται στο DUT (Device Under Test).

Θυμόμαστε ότι ο εξασθενητής εισόδου RF και το IF κέρδος (gain) είναι “δεμένα” μεταξύ τους έτσι ώστε το σήμα εισόδου να μένει σταθερό στην οθόνη όταν ρυθμίζουμε την εξασθένηση εισόδου RF για σήματα υψηλής στάθμης πλάτους (για να αποφύγουμε υψηλές τιμές στον μίκτη).

Εάν η παραμόρφωση στην οθόνη του αναλυτή δεν αλλάζει όταν αλλάζουμε την εξασθένηση εισόδου RF, μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι η παραμόρφωση προέρχεται από το DUT (οφείλεται στο σήμα εισόδου). Η εξασθένηση 10dB που εφαρμόζεται στο σήμα επηρεάζεται από τα 10dB gain από το IF gain, και έτσι δεν έχουμε καμιά αλλαγή.

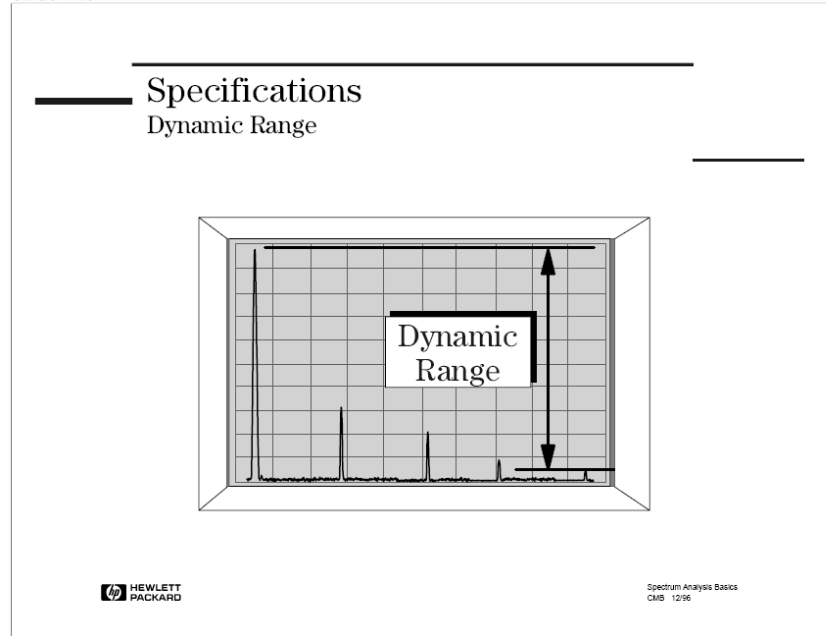
Αν όμως, όταν αλλάζουμε την εξασθένηση εισόδου RF το σήμα στην οθόνη αλλάζει, τότε ξέρουμε ότι πρέπει να παράγεται μέσα στον αναλυτή η παραμόρφωση, τουλάχιστον μέρος της κάπου μετά την εξασθένηση εισόδου, και ότι δεν προέρχεται όλη από το DUT.

### 5.8.13. Δυναμική περιοχή

Δυναμική περιοχή ορίζεται σαν την μέγιστο λόγο δύο σημάτων που εμφανίζονται ταυτόχρονα στην είσοδο όπου και μπορούν να μετρηθούν με συγκεκριμένη ακρίβεια. Μπορούμε να φανταστούμε δύο σήματα που συνδέονται στην είσοδο του αναλυτή, ένα του οποίου η στάθμη είναι μέγιστη επιτρεπτή σύμφωνα με τις προδιαγραφές του αναλυτή και η στάθμη του δεύτερου σήματος που είναι πολύ μικρότερη. Το μικρότερο σήμα μειώνεται σε πλάτος έως ότου να μην είναι ανιχνεύσιμο από τον αναλυτή. Όταν το μικρότερο σήμα είναι ίσα ίσα μετρήσιμο, ο λόγος των δύο σημάτων (σε dB) καθορίζει την δυναμική περιοχή του αναλυτή.



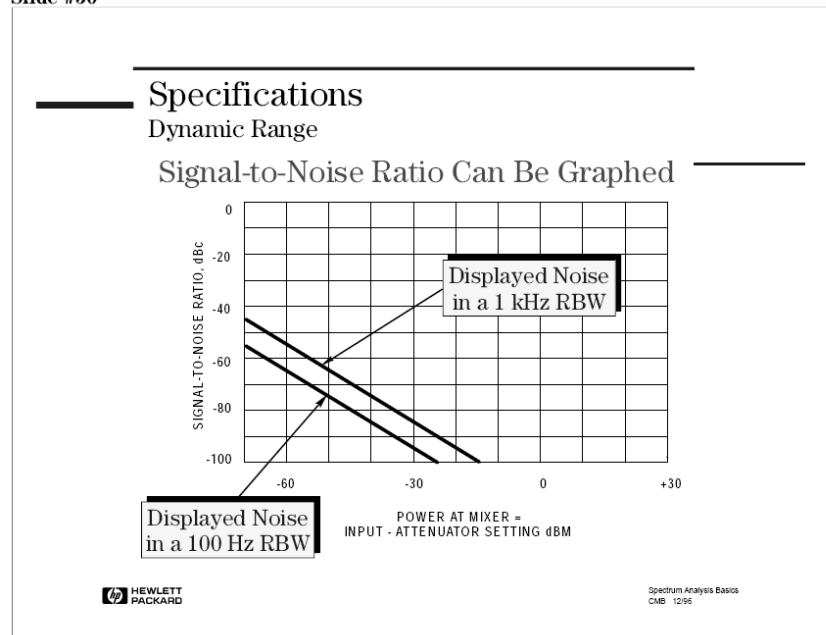
Slide #49



Εικόνα 92: Δυναμική περιοχή

Η δυναμική περιοχή του αναλυτή μας καθορίζει το εύρος τιμών σε πλάτος που μπορούμε να κάνουμε αξιόπιστες μετρήσεις.

Slide #50



Εικόνα 93: Προδιαγραφή δυναμικής περιοχής

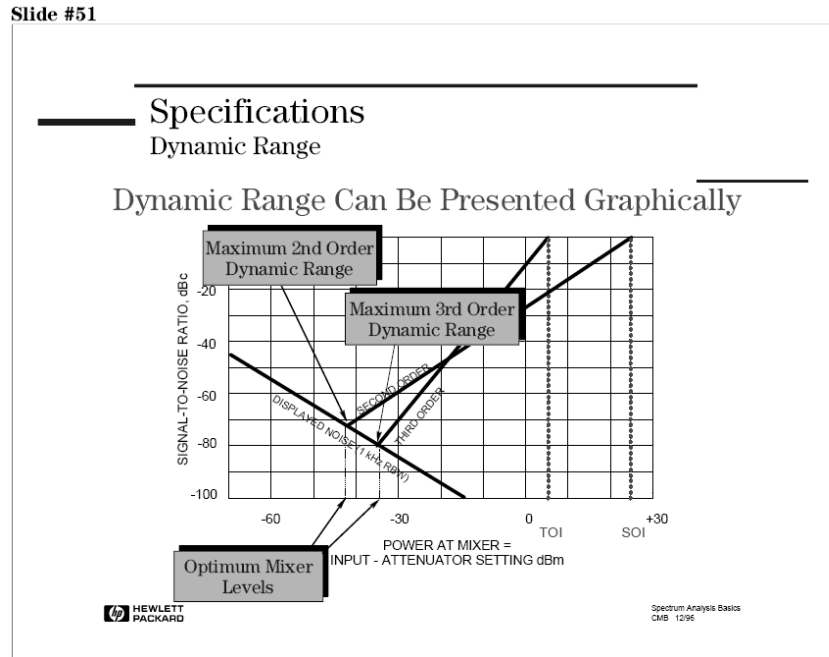
Σε προηγούμενη σελίδα σχεδιάσαμε γραφικές παραστάσεις του λόγου SNR. Το παραπάνω γράφημα λέγεται γράφημα δυναμικής περιοχής, και όπως σχεδιάσαμε την παραμόρφωση σε συνάρτηση με το πλάτος του σήματος στον μίκτη, έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε και το SNR σαν συνάρτηση του πλάτους του σήματος στον μίκτη.

Η καμπύλες σήμα-με-παραμόρφωση μας λένε ότι η μέγιστη δυναμική περιοχή για παραμόρφωση είναι όταν έχουμε ελάχιστη στάθμη πλάτους στον μίκτη. Ξέρουμε όμως, ότι ο θόρυβος προερχόμενος από τον αναλυτή επηρεάζει την δυναμική περιοχή. Το γράφημα δυναμικής περιοχής για θόρυβο (το



παραπάνω) μας πληροφορεί ότι η καλύτερη δυναμική περιοχή για θόρυβο λαμβάνει χώρα στην υψηλότερη δυνατή στάθμη σήματος.

Και τώρα έχουμε το κλασικό πρόβλημα, στην μια μεριά θα θέλαμε να σηκώσουμε την στάθμη του μίκτη όσο ψηλότερα είναι δυνατό για να έχουμε καλύτερο λόγο σήματος προς θόρυβο, αλλά από την άλλη, για να ελαχιστοποιήσουμε την εσωτερική παραγόμενη παραμόρφωση, πρέπει να χαμηλώσουμε την στάθμη του μίκτη όσο χαμηλότερα είναι δυνατό. Έτσι, η καλύτερη δυναμική περιοχή είναι ένας συμβιβασμός ανάμεσα στο SNR και την εσωτερική παραγόμενη παραμόρφωση.



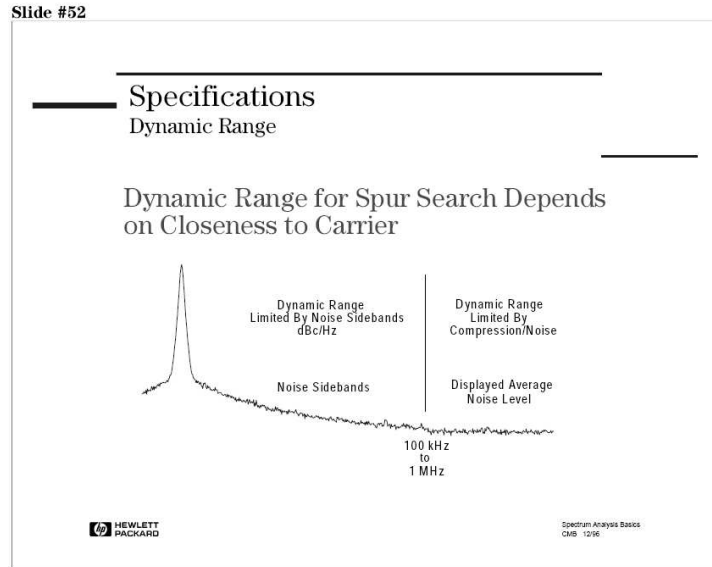
Εικόνα 94: Γραφική αναπαράσταση δυναμικής περιοχής

Ας βάλουμε και τα δύο γραφήματα μαζί ταυτόχρονα. Η μέγιστη δυναμική περιοχή είναι εκεί που οι καμπύλες τέμνονται, και αυτό γίνεται, όταν το επίπεδο της εσωτερικά παραγόμενης παραμόρφωσης είναι ίσο με το απεικονιζόμενο μέσο όρο θορύβου. Αυτό δείχνει δύο από τις προδιαγραφές δυναμικής περιοχής. Θα εξετάσουμε και άλλες αργότερα.

Το βέλτιστο επίπεδο μίξης λαμβάνει χώρα όταν έχουμε μέγιστη δυναμική περιοχή. Αν τα σήματα μας είναι στα 0dBm και ο εξασθενητής έχει βήματα των 10dB, μπορούμε να επιλέξουμε επίπεδα μίξης των 0,-10,-20,-30,-40 dBm, κτλ. Πολλά από αυτά τα επίπεδα μας δίνουν αρκετή δυναμική περιοχή για να δούμε παραμορφώσεις τρίτης τάξεως στα -50dBc. Παρ' όλα αυτά, κρατώντας τον εσωτερικά παραγόμενο θόρυβο και την παραμόρφωση όσο χαμηλότερα γίνεται ελαττώνουμε τα σφάλματα. Μια ρύθμιση στον μίκτη ανάμεσα στα -30 και -40 dBm θα μας επιτρέψει να κάνουμε την μέτρηση με ελάχιστο σφάλμα.

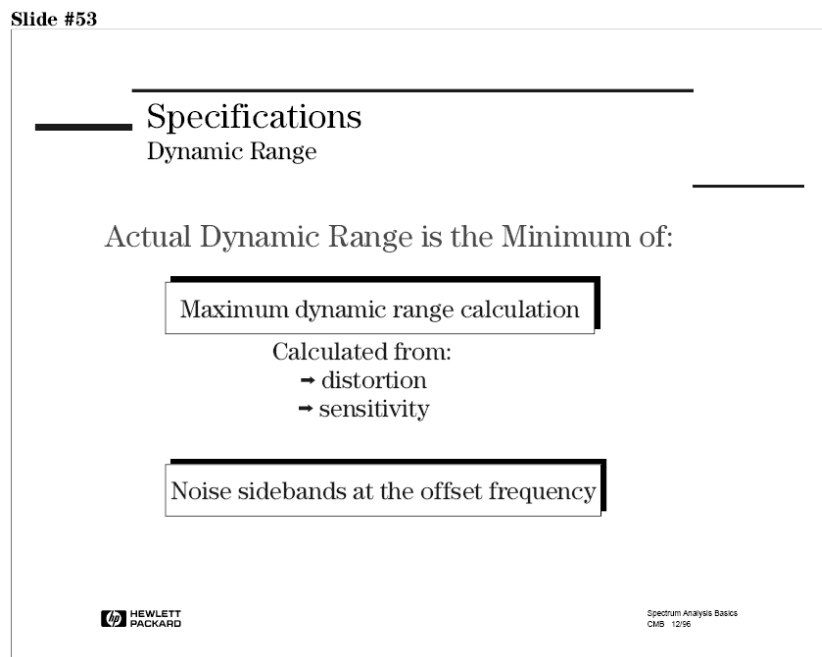
Ο τελευταίος παράγοντας που επηρεάζει την δυναμική περιοχή είναι ο **θόρυβος φάσης**, ή ο θόρυβος πλευρικών ή το LO του αναλυτή φάσματος.

Στο παραπάνω σχήμα, η δυναμική περιοχή του “ζουμαρισμένου” μέρους, για τα χαμηλού επιπέδου spurs καθορίζεται από τον θόρυβο πλευρικών περίπου 100kHz με 1MHz του φέροντος. Πέρα από τον θόρυβο πλευρικών, η δυναμική περιοχή είναι ο λόγος compression-to-noise.



Εικόνα 95: Κίνητρο για την αναζήτηση δυναμικής περιοχής

Ένα άλλο παράδειγμα είναι όταν τα σήματα είναι πολύ “κοντά” μεταξύ τους έτσι ώστε ο θόρυβος πλευρικών περιορίζει την δυναμική περιοχή. Σε αυτήν την περίπτωση, αντί της δυναμικής περιοχής -80 dB, ο θόρυβος πλευρικής ζώνης σε 1 kHz RBW περιορίζουν την επιτεύξιμη δυναμική περιοχή μας στα -60 dBc ανά 1 kHz RBW. Για τεστ παραμορφώσεων, ο θόρυβος φάσης μπορεί επίσης να σχεδιαστεί στη γραφική παράσταση δυναμικής περιοχής ως οριζόντια γραμμή στο επίπεδο της προδιαγραφής θορύβου φάσης σε δεδομένο offset.

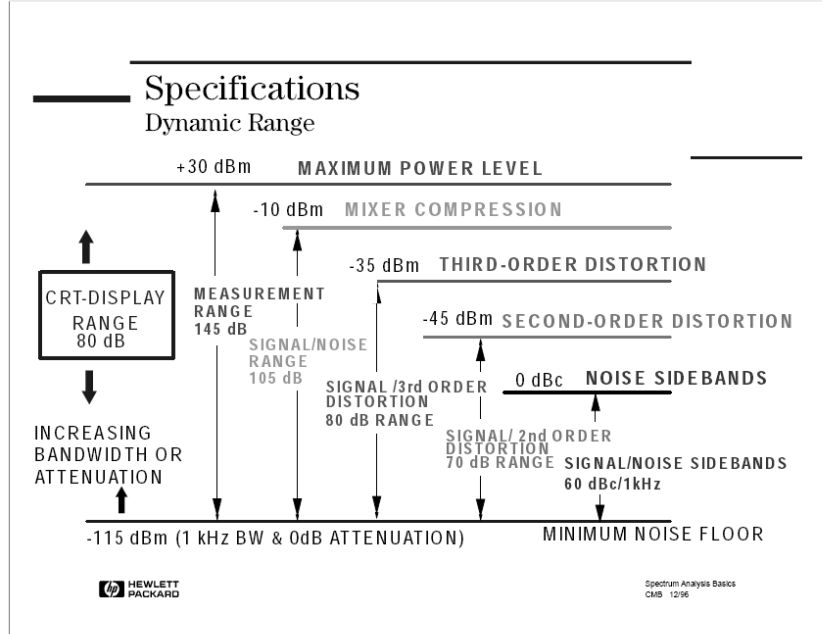


Εικόνα 96: Πραγματικό δυναμικό εύρος

Είδαμε προηγουμένως ότι η δυναμική περιοχή ενός αναλυτή φάσματος περιορίζεται από τρεις παράγοντες, την ευαισθησία του συστήματος, την απόδοση του μίκτη εισόδου, και το θόρυβο φάσης του τοπικού ταλαντωτή. Οι 2 πρώτοι παράγοντες χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η μέγιστη δυναμική περιοχή. Επομένως, η πραγματική δυναμική περιοχή είναι το ελάχιστο της: 1) μέγιστης δυναμικής περιοχής 2) του θορύβου των πλευρικών.



Slide #54



Εικόνα 97: Μέγιστο επίπεδο ισχύος δυναμικής περιοχής

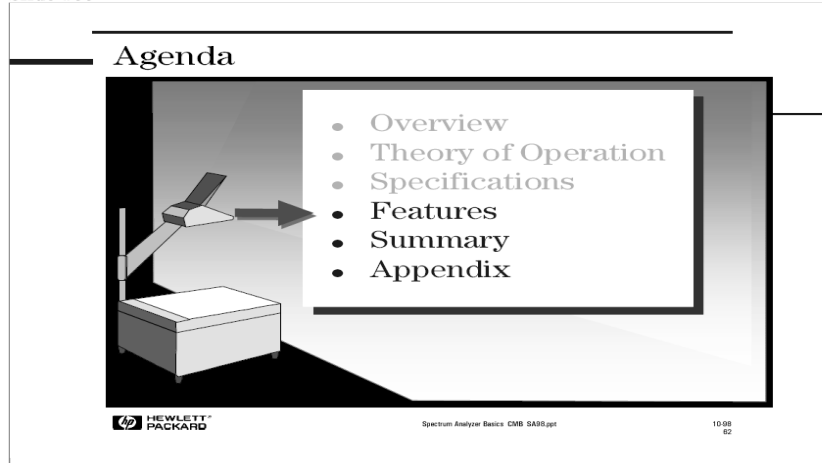
Υπάρχουν πολλές “περιοχές-εύρος” συσχετιζόμενες με τον αναλυτή φάσματος. Συνήθως ο όρος δυναμική περιοχή αναφέρεται στην ικανότητα μέτρησης δύο σημάτων ταυτόχρονα.

Το “εύρος απεικόνισης” αναφέρεται στο καλιμπραρισμένο εύρος πλάτους της οθόνης CRT. Για παράδειγμα μερικοί αναλυτές με οθόνη με οκτώ divisions μπορεί να έχουν εύρος απεικόνισης μόνο 70 dB όταν επιλέγουμε 10 dB ανά division, και αυτό γιατί τα κατώτερα (χαμηλότερα) divisions δεν καλιμπράρονται.

Το “εύρος μέτρησης” είναι ο λόγος του μεγαλύτερου προς το μικρότερο σήμα, που μπορεί να μετρηθεί κάτω από οποιαδήποτε συνθήκες – αλλά όχι ταυτόχρονα. Το ανώτατο όριο καθορίζεται από την μέγιστη ασφαλή στάθμη εισόδου, +30 dBm (1 Watt) για τους περισσότερους αναλυτές. Η ευαισθησία ορίζει το κατώτατο όριο.

Οι άλλες τέσσερις “περιοχές-εύρους” (σήμα/θόρυβος, σήμα/παραμόρφωσης τρίτης τάξεως, σήμα/παραμόρφωσης δευτέρας τάξεως, και σήμα/θόρυβος πλευρικών) ορίζονται όταν μετράμε δύο σήματα ταυτόχρονα, και έτσι, ονομάζονται προδιαγραφές δυναμικής περιοχής. Για να συνοψίσουμε τι έχουμε μάθει για τη δυναμική περιοχή, μπορούμε να συγκρίνουμε τις τέσσερις τιμές δυναμικής περιοχής του σχήματος παραπάνω. Παρατηρούμε ότι ο θόρυβος πλευρικών περιορίζει την δυναμική περιοχή περισσότερο, ενώ η ευαισθησία την περιορίζει λιγότερο. Αυτό συμφωνεί με ότι μάθαμε προηγουμένως από τα γραφήματα δυναμικής περιοχής και από τον θόρυβο πλευρικών.

Slide #55







Τώρα που κατανοήσαμε τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός αναλυτή φάσματος, ας ρίξουμε μια ματιά σε κάποιες ιδιαίτερες λειτουργίες-χαρακτηριστικά που πολλοί αναλυτές φάσματος έχουν, και μπορούν να αυξήσουν την ευκολία χρήσης, την αποδοτικότητα και την χρησιμότητα του αναλυτή.

### 5.9. Λειτουργίες χειρισμού

Slide #56

### Features

- Basic Operation
  - ✓ remote operation
  - ✓ markers
  - ✓ limit lines
- Modulation Measurements
  - ✓ time domain
  - ✓ FFT
  - ✓ AM/FM detector
  - ✓ time-gating
- Stimulus Response Measurements
  - ✓ tracking generator
- Noise Measurements
  - ✓ noise marker
  - ✓ averaging

HEWLETT PACKARD  
Spectrum Analyzer Basics CMB SA99.ppt  
10.99 63

Τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται με βάση το πεδίο εφαρμογής τους, έτσι ώστε να περιγράψουμε καλύτερα την λειτουργία τους. Στο πρώτο γκρουπ, κάτω από το Basic Operation, είναι κάποιες λειτουργίες των πλήκτρων-κουμπιών που βελτιώνουν την χρήση του αναλυτή για οποιαδήποτε εφαρμογή. Τα άλλα γκρουπ αναφέρονται σε συγκεκριμένες εφαρμογές, αν και η χρησιμότητά τους δεν βρίσκεται μόνο σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

#### 5.9.1. Απομακρυσμένη λειτουργία, Σημάδια, Γραμμές περιορισμού

Slide #57

### Features

Basic Operation: Remote Operation, Markers & Limit Lines

HEWLETT PACKARD  
Spectrum Analyzer Basics CMB SA99.ppt  
10.99 64

“Remote operation” (Αυτόματη/απομακρυσμένη λειτουργία): Προσωπικοί Υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν άμεσα την λειτουργία ενός αναλυτή φάσματος χρησιμοποιώντας το



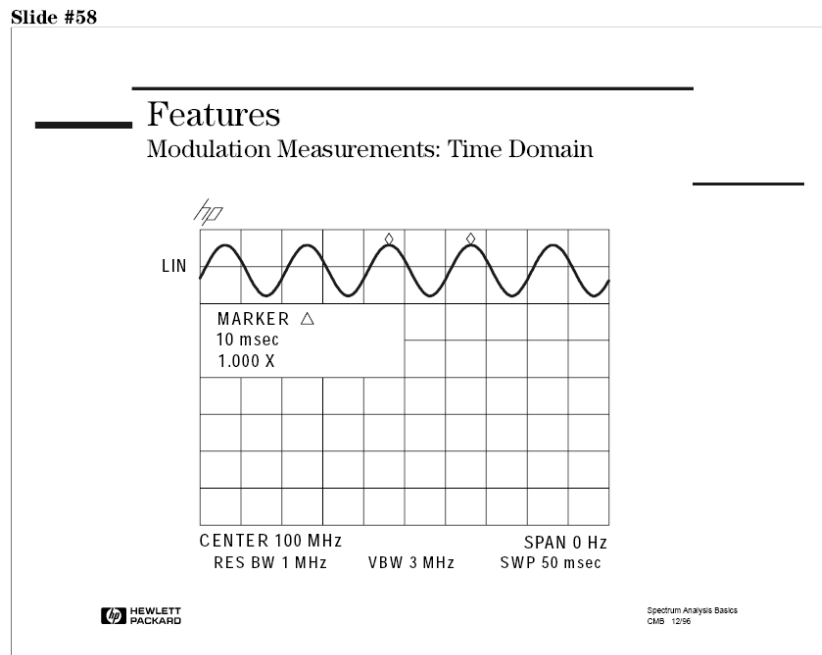
πρωτόκολλο GPIB. Προσωπικοί Υπολογιστές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ώστε να αναπτύξουμε ειδικά προγράμματα για τον αναλυτή φάσματος. Ο αναλυτής αποθηκεύει τα προγράμματα αυτά στην εσωτερική μνήμη του, και τα χρησιμοποιεί σαν στάνταρτ ρουτίνες μετρήσεων, που γίνονται γρηγορότερα και ευκολότερα.

Επιπρόσθετα, οι αναλυτές φάσματος που υποστηρίζουν διασύνδεση υπολογιστή με διασύνδεση RS-232 ή USB ή GPIB μπορούν να “οδηγήσουν” έναν εκτυπωτή ή ένα plotter, έτσι ώστε να έχουμε αντίγραφο της CRT οθόνης χωρίς την χρήση Προσωπικού Υπολογιστή.

“Markers”(Σημάδια): Οι markers μας βοηθάνε στο να βρούμε γρήγορα και ακριβέστατα το πλάτος και την συχνότητα κορυφών σημάτων, και να καθορίσουμε την διαφορά ανάμεσα σε κορυφές.

“Limit lines”(Γραμμές περιορισμού): Οι σύγχρονοι αναλυτές φάσματος προσφέρουν δυνατότητα ηλεκτρονικού περιορισμού με γραμμές. Αυτό μας επιτρέπει να συγκρίνουμε δεδομένα trace με ένα σετ παραμέτρων πλάτους και συχνότητας, κατά την διάρκεια που αναλυτής σαρώνει την περιοχή μέτρησης. Όταν το σήμα που μας ενδιαφέρει πέσει μέσα στα όρια που έχουμε ορίσει με τις Γραμμές περιορισμού, τότε ο αναλυτής εμφανίζει ένα μήνυμα PASS. Αν το σήμα μας, “πέσει” έξω από τα όρια που έχουμε ορίσει με τις Γραμμές περιορισμού, εμφανίζεται το μήνυμα FAIL.

### 5.9.2. Μετρήσεις στο πεδίο του χρόνου



Όπως ξέρουμε οι αναλυτές φάσματος χρησιμοποιούνται κυρίως για να εξετάσουμε σήματα στο πεδίο της συχνότητας, αλλά είναι δυνατό να χρησιμοποιούμε τον αναλυτή φάσματος για να εξετάσουμε το πεδίο του χρόνου. Αυτό επιτυγχάνεται με την λειτουργία zero-span. Η λειτουργία αυτή είναι χρήσιμη και στον καθορισμό του τύπου διαμόρφωσης ή αποδιαμόρφωσης.

Ο αναλυτής φάσματος ρυθμίζεται για μηδενική έκταση συχνότητας (frequency span of zero) με μερικό μη μηδενικό χρόνο σάρωσης. Η κεντρική συχνότητα ρυθμίζεται στην συχνότητα του φέροντος και το RBW πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο έτσι ώστε οι πλευρικές μπάντες διαμόρφωσης να συμπεριληφθούν στην μέτρηση. Ο αναλυτής θα σχεδιάσει το πλάτος του σήματος σε συνάρτηση με τον χρόνο, μέσα στους περιορισμούς που ορίζουν ο ανιχνευτής το video και τα RBWs. Ο αναλυτής φάσματος μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας παλμογράφος επιλεκτικής συχνότητας με εύρος ζώνης ίσο με το ευρύτερο RBW.

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει ένα σήμα διαμορφωμένο σε πλάτος (AM) χρησιμοποιώντας την τεχνική zero-span. Η απεικόνιση είναι κάπως διαφορετική από την αντίστοιχη ενός παλμογράφου. Ο

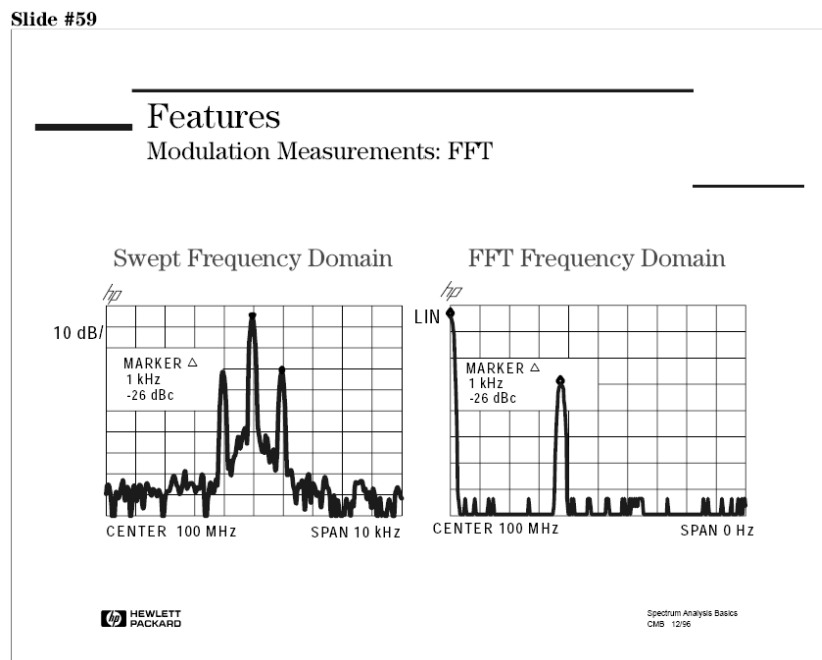


αναλυτής φάσματος χρησιμοποιεί έναν ανιχνευτή περιβάλλουσας (envelope detector), που αφαιρεί το φέρον. Έτσι, μόνο το αποδιαμορφωμένο σήμα απεικονίζεται.

Το σχήμα δείχνει ένα σημάδι δέλτα 10ms. Αφού αυτός είναι ο χρόνος ανάμεσα στις δύο κορυφές, η περίοδος  $T$  είναι 10 ms. Θυμίζουμε ότι η περίοδος  $T=1/f_{\text{mod}}$  (όπου  $f_{\text{mod}}$  = συχνότητα διαμόρφωσης). Έτσι,  $f_{\text{mod}}$  είναι 100Hz.

Η λειτουργία zero-span δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε σήματα που μεταβάλλονται γρήγορα, μιας και ο μικρότερος δυνατός χρόνος σάρωσης των περισσότερων αναλυτών είναι αργότερος από αυτό που είναι αναγκαίο. Η λειτουργία(zero-span) δεν περιορίζεται από μετρήσεις διαμόρφωσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει οποιοδήποτε σήμα που μεταβάλλεται αργά σε πλάτος, όπως ένα σήμα που μεταδίδεται στον αέρα και εξασθενεί στην ατμόσφαιρα.

### 5.9.3. Δείκτης διαμόρφωσης/FFT



Άλλη μία συνηθισμένη μέτρηση που γίνεται σε σήματα AM είναι ο δείκτης διαμόρφωσης, που μας πληροφορεί για τον ποσοστιαίο βαθμό διαμόρφωσης (0-100%).

Το γράφημα στα αριστερά είναι ένα τυπική γραφική παράσταση (στο πεδίο της συχνότητας) ενός σήματος διαμορφωμένο σε πλάτος. Θυμηθείτε ότι πρέπει το RBW να είναι  $\ll f_{\text{mod}}$  σε αυτή την περίπτωση, έτσι ώστε η πλευρικές να φαίνονται καθαρά. Στο πεδίο της συχνότητας, η  $f_{\text{mod}}$  διαχωρίζει τις δύο πλευρικές. Το πλάτος των δύο αυτών πλευρικών, σχετικά με το φέρον, μας δίνει τον βαθμό διαμόρφωσης. Η εξίσωση που μας επιτρέπει να μετατρέψουμε αυτό το σχετικό πλάτος πλευρικών σε δείκτη διαμόρφωσης είναι:

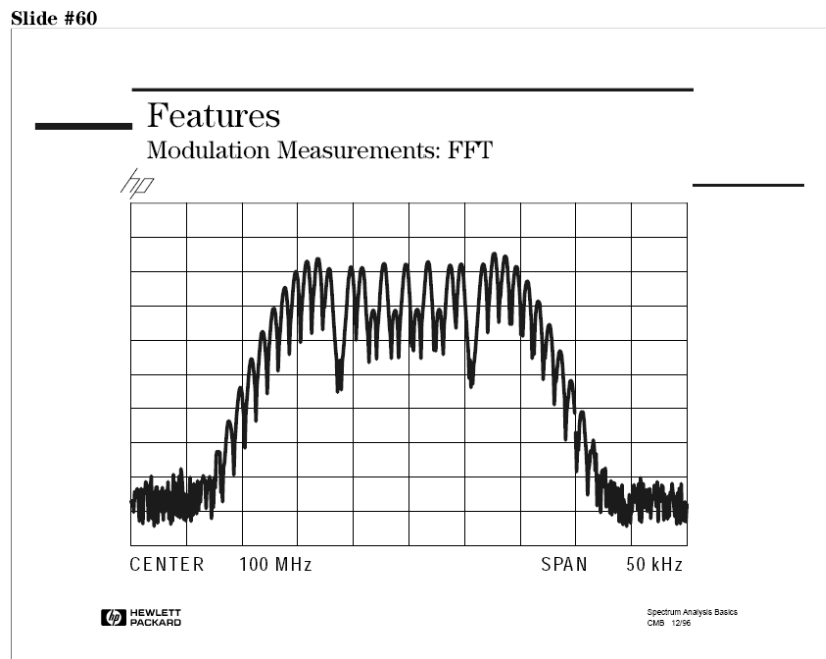
$$m=2 \times 10(A_{\text{dB}}/20),$$

όπου  $A_{\text{dB}}$  είναι το πλάτος πλευρικών σχετικά με το φέρον, εκφρασμένο σε decibel. Για το παράδειγμα μας,  $m=0.1$  ή 10%.

Χρησιμοποιώντας FFT(γρήγορο μετασχηματισμό Fourier) είναι ένας άλλος τρόπος για να πραγματοποιήσουμε την μέτρηση. Θυμηθείτε στην αρχή μιλήσαμε για τους αναλυτές Fourier. Αναφέραμε ότι παίρνουν την πληροφορία στο πεδίο του χρόνου και την μετατρέπουν στο πεδίο της συχνότητας με μαθηματικές σχέσεις. Μερικοί αναλυτές έχουν μια λειτουργία που κάνει ακριβώς το ίδιο. Κατά την διάρκεια που βρισκόμαστε σε κατάσταση λειτουργίας στο πεδίο του χρόνου, η λειτουργία FFT είναι διαθέσιμη. Αυτό κάνει τον αναλυτή να απεικονίσει το πεδίο της συχνότητας με βάση το FFT του πεδίου του χρόνου (όχι μετρώντας το άμεσα). Το γράφημα στα δεξιά είναι ένα παράδειγμα FFT-πεδίου συχνότητας. Το φέρον είναι τέρμα αριστερά επειδή είναι στα 0Hz σχετικά με τον εαυτό του. Η άνω πλευρική είναι στα δεξιά του φέροντος, και απέχει από το φέρον κατά  $f_{\text{mod}}$ . Το εύρος συχνότητας (span) εξαρτάται από τον χρόνο σάρωσης (sweeptime). Όπως ακριβώς και στο πεδίο συχνότητας με



λειτουργία σάρωσης, σημάδια (markers) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν πλάτος φέροντος,  $m$ , και  $f_{\text{mod}}$ . Όπως βλέπουμε, ένα σημάδι δέλτα (delta marker) είναι στο 1kHz και -26dBc. Έτσι  $f_{\text{mod}}=1\text{kHz}$  και  $m=10\%$ .



Θα αναρωτιέστε γιατί είναι χρήσιμη η λειτουργία FFT στους αναλυτές φάσματος. Η παραπάνω εικόνα δείχνει ένα φέρον που έχει AM και FM ( $f_{\text{mod}}=1\text{kHz}$ ). Το ποσοστό FM διαμόρφωσης είναι πολύ περισσότερο από το ποσοστό AM, έτσι είναι αδύνατο να μετρήσουμε το ποσοστό AM αυτού του σήματος σε λειτουργία σάρωσης συχνότητας.

Παρ' όλα αυτά, σε λειτουργία FFT και χρησιμοποιώντας ευρύ RBW, μπορούμε εύκολα να μετρήσουμε AM στο παραπάνω σήμα. Αυτό είναι δυνατό γιατί χρησιμοποιώντας ευρύ RBW σε συνδυασμό με ανιχνευτή περιβάλλουσας, αφαιρούμε την FM, και αφήνουμε μόνο την AM.

Επιπρόσθετα, η λειτουργία FFT μας δίνει καλύτερη ακρίβεια πλάτους, αναλυτικότητα συχνότητας, και βελτίωση ταχύτητας. Το μοναδικό μειονέκτημα του FFT είναι ότι η σχετική ακρίβεια συχνότητας δεν είναι τόσο καλή όσο στην λειτουργία σάρωσης.

#### 5.9.4. Αποδιαμόρφωση AM, FM, Τηλέρασης

Οι περισσότεροι σύγχρονοι αναλυτές έχουν δυνατότητα ανίχνευσης AM/FM με megaphone. Οι εσωτερικοί ανιχνευτές AM/FM με megaphone μας επιτρέπουν να ακούμε την διαμόρφωση. Με άλλα λόγια, μπορούμε να ακούμε την πηγή παρεμβολής και να την βλέπουμε ταυτόχρονα, για γρηγορότερη ταυτοποίηση-αναγνώριση σημάτων που παρεμβάλλονται σε δίκτυα επικοινωνίας.



Slide #61

**Features**  
Modulation Measurements: AM/FM Detector with Speakers

HEWLETT  
PACKARD

Spectrum Analyzer Basics CMB SABS.ppt

1088  
71

Παρατηρώντας ένα σήμα στο πεδίο της συχνότητας δεν βοηθάει στο να αναγνωρίσουμε ένα σήμα που παρεμβάλλεται. Παρ' όλα αυτά το "άκουσμα" του σήματος είναι πολύ περισσότερο χρήσιμο στο να καθορίσουμε αν η πηγή παρεμβολής είναι ένας ραδιοφωνικός σταθμός AM, ραδιοφωνικός σταθμός FM, τηλεοπτικός σταθμός, κτλ.

### 5.9.5. Λειτουργία time-gating

Slide #62

**Features**  
Modulation Measurements: Time-Gating

Time Division Multiple Access (TDMA)

Amplitude

Time

user #1

Timeslot

Channel Number

Frequency

HEWLETT  
PACKARD

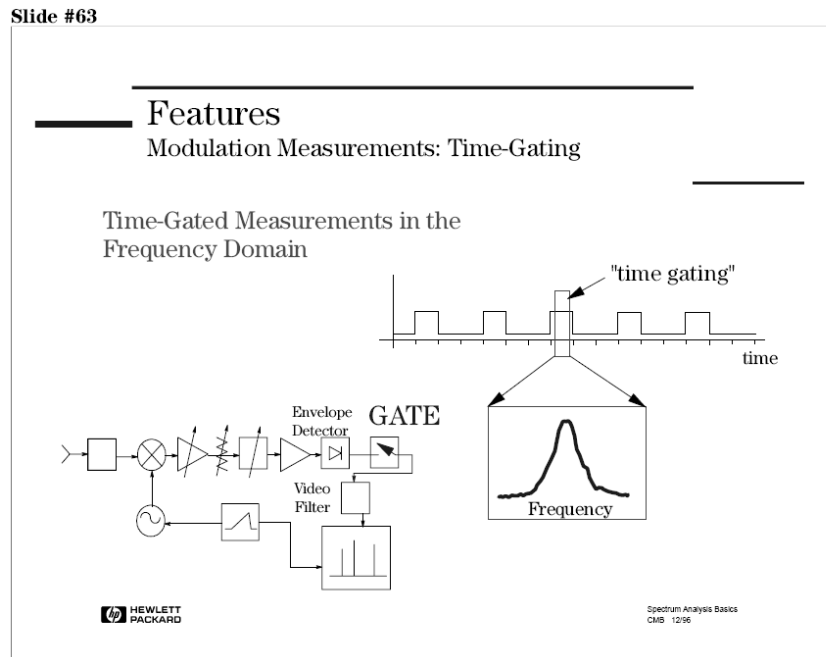
Spectrum Analysis Basics  
CMB 12/96

Για να εξηγήσουμε την λειτουργία time-gating ενός αναλυτή φάσματος, θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα ψηφιακών τηλεπικοινωνιών, την **Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου** (TDMA - Time Division Multiple Access). Είναι μια τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με το διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε έναν συγκεκριμένο αριθμό «καναλιών» / πλαισίων και στη συνέχεια την διαίρεση αυτών σε ίσες και σύντομες χρονικές σχισμές ή χρονοθυρίδες, ώστε να επιτρέπεται η μετάδοση του σήματος από το κινητό στο δίκτυο (σταθμό βάσης) και αντίστροφα.



Για να διατηρούμε την ποιότητα ψηφιακών υπηρεσιών απαιτείται η μέτρηση του TDMA σήματος στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Ο χρονισμός των ριπών (bursts), και οι χρόνοι ανόδου και καθόδου πρέπει να εξεταστούν έτσι ώστε να γίνει βέβαιο ότι ριπές (bursts) σε κοντινές χρονοθυρίδες δεν επικαλύπτονται. Στο πεδίο της συχνότητας, η ποιότητα της διαμόρφωσης μπορεί να επιβεβαιωθεί εξετάζοντας το φάσμα RF.

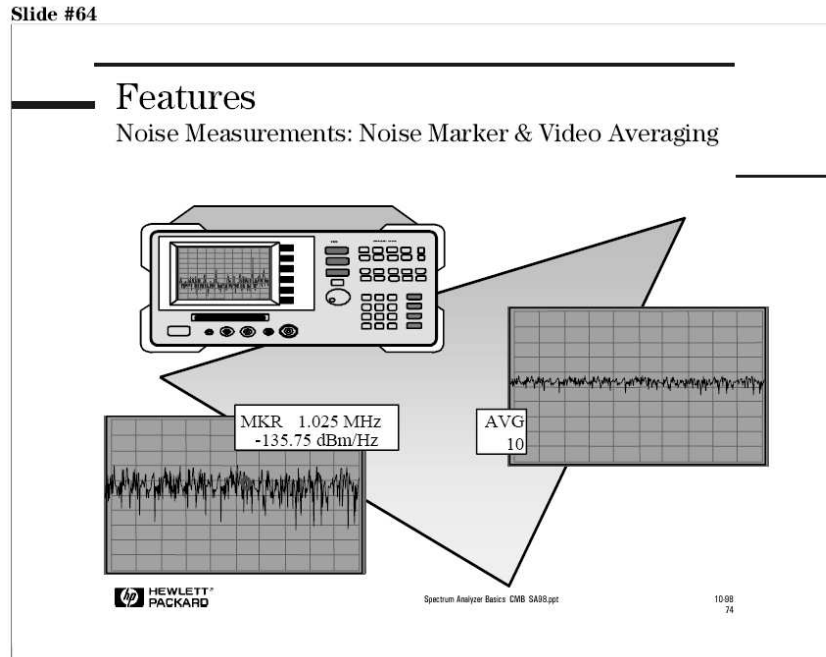
Όταν εξετάζουμε το φάσμα, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τις επιδράσεις στο σήμα λόγω του φαινομένου συνεχόμενης διαμόρφωσης (continuous modulation). Η λειτουργία time-gating στον αναλυτή φάσματος, μας επιτρέπει να κάνουμε ακριβώς αυτό.



Ανάλυση με λειτουργία time-gating, προσφέρει λύση σε δυσκολίες μετρήσεων στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Η λειτουργία time-gating προσφέρει ακριβή αλλά ταυτόχρονα ελαστικό έλεγχο στο σημείο που μια σάρωση πεδίου χρόνου ξεκινά, επιτρέποντας την σάρωση να κεντραριστεί πάνω από μια επιθυμητή χρονοθυρίδα. Οποιαδήποτε χρονοθυρίδα, ή τμήμα μιας χρονοθυρίδας, μπορεί να εξεταστεί σε μέγιστη ανάλυση χρόνου(time resolution).

Η υλοποίηση της λειτουργίας είναι αρκετά απλή. Μια πύλη video (video gate), παρεμβάλλεται ανάμεσα στον ανιχνευτή "περιβάλλουσας"(envelope detector) και στο φίλτρο video.

### 5.9.6. Μαρκάρισμα θορύβου



Όταν κάνουμε μετρήσεις θορύβου, είναι μερικές λειτουργίες στον αναλυτή φάσματος που μπορούν να κάνουν μετρήσεις ευκολότερα και ακριβέστερα.

Όταν επιλέξουμε τη λειτουργία μαρκαρίσματος θορύβου (noise marker), η λειτουργία sample mode ενεργοποιείται, οι τιμές διαδοχικών στοιχείων trace, γύρω από τον marker υπολογίζονται κατά μέσο όρο, και αυτή η τιμή του μέσου όρου κανονικοποιείται σε μια αντίστοιχη τιμή 1Hz εύρος ζώνης θορύβου. Η λειτουργία noise marker είναι μεγάλη ευκολία όταν κάνουμε μετρήσεις θορύβου.

Μια άλλη λειτουργία που είναι χρήσιμη όταν κάνουμε μετρήσεις σε τυχαίο θόρυβο είναι η **video averaging**. Είναι μια μέση τιμή του της πληροφορίας trace του αναλυτή χρησιμοποιώντας ψηφιακές τεχνικές, και είναι διαθέσιμη σε αναλυτές με ψηφιακές οθόνες. Η μέση τιμή εφαρμόζεται σε κάθε σημείο της οθόνης ξεχωριστά.

### 5.9.7. Διεγερμένη απόκριση

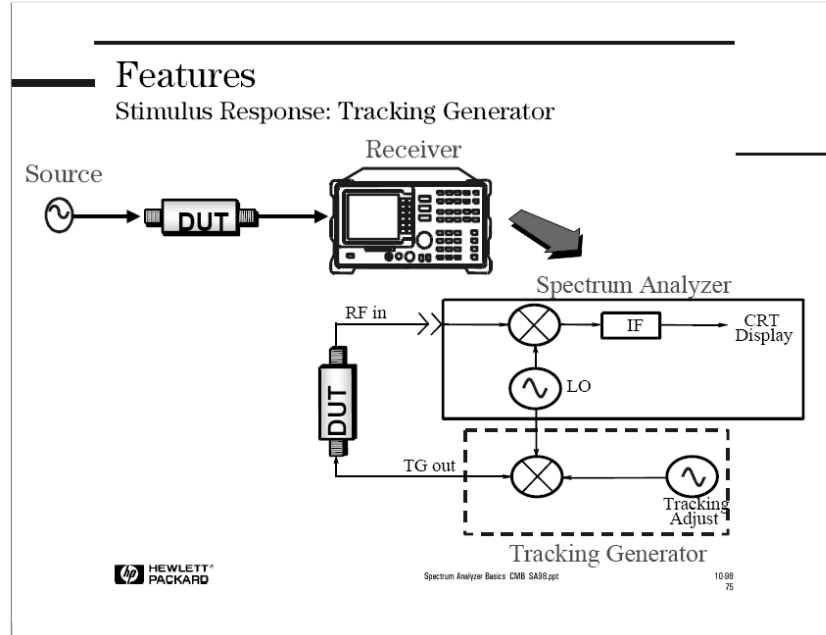
Μετρήσεις διεγερμένης (Stimulus) απόκρισης, ή μετρήσεις δικτύου, απαιτούν να εφαρμόσουμε ένα σήμα στην είσοδο της συσκευής/συστήματος και να μετρήσουμε την απόκριση στην έξοδο. Συνεπώς, απαιτούν μια πηγή να διεγείρει το DUT και έναν δέκτη να αναλύσει τα χαρακτηριστικά μεταφοράς του DUT. Συνήθεις μετρήσεις περιλαμβάνουν απόκριση συχνότητας, απώλειες επιστροφής, απώλειες μεταφοράς και κέρδος (gain) σε σύγκριση με συχνότητα

Τα δύο βασικά όργανα ικανά για να κάνουν μετρήσεις διέγερσης-απόκρισης είναι ο αναλυτής δικτύου (Network Analyser) και ο αναλυτής φάσματος. Αν χρειαζόμαστε και πληροφορία φάσης, χρειαζόμαστε και έναν διανυσματικό αναλυτή δικτύου (Vector) Network Analyser). Για να χρησιμοποιήσουμε έναν αναλυτή φάσματος σε μετρήσεις διέγερσης-απόκρισης, χρειαζόμαστε και μια γεννήτρια tracking (tracking generator).





Slide #65



Η γεννήτρια tracking συνήθως είναι ενσωματωμένη στον αναλυτή φάσματος και προσφέρει μια ημιτονοειδή έξοδο που έχει συχνότητα ίδια με την συχνότητα εισόδου του αναλυτή. Έτσι “ακολουθεί” την προσπάθεια συντονισμού του αναλυτή φάσματος και επιτρέπει στον αναλυτή να πραγματοποιήσει βασικές μετρήσεις δικτύου. Κατά την διάρκεια σάρωσης του αναλυτή, η γεννήτρια tracking δουλεύει πάντα στην ίδια συχνότητα και τα χαρακτηριστικά μεταφοράς της συσκευής που μετριέται.



## 6. ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

### 6.1. Εισαγωγή

Οι πρότυπες εντολές για προγραμματιζόμενα Όργανα μέτρησης (Standard Commands for Programmable Instruments - SCPI) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τον έλεγχο οργάνων, η οποία προχωρά ένα βήμα πιο μπροστά από το *IEEE 488.2* έτσι ώστε να διευθετήσει μια ευρεία ποικιλία λειτουργιών οργάνων μέτρησης με καθορισμένο τρόπο.

Η γλώσσα SCPI προωθεί μια συνέπεια, με όρους προγραμματισμού, ανάμεσα σε όργανα της ίδιας κλάσης και ανάμεσα σε όργανα με παρόμοιες δυνατότητες λειτουργίας. Για μια συγκεκριμένη μέτρηση όπως συχνότητα ή τάση, η SCPI ορίζει ένα συγκεκριμένο σύνολο εντολών που είναι διαθέσιμο για αυτή την μέτρηση. Έτσι, δύο παλμογράφοι φτιαγμένοι από διαφορετικές εταιρίες μπορούν να προγραμματιστούν για να επιτελέσουν μετρήσεις συχνότητας με τον ίδιο τρόπο. Επιπλέον είναι δυνατόν για ένα όργανο που υποστηρίζει την γλώσσα SCPI να κάνει μια μέτρηση συχνότητας χρησιμοποιώντας τις ίδιες εντολές όπως στον παλμογράφο.

Οι εντολές SCPI είναι εύκολες στην εκμάθηση, δηλαδή μελετώντας μια SCPI εντολή μπορούμε εύκολά να καταλάβουμε τι λειτουργία επιτελεί. Η γλώσσα SCPI απευθύνεται ταυτόχρονα σε προχωρημένους και αρχάριους προγραμματιστές. Εάν κατανοήσουμε την οργάνωση και δομή της SCPI, μπορούμε να αποκομίσουμε σημαντικά οφέλη ανεξάρτητα τις γλώσσας προγραμματισμού που θα επιλέξουμε.

### 6.2. Συνήθεις εντολές προγραμματισμού αναλυτών φάσματος

Αυτό το κεφάλαιο περιέχει συνηθισμένες SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) εντολές προγραμματισμού για τους αναλυτές φάσματος Agilent ESA. Πολλές από αυτές τις εντολές χρησιμοποιούνται από το λογισμικό του Εργαστηρίου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του ΤΕΙ Κρήτης για τον προγραμματισμό του διαθέσιμου αναλυτή φάσματος (Agilent ESA E4407B) που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

Οι εντολές που θα μελετήσουμε στην συνέχεια είναι οι παρακάτω



### IEEE Common Commands

:ABORt	
:CALCulate	[:SENSe]:BANDwidth
:CALCulate:LLINe	[:SENSe]:CORRection
:CALCulate:MARKer	[:SENSe]:DEMod
:CALCulate:NTData	[:SENSe]:DETEctor
:CALibration	[:SENSe]:FREQuency
:CONFigure	[:SENSe]:MIXer
:COUPle	[:SENSe]:POWer
:DISPlay	[:SENSe]:SIDentify
:FORMat	[:SENSe]:SWEep
:HCOPY	:SOURce
:INITiate	:STATus
:INPut	:STATus:QUEStionable
:INSTrument	:SYSTem
:MMEMory	:TRACe
:OUTPut	:TRIGger
[:SENSe]:	:UNIT
[:SENSe]:AVERage	

#### 6.1.1 IEEE Common Commands (Κοινές εντολές κάτω από το πρότυπο IEEE)

Αυτές οι εντολές είναι ορισμένες στο IEEE Standard 488.2-1992, *IEEE Standard Codes, Formats, Protocols and Common Commands for Use with ANSI/IEEE Std 488.1-1987*. New York, NY, 1992

##### 6.1.1.1 Calibration Query (Ερώτημα καλιμπραρίσματος)

###### \*CAL?

Εκτελεί μια ολοκληρωμένη ευθυγράμμιση και επιστρέφει έναν αριθμό που υποδεικνύει την επιτυχία της ευθυγράμμισης. Μηδέν επιστρέφεται αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχής. Η αντίστοιχη SPCI εντολή είναι

###### :CALibrate [:ALL]?

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System** → **Alignments** → **Align All Now**

##### 6.1.1.2 Clear Status (Καθαρισμός status)

###### \*CLS

Καθαρίζει /Αρχειοποιεί το status byte. Αυτό επιτυγχάνεται αδειάζοντας την ουρά σφαλμάτων και “καθαρίζοντας” όλα τα bits σε όλους τους καταχωρητές γεγονότων (event registers). Οι καταχωρητές status byte συνοψίζουν σε την κατάσταση των άλλων καταχωρητών.

##### 6.1.1.3 Standard Event Status Enable (Ενεργοποίηση κατάστασης Στάνταρτ γεγονότων)

###### \*ESE <αριθμός>



**\*ESE?**

Αυτός ο καταχωρητής ελέγχει για σφάλματα εισόδου/εξόδου και τις συνθήκες συγχρονισμού όπως operation complete, request control, query error, device dependent error, execution error, command error και power on. Το ερώτημα επιστρέφει την κατάσταση του καταχωρητή status event status enable. Εύρος: Ακέραιος, από 0 έως 255

**6.1.1.4 Standard Event Status Register Query (Ερώτημα κατάστασης καταχωρητή στάνταρτ γεγονότων)**

**\*ESR?**

Στέλνει ερώτηση και αρχικοποιεί τον καταχωρητή κατάστασης στάνταρτ γεγονότων. (Η ενέργεια αυτή είναι μη αναστρέψιμη). Πεδίο ορισμού: Ακέραιος, από 0 έως 255

**6.1.1.5 Identification Query (Ερώτημα Χαρακτηριστικών)**

**\*IDN?**

Επιστρέφει ένα αλφαριθμητικό με πληροφορίες ταυτότητας/χαρακτηριστικών του οργάνου. Το αλφαριθμητικό περιέχει το μοντέλο, τον σειριακό αριθμό και την έκδοση του υλικολογισμικού (firmware). Η απάντηση παρουσιάζεται σε τέσσερα πεδία χωρισμένα με κόμματα:

Manufacturer

Model

Serial number

Firmware version

Παράδειγμα: Hewlett-Packard, E4401B, US39120213, A.06.00

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→ Show System**

**6.1.1.6 Instrument State Query (Ερώτημα κατάστασης οργάνου)**

**\*LRN?**

Επιστρέφει την τρέχουσα κατάσταση του οργάνου σε ένα block ορισμένου μήκους. Η πληροφορία είναι σε γλώσσα μηχανής. Στέλνοντας το ερώτημα επιστρέφεται το ακόλουθο μορφή:

#PQQQSYST:SET #NMMM<state\_data>

παράδειγμα

#42031SYST:SET #42016<state data>

**6.1.2 Operation Complete (Ολοκλήρωση Διαδικασίας)**

**\*OPC**

**\*OPC?**

Αλλάζει το μηδενικό bit στον καταχωρητή Standard Event Status σε “1” όταν όλες η διαδικασίες που εκκρεμούν τελειώσουν. Το ερώτημα σταματάει νέες εντολές από το να επεξεργαστούν μέχρι να τελειώσει η διαδικασία του ερωτήματος. Τότε επιστρέφει ένα “1”, και το πρόγραμμα συνεχίζει. Αυτό το ερώτημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να συγχρονίσουμε γεγονότα άλλων οργάνων στον εξωτερικό δίαυλο.

**6.1.2.1 Recall (Εντολή ανάκλησης)**

**\*RCL <καταχωρητής>**

Αυτή η εντολή ανακαλεί μια σωσμένη κατάσταση του οργάνου από συγκεκριμένο καταχωρητή του οργάνου. Εύρος: Οι καταχωρητές είναι ένας ακέραιος, από 0 έως 127. Αν η κατάσταση που φορτώνεται έχει νεότερη έκδοση υλικολογισμικού (firmware) σε σχέση με αυτήν του οργάνου, τότε δεν ανακαλείται και αναφέρεται σφάλμα.

- Αν η κατάσταση που φορτώνεται έχει ίδια έκδοση υλικολογισμικού σε σχέση με αυτήν του οργάνου, τότε η κατάσταση ανακαλείται και φορτώνεται.
- Αν η κατάσταση που φορτώνεται έχει παλαιότερη έκδοση υλικολογισμικού σε σχέση με αυτήν του οργάνου, το όργανο θα φορτώσει μόνο τα μέρη της κατάστασης που εφαρμόζονται στην παλαιότερη έκδοση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File→ Recall State**



#### 6.1.2.2 Reset (Επαναφορά ρυθμίσεων)

**\*RST**

Αυτή η εντολή επαναφέρει το όργανο σε εργοστασιακές ρυθμίσεις που είναι κατάλληλες για προγραμματισμό.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Preset**

#### 6.1.2.3 Save (Σώσιμο/Αποθήκευση)

**\*SAV <καταχωρητής>**

Αυτή η εντολή σώνει την κατάσταση του αναλυτή σε συγκεκριμένο καταχωρητή του οργάνου. Εύρος: Καταχωρητές ακέραιοι αριθμοί, 0 έως 127.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File→ Save State**

#### 6.1.2.4 Service Request Enable

**\*SRE <ακέραιος>**

**\*SRE?**

Αυτή η εντολή σετάρει την τιμή του καταχωρητή Service Request Enable.

Το ερώτημα επιστρέφει την τιμή του καταχωρητή.

Εύρος: Ακέραιος, από 0 έως 255

#### 6.1.2.5 Read Status Byte Query

**\*STB?**

Επιστρέφει την τιμή του καταχωρητή status byte χωρίς να επηρεάζει τα δεδομένα του.

#### 6.1.2.6 Trigger

**\*TRG**

Αυτή η εντολή ενεργοποιεί το trigger του οργάνου. Χρησιμοποιώντας την εντολή :TRIGger:SEQuence:SOURce για να επιλέξουμε πηγή trigger.

#### 6.1.2.7 Self Test Query (Ερώτημα αυτοδιάγνωσης)

**\*TST?**

Αυτό το ερώτημα χρησιμοποιείται από μερικούς αναλυτές/όργανα για αυτοδιάγνωση. Για τους αναλυτές Agilent ESA, **\*TST?** Επιστρέφει πάντα 0; Δεν εκτελείται αυτοδιάγνωση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→ Alignments → Align All Now**

#### 6.1.2.8 Wait-to-Continue (Αναμονή για να συνεχίσει)

**\*WAI**

Αυτή η εντολή κάνει το όργανο να περιμένει ώσπου όλες οι εκκρεμείς εντολές να ολοκληρωθούν πριν εκτελέσει επιπρόσθετες εντολές.

### 6.1.3 ABORT Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου ακύρωσης)

#### 6.1.3.1 Abort (Ακύρωση)

**:Abort**

Επανεκκινεί οποιαδήποτε σάρωση ή μέτρηση σε εξέλιξη, και αρχικοποιεί το σύστημα sweep ή trigger. Η μέτρηση αναφέρετε σε οποιαδήποτε μέτρηση βρεθεί στο μενού MEASURE

- Αν **:INITiate:CONTinuous** είναι off (μοναδική μέτρηση), τότε **:INITiate:IMMediate** θα ξεκινήσει μια νέα μοναδική μέτρηση.
- Αν **:INITiate:CONTinuous** είναι on (συνεχόμενη measure), αμέσως θα ξεκινήσει μια νέα συνεχόμενη μέτρηση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Restart for continuous measurement mode**



### 6.1.4 CALCulate Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού)

Αυτό το σύνολο εντολών χρησιμοποιείται ώστε να εκτελέσουμε λειτουργίες επεξεργασίας στα δεδομένα πριν τα ανακτήσουμε / κατεβάσουμε από τον αναλυτή. Στον αναλυτή μας, οι κύριες λειτουργίες αυτού του συνόλου εντολών είναι σημάδια και όρια (markers/limits).

#### 6.1.4.1 NdBpoints

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth:NDB <rel\_ampl>**

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth:NDB?**

Επιλέγει την στάθμη, κάτω από το peak του σήματος στην οποία το εύρος ζώνης του σήματος θα μετρηθεί από markers.

Το **:CALCulate:BWIDth|BANDwidth[:STATe]** Πρέπει να είναι ON.

Εργοστασιακή ρύθμιση και \*RST: -3dB

Εύρος: -80dB μέχρι -1 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search (ή Search) → N dB Points**

#### 6.1.4.2 NdBresults

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth:REsult?**

Επιστρέφει το μετρημένο εύρος ζώνης στην στάθμη σήματος ορισμένη από

**:CALCulate:BWIDth:NDB**. -100 επιστρέφεται αν

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth[:STATe]** είναι off, ή όταν το αποτέλεσμα δεν είναι διαθέσιμο.

Εύρος: Πραγματικές τιμές μικρότερες από το τρέχον συχνοτικό διάστημα (frequency span).

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search (ή Search) → N dB Points**

#### 6.1.4.3 NdBstate

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:CALCulate:BWIDth|BANDwidth[:STATe]?**

Ελέγχει την λειτουργία μέτρησης εύρους ζώνης. Η λειτουργία μετράει το εύρος ζώνης, κάτω από όσα dB είναι ορισμένα στο **:CALCulate:BWIDth:NDB**, του μέγιστου σήματος στην οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Peak Search (ή Search) → N dB Points On Off**

#### 6.1.4.4 Test Current Trace Data Against all Limit Lines

**:CALCulate:CLIMits:FAIL?**

Εξετάζει την κατάσταση της εξεταζόμενης γραμμής σε ένα συγκεκριμένο όριο. Επιστρέφει 0 αν το data trace επιτυγχάνει όταν συγκρίνεται με όλα τα τρέχοντα όρια γραμμών. Επιστρέφει 1 αν το data trace αποτυγχάνει οποιοδήποτε τεστ σε όριο γραμμών.

### 6.1.5 CALCulate:LLINe Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού γραμμών)

Οριογραμμές μπορούν να καθοριστούν για τις μετρήσεις μας. Έτσι μπορούμε να έχουμε το όργανο να συγκρίνει τα δεδομένα με καθορισμένα δικά μας όρια και να υποδεικνύει μια κατάσταση επιτυχίας/αποτυχίας.

#### 6.1.5.1 Delete All Limit Lines in Memory

**:CALCulate:LLINe:ALL:DELeTe**

Σβήνει όλες τις οριογραμμές στην μνήμη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display→Limits→Delete All Limits**

#### 6.1.5.2 Control Limit Line Amplitude Interpolation

**:CALCulate:LLINe[1]|2:AMPLitude:INTerpolate:TYPE**

**LOGarithmic|LINear**



**:CALCulate:LLINe[1]|2:AMPLitude:INTerpolate:TYPE?**

Επιλέγει τον τύπο της παρεμβολής για διαφορετικές τιμές πλάτους τις προσδιορισμένης οριογραμμής συγκρινόμενο με μετρημένα δεδομένα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display→Limits→Limit 1/2→ Amptd Interp Log Lin**

**6.1.5.3 Set Fixed or Relative Limit Lines**

**:CALCulate:LLINe:CMODE FIXEd|RELative**

**:CALCulate:LLINe:CMODE?**

Καθορίζει αν τα τρέχοντα όρια γραμμών είναι σταθερά ή σχετικά.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display→Limits→Limits Fixed Rel**

**6.1.5.4 Set Limit Line X-axis Units**

**:CALCulate:LLINe:CONTRol:DOMain FREQUency|TIME**

**:CALCulate:LLINe:CONTRol:DOMain?**

Επιλέγει πώς καθορίζονται τα όρια γραμμών: ανάλογα με την συχνότητα, ή ανάλογα με την ρύθμιση του χρόνου σάρωσης του αναλυτή φάσματος.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display→Limits→X Axis Units Freq Time**

**6.1.5.5 Control Limit Line Frequency Interpolation**

**:CALCulate:LLINe[1]|2:CONTRol:INTerpolate:TYPE LOGarithmic|LINear**

**:CALCulate:LLINe[1]|2:CONTRol:INTerpolate:TYPE?**

Επιλέγει τον τύπο της παρεμβολής (interpolation) για τιμές συχνότητας προσδιορισμένης οριογραμμής, συγκρινόμενη με μετρημένα δεδομένα. Αυτό ισχύει μόνο στο πεδίο της συχνότητας. Η λειτουργία αυτή δεν δουλεύει με zero span, δηλαδή όταν ο αναλυτής δουλεύει στο πεδίο του χρόνου.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display→Limits→Limit 1/2→ Freq Interp Log Lin**

**6.1.5.6 Define Limit Line Values**

**:CALCulate:LLINe[1]|2:DATA**

**<x-axis>,<ampl>,<connected>{,<x-axis>,<ampl>,<connected>}**

**:CALCulate:LLINe[1]|2:DATA?**

Καθορίζει τις τιμές των οριογραμμών, και σβήνει τα προϋπάρχοντα δεδομένα. Μέχρι και 200σημεία μπορούν να καθοριστούν για κάθε όριο. Δεν επιτρέπονται μονάδες μετρήσεων.

<x-axis> - επιτρέπονται μόνο τιμές συχνότητας ή χρόνου όπως καθορίζονται από το

:CALCulate:LLINe:CONTRol:DOMain. Η συχνότητες είναι πάντα σε Hz. Ο χρόνος πάντα σε sec. Δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτή την παράμετρο.

<ampl> - οι τιμές πλάτους βρίσκονται στον τρέχον Y-άξονα. Μέχρι και δύο τιμές πλάτους μπορούν να δοθούν για κάθε τιμή X-άξονα, επαναλαμβάνοντας το <x-axis> στην λίστα δεδομένων. Δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτή την παράμετρο.

<connected> - οι τιμές σύνδεσης είναι είτε 0 είτε 1. Το 1 σημαίνει ότι αυτό το σημείο θα πρέπει να συνδεθεί με ένα προηγούμενο καθορισμένο σημείο ώστε να ορίσουν την οριογραμμή. Το 0 σημαίνει ότι αυτό είναι ένα σημείο ασυνέχειας και ότι δεν συνδέεται με προηγούμενο σημείο.

Η τιμή “connected” αγνοείται για το πρώτο σημείο.

Παράδειγμα: **CALC:LLIN1:DATA**

**1000000000,-20,0,200000000,-30,1**

Εύρος: <x-axis> -30Gs μέχρι +30Gs για όρια εκφρασμένα σε χρόνο

<x-axis> -30GHz μέχρι +350GHz για όρια εκφρασμένα σε συχνότητα

<ampl> -120dBm μέχρι +100 dBm

<connected> 0 ή 1

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display→Limits→X Axis Units Freq Time**

**Display→Limits→Limit 1/2→ Edit**





Display→Limits→Limit 1/2→Edit→Point  
Display→Limits→Limit 1/2→Edit→Frequency  
Display→Limits→Limit 1/2→Edit→Amplitude  
Display→Limits→Limit 1/2→Edit→Connected  
Display→Limits→Limit 1/2→Edit→Delete Point

#### 6.1.5.7 Merge Additional Values into the Existing Limit Line

:CALCulate:LLINe[1]|2:DATA:MERGE  
<x-axis>,<ampl>,<connected>{,<x-axis>,<ampl>,<connected>}

Προσθέτει τα σημεία με τις προκαθορισμένες τιμές στο τρέχον όριο γραμμής, επιτρέποντας μας να συγχωνεύσουμε τα δεδομένα των οριογραμμών. Μέχρι και 2 τιμές πλάτους επιτρέπονται για κάθε τιμή x. Αν προσπαθήσουν να συγχωνευτούν παραπάνω δεδομένα απ' ότι είναι δυνατό, τότε τα περισσότερα δυνατά σημεία θα συγχωνευτούν σε ένα προϋπάρχον όριο και τα υπόλοιπα θα επιστρέψουν σφάλματα. Μέχρι και 200σημεία μπορούν να καθοριστούν για κάθε όριο.

<x-axis> - επιτρέπονται μόνο τιμές συχνότητας ή χρόνου οπός καθορίζονται από το :CALCulate:LLINe:CONTRol:DOMain. Η συχνότητες είναι πάντα σε Hz. Ο χρόνος πάντα σε sec. Δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτή την παράμετρο.

<ampl> - οι τιμές πλάτους βρίσκονται στον τρέχον Y-άξονα. Μέχρι και δύο τιμές πλάτους μπορούν να δοθούν για κάθε τιμή X-άξονα, επαναλαμβάνοντας το <x-axis> στην λίστα δεδομένων. Δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτή την παράμετρο.

<connected> - οι τιμές σύνδεσης είναι είτε 0 είτε 1. Το 1 σημαίνει ότι αυτό το σημείο θα πρέπει να συνδεθεί με ένα προηγούμενο καθορισμένο σημείο ώστε να ορίσουν την οριογραμμή. Το 0 σημαίνει ότι αυτό είναι ένα σημείο ασυνέχειας και ότι δεν συνδέεται με προηγούμενο σημείο.

Η τιμή "connected" αγνοείται για το πρώτο σημείο.

Παράδειγμα: CALC:LLIN1:DATA

1000000000,-20,0,200000000,-30,1

Εύρος: <x-axis> -30Gs μέχρι +30Gs για όρια εκφρασμένα σε χρόνο

<x-axis> -30GHz μέχρι +350GHz για όρια εκφρασμένα σε συχνότητα

<ampl> -120dBm μέχρι +100 dBm

<connected> 0 ή 1

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

Display→Limits→X Axis Units Freq Time

#### 6.1.5.8 Delete Limit Line

:CALCulate:LLINe[1]|2:DELeTe

Διαγράφει την επιλεγμένη οριογραμμή.

#### 6.1.5.9 Display the Limit Line

:CALCulate:LLINe[1]|2:DISPlay OFF|ON|0|1

:CALCulate:LLINe[1]|2:DISPlay?

Ελέγχει την απεικόνιση τις τρέχουσας οριογραμμής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: Display→Limits→Limit 1/2, Limit On Off

#### 6.1.5.10 Test the Data Against the Limit Line

:CALCulate:LLINe[1]|2:FAIL?

Ερωτά την κατάσταση της οριογραμμής που εξετάζεται. Επιστρέφει 0 αν τα δεδομένα περάσουν με επιτυχία, και επιστρέφει 1 αν έχουμε αποτυχία. Αυτή η τιμή είναι έγκυρη αν το margin ή το limit test είναι σε κατάσταση On. Αυτό επιτυγχάνεται με την εντολή :CALCulate:LLINe[1]|2:STATe OFF|ON|0|1.

#### 6.1.5.11 Set the Margin Size

:CALCulate:LLINe[1]|2:MARGIn <rel\_ampl>

:CALCulate:LLINe[1]|2:MARGIn?



Μας επιτρέπει να καθορίσουμε το ποσοστό του margin της μέτρησης που προστίθεται στην προσδιορισμένη οριογραμμή.

Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

Display→Limits→Limit 1/2, Margin On Off

#### 6.1.5.12 Display the Limit Margin

:CALCulate:LLINe[1]|2:MARGin:STATe OFF|ON|0|1

:CALCulate:LLINe[1]|2:MARGin:STATe?

Μας επιτρέπει να εμφανίσουμε ένα margin μέτρησης που προστίθεται στην προκαθορισμένη οριογραμμή για να επιτελέσει δεύτερο τεστ στα δεδομένα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

Display→Limits→Limit 1/2, Margin On Off

#### 6.1.5.13 Control Limit Line Testing

:CALCulate:LLINe[1]|2:STATe OFF|ON|0|1

:CALCulate:LLINe[1]|2:STATe?

Αλλάζει την κατάσταση του τεστ οριογραμμής on/off. Το όριο(Limit) και το margin θα τεσταριστούν μόνο αν εμφανιστούν στην οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

Display→Limits→Limit 1/2, Limit On Off

#### 6.1.5.14 Select the Type of Limit Line

:CALCulate:LLINe[1]|2:TYPE UPPer|LOWer

:CALCulate:LLINe[1]|2:TYPE?

Ρυθμίζει την οριογραμμή σαν ανώτερου είτε κατώτερου τύπου οριογραμμή. Μια οριογραμμή ανώτερου τύπου χρησιμοποιείται σαν το μέγιστο ανώτερο όριο τιμής όταν συγκρίνουμε με δεδομένα.

Η κατώτερου τύπου χρησιμοποιείται σαν κατώτερο όριο.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

Display→Limits→Limit 1/2, Type Upper Lower

### 6.1.6 CALCulate:MARKer Subsection(Σύνολο εντολών τύπου υπολογισμού σημαδιών)

#### 6.1.6.1 Markers All Off on All Traces

:CALCulate:MARKer:AOff

Απενεργοποιεί όλα τα σημάδια από το ίχνος (trace).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker→ Marker All Off**

#### 6.1.6.2 Continuous Peaking Marker Function

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:CPEak[:STATe] OFF|ON|0|1

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:CPEak[:STATe]?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία continuous peaking. Αυτή η λειτουργία βάζει το επιλεγμένο σημάδι στην υψηλότερη απεικονιζόμενη κορυφή του σήματος.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Continuous Pk On Off**

#### 6.1.6.3 Frequency Counter Marker Resolution

:CALCulate:MARKer:FCOunt:RESolution <real>

:CALCulate:MARKer:FCOunt:RESolution?

Ρυθμίζει την ανάλυση του μετρητή σημαδιού συχνότητας. Ρυθμίζοντας την ανάλυση σε AUTO θα συνθέσει την ανάλυση του μετρητή σημαδιού συχνότητας στο συχνοτικό εύρος (frequency span).

Εύρος: από 1Hz μέχρι 100kHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz



Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Freq Count → Resolution Auto Man**

#### 6.1.6.4 Frequency Counter Marker Automatic Resolution

**:CALCulate:MARKer:FCOunt:RESolution:AUTO OFF|ON|0|1**

**:CALCulate:MARKer:FCOunt:RESolution:AUTO?**

Ρυθμίζει την ανάλυση του μετρητή σημαδιού συχνότητας έτσι ώστε να συντεθεί αυτόματα στο συχνοτικό εύρος (frequency span), παράγοντας το γρηγορότερο και ακριβέστερο μέτρημα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Freq Count → Resolution Auto Man**

#### 6.1.6.5 Frequency Counter Marker

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:FCOunt[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:FCOunt[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον μετρητή σημαδιού συχνότητας. Για να ερωτήσουμε την κατάσταση του μετρητή συχνότητας, χρησιμοποιείται η **:CALCulate:MARKer[1]:FCOunt:X?** Αν το προσδιορισμένο νούμερο σημαδιού δεν είναι ενεργό σημάδι, τότε γίνεται το ενεργό σημάδι. Αν το προσδιορισμένο νούμερο σημαδιού δεν είναι σε κατάσταση on, τότε αλλάζει σε κατάσταση on και γίνεται ενεργό σημάδι. Από την στιγμή που ο μετρητής σημαδιού είναι σε κατάσταση on, παραμένει σε κατάσταση on για κάθε ενεργό σημάδι, όχι μόνο αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην εντολή. Επιστρέφεται 1 μόνο αν ο μετρητής σημαδιών είναι σε κατάσταση on και το επιλεγμένο νούμερο είναι ενεργό σημάδι.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Freq Count → Marker Count On Off**

#### 6.1.6.6 Frequency Counter Marker Query

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:FCOunt:X?**

Ερωτά την κατάσταση του μετρητή συχνότητας σημαδιού.

#### 6.1.6.7 Marker Function

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:FUNCTION BPOWer|NOISe|OFF**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:FUNCTION?**

Επιλέγει την λειτουργία σημαδιού για το συγκεκριμένο σημάδι. Για την τιμή που επιστρέφεται από την λειτουργία, χρησιμοποιείται η

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:Y?**

BPOWer είναι ή ενέργεια συγχωνευμένη μέσα στο εύρος ζώνης.

NOISe είναι μέτρηση του θορύβου

OFF απενεργοποιεί όλες τις λειτουργίες

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Function**

#### 6.1.6.8 Marker Peak (Maximum) Search

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MAXimum**

Επιτελεί μια εύρεση κορυφών βασισμένη στις ρυθμίσεις της

**:CALCulate:MARKer:PEAK:SEARCh:MODE.**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Meas Tools → Peak Search**

#### 6.1.6.9 Marker Peak (Maximum) Left Search

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MAXimum:LEFT**

Τοποθετεί το επιλεγμένο σημάδι στην επόμενη υψηλότερη κορυφή του σήματος, στα αριστερά της τρέχουσας σημαδεμένης κορυφής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Next Pk Left**

#### 6.1.6.10 Marker Next Peak (Maximum) Search

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MAXimum:NEXT**

Τοποθετεί το επιλεγμένο σημάδι στην επόμενη υψηλότερη κορυφή του σήματος από την τρέχουσα σημαδεμένη κορυφή.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Next Peak**



#### 6.1.6.11 Marker Peak (Maximum) Right Search

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MAXimum:RIGHT

Τοποθετεί το επιλεγμένο σημάδι στην επόμενη υψηλότερη κορυφή του σήματος, στα δεξιά της τρέχουσας σημαδεμένης κορυφής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Next Pk Right**

#### 6.1.6.12 Marker Peak (Minimum) Search

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MINimum

Τοποθετεί το επιλεγμένο σημάδι στο χαμηλότερο σημείο του σήματος-ίχνους (trace) που είναι διορισμένο σε αυτό το συγκεκριμένο νούμερο σημαδιού.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Min Search**

#### 6.1.6.13 Marker Mode

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MODE POSITION|DELTA|BAND|SPAN

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MODE?

Επιλέγει τον τύπο των σημαδιών που θέλουμε να ενεργοποιήσουμε.

Position: Επιλέγει ένα κανονικό σημάδι που μπορεί να τοποθετηθεί πάνω στο σήμα/ίχνος και από το οποίο μπορεί να παραχθεί πληροφορίες ίχνους.

Delta: Ενεργοποιεί ένα ζευγάρι από σημάδια, το ένα από τα οποία είναι σταθερό-ακλόνητο στην τρέχουσα θέση του σημαδιού. Το άλλο σημάδι μπορεί να μετακινηθεί οπουδήποτε στο ίχνος. Το marker readout δείχνει την διαφορά ανάμεσα στα δύο σημάδια.

Band: Ενεργοποιεί ένα ζευγάρι από σημάδια μπάντας, όπου κάθε σημάδι μπορεί να τοποθετηθεί ξεχωριστά πάνω στο ίχνος. Το marker readout δείχνει τη διαφορά ανάμεσα στα δύο σημάδια.

Span: Ενεργοποιεί ένα ζευγάρι από σημάδια απόστασης(span), όπου η θέση του σημαδιού ελέγχετε αλλάζοντας το span και/ή την κεντρική συχνότητα ανάμεσα σε 2 σημάδια. Το marker readout δείχνει την διαφορά ανάμεσα σε δύο σημάδια.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Marker → Normal**

**Marker → Delta**

**Marker → Delta Pair Ref Delta**

**Marker → Span Pair Span Center**

#### 6.1.6.14 Define Peak Excursion

:CALCulate:MARKer:PEAK:EXCursion <rel\_ampl>

:CALCulate:MARKer:PEAK:EXCursion?

Καθορίζει την ελάχιστη έκβαση του σήματος πάνω από το κατώφλι για να εκτελεστεί ή ρουτίνα εσωτερικής αναγνώρισης κορυφών ώστε να αναγνωρίσει ένα σήμα σαν κορυφή. Αυτό αφορά όλα τα ίχνη(traces) και όλα τα παράθυρα.

Εύρος: 0 έως 100dB

Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Peak Search → Search Criteria → Peak Excursion**

#### 6.1.6.15 Define Peak Search

:CALCulate:MARKer:PEAK:SEARCh:MODE PARAmeter|MAXimum

:CALCulate:MARKer:PEAK:SEARCh:MODE?

Ορίζει την λειτουργία εύρεσης κορυφών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Peak Search → Search Criteria → Peak Search Type → Max Value | Excursion & Threshold**

#### 6.1.6.16 Define Peak Threshold

:CALCulate:MARKer:PEAK:THReshold <ampl>

:CALCulate:MARKer:PEAK:THReshold?



Καθορίζει το ελάχιστο επίπεδο σήματος για να εκτελεστεί ή ρουτίνα εσωτερικής αναγνώρισης κορυφών του αναλυτή ώστε να αναγνωρίσει ένα σήμα σαν κορυφή. Αυτό αφορά όλα τα ίχνη(traces) και όλα τα παράθυρα.

Εύρος: Επίπεδο αναφοράς στο κάτω επίπεδο της οθόνης

Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: Μονάδα μέτρησης του πλάτους

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Peak Search → Search Criteria → Peak Threshold**

#### 6.1.6.17 Peak to Peak Delta Markers

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:PTPeak**

Τοποθετεί τα σημάδια δέλτα στα υψηλότερα και χαμηλότερα σημεία του ίχνους (trace).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Peak Search → Pk-Pk Search**

#### 6.1.6.18 Set Center Frequency to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:CENTER**

Ορίζει την κεντρική συχνότητα ίση με την επιλεγμένη συχνότητα του σημαδιού, όπου κινεί το σημάδι στο κέντρο της οθόνης. Στην λειτουργία σημαδιού δέλτα, η κεντρική συχνότητα ορίζεται στην τιμή του σημαδιού δέλτα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Mkr -> CF**

#### 6.1.6.19 Set Reference Level to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:RLEVel**

Ορίζει το επίπεδο αναφοράς, στο επιλεγμένο πλάτος που ορίζεται στο ίχνος από το σημάδι. Σε λειτουργία δέλτα σημαδιού, το επίπεδο αναφοράς ορίζετε στην διαφορά πλάτους ανάμεσα στα σημάδια.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Marker → Mkr → Ref Lvl**

**Peak Search → Meas Tools → Mkr → Ref Lvl**

#### 6.1.6.20 Set Span to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:SPAN**

Ρυθμίζει την απόσταση/span σε αυτήν της τιμής της επιλεγμένης συχνότητας του σημαδιού.

Το επιλεγμένο σημάδι πρέπει να είναι σε λειτουργία δέλτα. Επιλέγουμε λειτουργία σημαδιού δέλτα με : **CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:MODE DELTA**.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Marker → Delta → Marker → Mkr Δ → Span**

#### 6.1.6.21 Set Start Frequency to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:START**

Ρυθμίζει την συχνότητα εκκίνησης στην τιμή της επιλεγμένης συχνότητας που ορίζεται στο ίχνος από το σημάδι. Σε λειτουργία σημαδιού δέλτα, η συχνότητα εκκίνησης ορίζεται στην τιμή του σημαδιού δέλτα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Mkr → Start**

#### 6.1.6.22 Set Center Frequency Step Size to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:STEP**

Ρυθμίζει το μέγεθος του βήματος της κεντρικής συχνότητας ώστε να είναι ισοδύναμο με την τιμή της επιλεγμένης συχνότητας που ορίζεται στο ίχνος από το σημάδι. Σε λειτουργία σημαδιού δέλτα, το μέγεθος βήματος της κεντρικής συχνότητας εκκίνησης θα οριστεί στην διαφορά συχνότητας ανάμεσα στα σημάδια.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Mkr → CF Step**

#### 6.1.6.23 Set Stop Frequency to the Marker Value

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4[:SET]:STOP**



Ρυθμίζει την συχνότητα τερματισμού στην τιμή της συχνότητας του ενεργού/επιλεγμένου σημαδιού. Σε λειτουργία δέλτα σημαδιού, η συχνότητα τερματισμού ρυθμίζεται στην δέλτα τιμή σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Mkr → Stop**

#### 6.1.6.24 Marker On/Off

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:STATe OFF|ON|0|1

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:STATe?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το επιλεγμένο σημάδι.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Off**

#### 6.1.6.25 Marker Table On/Off

:CALCulate:MARKer:TABLE:STATe OFF|ON|0|1

:CALCulate:MARKer:TABLE:STATe?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον πίνακα (table) του σημαδιού.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Marker Table On Off**

#### 6.1.6.26 Marker to Trace

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRACe <integer>

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRACe?

Αναθέτει το επιλεγμένο σημάδι στο καθορισμένο ίχνος 1,2 ή 3.

Εύρος: 1 έως 3

#### 6.1.6.27 Marker to Trace Auto

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRACe:AUTO OFF|ON|0|1

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRACe:AUTO?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τα αυτόματα σημάδια στη λειτουργία ίχνους/trace.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → Marker Trace Auto 1 2 3**

#### 6.1.6.28 Continuous Signal Tracking Function

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRCKing[:STATe] OFF|ON|0|1

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:TRCKing[:STATe]?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία ιχνηλάτησης (tracking) σημαδιού στο σήμα.

Βάζει επαναλαμβανόμενα το επιλεγμένο σημάδι στην υψηλότερη εμφανιζόμενη κορυφή του σήματος και το μετακινεί στην κεντρική συχνότητα. Αυτό μας επιτρέπει να κρατήσουμε ένα σήμα που ολισθαίνει σε συχνότητα, μέσα στην οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι

**Frequency/Channel → Signal track On Off**

#### 6.1.6.29 Marker X Value

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X <param>

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X?

Βάζει το καθορισμένο σημάδι πάνω στο διορισμένο ίχνος (trace) σε μια ορισμένη τιμή X του ίχνους. Η τιμή είναι σε μονάδα μέτρησης του άξονα X (η οποία είναι συχνά συχνότητα ή χρόνος). Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα X τιμή του διορισμένου σημαδιού.

Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: Συμπίπτει με την μονάδα μέτρησης του ίχνους του οποίου είναι τοποθετημένο το σημάδι.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker**

#### 6.1.6.30 Span Markers Center Frequency X Value

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:CENTer <param>

:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:CENTer?

Μετακινεί την κεντρική συχνότητα, του καθορισμένου ζευγαριού σημαδιών τύπου span, στην ορισμένη τιμή X ίχνους. Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα X τιμή της κεντρικής συχνότητας των καθορισμένων σημαδιών.





Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: Συμπίπτει με την μονάδα μέτρησης του οποίου είναι τοποθετημένο το σημάδι.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker** → **<active marker>** → **Span Pair**

#### 6.1.6.31 Marker X Position

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition <integer>**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition?**

Τοποθετεί καθορισμένο σημάδι σε ορισμένο ίχνος στην συγκεκριμένη X θέση.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα X θέση για το καθορισμένο σημάδι.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker**

#### 6.1.6.32 Span Markers Center Frequency X Position

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:CENTer <param>**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:CENTer?**

Τοποθετεί την κεντρική συχνότητα, του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου span, στην ορισμένη θέση X του ίχνους. Η εντολή

**:CALCulate:MARKer:MODE SPAN**

χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε σημάδια απόστασης/span.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα θέση X της κεντρικής συχνότητας των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker** → **<active marker>** → **Span Pair**

#### 6.1.6.33 Span Markers Span X Position

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:SPAN <param>**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:SPAN?**

Αλλάζει την απόσταση/span συχνότητας, του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου απόστασης/span, ώστε να μετακινηθούν τα σημάδια σε επιθυμητές X θέσεις πάνω στο ίχνος.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα X θέση απόστασης/span συχνότητας των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker** → **<active marker>** → **Span Pair**

#### 6.1.6.34 Delta Pair Markers Start Frequency X Position

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:START <param>**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:START?**

Τοποθετεί το πιο ακριανό σημάδι αριστερά, στην αρχική συχνότητα (συχνότητα αναφοράς) του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου band, στην ορισμένη X θέση πάνω στο ίχνος.

Η εντολή **:CALCulate:MARKer:MODE BAND** χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε σημάδια απόστασης/span.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα θέση X της αρχικής συχνότητας(συχνότητα αναφοράς) των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker** → **<active marker>** → **Delta Pair**

#### 6.1.6.35 Delta Pair Markers Stop Frequency X Position

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:STOP <param>**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:POSition:STOP?**

Τοποθετεί το πιο ακριανό σημάδι δεξιά, στην συχνότητα τερματισμού του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου band, στην ορισμένη X θέση πάνω στο ίχνος.

Η εντολή **:CALCulate:MARKer:MODE BAND** χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε σημάδια απόστασης/span.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα θέση X της συχνότητας τερματισμού των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker** → **<active marker>** → **Delta**

#### 6.1.6.36 Marker X-Axis Readout

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:READout**





**FREQuency|TIME|ITIME|PERiod  
:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:READout?**

Επιλέγει τις μονάδες μέτρησης για τον x-άξονα του σημαδιού. Οι διαθέσιμες μονάδες είναι:  
Frequency  
Time  
Inverse of Time  
Period

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Marker → Readout → Frequency**  
**Marker → Readout → Time**  
**Marker → Readout → Inverse Time**  
**Marker → Readout → Period**

**6.1.6.37 Span Markers Span X Value**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:SPAN <param>**  
**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:SPAN?**

Αλλάζει την απόσταση/span συχνότητας, του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου απόστασης/span, ώστε να μετακινηθούν τα σημάδια σε επιθυμητές X θέσεις πάνω στο ίχνος.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα X θέση απόσταση/span συχνότητας των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → <active marker> → Span Pair**

**6.1.6.38 Delta Pair Markers Start Frequency X Value**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:STARt <param>**  
**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:STARt?**

Τοποθετεί την αρχική συχνότητα(συχνότητα αναφοράς) του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου band, στην ορισμένη X θέση πάνω στο ίχνος.

Η εντολή **:CALCulate:MARKer:MODE BAND** χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε σημάδια απόστασης/span.

Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα θέση X της αρχικής συχνότητας (συχνότητα αναφοράς) των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → <active marker> → Delta Pair**

**6.1.6.39 Delta Pair Markers Stop Frequency X Value**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:STOP <param>**  
**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:X:STOP?**

Τοποθετεί την συχνότητα τερματισμού του καθορισμένου ζεύγους σημαδιών τύπου band, στην ορισμένη X θέση πάνω στο ίχνος. Η εντολή **:CALCulate:MARKer:MODE BAND** χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε σημάδια απόστασης/span. Το ερώτημα επιστρέφει την τρέχουσα θέση X της συχνότητας τερματισμού των καθορισμένων σημαδιών.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Marker → <active marker> → Delta Pair**

**6.1.6.40 Marker Read Y Value**

**:CALCulate:MARKer[1]|2|3|4:Y?**

Διαβάζει την τρέχουσα Y-τιμή για καθορισμένο σημάδι ή δέλτα πάνω στο ορισμένο ίχνος. Η τιμή έχει μονάδα μέτρησης ίδια με αυτή του Y-άξονα για το τρέχον ίχνος (συντά είναι dBm).

Προκαθορισμένη μονάδα μέτρησης: Συμπίπτει με την μονάδα μέτρησης του ίχνους του οποίου είναι τοποθετημένο το σημάδι.

**6.1.7 CALCulate:NTData Subsection (Σύνολο εντολών τύπου NTData)**

**6.1.7.1 Normalize the Trace Data (Κανονικοποίηση των δεδομένων του ίχνους)**

**:CALCulate:NTData[:STATe] OFF|ON|0|1**  
**:CALCulate:NTData[:STATe]?**



Μια σάρωση του ίχνους(trace) των δεδομένων αντιγράφεται στο ίχνος 3, το οποίο χρησιμοποιείτε σαν ίχνος αναφοράς. Έπειτα για όλες τις επακόλουθες σαρώσεις ίχνους, το απεικονιζόμενο ίχνος 1 = με τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν στο ίχνος 1 – δεδομένα στο ίχνος 3.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**View/Trace → Normalize → Normalize On Off**

### 6.1.8 CALibration Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου καλιμπραρίσματος)

Αυτές οι εντολές ελέγχουν τις λειτουργίες αυτο-ευθυγράμμισης και αυτοδιάγνωσης.

#### 6.1.8.1 Align All Instrument Assemblies

**:CALibration[:ALL]**

**:CALibration[:ALL]?**

Κάνει μια ευθυγράμμιση όλων των επί μέρους συστατικών του αναλυτή, εκτός του tracking generator, αν είναι εγκατεστημένος(όχι μοντέλα E4401B ή E4411B).

Το ερώτημα κάνει μια πλήρη ευθυγράμμιση και επιστρέφει ένα αριθμό που υποδεικνύει την επιτυχία της ευθυγράμμισης. Ο επιστρέφεται αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχημένη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Align Now →All**

#### 6.1.8.2 Set Auto Align Mode All or Not RF

**:CALibration:AUTO:MODE ALL|NRF**

**:CALibration:AUTO:MODE?**

Αυτή η εντολή καθορίζει αν συμπεριληφθεί η όχι ή RF ευθυγράμμιση σαν μέρος της ρουτίνας αυτόματης ευθυγράμμισης. Με το να αποτρέψουμε την αυτόματη RF ευθυγράμμιση εμποδίζουμε τις αλλαγές στην αντίσταση εισόδου (input impedance) ανάμεσα στις σαρώσεις (sweeps), οι οποίες θα επιφέρουν αστάθεια στην συσκευή εισόδου.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**System→Alignments→ Auto Align →All**

**System→Alignments→ Auto Align →All but RF**

#### 6.1.8.3 Automatic Alignment

**:CALibration:AUTO OFF|ON|0|1**

**:CALibration:AUTO?**

Ενεργοποιεί και απενεργοποιεί την λειτουργία αυτόματης ευθυγράμμισης. Αυτό τρέχει συνεχόμενα, στην ολοκλήρωση/τελείωμα κάθε σάρωσης(sweep).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**System→Alignments→ Auto Align →All**

**System→Alignments→ Auto Align →All but RF**

**System→Alignments→ Auto Align →Off**

#### 6.1.8.4 Return to the Default Alignment Data

**:CALibration:DATA:DEFault**

Αρχικοποιεί τα δεδομένα ευθυγράμμισης στις εργοστασιακές ρυθμίσεις.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Load Defaults**

#### 6.1.8.5 Align FM Demodulation

**:CALibration:FMDemod**

**:CALibration:FMDemod?**

Εκτελεί μια ευθυγράμμιση τις πλακέτας αποδιαμόρφωσης FM αν είναι εγκατεστημένο το υποσύστημα BAA (αποδιαμόρφωση FM) ή υποσύστημα 106 (Bluetooth).

Το ερώτημα κάνει την ευθυγράμμιση και επιστρέφει 0 αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Align Now→ FM Demod**



#### 6.1.8.6 Query the Internal or External Frequency Reference

**:CALibration:FREQuency:REFeRence?**

Η εντολή αυτή έχει μορφή ερωτήματος μόνο. Επιστρέφει την θέση που παράγεται η συχνότητα αναφοράς του οργάνου.

Εύρος: INT ή EXT

#### 6.1.8.7 Coarse Adjust the Frequency Reference

**:CALibration:FREQuency:REFeRence:COARse <setting>**

**:CALibration:FREQuency:REFeRence:COARse?**

Κάνει μια γρήγορη και “χοντροειδή” ρύθμιση του εσωτερικού ταλαντωτή αναφοράς 10MHz του αναλυτή. Η εντολή :CALibration:ALL είναι αναγκαία μετά την νέα ρύθμιση.

Εύρος : Ακέραιος από 0 έως 255

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Time Base → Coarse**

#### 6.1.8.8 Fine Adjust the Frequency Reference

**:CALibration:FREQuency:REFeRence:FINE <setting>**

**:CALibration:FREQuency:REFeRence:FINE?**

Κάνει μια λεπτομερή-ρύθμιση ακριβείας του εσωτερικού ταλαντωτή αναφοράς 10MHz του αναλυτή. Η εντολή :CALibration:ALL είναι αναγκαία μετά την νέα ρύθμιση.

Εύρος : Ακέραιος από 0 έως 255

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Time Base → Fine**

#### 6.1.8.9 Select the Frequency Corrections

**:CALibration:FREQuency[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:CALibration:FREQuency[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις διορθώσεις συχνότητας.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**System→Alignments→ Freq Correct On Off**

#### 6.1.8.10 Align the RF Circuitry

**:CALibration:RF**

**:CALibration:RF?**

Κάνει μια ευθυγράμμιση του RF υποσυστήματος.

Το ερώτημα κάνει την ευθυγράμμιση και επιστρέφει 0 αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Align Now → RF**

#### 6.1.8.11 Select the Source State for Calibration

**:CALibration:SOURce:STATe OFF|ON|0|1**

**:CALibration:SOURce:STATe?**

Ελέγχει την κατάσταση του σήματος ευθυγράμμισης 50 MHz.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι

Για τους αναλυτές Agilent ESA E4401B, E4411B:

**Input/Output→Amptd Ref(f=50MHz) On Off**

Για τους όλους τους άλλους Agilent:

**Input/Output→Amptd Ref Out(f=50MHz) On Off**

#### 6.1.8.12 Calibrate the Tracking Generator

**:CALibration:TG**

**:CALibration:TG?**

Εκτελεί μια ευθυγράμμιση του υποσυστήματος γεννήτριας ίχνους (tracking generator)

Το ερώτημα κάνει την ευθυγράμμιση και επιστρέφει 0 αν η ευθυγράμμιση ήταν επιτυχής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System→Alignments→ Align Now → TG**



## 6.1.9 CONFigure Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου παραμετροποίησης)

### 6.1.9.1 Configure the Basic Spectrum Analyzer State

#### :CONFigure:SANalyzer

Αυτή η εντολή τερματίζει την τρέχουσα μέτρηση, και θέτει τον αναλυτή σε βασική κατάσταση ανάλυσης φάσματος.

## 6.1.10 COUPlE Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου συνδυασμού)

Κάποιες ρυθμίσεις μετρήσεων αυτόματα συνδυάζονται μαζί για να βελτιστοποιήσουν ταχύτητα και ακρίβεια. Αυτές οι εντολές ελέγχουν αυτόν τον συνδυασμό.

### 6.1.10.1 COUPlE the Function to Other Settings

#### :COUPlE ALL|NONE

#### :COUPlE?

Το όργανο μπορεί να συνδυάσει αυτόματα ρυθμίσεις μετρήσεων μαζί για να βελτιστοποιήσουν ακρίβεια και δυναμική περιοχή. Η παραπάνω εντολή χρησιμοποιείται για να παρακάμψει αυτή την λειτουργία για συγκεκριμένες ανάγκες μετρήσεων.

**COUPlE NONE** βάζει αυτές τις λειτουργίες σε “χειροκίνητο”/manual mode.

**COUPlE ALL** βάζει τις λειτουργίες σε αυτόματο συνδυασμό, επιπρόσθετα βάζει σε λειτουργία couple all το sweep coupling. Η παρακάτω λίστα λειτουργιών του αναλυτή, μπορεί να συνδυαστεί αυτόματα για καλύτερα αποτελέσματα.

Resolution bandwidth

Span

Average type (Firmware revision A.08.00 or greater)

Marker functions

Detector (Firmware revision A.08.00 or greater)

Marker functions

Average On Off

Average type

Attenuation

Reference level

External amplifier gain

Preamp

Center frequency step

Span (in swept spans)

Resolution bandwidth (in zero spans)

Video bandwidth

Resolution bandwidth

Tracking Generator

Sweep coupling mode (SR/SA)

VBW/RBW ratio (Firmware revision A.08.00 or greater)

Sweep time

Span

Video bandwidth

Resolution bandwidth

Sweep points

Phase noise optimization

Phase Noise Optimization (Firmware revision A.08.00 or greater)

Span

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Auto Couple → Auto All**



### 6.1.11 DISPLAY Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου απεικόνισης)

Το σύνολο εντολών απεικόνισης, ελέγχει την επιλογή και παρουσίαση γραφικής πληροφορίας κειμένου και ίχνους. Η πληροφορία στην οθόνη, μπορεί να χωριστεί και να παρουσιαστεί σε ξεχωριστά παράθυρα.

#### 6.1.11.1 Active Function Position

**:DISPlay:AFUNction:POSition BOTTom|CENTer|TOP**

**:DISPlay:AFUNction:POSition?**

Αλλάζει την θέση του ενεργού μπλοκ λειτουργίας(function block).

Εύρος: Πάνω, Κέντρο ή Κάτω

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display**

#### 6.1.11.2 Display Viewing Angle

**:DISPlay:ANGLE <integer>**

**:DISPlay:ANGLE?**

Αλλάζει την γωνία θέασης της οθόνης για απεικόνιση σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Εύρος: Ακέραιος, 1 έως 7

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Viewing angle keys**

#### 6.1.11.3 Date and Time Display Format

**:DISPlay:ANNotation:CLOCK:DATE:FORMat MDY|DMY**

**:DISPlay:ANNotation:CLOCK:DATE:FORMat?**

Επιτρέπει την αλλαγή του τρόπου παρουσίασης της ρολογιού πραγματικού χρόνου. Για να αλλάξουμε την ημερομηνία/ώρα χρησιμοποιούμε την SYSTem:DATE <year>, <month>, <day>.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System → Time/Date → Date Format MDY DMY**

#### 6.1.11.4 Date and Time Display

**:DISPlay:ANNotation:CLOCK[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:ANNotation:CLOCK[:STATe]?**

Ενεργοποιεί και απενεργοποιεί την εμφάνιση ώρας και ημερομηνίας στην οθόνη του αναλυτή φάσματος.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System → Time/Date → Time/Date On Off**

#### 6.1.11.5 Display Annotation Title Data

**:DISPlay:ANNotation:TITLe:DATA <string>**

**:DISPlay:ANNotation:TITLe:DATA?**

Εισάγει κείμενο που εμφανίζεται στην περιοχή τίτλου του χρήστη στην οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display → Title**

**Display → Title → Change Title**

**Display → Title → Clear Title**

#### 6.1.11.6 Turn the Entire Display On/Off

**:DISPlay:ENABle OFF|ON|0|1**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την οθόνη.

#### 6.1.11.7 Turn the Full Screen Display On/Off

**:DISPlay:MENU:STATe OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:MENU:STATe?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την απεικόνιση σε πλήρη οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **System → System**



#### 6.1.11.8 Window Annotation

**:DISPlay:WINDow:ANNOtation[:ALL] OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:WINDow:ANNOtation[:ALL]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις “σημειώσεις” σε όλα τα παράθυρα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display → Title → Preferences → Annotation On Off**

#### 6.1.11.9 Trace Graticule Display

**:DISPlay:WINDow:TRACe:GRATicule:GRID[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:GRATicule:GRID[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τα τετραγωνίδια στην οθόνη.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Display → Preferences → Graticule On Off**

#### 6.1.11.10 Trace X-Axis Scale Offset

**:DISPlay:WINDow:TRACe:X[:SCALe]:OFFSet <freq>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:X[:SCALe]:OFFSet?**

Καθορίζει το όφσετ συχνότητας για όλες τις ενδείξεις συχνότητας όπως την κεντρική συχνότητα. Εύρος: -500THz έως 500THz. Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **FREQUENCY/Channel → Freq Offset**

#### 6.1.11.11 Display Line Amplitude

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y:DLINe <ampl>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y:DLINe?**

Καθορίζει το επίπεδο της εμφανιζόμενης γραμμής, στις μονάδες μέτρησης του ενεργού πλάτους αν δεν καθορίζονται κάποιες μονάδες.

Εύρος: 10 υποδιαιρέσεις στην οθόνη κάτω από το επίπεδο αναφοράς μέχρι το επίπεδο αναφοράς

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Τρέχουσες ενεργές μονάδες μέτρησης

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display → Display Line On Off**

#### 6.1.11.12 Display Line On/Off

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y:DLINe:STATe OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y:DLINe:STATe?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την γραμμή οθόνης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Display → Display Line On Off**

#### 6.1.11.13 IF Gain Auto/Reference Level Auto Ranging

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:LOG:RANGe:AUTO OFF|ON|0|1**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:LOG:RANGe:AUTO?**

Αυτή η εντολή ενεργοποιεί και απενεργοποιεί την λειτουργία αυτόματης εύρεσης εμβέλειας (range). Η απενεργοποίηση αυτής της λειτουργίας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ταχύτητα πραγματοποίησης μέτρησης σε στενό εύρος ζώνης συχνότητας-RBW (resolution bandwidth).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**AMPLITUDE/Y Scale → If Gain Auto Fixed**

#### 6.1.11.14 Normalized Reference Level

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:NRLevel <rel\_ampl>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:NRLevel?**

Θέτει το κανονικοποιημένο επίπεδο αναφοράς.

Εύρος: -327.6 έως 327.6 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Τρέχουσα ενεργή μονάδα μέτρησης

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **View/Trace → Normalize → Norm Ref Lvl**





#### 6.1.11.15 Normalized Reference Level Position

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:NRPosition <integer>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:NRPosition?**

Επιλέγει την θέση του κανονικοποιημένου επιπέδου αναφοράς. Η πάνω και κάτω γραμμές των τετραγωνιδίων αντιστοιχούν σε 10 και 0, αντίστοιχα.

Εύρος: ακέραιος

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**View/Trace → Normalize → Norm Ref Posn**

#### 6.1.11.16 Trace Y-Axis Amplitude Scaling

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:PDIVision <rel\_ampl>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:PDIVision?**

Ορίζει την διαβάθμιση οθόνης προ-διαίρεσης για τον Y-άξονα όταν οι μονάδες μέτρησης του y-άξονα είναι ρυθμισμένες σε μονάδες πλάτους.

Εύρος: 0.1 έως 20.0 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale→Scale/Div**

#### 6.1.11.17 Trace Y-Axis Frequency Scaling

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:PDIVision:FREQuency <freq>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:PDIVision:FREQuency?**

Ορίζει την διαβάθμιση οθόνης προ-διαίρεσης για τον Y-άξονα όταν οι μονάδες μέτρησης του y-άξονα είναι ρυθμισμένες σε μονάδες συχνότητας.

Εύρος: 1kHz έως 240 kHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale→Scale/Div**

#### 6.1.11.18 Trace Y-Axis Reference Level

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:RLEVel <ampl>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:RLEVel?**

Ορίζει την τιμή του πλάτους του επιπέδου αναφοράς για τον y-άξονα.

Εύρος: With zero reference level offset:

ESA E4401B, E4411B: -149.9 to 50 dBm

ESA E4402B, E4403B: -149.9 to 55 dBm

ESA E4404B: -149.9 to 55 dBm

ESA E4405B: -149.9 to 55 dBm

ESA E4407B, E4408B: -149.9 to 55 dBm

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Τρέχουσα ενεργή μονάδα μέτρησης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE Y Scale→Ref Level**

#### 6.1.11.19 Trace Y-Axis Reference Level Offset

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:RLEVel:OFFSet <rel\_ampl>**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:RLEVel:OFFSet?**

Ορίζει το όφσσετ του πλάτους του επιπέδου αναφοράς για τον y-άξονα.

Εύρος: -327.6 έως 327.6 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE Y Scale→Ref Level Offset**

#### 6.1.11.20 Vertical Axis Scaling

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:SPACing LINear|LOGarithmic**

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:SPACing?**

Ορίζει τις κάθετες υποδιαίρεσεις τετραγωνιδίων σαν λογαριθμικές ή γραμμικές μονάδες μέτρησης. Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**AMPLITUDE/Y Scale→Scale Type Log Lin**





### 6.1.12 FORMat Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου φορμά)

Το υποσύστημα εντολών τύπου φορμά θέτει ένα φορμά δεδομένων για την μεταφορά αριθμητικής πληροφορίας και πινάκων. Οι εντολές **TRACe[:DATA]** και **TRACe[:DATA]?** Επηρεάζονται από το σύνολο εντολών τύπου φορμά.

#### 6.1.12.1 Byte Order

**:FORMat:BORDER NORMAl|SWAPped**

**:FORMat:BORDER?**

Αυτή η εντολή επιλέγει τη δυαδική σειρά δεδομένων για μεταφορά δεδομένων. Ελέγχει αν τα δυαδικά δεδομένα θα μεταφερθούν με normal ή swapped τρόπο.

#### 6.1.12.2 Numeric Data format

**:FORMat[:TRACe][:DATA]ASCii|INTEger,32|REAL,32|**

**REAL,64|UINTEger,16**

**:FORMat[:TRACe][:DATA]?**

Αυτή η εντολή αλλάζει το φορμά των δεδομένων ίχνους(trace data) εισόδου και εξόδου.

### 6.1.13 HCOPy Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου HCOPy)

Το υποσύστημα εντολών τύπου HCOPy ελέγχει τις λειτουργίες σχεδιασμού και εκτύπωσης σε εξωτερική συσκευή.

#### 6.1.13.1 Abort the Print

**:HCOPy:ABORT**

Ακυρώνει την τρέχουσα εκτύπωση αποτελεσμάτων.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **ESC (κατά την διάρκεια τις εκτύπωσης)**

#### 6.1.13.2 Printer Type

**:HCOPy:DEvice:TYPE AUTO|CUSTOm|NONE**

**:HCOPy:DEvice:TYPE?**

Επιλέγει τον τύπο του εκτυπωτή.

AUTO – Ο αναλυτής στέλνει ερώτημα στον εκτυπωτή για να καθορίσει τον τύπο του εκτυπωτή και αυτόματα ρυθμίζει τον εαυτό του για αυτόν τον εκτυπωτή.

CUSTOm – Επιτρέπει να επιλέξουμε έναν προσαρμοσμένο δικό μας εκτυπωτή αν ο εκτυπωτής δεν μπορεί να ανιχνευτεί αυτόματα.

NONE – Επιλέγουμε σαν συσκευή εξόδου όχι εκτυπωτή

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Print Setup → Printer Type**

#### 6.1.13.3 Color Hard Copy

**:HCOPy:IMAGe:COLor[:STATe] OFF|ON|0|1**

**:HCOPy:IMAGe:COLor[:STATe]?**

Επιλέγει ανάμεσα σε έγχρωμη ή μονόχρωμη λειτουργία για έξοδο.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Print Setup → Color On Off**

#### 6.1.13.4 Print a Hard Copy

**:HCOPy[:IMMEDIATE]**

Ολόκληρη η οθόνη εξάγεται στην παράλληλη πόρτα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Print Setup → Print Form Feed the Print Item**

**:HCOPy:ITEM:FFeed[:IMMEDIATE]**

Στέλνει στον εκτυπωτή εντολή να “προχωρήσει” χαρτί



Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Print Setup → Eject Page**

#### 6.1.13.5 Page Orientation

**:HCOPY:PAGE:ORIENTATION LANDscape|PORTRait**

**:HCOPY:PAGE:ORIENTATION?**

Καθορίζει τον προσανατολισμό της εκτύπωσης, Landscape/Portrait

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Print Setup → Orientation → Landscape**

**Print Setup → Orientation → Portrait**

#### 6.1.13.6 Number of Items Printed on a Page

**:HCOPY:PAGE:PRINTs <integer>**

**:HCOPY:PAGE:PRINTs?**

Ρυθμίζει το πλήθος των στοιχείων οθονών που θα χωρέσουν σε ένα χαρτί, πριν σταλεί εντολή form feed. Εύρος: Ακέραιος, 1 ή 2

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Print Setup → Prints/Page 1 2**

#### 6.1.13.7 Printed Page Size

**:HCOPY:PAGE:SIZE A|B|A3|A4|LETTer|LEGal|EXECutive|LEDGer**

**:HCOPY:PAGE:SIZE?**

Επιλέγει είδος και μέγεθος χαρτιού.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Print Setup → Page Size**

#### 6.1.14 INITiate Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου Εκκίνησης)

Το σύνολο εντολών INITiate χρησιμοποιείται για να ελέγξει την εκκίνηση του trigger.

#### 6.1.15 Continuous or Single Measurements

**:INITiate:CONTInuous OFF|ON|0|1**

**:INITiate:CONTInuous?**

Επιλέγει εάν το σύστημα trigger θα εκκινάται αδιάκοπα ή όχι.

Αυτή η εντολή επηρεάζει την σάρωση/sweep αν δεν γίνεται μέτρηση, και επηρεάζει το trigger όταν γίνεται μέτρηση.

Αν δεν γίνεται μέτρηση η εντολή κάνει τα ακόλουθα:

- Σε κατάσταση ON στην ολοκλήρωση κάθε κύκλου σάρωσης (sweep cycle), το σύστημα σάρωσης εκκινά άμεσα ένα άλλο κύκλο σάρωσης.
- Σε κατάσταση OFF, το σύστημα σάρωσης μένει σε κατάσταση αδράνειας (idle) μέχρι η CONTInuous να τεθεί σε κατάσταση ON ή να ληφθεί μια εντολή **:INITiate[:IMMEDIATE]**. Την στιγμή που θα δεχτεί την εντολή **INITiate[:IMMEDIATE]**, θα κάνει ένα μοναδικό κύκλο σάρωσης, και θα επιστρέψει σε κατάσταση αδράνειας. Αν γίνεται μέτρηση, η εντολή κάνει τα ακόλουθα:
- Σε κατάσταση ON στην ολοκλήρωση κάθε κύκλου trigger, το σύστημα trigger εκκινά άμεσα ένα άλλο κύκλο trigger.
- Σε κατάσταση OFF, το σύστημα trigger μένει σε κατάσταση αδράνειας (idle) μέχρι η CONTInuous να τεθεί σε κατάσταση ON ή να ληφθεί μια εντολή **:INITiate[:IMMEDIATE]**. Την στιγμή που θα δεχτεί την εντολή **INITiate[:IMMEDIATE]**, θα κάνει ένα μοναδικό κύκλο trigger, και θα επιστρέψει σε κατάσταση αδράνειας.
- Το ερώτημα επιστρέφει 1 ή 0 στην προσωρινή μνήμη εξόδου (output buffer). 1 επιστρέφεται όταν βρισκόμαστε σε κατάσταση συνεχόμενων μετρήσεων. 0 επιστρέφεται όταν έχουμε μόνο μια μέτρηση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Sweep Cont Single**

**Single**

**Meas Control → Measure Cont Single**



### 6.1.15.1 Take New Data Acquisitions

**:INITiate[:IMMediate]**

Αυτή η εντολή ξεκινά μια σάρωση (sweep) αν δεν γίνεται μέτρηση. Αν γίνεται μέτρηση, κάνει trigger στην μέτρηση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep** → **Sweep Cont Single**

**Single**

**Meas Control** → **Measure Cont Single**

### 6.1.15.2 Pause the Measurement

**:INITiate:PAUSE**

Αυτή η εντολή εφαρμόζεται σε μετρήσεις που βρίσκονται κάτω από μενού MEASURE. Χρησιμοποιείται για να κάνει παύση σε τρέχουσες μετρήσεις αλλάζοντας την τρέχουσα κατάσταση της μέτρησης από “wait for trigger” σε “pause” κατάσταση. Αν η μέτρηση δεν είναι σε κατάσταση “wait for trigger” την στιγμή της εντολής, η αλλαγή σε κατάσταση “pause” θα γίνει την επόμενη φορά που κατάσταση εισάγεται σαν μέρος του κύκλου trigger. Όταν βρίσκεται σε κατάσταση pause, ο αναλυτής σταματάει την διαδικασία auto-align. Αν ο αναλυτής βρίσκεται σε κατάσταση παύσης για μεγάλο χρονικό διάστημα, η ακρίβεια της μέτρησης μπορεί να φθίνει.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Meas Control** → **Pause**

### 6.1.15.3 Restart the Measurement

**:INITiate:REStart**

Αυτή η εντολή εφαρμόζεται σε μετρήσεις που βρίσκονται κάτω από μενού MEASURE. Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για να επανεκκινήσει την τρέχουσα μέτρηση που βρίσκεται σε κατάσταση “idle”, ανεξάρτητα της κατάστασης της λειτουργίας.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Restart**

**Meas Control** → **Restart**

### 6.1.15.4 Resume the Measurement

**:INITiate:RESume**

Αυτή η εντολή εφαρμόζεται σε μετρήσεις που βρίσκονται κάτω από μενού MEASURE. Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για να επανακτήσει την τρέχουσα μέτρηση αλλάζοντας την τρέχουσα κατάσταση της μέτρησης από “paused” σε “wait for trigger”.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Meas Control** → **Resume**

## 6.1.16 INPut Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου Εισόδου)

Το σύνολο εντολών τύπου εισόδου ελέγχει τα χαρακτηριστικά από τις πόρτες εισόδου του αναλυτή.

### 6.1.16.1 Input Port Coupling

**:INPut:COUPling AC|DC**

**:INPut:COUPling?**

Επιλέγει ac(εναλλασσόμενο) ή dc(συνεχές) ζεύξη για την πόρτα εισόδου στο μπροστινό πάνελ του αναλυτή. Ένας τερματικός πυκνωτής (blocking capacitor) χρησιμοποιείται για την ac λειτουργία.

---

#### Selecting Input Coupling

**Model Number**

**AC  
Range**

**Frequency**

**DC Frequency Range**



E4402B with Option UKB	100 kHz to 3 GHz	100 Hz to 3 GHz
E4404B	100 kHz to 6.7 GHz	9 kHz to 6.7 GHz
E4404B with Option UKB	100 kHz to 6.7 GHz	100 Hz to 6.7 GHz
E4405B	100 kHz to 13.2 GHz	9 kHz to 13.2 GHz
E4405B with Option UKB	100 kHz to 13.2 GHz	100 Hz to 13.2 GHz
E4407B with Option UKB	10 MHz to 26.5 GHz	100 Hz to 26.5 GHz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Input/Output → Coupling AC DC**

#### 6.1.16.2 Select Internal or External Mixer

**:INPut:MIxer INTernal|EXTernal**

**:INPut:MIxer?**

Αυτή η εντολή επιλέγει εσωτερικό ή εξωτερικό μίκτη εισόδου.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Input/Output → Input Mixer Int Ext**

#### 6.1.16.3 Select Mixer Type

**:INPut:MIxer:TYPE PRESelected|UNPReselect**

**:INPut:MIxer:TYPE?**

Αυτή η εντολή επιλέγει τον τύπο του μίκτη που θα χρησιμοποιηθεί, και είναι διαθέσιμη μόνο με εξωτερικό μίκτη εισόδου.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Mixer Config → Mixer Type Presel Unpre**

#### 6.1.16.4 Clear the Input Overload

**:INPut:PROTEction:CLEAR**

Κάνει reset στο κύκλωμα προστασίας υπερφόρτωσης για την πόρτα σύνδεσης εισόδου.

### 6.1.17 INSTRument Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου οργάνου)

Αυτό το σύνολο περιέχει εντολές για να στέλνει ερωτήματα και να επιλέγει λειτουργίες μέτρησης του οργάνου.

#### 6.1.17.1 Select Application

**:INSTrument[:SElect] "SA"(application specific mode)**

**:INSTrument[:SElect]?**

Επιλέγει την εφαρμογή μέτρησης επιλέγοντας μια αριθμητική τιμή. Το πραγματικό πλήθος διαθέσιμων επιλογών εξαρτώνται από τις εφαρμογές που είναι εγκατεστημένες στο όργανο.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Mode**

### 6.1.18 MMEMory Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου μνήμης)

Σκοπός του υποσυστήματος MMEMory είναι να παρέχει πρόσβαση σε συσκευές αποθήκευσης όπως εσωτερικούς ή εξωτερικούς δίσκους.

Οι αναλυτές Agilent ESA χρησιμοποιούν δύο τύπους συσκευών αποθήκευσης.

- Δισκέτες 3.5 ιντσών, 1.44MB, ορίζετε σαν "A:"
- Μέρος της μνήμης flash , ορίζεται σαν "C:"



Η σύνταξη του όρου <file\_name> έχει την μορφή: drive:\directory\name.ext , όπου οι παρακάτω νόμοι ισχύουν:

- “drive” είναι “A:” ή “C:”
- “\directory\” είναι το όνομα της διαδρομής (path)
- “name” είναι ένα όνομα αρχείου DOS μέχρι 8 χαρακτήρων, αλφαριθμητικών (A-Z,a-z,0-9) μόνο
- “ext” είναι μια προαιρετική κατάληξη αρχείου που υπόκειται στους παραπάνω αλφαριθμητικούς κανόνες, αλλά τριών χαρακτήρων συνολικά.

#### 6.1.18.1 Catalog the Selected Memory Location

**:MMEMory:CATalog? <drive>**

Καταρτίζει μια λίστα με όλα τα αρχεία σε μια καθορισμένη μονάδα αποθήκευσης. Τα δεδομένα θα έχουν την μορφή: <mem\_used>,<mem\_free>,<file\_listing>

Κάθε <file\_listing> δίνει το όνομα, και το μέγεθος ενός αρχείου στον κατάλογο list: <file\_name>,<file\_size>

Παράδειγμα: **Catalog drive C:** , όπου είναι στην μνήμη:

**:MMEMory:CATalog? “C:”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File**

#### 6.1.18.2 Copy a File

**:MMEMory:COPY <file\_name1>,<file\_name2>**

Για να αντιγράψουμε ένα αρχείο, το όνομα αρχείου της πηγής είναι <file\_name1> και του προορισμού είναι <file\_name2>

Παράδειγμα: **:MMEM:COPY “C:oldname.sta”,“A:newname.sta”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Copy**

#### 6.1.18.3 Move Data to File

**:MMEMory:DATA <file\_name>,<definite\_length\_block>**

**:MMEMory:DATA? <file\_name>**

Φορτώνει <definite\_length\_block> στην θέση μνήμης <file\_name>.

Το ερώτημα επιστρέφει τα περιεχόμενα του <file\_name> στο φορμά ενός μπλοκ definite length. Αυτή η εντολή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιγράψουμε αρχεία από τον αναλυτή στο remote bus.

Παράδειγμα: Φόρτωσε “abcd” στο C:source.txt

**:MEM:DATA “C:source.txt”, “#14abcd”**

#### 6.1.18.4 Delete a File

**:MMEMory:DELete <file\_name>**

Σβήνει ένα αρχείο.

Παράδειγμα: **:MMEM:DEL “C:source.txt”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Delete**

#### 6.1.18.5 Load a Corrections Table from a File

**:MMEMory:LOAD:CORRection**

**ANTenna|CABLe|OTHer|USER,<file\_name>**

Φορτώνει τα δεδομένα σε ένα αρχείο <file\_name> σε συγκεκριμένο σύνολο διορθώσεων (correction set).

Παράδειγμα: **:MMEM:LOAD:CORR ANT, “A:TEST5.CBL”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Load → Type → Corrections**

#### 6.1.18.6 Load a Limit Line from Memory to the Instrument

**:MMEMory:LOAD:LIMit LLINE1|LLINE2,<file\_name>**

Φορτώνει μια οριογραμμή, από συγκεκριμένο αρχείο σε συσκευή αποθήκευσης στο όργανο.

Φορτώνοντας μια οριογραμμή χρόνου σβήνει γραμμές ορίου τύπου συχνότητας. Παρομοίως, φορτώνοντας γραμμές ορίου τύπου συχνότητας σβήνει οριογραμμές χρόνου.



Παράδειγμα: **:MMEM:LOAD:LIM LLINE2,“C:mylimit.lim”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Load → Type → Limits**

#### 6.1.18.7 Load an Instrument State from a File

**:MMEMory:LOAD:STATe 1,<file\_name>**

Τα περιεχόμενα ενός αρχείου τύπου κατάστασης οργάνου φορτώνονται για τρέχουσα κατάσταση οργάνου.

Παράδειγμα: **:MMEM:LOAD:STAT 1,“C:mystate.sta”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Load → Type → State**

#### 6.1.18.8 Load a Trace From a File to the Instrument

**:MMEMory:LOAD:TRACe <file\_name>**

Τα περιεχόμενα του αρχείου φορτώνονται στο TRACE1. Το όνομα αρχείου πρέπει να έχει κατάληξη :trc ή :csv. Η κατάληξη :csv είναι για αρχεία trace χρησιμοποιώντας την μορφή CSV(τιμές χωρισμένες με κόμματα). Η κατάληξη :trc είναι για αρχεία που περιέχουν δεδομένα trace και state.

Παράδειγμα: **:MMEM:LOAD:TRAC “C:mytrace.trc”**

#### 6.1.18.9 Make a Directory

**:MMEMory:MDIRECTory <dir\_path>**

όπου “path” είναι “A:\” ή “C:\”

Δημιουργεί ένα κατάλογο στο συγκεκριμένο path.

Παράδειγμα: Δημιούργησε ένα κατάλογο στο C:\, όπου το C:\ είναι η μνήμη flash του οργάνου: **MMEM:MDIRECTory “C:”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Create Dir**

#### 6.1.18.10 Delete a Directory

**:MMEMory:RDIRECTory <dir\_name>**

Σβήνει το καθορισμένο κατάλογο και όλους τους υποκαταλόγους του.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Delete**

#### 6.1.18.11 Store a Corrections Table to a File

**:MMEMory:STORE:CORRection**

**ANTenna|CABLE|OTHer|USER,<file\_name>**

Αποθηκεύει το ορισμένο σύνολο διορθώσεων σε αρχείο με όνομα <file\_name>.

Παράδειγμα: **:MMEM:STOR:CORR ANT, “A:TEST1.ANT”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Save → Type → Corrections**

#### 6.1.18.12 Store a Limit Line in a File

**:MMEMory:STORE:LIMit LLINE1|LLINE2,<file\_name>**

Αποθηκεύει το ορισμένο όριο γραμμής σε ορισμένο αρχείο στην μνήμη.

Παράδειγμα: **:MMEM:STOR:LIM LLINE2,“C:mylimit.lim”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Save → Type → Limits**

#### 6.1.18.13 Store Measurement Results in a File

**:MMEMory:STORE:RESults <file\_name>**

Σώνει τα αποτελέσματα της τρέχουσας μέτρησης σε αρχείο με CSV μορφοποίηση(τιμές χωρισμένες με κόμματα).

Παράδειγμα: **:MMEM:STOR:RES “A:ACP.CSV”**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**File → Save → Type → Measurement Results**

#### 6.1.18.14 Store a Screen Image in a Graphic File

**:MMEMory:STORE:SCReen <file\_name>**





Σώνει την τρέχουσα απεικονιζόμενη εικόνα της οθόνης, σαν γραφικό αρχείο, σε ορισμένο αρχείο στην μνήμη. Το αρχείο πρέπει να έχει κατάληξη :gif ή :wmf. Η κατάληξη καθορίζει τι μορφή θα χρησιμοποιήσει το όργανο για να σώσει το αρχείο.

Παράδειγμα: :MMEM:STOR:SCR "C:myscreen.gif"

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Save → Type → Screen**

#### 6.1.18.15 Store an Instrument State in a File

:MMEMory:STORe:STATe 1,<file\_name>

Αποθηκεύει την κατάσταση του οργάνου σε αρχείο στην μνήμη.

Παράδειγμα: :MMEM:STOR:STAT 1,"C:mystate.sta"

#### 6.1.18.16 Store a Trace in a File

:MMEMory:STORe:TRACe <label>,<file\_name>

Αποθηκεύει το ορισμένο ίχνος(trace) σε αρχείο στην μνήμη. Το όνομα αρχείου πρέπει να έχει κατάληξη :trc ή :csv. Η κατάληξη :csv είναι για αρχεία trace χρησιμοποιώντας την μορφή CSV(τιμές χωρισμένες με κόμματα). Η κατάληξη :trc είναι για αρχεία που περιέχουν δεδομένα trace και state

Παράδειγμα: :MMEM:STOR:TRAC TRACE3,"C:mytrace.trc"

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **File → Save → Type → Trace**

#### 6.1.19 OUTPut Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου εξόδου)

Το υποσύστημα OUTPut ελέγχει τα χαρακτηριστικά της πόρτας εξόδου του tracking generator.

##### 6.1.19.1 Turn Output On/Off

:OUTPut[:STATe] OFF|ON|0|1

:OUTPut[:STATe]?

Ελέγχει την έξοδο του tracking generator.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Amplitude On Off**

#### 6.1.20 SENSE Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου ευαισθησίας)

Ορίζει τις παραμέτρους ευαισθησίας (sense) του οργάνου έτσι ώστε να μετρήσουμε εύκολα το σήμα εισόδου.

##### 6.1.21 [:SENSe]:AVERAge Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου ευαισθησίας-Σύνολο Μετριοποίησης)

##### 6.1.21.1 Clear the Current Average

[:SENSe]:AVERAge:CLEAr

Επανεκκινεί την λειτουργία "εξαγωγής μέσου όρου" του ίχνους (trace averaging).

##### 6.1.21.2 Set the Average Count

[:SENSe]:AVERAge:COUNT <integer>

[:SENSe]:AVERAge:COUNT?

Ορίζει το πλήθος των μετρήσεων που συνδυάζονται.

Εύρος: από 1 έως 8192

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Average On Off**

##### 6.1.21.3 Turn Averaging On/Off

[:SENSe]:AVERAge[:STATe] OFF|ON|0|1





#### **[[:SENSe]:AVERAge[:STATe]?**

Αυτή η εντολή ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία “εξαγωγής μέσου όρου ” (averaging). Η λειτουργία averaging συνδυάζει τις τιμές επιτυχημένων μετρήσεων για να μετριοποιήσει τις διακυμάνσεις τις μέτρησης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Average On Off**

#### **6.1.21.4 Turn Automatic Averaging On/Off**

**[[:SENSe]:AVERAge:TYPE:AUTO OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:AVERAge:TYPE:AUTO?**

Θέτει τη λειτουργία “μετριοποίησης” (averaging) να επιλέγεται αυτόματα ανάλογα με το τρέχον setup μέτρησης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Avg Type → Auto Man**

#### **6.1.21.5 Type of Averaging for Measurements**

**[[:SENSe]:AVERAge:TYPE VIDEo|RMS**

**[[:SENSe]:AVERAge:TYPE?**

Επιτυχημένες μετρήσεις δεδομένων, μπορούν να συνδυαστούν για να “μετριοποιήσουν” τις διακυμάνσεις της μέτρησης.

Το Video μετριοποιεί λογαριθμικά την στάθμη των δεδομένων video (τυπικές μονάδες μέτρησης είναι τα dBm).

Το RMS μετριοποιεί γραμμικά στάθμη των επιτυχών μετρήσεων (τυπικές μονάδες μέτρησης είναι τα watts).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Avg Type**

### **6.1.22 [[:SENSe]:BANDwidth Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου εύρους ζώνης)**

#### **6.1.22.1 Resolution Bandwidth**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH[:RESolution] <freq>**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH[:RESolution]?**

Ορίζει το RBW(ανάλυση εύρους ζώνης)

Παράδειγμα: **BAND 1 kHz**

Εύρος: από 1kHz έως 5 MHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Resolution BW Auto Man**

#### **6.1.22.2 Resolution Bandwidth Automatic**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH[:RESolution]:AUTO OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH[:RESolution]:AUTO?**

Συνθέτει(λειτουργία couple) το RBW στην απόσταση συχνότητας(frequency span).

Παράδειγμα: **BWID:AUTO On**

#### **6.1.22.3 Video Bandwidth**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH:VIDEo <freq>**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH:VIDEo?**

Ορίζει το βίντεο-εύρος ζώνης.

Εύρος: από 1Hz έως 3 MHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Video BW Auto Man**

#### **6.1.22.4 Video Bandwidth Automatic**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH:VIDEo:AUTO OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDTH:VIDEo:AUTO?**

Συνθέτει (λειτουργία couple) το βίντεο-εύρος ζώνης (VBW) στο RBW.



Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → Video BW Auto Man**

#### 6.1.22.5 Video to Resolution Bandwidth Ratio

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDth:VIDeo:RATio <number>**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDth:VIDeo:RATio?**

Ορίζει τον λόγο του βίντεο-εύρος ζώνης προς το RBW.

Εύρος: από 0.00001 έως 3.0ε6

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → VBW/RBW Ratio**

#### 6.1.22.6 Video to Resolution Bandwidth Ratio Mode Select

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDth:VIDeo:RATio:AUTO OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:BANDwidth|BWIDth:VIDeo:RATio:AUTO?**

Επιλέγει αυτόματη η “χειροκίνητη” λειτουργία για τον λόγο του βίντεο-εύρος ζώνης προς το RBW

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **BW/Avg → VBW/RBW → Auto Man**

### 6.1.23 [QSENSe]QCORRection Subsection (Ypos;ynolo entol;vn t;ypoy dioru;vsevn)

#### 6.1.23.1 Delete All Corrections

**[[:SENSe]:CORRection:CSET:ALL:DELeTe**

Αυτή η εντολή διαγράφει όλες τις τρέχουσες διορθώσεις.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Delete All Corrections**

#### 6.1.23.2 Perform Amplitude Correction

**[[:SENSe]:CORRection:CSET:ALL[:STATe] OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:CORRection:CSET:ALL[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις διορθώσεις πλάτους (amplitude corrections). Όταν γυρνάει σε κατάσταση “ON”, μόνο τα σετ διορθώσεων που ήταν ενεργοποιημένα ενεργοποιούνται. Σε κατάσταση “OFF”, όλα τα σετ διορθώσεων απενεργοποιούνται.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Antenna → Correction On Off**

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Cable → Correction On Off**

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Other → Correction On Off**

**Amplitude/Y Scale → Corrections → User → Correction On Off**

#### 6.1.23.3 Set Amplitude Correction Data

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4:DATA**

**<freq>,<rel\_ampl>{,<freq>,<rel\_ampl>}**

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4:DATA?**

Ορίζει τα δεδομένα διόρθωσης πλάτους. Αυτές οι διορθώσεις συχνότητας/πλάτους εφαρμόζονται στα απεικονιζόμενα δεδομένα για να διορθωθούν απώλειες/κέρδη συστήματος εκτός του αναλυτή. Τέσσερα διαφορετικά σετ διορθωτικών δεδομένων μπορούν να αποθηκευτούν.

Παράδειγμα: **:CORR:CSET1:DATA**

**900E6,0.3,1.0E9,0.35,1.3E9,0.2**

Εύρος: 200 σημεία για κάθε σετ

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corections → Antenna → Edit → Point/Frequency/Amplitude/Delete Point**

**Amplitude/Y Scale → Cable → Antenna → Edit → Point/Frequency/Amplitude/Delete Point**

**Amplitude/Y Scale → Other → Antenna → Edit → Point/Frequency/Amplitude/Delete Point**

**Amplitude/Y Scale → User → Antenna → Edit → Point/Frequency/Amplitude/Delete Point**



#### 6.1.23.4 Merge Additional Values into the Existing Amplitude Correction Data

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4:DATA:MERGe  
<freq>,<rel\_ampl>{,<freq>,<rel\_ampl>}]**

Προσθέτει σημεία με τις συγκεκριμένες τιμές, στα τρέχων δεδομένα διόρθωσης πλάτους. Αν προστεθούν περισσότερα σημεία από ότι είναι δυνατό να αποθηκευτούν τότε επιστρέφεται λάθος.

- <freq> είναι η συχνότητα(σε Hz) όπου θα εφαρμοστεί η διόρθωση, δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτό το όρισμα.
- <rel\_ampl> είναι το ποσοστό σχετικής διόρθωσης (σε db) που χρειάζεται, δεν επιτρέπονται μονάδες σε αυτό το όρισμα.

#### 6.1.23.5 Delete Amplitude Correction

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4:DELeTe]**

Διαγράφει το ορισμένο σέτ διορθώσεων. Αν το σέτ ήταν σε κατάσταση “On”, τότε γυρνάει σε κατάσταση “Off”

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Antenna/Cable/Other/User → Delete Correction**

#### 6.1.23.6 Set Amplitude Correction Frequency Interpolation

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4:X:SPACing  
LINear|LOGarithmic]**

Ορίζει την παρεμβολή συχνότητας(Frequency Interpolation) σαν λογαριθμική ή γραμμική για την συγκεκριμένη διόρθωση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Freq Interp Log/Lin**

#### 6.1.23.7 Perform Amplitude Correction

**[[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4[:STATe] OFF|ON|0|1  
[:SENSe]:CORRection:CSET[1]|2|3|4[:STATe]?)**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία διόρθωσης για το δεδομένο σέτ.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Amplitude/Y Scale → Corrections → Antenna/Cable/Other/User → Correction On Off**

#### 6.1.23.8 Input Impedance Correction

**[[:SENSe]:CORRection:IMPedance[:INPut][:MAGNitude] <number>  
[:SENSe]:CORRection:IMPedance[:INPut][:MAGNitude]?)**

Η διόρθωση πλάτους εφαρμόζεται στα απεικονιζόμενα δεδομένα για να προσαρμοστεί καλύτερα σε καταστάσεις μέτρησης όπου η συσκευή που είναι υπό “τεστάρισμα” έχει διαφορετική αντίσταση από 50Ω αντίσταση εισόδου για τον αναλυτή. Μερικοί αναλυτές Agilent ESA διαθέτουν επιλογή 1DP,75Ω είσοδο. Σε αυτήν την περίπτωση, ίσως θελήσουμε να μετατρέψουμε τις μετρήσεις σε 50Ω σύστημα.

Εύρος: 50 ή 75 ohms

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: ohms

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Input → Input Z Corr 50 Ω 75 Ω**

#### 6.1.23.9 External Amplifier Correction

**[[:SENSe]:CORRection:OFFSet[:MAGNitude] <rel\_ampl>  
[:SENSe]:CORRection:OFFSet[:MAGNitude]?)**

Μια μοναδική τιμή διόρθωσης πλάτους μπορεί να εφαρμοστεί στο απεικονιζόμενο ίχνος(trace) του σήματος ώστε να αντεπεξέλθει σε απώλεια/κέρδος(losses/gains) σήματος που συμβαίνουν από άλλες συσκευές στο περιβάλλον μέτρησης, εκτός της συσκευής που τεστάρετε.

Εύρος: -81.9 μέχρι 81.9

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale → Ext Amp Gain**



#### 6.1.24 [:SENSe]:DEMod Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αποδιαμόρφωσης)

##### 6.1.24.1 Type of Demodulation

**[:SENSe]:DEMod AM|FM**

**[:SENSe]:DEMod?**

Επιλέγει τον τύπο αποδιαμόρφωσης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Det/Demod → Demod → AM**

**Det/Demod → Demod → FM**

##### 6.1.24.2 FM Deviation

**[:SENSe]:DEMod:FMDeviation <freq>**

**[:SENSe]:DEMod:FMDeviation?**

Ορίζει την συνολική απόκλιση συχνότητας FM για αποδιαμόρφωση συνολικής οθόνης(full screen).

Εύρος: 5 kHz μέχρι 1.2ΜΗζ

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE → Scale/Div**

##### 6.1.24.3 Demodulation Control

**[:SENSe]:DEMod:STATe OFF|ON|0|1**

**[:SENSe]:DEMod:STATe?**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Det/Demod → Demod → Off**

##### 6.1.24.4 Demod Time

**[:SENSe]:DEMod:TIME <time>**

**[:SENSe]:DEMod:TIME?**

Ορίζει τον χρόνο που χρησιμοποιείται για αποδιαμόρφωση στο πεδίο της συχνότητας(frequency domain demodulation).

Εύρος: 2ms μέχρι 100s

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: seconds

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Det/Demod → Demod → Demod Time**

##### 6.1.24.5 Demod View

**[:SENSe]:DEMod:VIEW[:STATe] OFF|ON|0|1**

**[:SENSe]:DEMod:VIEW[:STATe]?**

Αυτή η εντολή εμφανίζει το αποδιαμορφωμένο σήμα στην οθόνη. Αν η FM Demod είναι σε κατάσταση “on” τότε η οθόνη έχει για μονάδες μέτρησης kHz. Ο λόγος scale/div ορίζεται με την εντολή

**:DISPlay:WINDow:TRACe:Y[:SCALe]:PDIVision:FREQuency <freq>**

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Det/Demod → Demod → FM → Demod View**

#### 6.1.25 [:SENSe]:DETEctor Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου ανίχνευσης)

##### 6.1.25.1 Automatic Detection Type Selected

**[:SENSe]:DETEctor:AUTO OFF|ON|0|1**

**[:SENSe]:DETEctor:AUTO?**

Αλλάζει αυτόματα στον βέλτιστο τύπο ανίχνευσης για τυπικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας τις τρέχουσες ρυθμίσεις του οργάνου. Ο τύπος ανίχνευσης είναι “average” αν οποιοδήποτε από τα παρακάτω είναι σε κατάσταση “on”:

Noise marker

Band power markers

Trace averaging when the Average Type is Power (RMS).



Ο τύπος ανίχνευσης είναι “sample” αν οποιοδήποτε από τα παρακάτω είναι αληθές.  
Trace averaging is on with average type of video  
Both max and min hold trace modes are on  
Resolution bandwidth is less than 1 kHz, and noise marker, band power markers, or trace averaging is on

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Det/Demod → Detector**

#### 6.1.25.2 Type of Detection

**[[:SENSe]:DETECTOR[:FUNCTION]  
NEGATIVE|POSITIVE|SAMPLE|AVERAGE|RMS  
[:SENSe]:DETECTOR[:FUNCTION]?**

Ορίζει τον τύπο ανίχνευσης.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Det/Demod → Detector**

**Det/Demod → Detector → Peak**

**Det/Demod → Detector → Sample**

**Det/Demod → Detector → Negative Peak**

**Det/Demod → Detector → Average**

#### 6.1.26 [:SENSe]:FREQUENCY Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου συχνότητας)

##### 6.1.26.1 Center Frequency

**[[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER <freq>  
[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER UP|DOWN  
[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER?**

Ορίζει την κεντρική συχνότητα.

Εύρος με 10MHz ελάχιστο για log swepp mode

ESA E4401B, E4411B: -80 MHz μέχρι 1.58 GHz

ESA E4402B, E4403B: -80 MHz μέχρι 3.10 GHz

ESA E4404B: -80 MHz μέχρι 6.78 GHz

ESA E4405B: -80 MHz μέχρι 13.3 GHz

ESA E4407B, E4408B: -80 MHz μέχρι 27.0 GHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **FREQUENCY/Channel → Center Freq**

##### 6.1.26.2 Center Frequency Step Size Automatic

**[[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER:STEP:AUTO OFF|ON|0|1  
[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER:STEP:AUTO?**

Καθορίζει αν το μέγεθος βημάτων (step size) τίθεται αυτόματα βασισμένο στην έκταση (span).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**FREQUENCY/Channel → CF Step Auto Man**

##### 6.1.26.3 Center Frequency Step Size

**[[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER:STEP[:INCRement] <freq>  
[:SENSe]:FREQUENCY:CENTER:STEP[:INCRement]?**

Ορίζει το μέγεθος βήματος της κεντρικής συχνότητας.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: -1.58 μέχρι 1.58 GHz

ESA E4402B, E4403B: -3.10 μέχρι 3.10 GHz

ESA E4404B: -6.78 μέχρι 6.78 GHz



ESA E4405B: -13.3 μέχρι 13.3 GHz  
ESA E4407B, E4408B: -27.0 μέχρι 27.0 GHz  
Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz  
Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **FREQUENCY/Channel → CF Step Man**

#### 6.1.26.4 Frequency Span

**[[:SENSe]:FREQuency:SPAN <freq>**

**[[:SENSe]:FREQuency:SPAN?**

Ορίζει την έκταση συχνότητας(frequency span). Ορίζοντας την έκταση σε 0Hz βάζει τον αναλυτή σε μηδενική έκταση.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: 0Hz, 100Hz μέχρι 1.58 GHz

ESA E4402B, E4403B: 0Hz, 100Hz μέχρι 3.10 GHz

ESA E4404B: 0Hz, 100Hz μέχρι 6.78 GHz

ESA E4405B: 0Hz, 100Hz μέχρι 13.3 GHz

ESA E4407B, E4408B: 0Hz, 100Hz μέχρι 27.0 GHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**SPAN/X Scale → Span**

**SPAN/X Scale → Zero Span**

#### 6.1.26.5 Full Frequency Span

**[[:SENSe]:FREQuency:SPAN:FULL**

Ορίζει την έκταση συχνότητας(frequency span) σε πλήρη κλίμακα(full scale).

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: 1.5 GHz

ESA E4402B, E4403B: 3.0 GHz

ESA E4404B: 6.7 GHz

ESA E4405B: 13.2 GHz

ESA E4407B, E4408B: 26.5 GHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **SPAN/X Scale → Full Span**

#### 6.1.26.6 Last Frequency Span

**[[:SENSe]:FREQuency:SPAN:PREVious**

Ορίζει την έκταση συχνότητας (frequency span) στην προηγούμενη ρύθμιση έκτασης(span).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **SPAN/X Scale → Last Span**

#### 6.1.26.7 Start Frequency

**[[:SENSe]:FREQuency:STARt <freq>**

**[[:SENSe]:FREQuency:STARt?**

Ορίζει την συχνότητα εκκίνησης.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: -80MHz έως 1.58 GHz

ESA E4402B, E4403B: -80MHz έως 3.10 GHz

ESA E4404B: -80MHz έως 6.78 GHz

ESA E4405B: -80MHz έως 13.3 GHz

ESA E4407B, E4408B: -80MHz έως 27.0 GHz

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: Hz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **FREQUENCY/Channel → Start Freq**





#### 6.1.26.8 Frequency Synthesis Mode

**[[:SENSe]:FREQuency:SYNTHeSis 1|2|3**

**[[:SENSe]:FREQuency:SYNTHeSis?**

Αυτή η εντολή αλλάζει κατάσταση μεταξύ δύο διαφορετικών τρόπων βελτιστοποίησης θορύβου φάσης. Ο τρόπος 2 βελτιστοποιεί τον αναλυτή για γειτονικό θόρυβο φάσης. Ο τρόπος 3 βελτιστοποιεί τον αναλυτή για μέγιστη ταχύτητα συντονισμού (tuning speed). Ο τρόπος 1 δεν συνίσταται για νέες σχεδιάσεις.

Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο στα παρακάτω μοντέλα: E4402B, E4403B, E4404B, E4405B, E4407B, E4408B

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AUTO COUPLE → PhNoise Opt**

#### 6.1.26.9 Frequency Synthesis State

**[[:SENSe]:FREQuency:SYNTHeSis:AUTO OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:FREQuency:SYNTHeSis:AUTO?**

Αυτή η εντολή αλλάζει κατάσταση ανάμεσα σε αυτόματη και χειροκίνητη επιλογή θορύβου φάσης.

Σε κατάσταση Auto, η λειτουργία βελτιστοποίησης θορύβου φάσης δουλεύει ακολούθως:

- Για εκτάσεις (spans)  $\leq 12$  MHz, ο αναλυτής βελτιστοποιείται για θόρυβο φάσης.
- Για εκτάσεις (spans)  $> 10$  MHz, ο αναλυτής βελτιστοποιείται για γρήγορο συντονισμό (tuning).

Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο στα παρακάτω μοντέλα: E4402B, E4403B, E4404B, E4405B, E4407B, E4408B

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AUTO COUPLE → PhNoise Opt**

### 6.1.27 [[:SENSe]:MIXer Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου μίκτη)

#### 6.1.27.1 Select External Mixer Band

**[[:SENSe]:MIXer:BAND K|A|Q|U|V|E|W|F|D|G|Y|J|USER**

**[[:SENSe]:MIXer:BAND?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει την επιλογή μιας από τις προκαθορισμένες μπάντες που αντιστοιχούν στο εξωτερικό μίκτη που χρησιμοποιείται. Η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερική μίξη).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Ext Mix Band**

#### 6.1.27.2 External Mixer Bias Adjust

**[[:SENSe]:MIXer:BIAS <numeric>**

**[[:SENSe]:MIXer:BIAS?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει τη ρύθμιση μιας εσωτερικής πηγής για χρήση με εξωτερικούς μίκτες. Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερική Mixing).

Εύρος: από -10 mA έως 10 mA

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: mA

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Mixer Config → Mixer Bias On Off**

#### 6.1.27.3 Set External Mixer Bias On/Off

**[[:SENSe]:MIXer:BIAS:STATe OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:MIXer:BIAS:STATe?**

Αυτή η εντολή ενεργοποιεί μια εσωτερική πηγή για χρήση με εξωτερικό μίκτη. Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερική Mixing).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Mixer Config → Mixer Bias On Off**





#### 6.1.27.4 Set External Mixer LO Harmonic Value

**[[:SENSe]:MIXer:HARMonic <integer>**  
**[[:SENSe]:MIXer:HARMonic?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει να ορίσουμε τιμή LO αρμονικών για μίκτες διαφορετικούς από τους HP/Agilent 11970-Series ή 11974-Series. Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερική Mixing).

Εύρος: οποιοσδήποτε μη μηδενικός ακέραιος από -50 έως 50

#### 6.1.27.5 Set External Mixer LO Harmonic Mode

**[[:SENSe]:MIXer:HARMonic:AUTO OFF|ON|0|1**  
**[[:SENSe]:MIXer:HARMonic:AUTO?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει να ορίσουμε την λειτουργία LO αρμονικών σε αυτόματη ή “χειροκίνητη”. Η χειροκίνητη λειτουργία είναι διαθέσιμη μόνο με μίκτες διαφορετικούς από τους HP/Agilent 11970-Series ή 11974-Series την επιλογή. Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερική Mixing).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Mixer Config → Harmonic Auto Man**

### 6.1.28 [[:SENSe]:POWer Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου στάθμης)

#### 6.1.28.1 Input Attenuation

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:ATTenuation <rel\_ampl>**  
**[[:SENSe]:POWer[:RF]:ATTenuation?**

Ρυθμίζει τον εξασθενητή εισόδου. Αυτή η τιμή είναι auto αν η input attenuation είναι ρυθμισμένη στο auto.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: 0 μέχρι 60 dB  
ESA E4402B, E4403B, E4404B, E4405B: 0 μέχρι 75 dB  
ESA E4407B, E4408B: 0 μέχρι 65 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**AMPLITUDE/Y Scale → Attenuation Auto Man**

#### 6.1.28.2 Input Port Attenuator Auto

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:ATTenuation:AUTO OFF|ON|0|1**  
**[[:SENSe]:POWer[:RF]:ATTenuation:AUTO?**

Επιλέγει το εύρος της πόρτας εισόδου του εξασθενητή αυτόματα ή χειροκίνητα.

- ON – Η εξασθένιση εισόδου καθορίζεται αυτόματα από την ρύθμιση του επιπέδου αναφοράς.
- OFF - Η εξασθένιση εισόδου καθορίζεται χειροκίνητα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale → Attenuation**

#### 6.1.28.3 Input Port Power Gain

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:GAIN[:STATe] OFF|ON|0|1**  
**[[:SENSe]:POWer[:RF]:GAIN[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την εσωτερική προενίσχυση.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**AMPLITUDE/Y Scale → Int Preamp On Off**



#### 6.1.28.4 Input Port Maximum Mixer Power

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:MIXer:RANGe[:UPPer] <ampl>**

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:MIXer:RANGe[:UPPer]?**

Ορίζει την μέγιστη στάθμη στον μίκτη εισόδου.

Εύρος: -100 dBm μέχρι -10 dBm

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dBm

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale → Max Mixer LVI**

#### 6.1.28.5 Optimize Preselector Frequency

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:PADJust <freq>**

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:PADJust?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει καθορισμένη από το χρήστη ρύθμιση της συχνότητας προεπιλογών ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόκριση στο σήμα ενδιαφέροντος.

Εύρος: -250 MHz μέχρι 250 MHz

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale → Presel Adjust**

#### 6.1.28.6 Preselector Center

**[[:SENSe]:POWer[:RF]:PCENter**

Στην εσωτερική μίξη, αυτή η εντολή κεντροθετεί το φίλτρο προεπιλογών στο σήμα ενδιαφέροντος. Στην εξωτερική μίξη, το εξωτερικό φίλτρο προεπιλογών προσαρμόζεται στην κορυφή της απόκρισης του φίλτρου για να μεγιστοποιήσει το εύρος στην επιλεγμένη ενεργή συχνότητα. Αυτή η εντολή δεν έχει καμία επίδραση εάν ενεργοποιείται στις μη-επιλεγμένες εκ των προτέρων ζώνες. Αυτή η εντολή είναι χρησιμοποιήσιμη από τα 3 GHz έως την μέγιστη συχνότητα του αναλυτή.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **AMPLITUDE/Y Scale → Presel Center**

### 6.1.29 [[:SENSe]:SIDentify Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αναγνώρισης σήματος)

#### 6.1.29.1 Set Mixer Signal Identification Mode

**[[:SENSe]:SIDentify:MODE ISUPpress|SHift**

**[[:SENSe]:SIDentify:MODE?**

Αυτή η εντολή επιτρέπει να επιλέξουμε έναν από δύο τύπους μεθόδων αναγνώρισης σημάτων όταν παρατηρούμε πολλαπλές απαντήσεις από μη-επιλεγμένους εκ των προτέρων εξωτερικούς μίκτες. Αυτή η εντολή είναι διαθέσιμη μόνο με την επιλογή AYZ (εξωτερικό Mixing).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Signal ID Mode → Image Suppress**

**Input/Output → Input Mixer → Signal ID Mode → Image Shift**

#### 6.1.29.2 Set Mixer Signal Identification State

**[[:SENSe]:SIDentify[:STATe] OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:SIDentify[:STATe]?**

Αυτή η εντολή ενεργοποιεί έναν αλγόριθμο που είτε αφαιρεί είτε βοηθά με την αναγνώριση πολλαπλών απαντήσεων. Αυτές οι απαντήσεις παράγονται από έναν ενιαίο σήμα εισαγωγής που χρησιμοποιεί τους μη-επιλεγμένους εκ των προτέρων εξωτερικούς μίκτες.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Input/Output → Input Mixer → Signal Ident On Off**

### 6.1.30 [[:SENSe]:SWep Subsection (Υποσύνολο εντολών τύπου αναγνώρισης σάρωσης)

#### 6.1.30.1 Sweep Points

**[[:SENSe]:SWEp:POINts <number of points>**

**[[:SENSe]:SWEp:POINts?**

Αυτή η εντολή επιλέγει το πλήθος των σημείων σάρωσης (sweep points).



Παράδειγμα : **:SWEep:POIN 401**

Εύρος: 101 έως 8192

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Points**

#### 6.1.30.2 Query Number of Segments

**[[:SENSe]:SWEep:SEGMENT:COUNT?**

Επιστρέφει το πλήθος των τμημάτων (segments) που έχουν καθοριστεί στα τμηματικά δεδομένα σάρωσης(segmented sweep data).

Εύρος: 0 έως 32

#### 6.1.30.3 Set All Segment Data

**[[:SENSe]:SWEep:SEGMENT:DATA[:ALL] <SSTop|CSPan>,<string>**

**[[:SENSe]:SWEep:SEGMENT:DATA[:ALL]? <SSTop|CSPan>**

Ορίζει παράμετρος για όλα τα τμήματα μιας τμηματικής σάρωσης (segmented sweep). Τα δεδομένα εισάγονται σαν τιμές ASCII χωρισμένα με κόμματα σε διαδοχική σειρά επιθυμητών τμημάτων. Τα τμήματα θα ταξινομηθούν με σειρά αυξανόμενης αρχικής συχνότητας. Αν πολλαπλά τμήματα, έχουν ίδια αρχική συχνότητα, τότε θα εμφανιστούν με σειρά αυξανόμενης συχνότητας τερματισμού. Είναι δυνατό να καθορίσουμε τμήματα που επικαλύπτονται μεταξύ τους.

Για SSTop, η σειρά ταξινόμησης που χρησιμοποιείται σε κάθε τμήμα είναι:

start frequency, stop frequency, resolution bandwidth, video bandwidth, number of points, και sweep time.

Για CSPan, η σειρά ταξινόμησης που χρησιμοποιείται σε κάθε τμήμα είναι:

center frequency, span, resolution bandwidth, video bandwidth, number of points, και sweep time.

Παράδειγμα: **:SENSe:SWEep:SEGMENT:DATA:ALL**

**CSPan,50e06,5e6,1e5,1e5,101,.0050,1e09,5e6**

**,1e5,1e5,101,**

Αυτό το παράδειγμα ορίζει δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα έχει κεντρική συχνότητα 50MHz και το δεύτερο τμήμα έχει κεντρική συχνότητα 1GHz.

Εύρος: Το εύρος εξαρτάται από το μοντέλο του αναλυτή.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Center Freq**

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Span**

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Resolution BW**

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Video BW**

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Points**

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Sweep Time**

#### 6.1.30.4 Merge Data With Segmented Sweep Data

**[[:SENSe]:SWEep:SEGMENT:DATA:MERGE <SSTop|CSPan>,<string>**

Συγχωνεύει δεδομένα με τα τεμαχισμένα δεδομένα σάρωσης. Τα τμήματα θα ταξινομηθούν με σειρά αυξανόμενης αρχικής συχνότητας. Αν πολλαπλά τμήματα, έχουν ίδια αρχική συχνότητα, τότε θα εμφανιστούν με σειρά αυξανόμενης συχνότητας τερματισμού. Είναι δυνατό να καθορίσουμε τμήματα που επικαλύπτονται μεταξύ τους.

- Για SSTop, η σειρά ταξινόμησης που χρησιμοποιείται σε κάθε τμήμα είναι: start frequency, stop frequency, resolution bandwidth, video bandwidth, number of points, και sweep time.

- Για CSPan, η σειρά ταξινόμησης που χρησιμοποιείται σε κάθε τμήμα είναι: center frequency, span, resolution bandwidth, video bandwidth, number of points, και sweep time.

Παράδειγμα:

**:SENSe:SWEep:SEGMENT:DATA:MERGE**

**CSPan,150e06,5e6,1e5,1e5,101,.050,110e06,5**

**e6,1e5,1e5,100,.05**



Εύρος: Το εύρος εξαρτάται από το μοντέλο του αναλυτή.

#### 6.1.30.5 Delete All Segmented Sweep Data [:SENSe]:SWEep:SEGMENT:DELEte

Σβήνει όλα τα τεμαχισμένα δεδομένα σάρωσης (segmented sweep data).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Segmented → Modify → Delete**

#### 6.1.30.6 Delete Some Segmented Sweep Data [:SENSe]:SWEep:SEGMENT:DELEte:ROW <integer>

Σβήνει μόνο τα καθορισμένα τεμαχισμένα δεδομένα σάρωσης (segmented sweep data) – μια σειρά(row).

Εύρος: από 1 έως το μέγιστο πλήθος τεμαχίων (segments).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Segmented → Modify → Edit → Delete Segment**

#### 6.1.30.7 Turn On/Off Segmented Sweep [:SENSe]:SWEep:SEGMENT[:STATe] OFF|ON|0|1 [:SENSe]:SWEep:SEGMENT[:STATe]?

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την τεμαχισμένη σάρωση (segmented sweep). Η τεμαχισμένη σάρωση είναι μια λειτουργία στην οποία μόνο οι μπάντες ενδιαφέροντος μετριοούνται με τα δεδομένα που παρουσιάζονται σε μοναδικό ίχνος (trace). Αυτό βελτιώνει την ταχύτητα μέτρησης και προσφέρει περισσότερη λεπτομέρεια και ανάλυση σε αυτές τις μπάντες ενδιαφέροντος.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Segmented → ON/OFF**

#### 6.1.30.8 Set Frequency Domain Scale Type [:SENSe]:SWEep:SPACing LINear|LOGarithmic [:SENSe]:SWEep:SPACing?

Επιλέγει είτε γραμμική είτε λογαριθμική για την κλίμακα της συχνότητας (X-άξονας).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **FREQUENCY → Scale Type**

#### 6.1.30.9 Sweep Time [:SENSe]:SWEep:TIME <time> [:SENSe]:SWEep:TIME?

Ορίζει τον χρόνο στον οποίο ο αναλυτής σαρώνει την οθόνη.

Εύρος: Εξαρτάται από τα εγκατεστημένα υποσυστήματα του αναλυτή, το πλήθος των σημείων σάρωσης, και την έκδοση υλικολογισμικού (firmware) του οργάνου.

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: seconds

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Sweep Time Auto Man**

#### 6.1.30.10 Automatic Sweep Time [:SENSe]:SWEep:TIME:AUTO OFF|ON|0|1 [:SENSe]:SWEep:TIME:AUTO?

Επιλέγει αυτόματα τον ταχύτερο δυνατό χρόνο σάρωσης υπό τις τρέχουσες ρυθμίσεις.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Sweep Time Auto Man**

#### 6.1.30.11 Sweep Time Mode [:SENSe]:SWEep:TIME:AUTO:MODE SRESponse|SANalyzer [:SENSe]:SWEep:TIME:AUTO:MODE?

Καθορίζει τον τύπο αυτόματης λειτουργίας coupling για τον ταχύτερο δυνατό χρόνο σάρωσης υπό τις τρέχουσες ρυθμίσεις.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Sweep Coupling SR SA**

#### 6.1.30.12 Time Gating Delay (Option 1D6 Only) [:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:DELAy <time>



**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:DELay?**

Ορίζει τον χρόνο καθυστέρησης από την ώρα που συμβαίνει ερέθισμα πύλης (gate trigger) μέχρι να ανοίξει η πύλη. Η λειτουργία αυτή δουλεύει μόνο με EDGE triggering.

Εύρος: 0.3  $\mu$ s έως 429 sec

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: seconds

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Gate Setup → Edge Setup → Gate Delay**

**6.1.30.13 Time Gate Length (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:LENGth <time>**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:LENGth?**

Ορίζει την διάρκεια χρόνου πύλης (gate time length) καθυστέρησης (σε δευτερόλεπτα).

Εύρος: 0.3  $\mu$ s έως 429 sec

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: seconds

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Gate Setup → Edge Setup → Gate Length**

**6.1.30.14 Time Gate Level (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:LEVel HIGH|LOW**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:LEVel?**

Επιλέγει την στάθμη του σήματος πύλης (gate signal), αυτή η εντολή είναι για ερέθισμα στάθμης μόνο (LEVel triggering).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Gate Setup → Level Setup**

**6.1.30.15 Time Gate Polarity (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:POLarity NEGative|POSitive**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:POLarity?**

Επιλέγει την πολικότητα του σήματος πύλης (gate signal), αυτή η εντολή είναι για ερέθισμα στάθμης μόνο (LEVel triggering).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Gate → Edge Gate → Slope Pos Neg**

**6.1.30.16 Preset Time Gate (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:PRESet**

Αυτή η εντολή αρχικοποιεί τις παραμέτρους της πύλης στις προεπιλεγμένες τιμές :

Gate trigger type = edge

Gate polarity = positive

Gate delay = 1  $\mu$ s

Gate length = 1  $\mu$ s

Gate level = high

**6.1.30.17 Control Time Gate (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE[:STATe] OFF|ON|0|1**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE[:STATe]?**

Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία time gating.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Sweep → Gate On Off**

**6.1.30.18 Time Gate Trigger Type (Option 1D6 Only)**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:TYPE LEVel|EDGE**

**[[:SENSe]:SWEep:TIME:GATE:TYPE?**

Επιλέγει ανάμεσα σε λειτουργία αιχμής (edge) ή στάθμης (level) για φασματική ανάλυση πύλης χρόνου (time gated).

Η λειτουργία στάθμης (level) ενεργοποιεί την πύλη όταν το σήμα υπερβεί ένα προκαθορισμένο επίπεδο, ρυθμίζεται σαν low ή high.



Η λειτουργία αιχμής (edge) ενεργοποιεί την πύλη όταν ανιχνευτεί η αιχμή ενός σήματος, ρυθμίζεται σε ανίχνευση θετικής αιχμής ή αρνητικής αιχμής.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι:

**Sweep → Gate → Gate Control Edge Level**

### 6.1.31 SOURCE Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου πηγής)

Το σύνολο εντολών τύπου πηγής ελέγχει τα χαρακτηρισθήκα σήματος της γεννήτριας ίχνους (tracking generator).

#### 6.1.31.1 Sets the Output Power Offset Correction

**:SOURCE:CORREction:OFFSet <rel\_ampl>**

**:SOURCE:CORREction:OFFSet?**

Καθορίζει ένα offset για το επίπεδο ισχύος του απεικονιζόμενου σήματος. Ένα όφσεντ επιπέδου ισχύος μπορεί να προστεθεί στο απεικονιζόμενο επίπεδο ώστε να αντεπεξέλθουμε σε απώλειες του συστήματος (π.χ. απώλειες στο καλώδιο) ή κέρδος (π.χ. κέρδος προενισχυτή). Αυτή η λειτουργία όφσεντ δεν αλλάζει το επίπεδο ισχύος πραγματικά, αλλάζει μόνο το απεικονιζόμενο επίπεδο ισχύος έτσι ώστε να διαβάζεται το πραγματικό επίπεδο ισχύος τις συσκευής που τεστάρουμε.

Εύρος: -327.6 dB έως 327.6 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: τρέχουσες επιλεγμένες μονάδες μέτρησης ισχύος

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Amptd Offset**

#### 6.1.31.2 Source Attenuation

**:SOURCE:POWER:ATTenuation <ampl>**

**:SOURCE:POWER:ATTenuation?**

Εξασθενεί το επίπεδο ισχύος τις εισόδου.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B: 0 dB έως 60 dB σε βήματα των 10 dB

ESA E4402B, E4403B: 0 dB έως 56 dB σε βήματα των 8 dB

ESA E4404B: 0 dB έως 56 dB σε βήματα των 8 dB

ESA E4405B: 0 dB έως 56 dB σε βήματα των 8 dB

ESA E4407B, E4408B: 0 dB έως 56 dB σε βήματα των 8 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Attenuation Auto Man**

#### 6.1.31.3 Automatic Source Attenuation

**:SOURCE:POWER:ATTenuation:AUTO OFF|ON|0|1**

**:SOURCE:POWER:ATTenuation:AUTO?**

Επιλέγει αν ο εξασθενητής εισόδου θα ρυθμιστεί αυτόματα ή χειροκίνητα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Attenuation Auto Man**

#### 6.1.31.4 Sets the Output Power

**:SOURCE:Power[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] <ampl>**

**:SOURCE:Power[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] UP|DOWN**

**:SOURCE:Power[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]?**

Καθορίζει την στάθμη εξόδου της πηγής.

Εύρος:

ESA E4401B, E4411B με το υποσύστημα 1DN: -70 dBm έως 3 dBm

E4401B, E4411B με το υποσύστημα 1DQ : -27.25 dBmV έως 45.75 dBmV

ESA E4402B, E4403B : -66 dBm έως 3 dBm

ESA E4404B : -66 dBm έως 3 dBm





ESA E4405B : -66 dBm έως 3 dBm  
ESA E4407B,E4408B : -66 dBm έως 3 dBm

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dBm  
Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Amplitude On Off**

#### 6.1.31.5 Sets the Source Output Power Mode

**:SOURce:POWer:MODE FIXed|SWEEp**  
**:SOURce:POWer:MODE?**

Καθορίζει την στάθμη εξόδου της πηγής να είναι σε συγκεκριμένο σταθερό πλάτος ή να σαρώσει σε μια έκταση επιπέδων πλάτους.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Power Sweep On Off**

#### 6.1.31.6 Set the Source Sweep Power Range

**:SOURce:POWer:SPAN <rel\_ampl>**  
**:SOURce:POWer:SPAN?**

Καθορίζει μια έκταση επιπέδων πλάτους στην οποία η έξοδος της πηγής θα σαρώσει.  
Εύρος: 0 dB έως 20 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

#### 6.1.31.7 Set the Output Power at the Start of the Sweep

**:SOURce:POWer:STARt <ampl>**  
**:SOURce:POWer:STARt?**

Ορίζει το επίπεδο πλάτους της πηγής στην έναρξη της σάρωσης.

#### 6.1.31.8 Set the Output Power to Step Automatically

**:SOURce:POWer:STEP:AUTO OFF|ON|0|1**  
**:SOURce:POWer:STEP:AUTO?**

Ορίζει το μέγεθος βήματος του πλάτους της πηγής να είναι μια υποδιαίρεση της κάθετης κλίμακας όταν βρισκόμαστε σε λογαριθμική κλίμακα, ή 10 db όταν βρισκόμαστε σε γραμμική κλίμακα.

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Amptd Step Auto Man**

#### 6.1.31.9 Set the Output Power Step Size

**:SOURce:POWer:STEP[:INCRement] <ampl>**  
**:SOURce:POWer:STEP[:INCRement]?**

Ορίζει το μέγεθος βήματος του πλάτους της πηγής.

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Amptd Step Auto Man**

#### 6.1.31.10 Set the Source Sweep Power Range

**:SOURce:POWer:SWEEp <rel\_ampl>**  
**:SOURce:POWer:SWEEp?**

Καθορίζει το εύρος σταθμεύων πλάτους τα οποία θα σαρώσει η έξοδος της πηγής.

Εύρος: 0 dB έως 20 dB

Προεπιλεγμένη μονάδα μέτρησης: dB

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Power Sweep On Off**

#### 6.1.31.11 Output Power Tracking

**:SOURce:POWer:TRCKing <integer>**  
**:SOURce:POWer:TRCKing?**

Ρυθμίζει το tracking της εξόδου της πηγής με την σάρωση του αναλυτή στο τρέχον Resolution Bandwidth (RBW).

Εύρος: Ακέραιος, 0 έως 4095

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Man Track Adj**





#### **6.1.31.12 Output Power Tracking Peak**

**:SOURce:POWer:TRCKing:PEAK**

Ρυθμίζει αυτόματα το tracking της εξόδου της πηγής με την σάρωση του αναλυτή έτσι ώστε η στάθμη να είναι μέγιστη για το τρέχον Resolution Bandwidth (RBW).

Η πρόσβαση από τα κουμπιά του αναλυτή είναι: **Source → Tracking Peak**

#### **6.1.32 STATus Subsystem (Σύνολο εντολών τύπου τρέχουσας κατάστασης)**

Το σύνολο εντολών τύπου τρέχουσας κατάστασης ελέγχει τις SPCI-καθορισμένες δομές αναφοράς τρέχουσας κατάστασης.

##### **6.1.32.1 Questionable Calibration Condition**

**:STATus:QUEStionable:CALibration:CONDition?**

Αυτό το ερώτημα επιστρέφει την δεκαδική τιμή του αθροίσματος των bits στον καταχωρητή Questionable Calibration Condition.



## Β' ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### *Εισαγωγή*

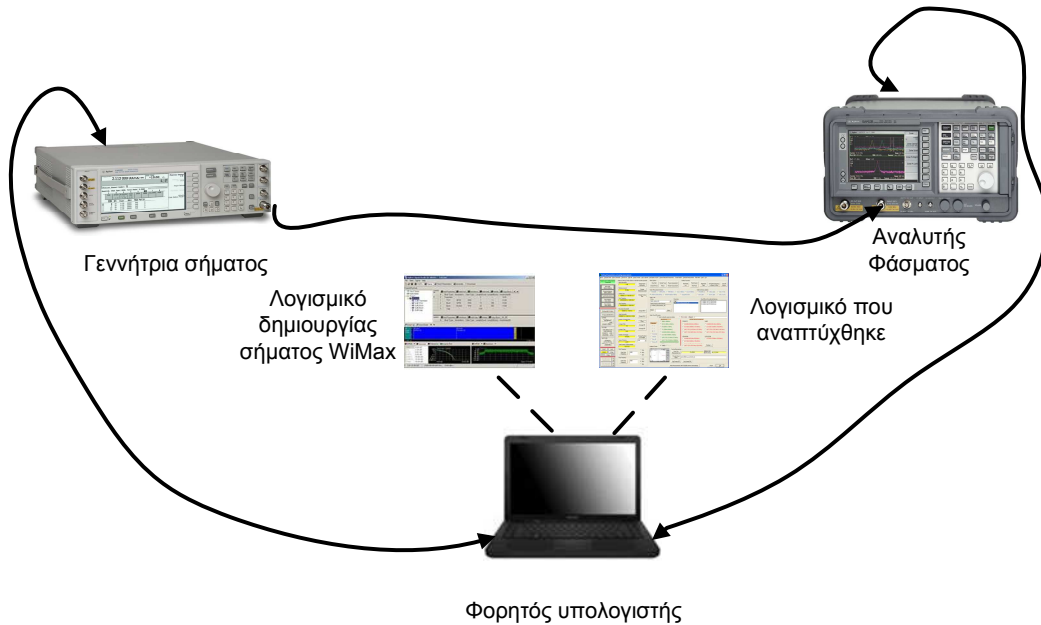
Στο πρώτο μέρος του πειραματικού μέρους θα δούμε τον εξοπλισμό και το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήσαμε για την εκτέλεση των μετρήσεων και το λογισμικό το οποίο δημιουργήσαμε για να κάνουμε one button μετρήσεις με τον αναλυτή φάσματος.

Στο δεύτερο μέρος έχουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων τα οποία τα λαμβάνουμε σε μορφή αρχείου excel σε κυματομορφή από τον αναλυτή φάσματος. οι μετρήσεις που κάναμε είναι σε δίκτυο WCDMA σε συχνότητα 2,13 GHz.





## 7. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Εικόνα 98 : Συνδεσμολογία για την εκπομπή και λήψη wcdma σήματος.

### Εισαγωγή

Για να ολοκληρωθεί η παρούσα πτυχιακή χρειάστηκε να δημιουργηθεί, να εκπεμφθεί στον ελεύθερο χώρο, και να μετρηθεί πειραματικό σήμα WCDMA.

Για την εκπομπή και λήψη του σήματος χρησιμοποιήθηκαν τα όργανα, η τεχνογνωσία και τα λογισμικά του Εργαστηρίου Μή Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (EMIA) του Τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης.

Για την προσομοίωση και δημιουργία πειραματικού σήματος 3GPP WCDMA χρησιμοποιήθηκε λογισμικό προσομοίωσης και δημιουργίας μέσω υπολογιστή σήματος 3 GPP WCDMA από την Agilent Technologies Incorporation.



**Τα όργανα και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν περιγράφονται στις παραγράφους που ακολουθούν**

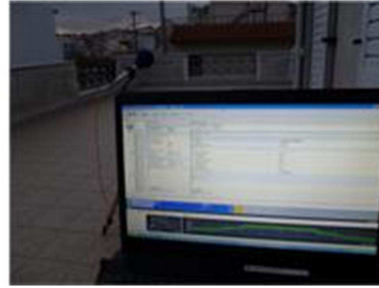
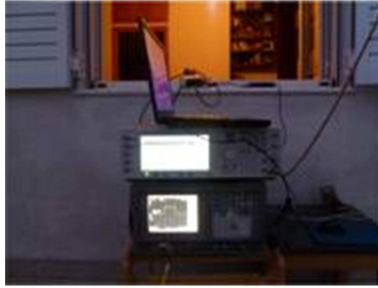
### **7.1 Πειραματική διάταξη εκπομπής και λήψης σήματος WCDMA**

Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω:

1. Η/Υ
2. Γεννήτρια σήματος (Agilent E4438C VSG),
3. Αναλυτής φάσματος (Agilent E4407B),
4. Κεραίες εργαστηρίου Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (EMIA) για εκπομπή και λήψη σήματος (ETS-Lindgren Model 3115: 1GHz-GHz και ARC sPOD16: 1GHz-GHz),
5. Καλώδια διασύνδεσης κεραιών – αναλυτή φάσματος – γεννήτριας σήματος,
6. Λογισμικό δημιουργίας σήματος τύπου WCDMA και μεταφόρτωσης του στη γεννήτρια σήματος .
7. Λογισμικό του EMIA για τον έλεγχο του συστήματος λήψης, τροποποιημένο για λειτουργία στη ζώνη WCDMA 2,13 GHz.
8. Διεπαφή διασύνδεσης υπολογιστή με γεννήτρια και αναλυτή φάσματος (Agilent 82357A GPIB to USB Interface)



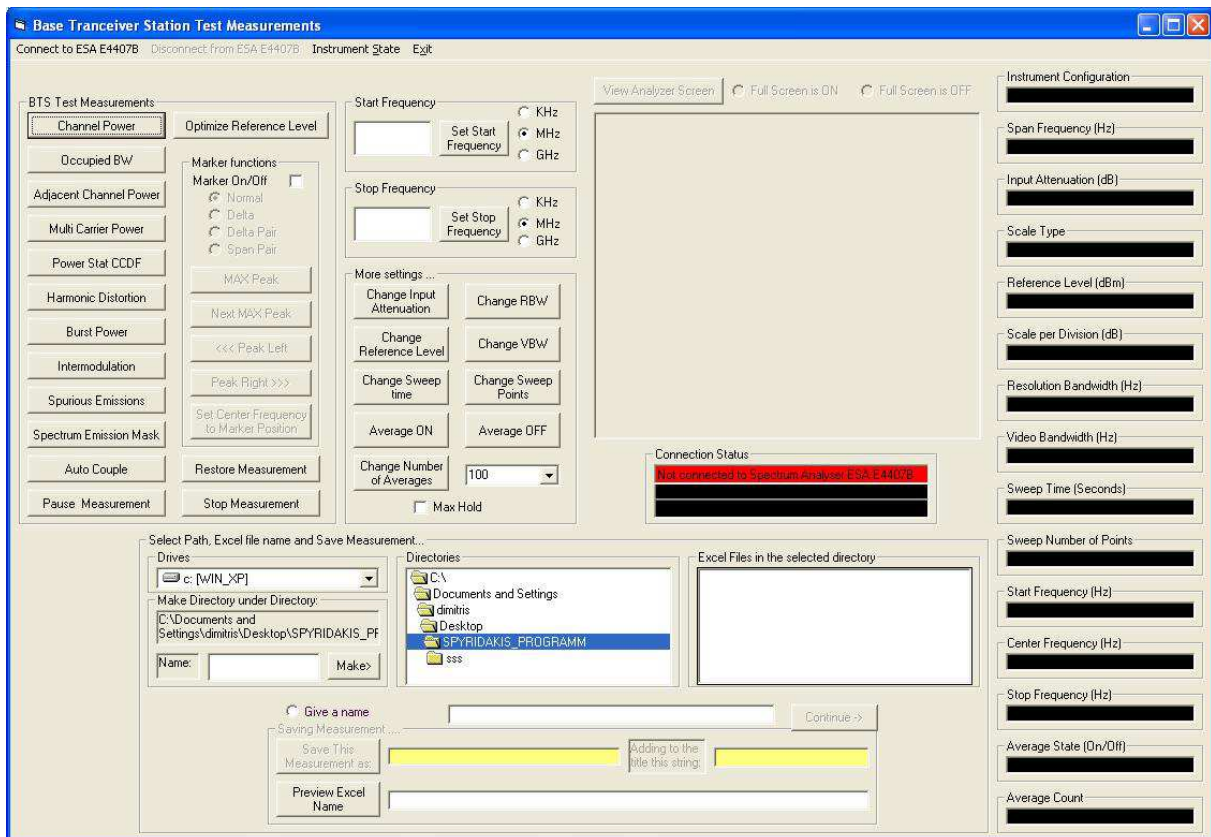
Εικόνα 99 : Συνδεσμολογία στην πράξη για εκπομπή και λήψη WCDMA σήματος.



Εικόνα 100 : Αναλυτής φάσματος, γεννήτρια σήματος και Η/Υ κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

## 7.2. Δημιουργία κατάλληλου λογισμικού για τις μετρήσεις μας.

Η επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων γίνεται μέσω κατάλληλης οθόνης του λογισμικού του EMIA Σε αυτή υπάρχει δυνατότητα επιλογής του αρχείου Excel των δεδομένων των μετρήσεων, του φύλλου εργασίας που βρίσκονται τα δεδομένα προς επεξεργασία, καθώς και δυνατότητα επιλογής της κεραίας και του καλωδίου που χρησιμοποιήθηκαν κατά την λήψη των μετρήσεων ώστε να εισαχθούν οι παράμετροι τους από τις βάσεις δεδομένων του προγράμματος και να γίνει η επεξεργασία της μέτρησης. Όπως ειπώθηκε, οι ρυθμίσεις της μέτρησης (ρυθμίσεις αναλυτή φάσματος, επιλογή κεραίας, είδος πόλωσης, τύπος καλωδίου κλπ) αποθηκεύονται στο πρώτο φύλλο αρχείου Excel σε κατάλογο της επιθυμίας του χρήστη μαζί με τα δεδομένα της μέτρησης (δεδομένα συχνότητας, ίχνους του αναλυτή φάσματος) για περαιτέρω επεξεργασία. Στο δεύτερο φύλλο αποθηκεύεται η οθόνη πρόσοψης του αναλυτή φάσματος κατά την λήξη της μέτρησης. πρώτο φύλλο αυτού του Excel. Αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί:





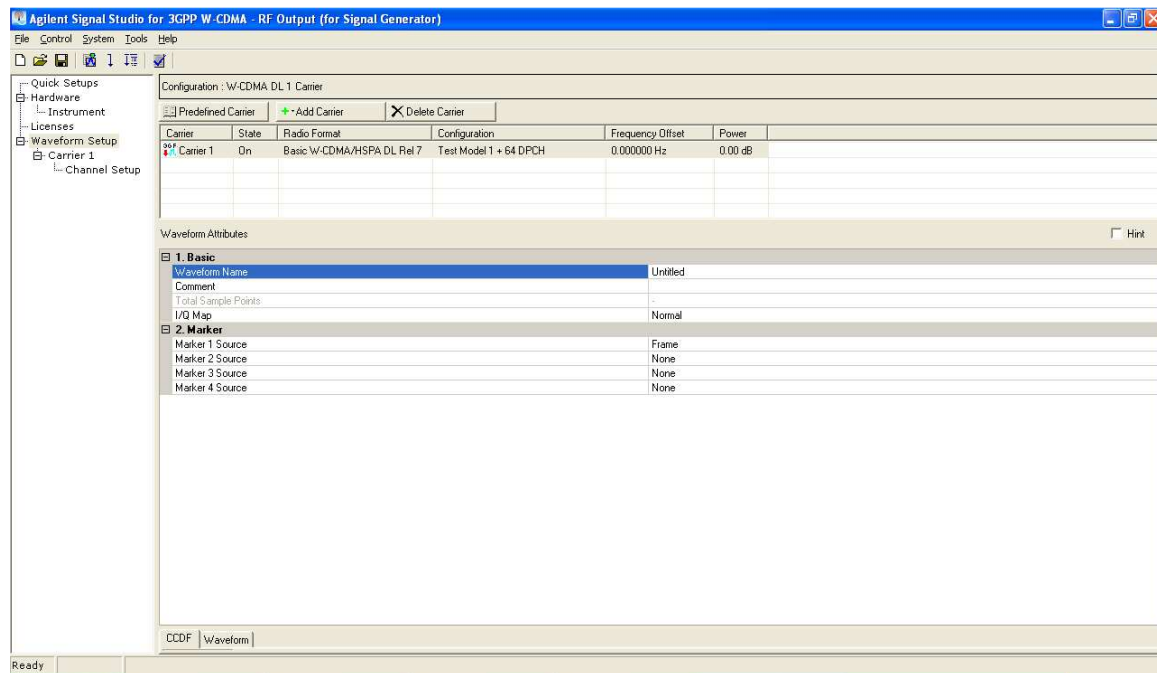
Εικόνα 101 : Πρόγραμμα για την απαραίτητη λήψη μετρήσεων one button.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε για να εκτελέσουμε τις μετρήσεις χωρίς να χρησιμοποιήσουμε ρύθμιση από τον αναλυτή φάσματος. Στα δεξιά της εικόνας βλέπουμε τις διαφορετικές επιλογές μετρήσεων. Στο πάνω μέρος ρυθμίζουμε την συχνότητα του σήματος αρχή και τέλος. Μπορεί να γίνει σε KHz ,σε MHz και σε GHz. Στα δεξιά όταν έχουμε περάσει τις ρυθμίσεις μας φαίνονται συγκεντρωτικά μέσα στο κάθε κουτάκι που υπάρχει.

### 7.3 Δημιουργία πειραματικού σήματος.

#### 7.3.1 Περιγραφή προγράμματος agilent N7600B for 3GPP WCDMA.

Για τις μετρήσεις όπως προαναφέραμε και παραπάνω χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα της agilent για το 3GPP WCDMA N7600B.



Εικόνα 102 : Πρόγραμμα της agilent για 3GPP WCDMA N7600B.

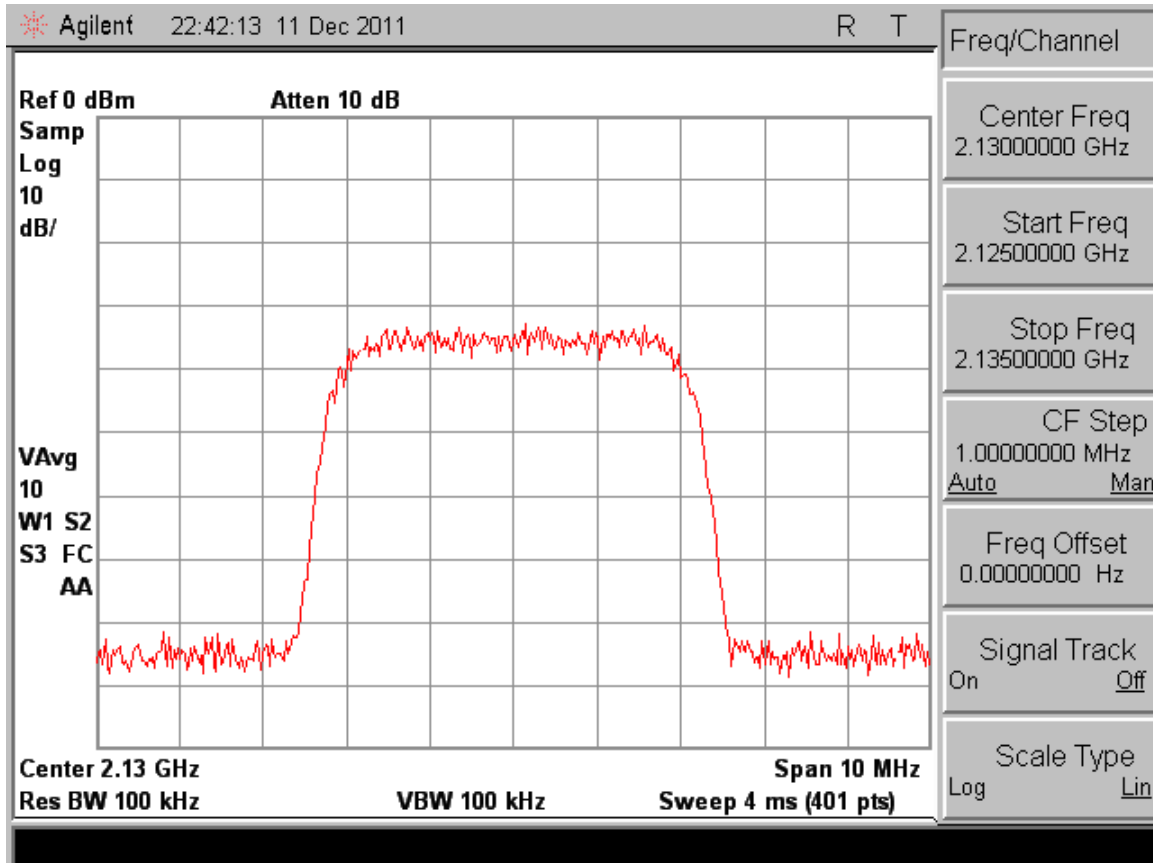
Με το παραπάνω πρόγραμμα δώσαμε στη γεννήτρια το σήμα μαζί με τις απαραίτητες ρυθμίσεις που γίνανε μέσω αυτού. Η γεννήτρια μαζί με τον αναλυτή φάσματος θα μας δώσει τα απαραίτητα αποτελέσματα και για την σωστή αξιολόγηση τους. Το πρόγραμμα αυτό έχει τη δυνατότητα να εισαγάγει έτοιμο αρχείο που περιέχει τα στοιχεία του σήματος αλλά μπορεί και να εισαχθούν χειροκίνητα τα στοιχεία του σήματος





## 8. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

### 8.1 Δημιουργία πειραματικού σήματος.



Εικόνα 103 :Το αρχικό δημιουργημένο σήμα WCDMA για τη λήψη μέτρησης.

Όπως φαίνεται από την εικόνα 103 έχουμε δημιουργήσει ένα σήμα WCDMA για την λήψη των απαραίτητων μετρήσεων που πρέπει να γίνουν για να εξετάσουμε την σωστή λειτουργία της κεραίας. Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων που κάναμε με μία και με δύο φέρουσες αντίστοιχα. Η συχνότητα που έχει το σήμα είναι στα 2,13 GHz.

Οι μετρήσεις με μια φέρουσα είναι :

- Adjacent channel power
- Burst power
- Ccdf
- Channel power
- Intermodulation
- Occupied bandwidth
- Spectrum emission mask

Οι μετρήσεις με δύο φέρουσες είναι:

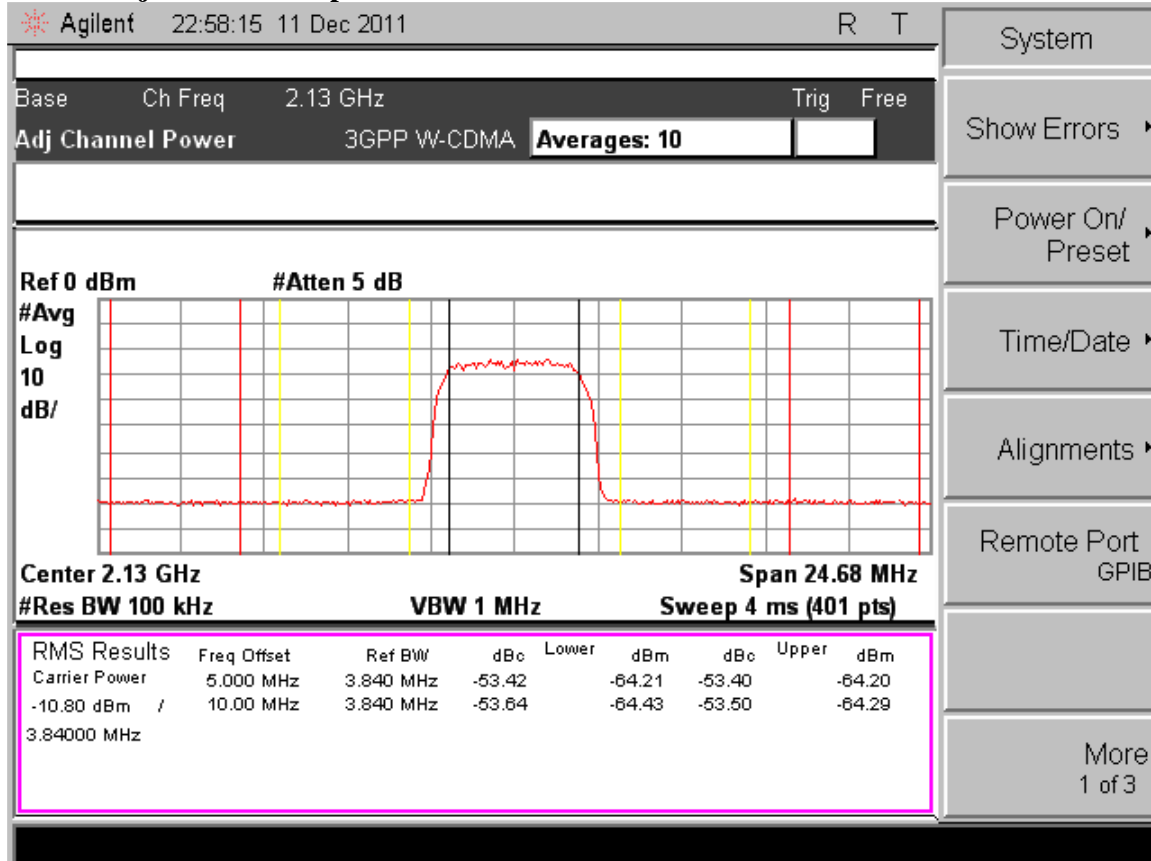
- Adjacent channel power
- CCDF
- Channel power
- Multicarrier power



## 8.2 Αποτελέσματα μετρήσεων

Παρακάτω εμφανίζουμε τα αποτελέσματα που μας δίνει το δημιουργημένο πρόγραμμα μας μέσω του αναλυτή μέσω του Microsoft Excel

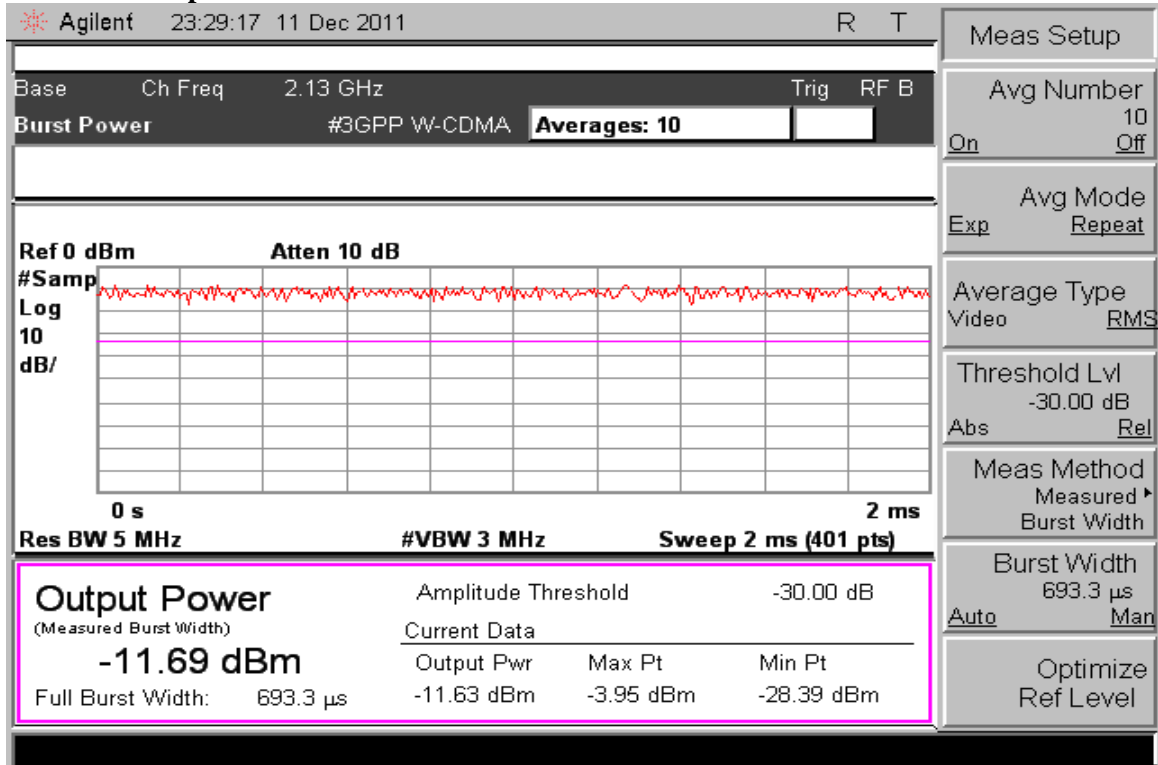
### 8.2.1 Adjacent channel power



Εικόνα 104 :Μέτρηση του Adjacent channel power

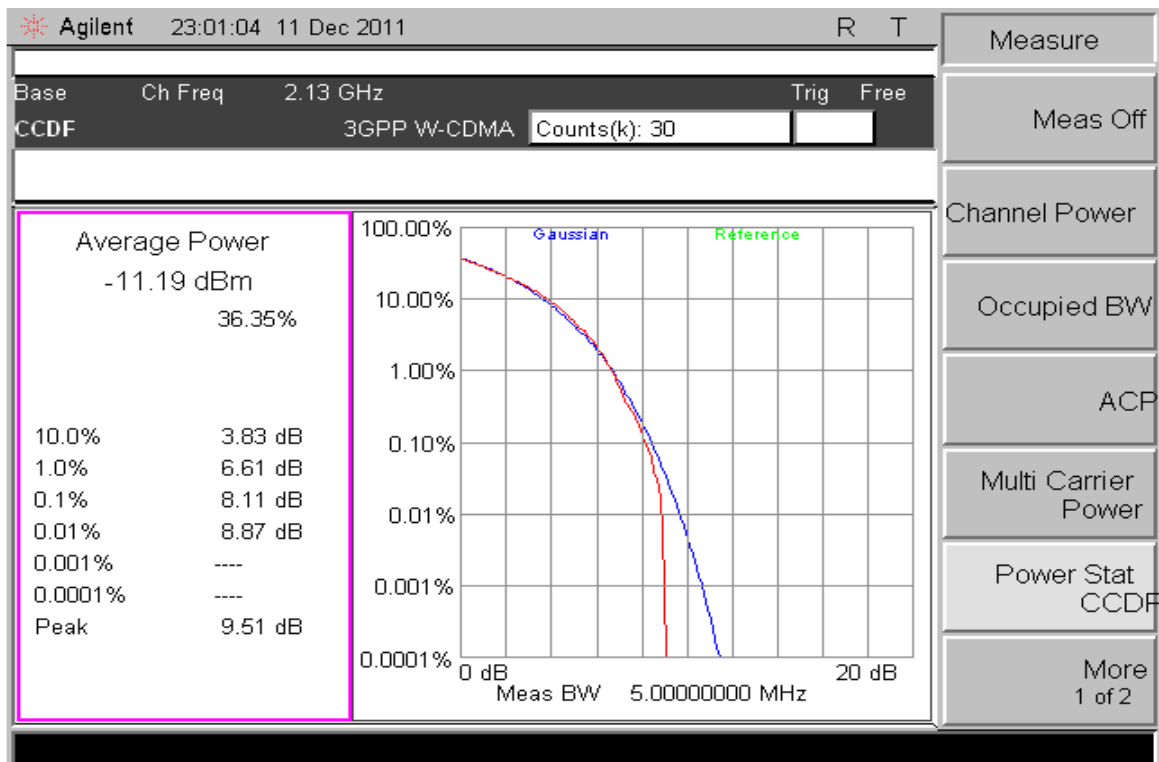


### 8.2.2 Burst power



Εικόνα 105 :Μέτρηση του burst power

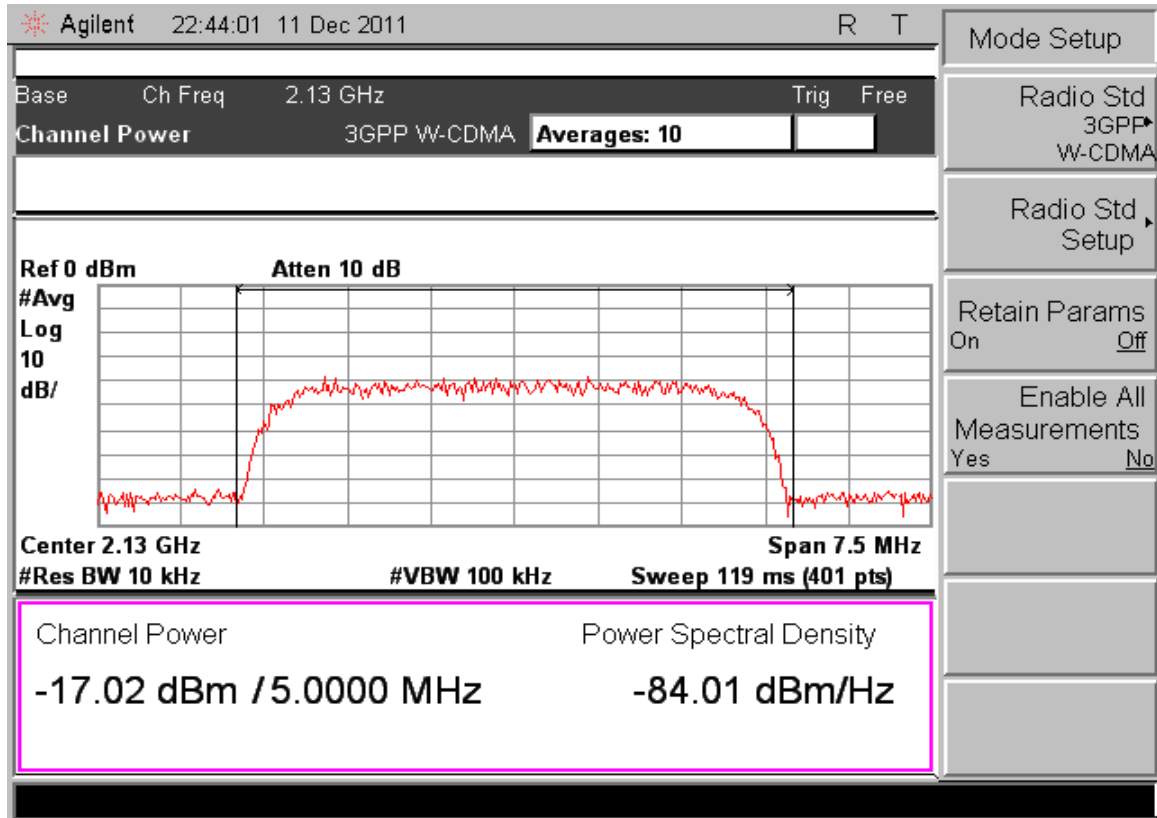
### 8.2.3 CCDF



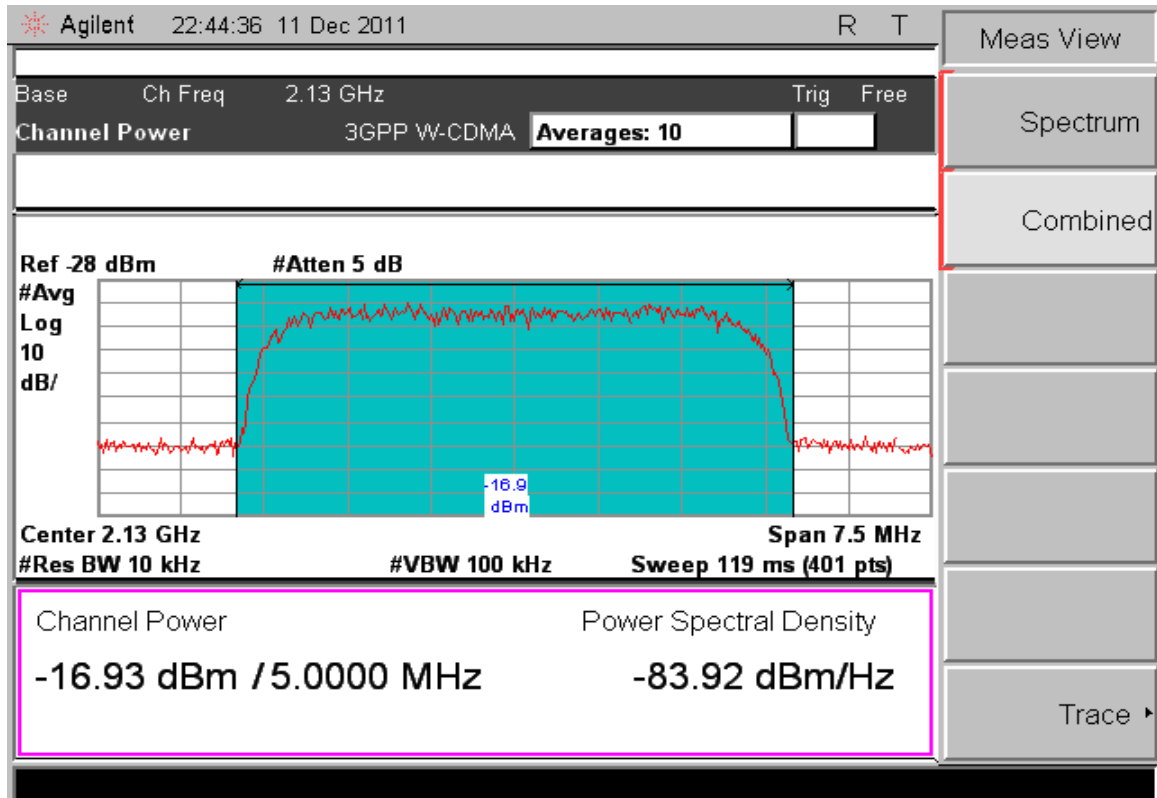
Εικόνα 106 :Μέτρηση του CCDF.



### 8.2.4 Channel power



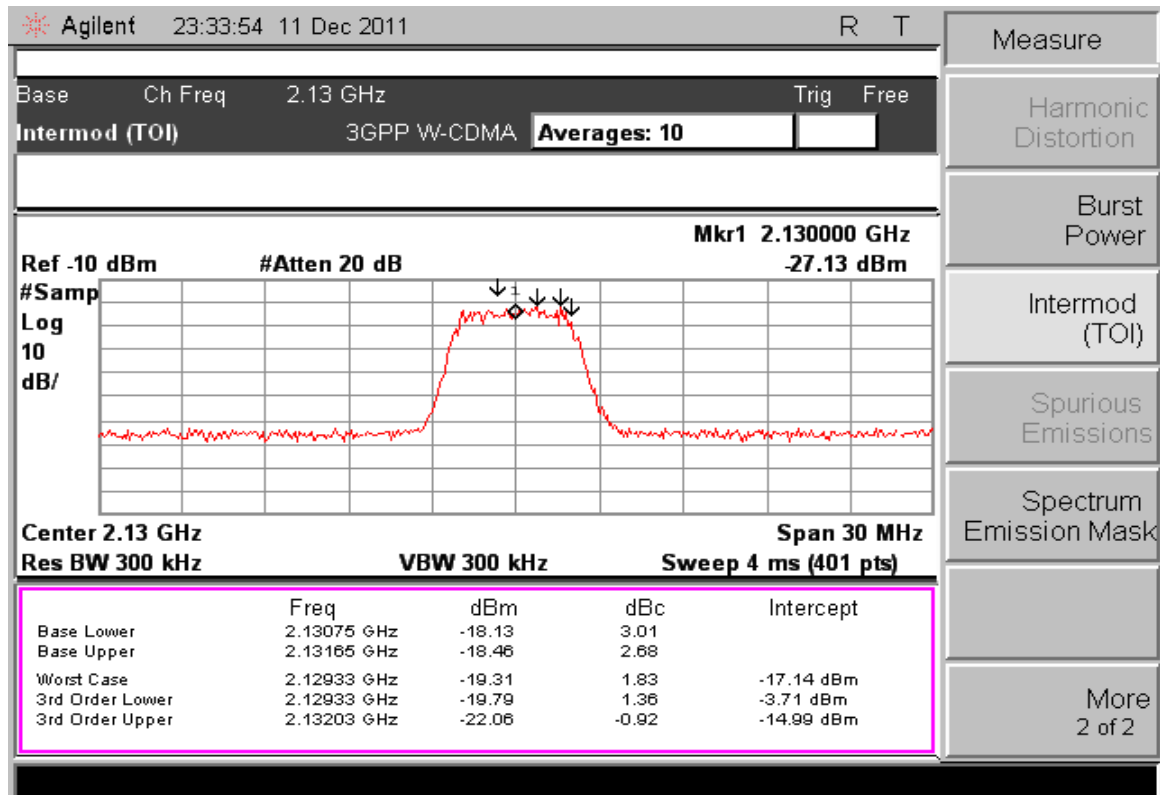
Εικόνα 107 :Μέτρηση του channel power (combined).



Εικόνα 108 :Μέτρηση του channel power (spectrum).

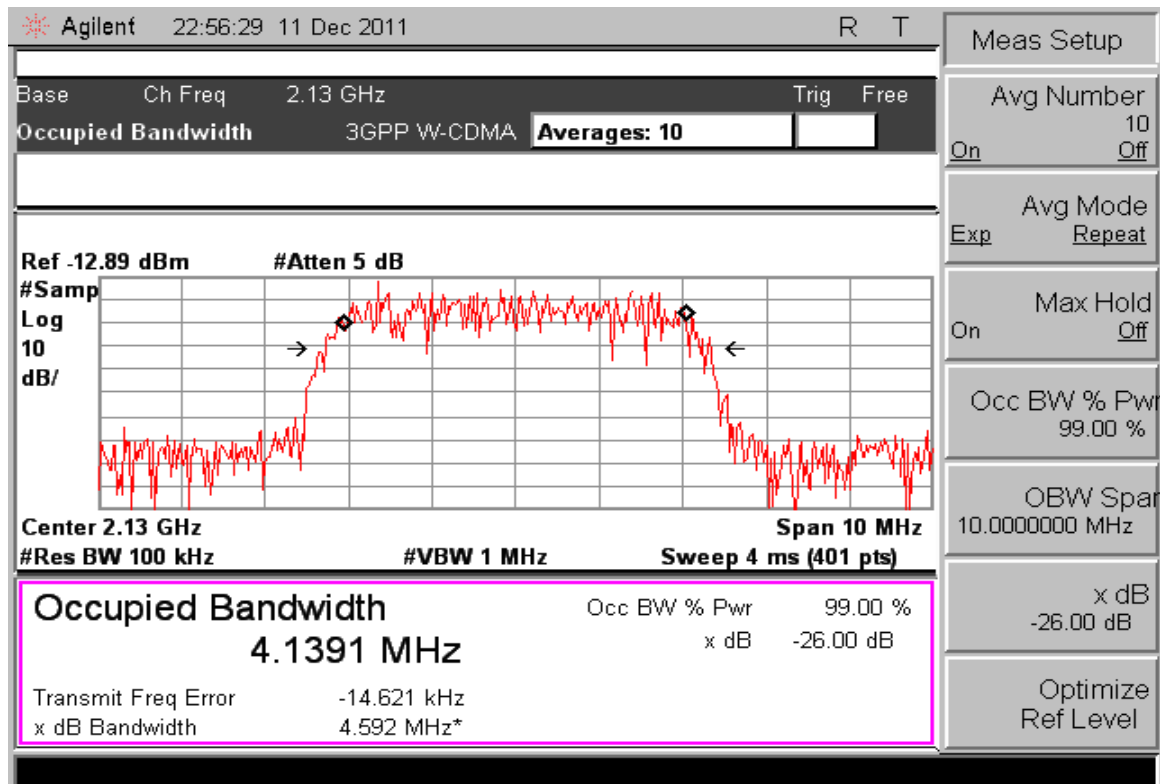


### 8.2.5 Intermodulation



Εικόνα 109 :Μέτρηση του Intermodulation.

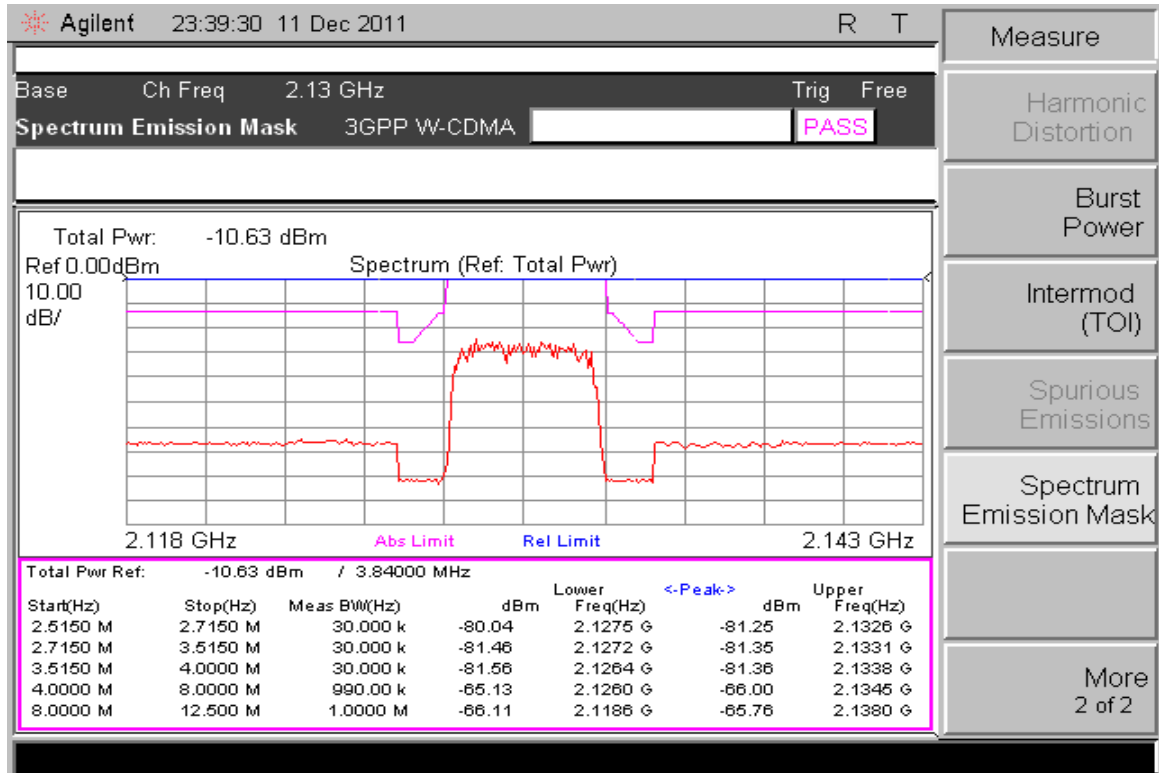
### 8.2.6 Occupied bandwidth



Εικόνα 110 :Μέτρηση του Occupied bandwidth.

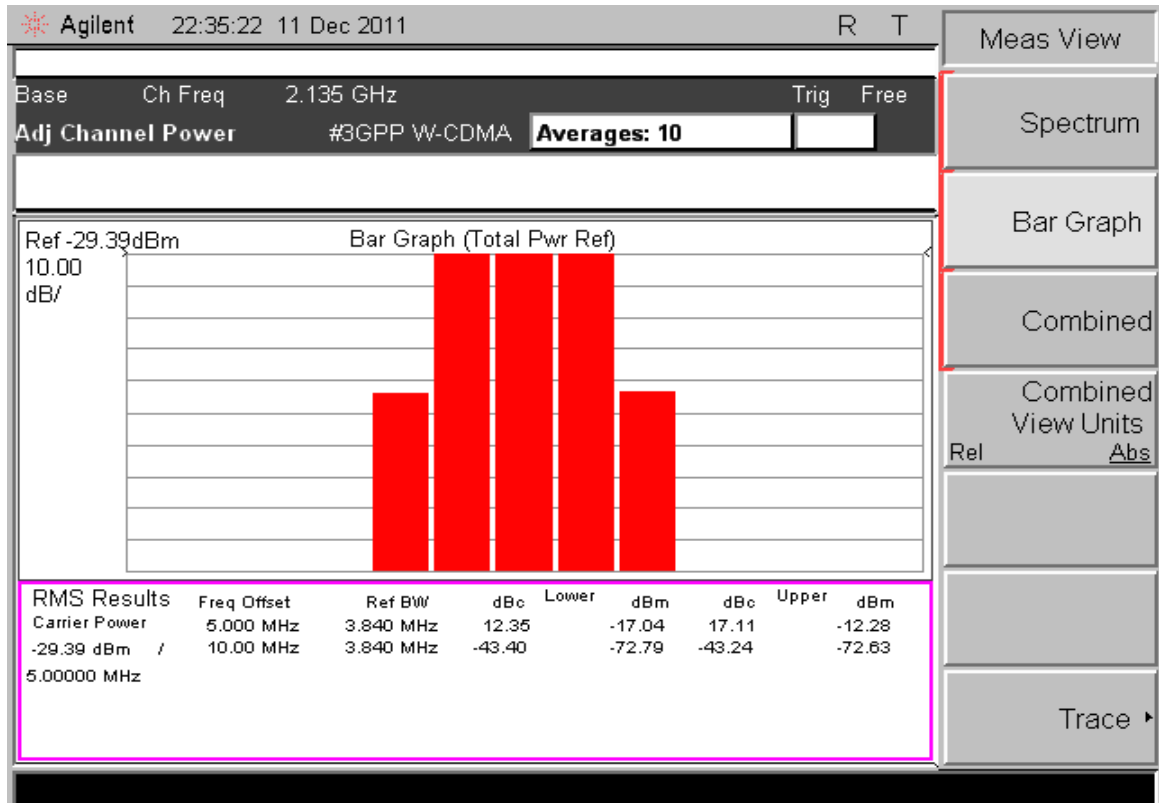


### 8.2.7 Spectrum emission mask

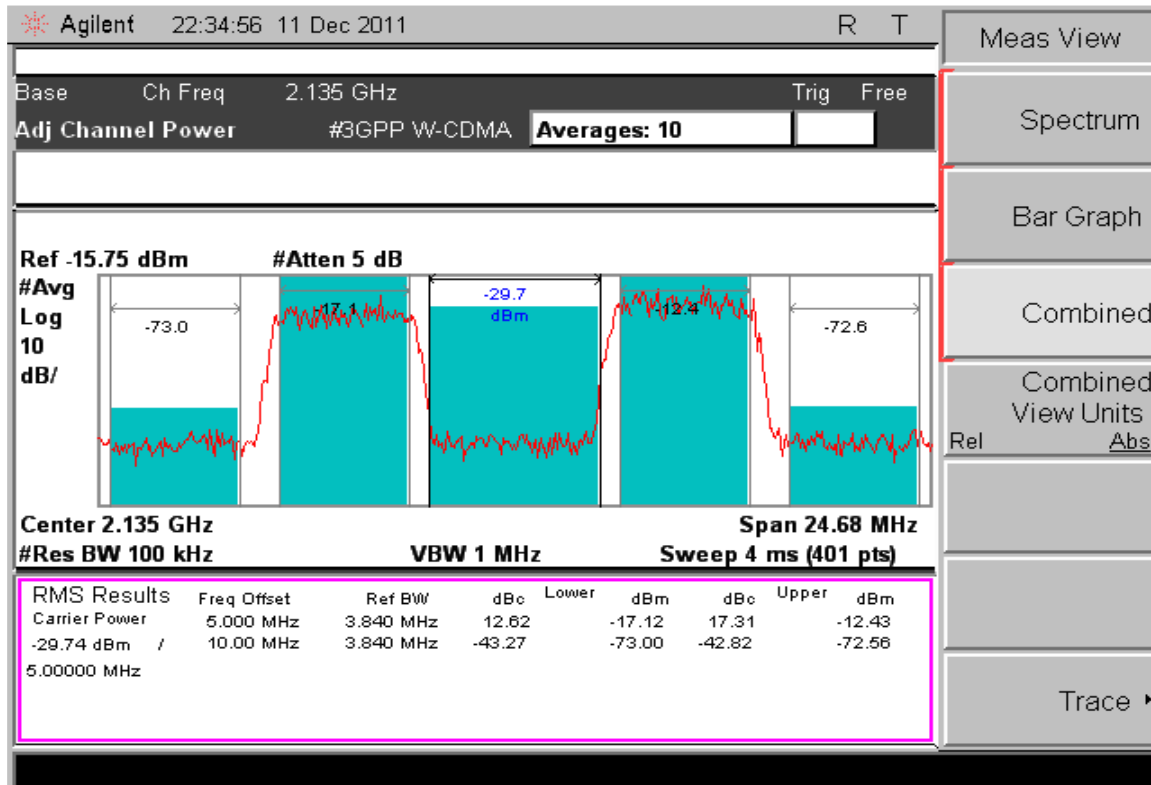


Εικόνα 111 :Μέτρηση του Spectrum Emission Mask..

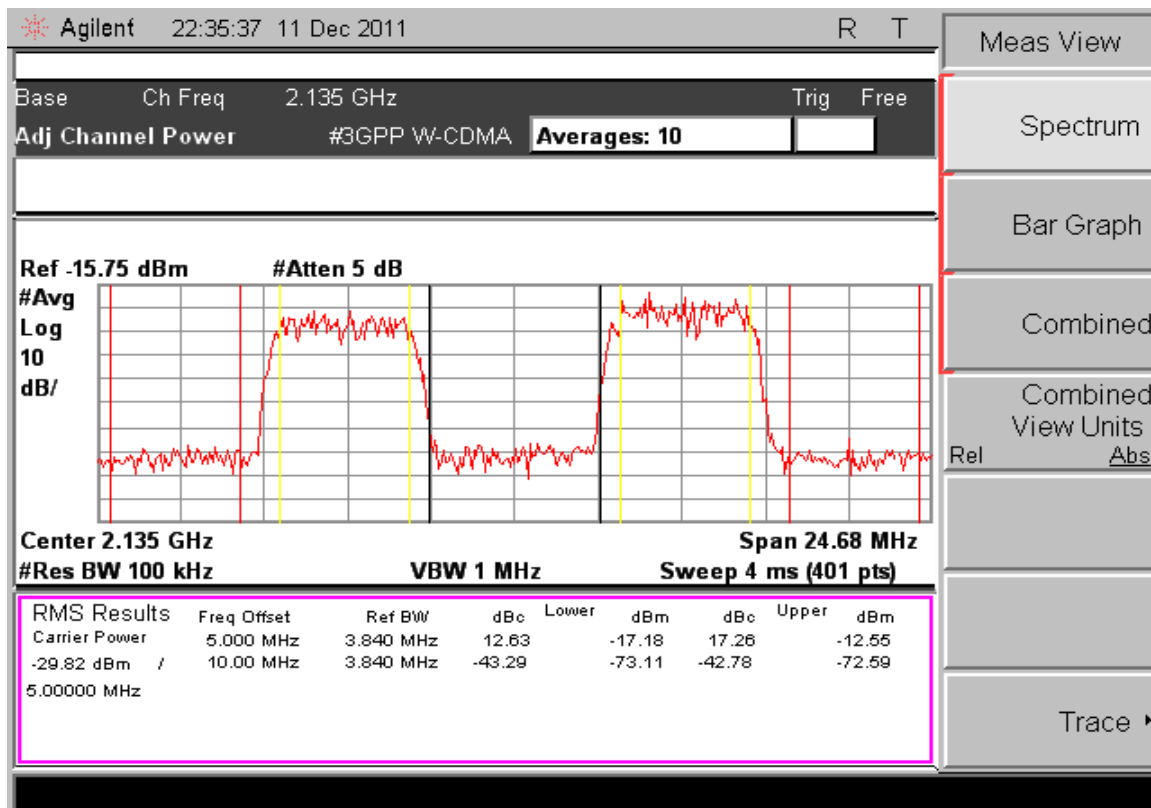
### 8.2.8 Adjacent channel power two carriers.



Εικόνα 112 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες.(bar graph).



Εικόνα 113 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες (combined).

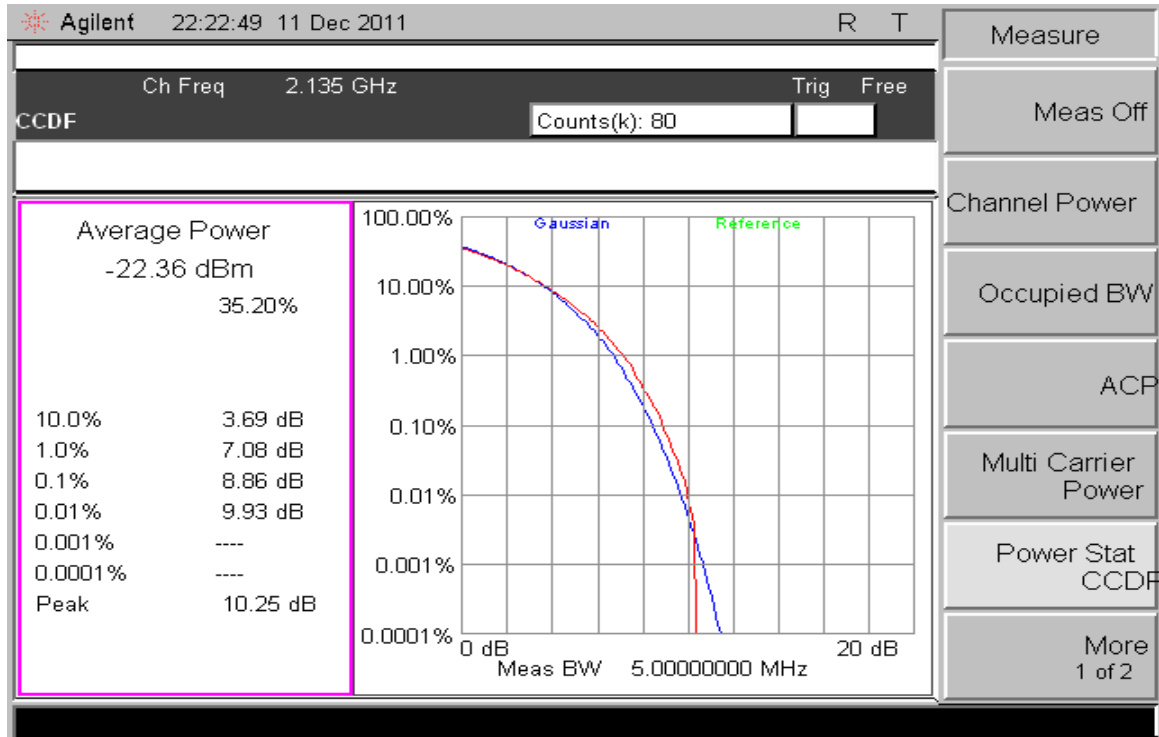


Εικόνα 114 :Μέτρηση του Adjacent channel power με δυο φέρουσες συχνότητες (spectrum).



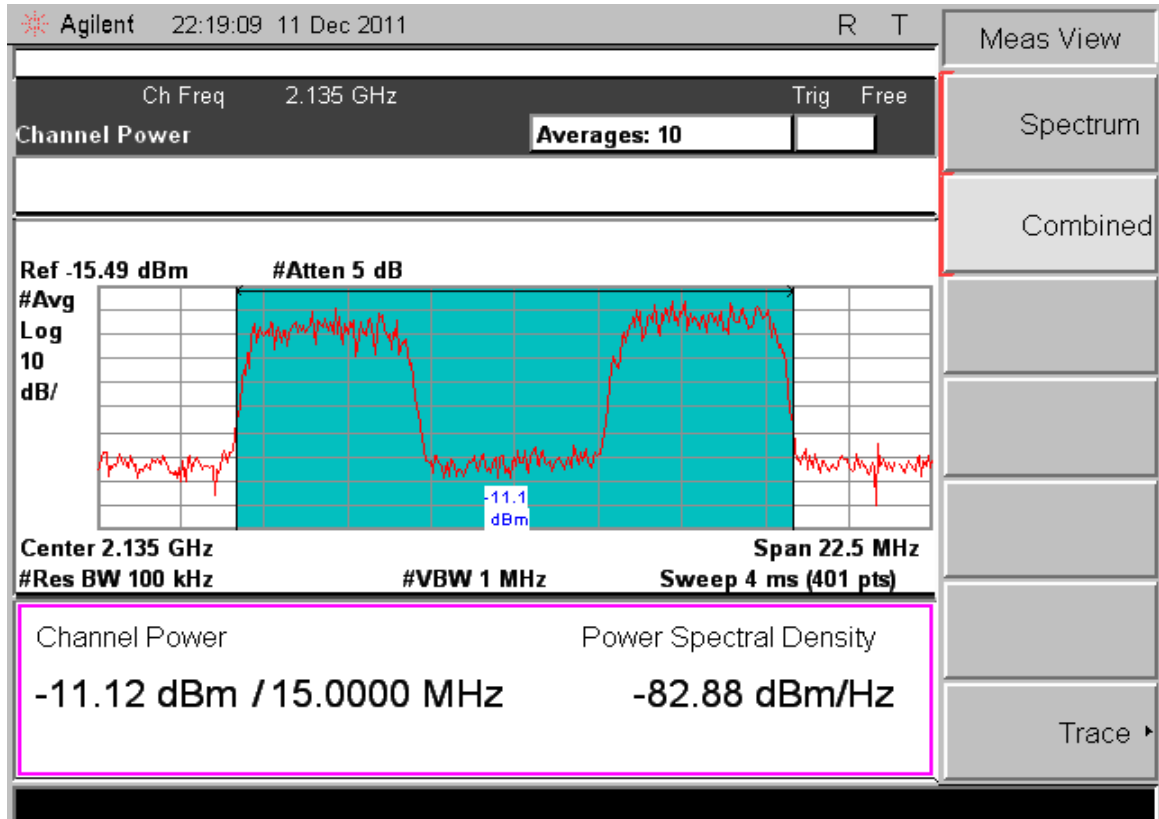


### 8.2.9 CCDF two carriers

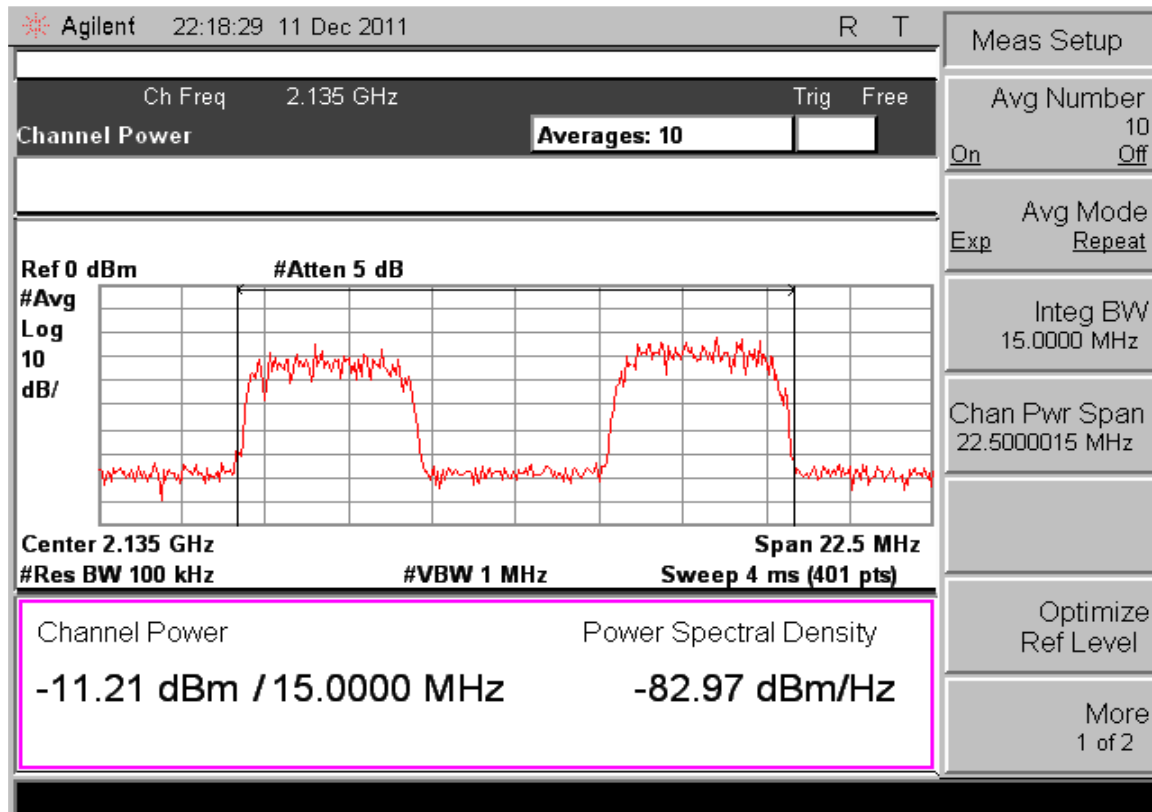


Εικόνα 115 :Μέτρηση του CCDF.

### 8.2.10 Channel power two carriers.

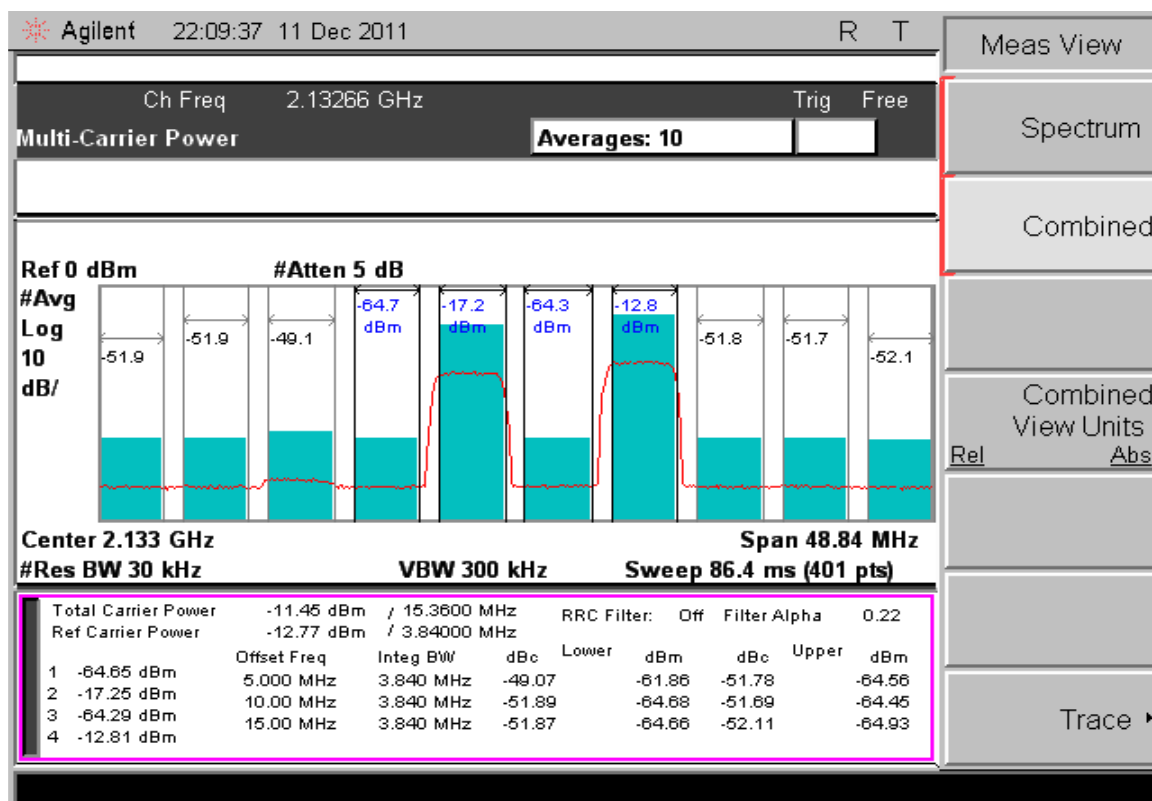


Εικόνα 116 :Μέτρηση του Channel power με δύο φέρουσες συχνότητες.(combined).



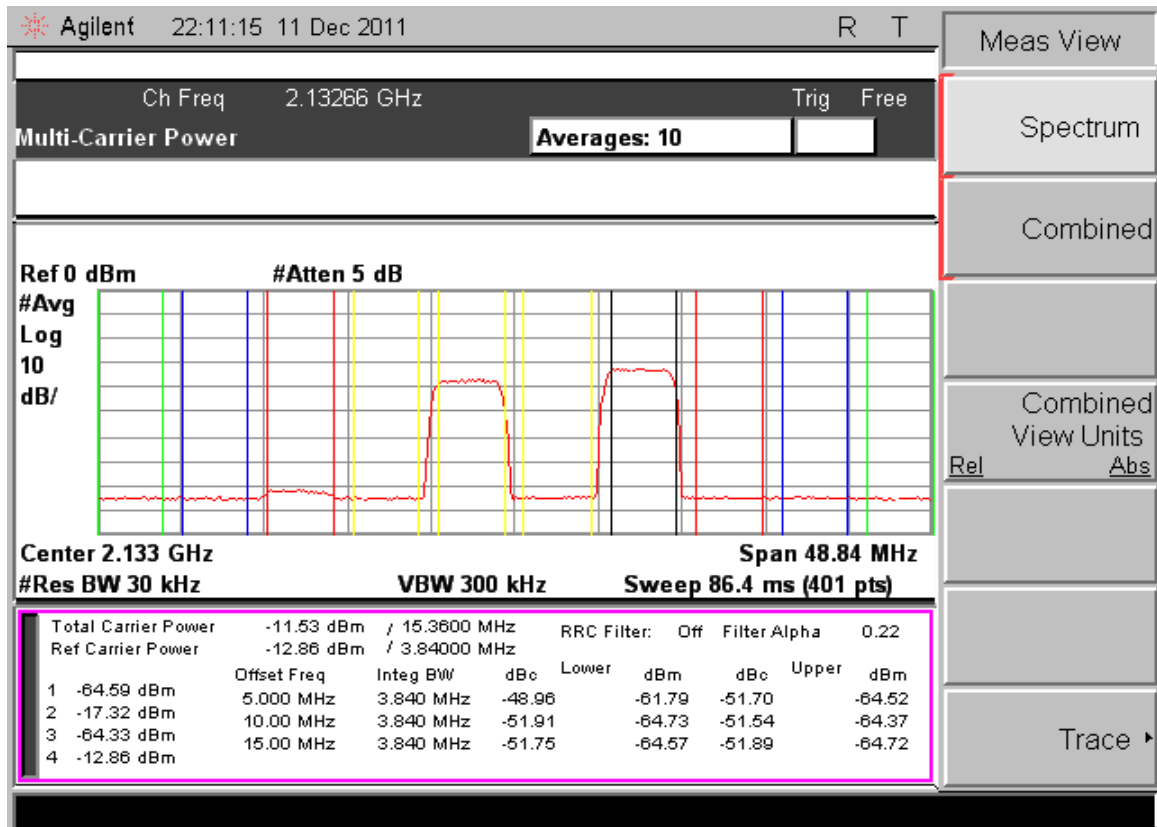
Εικόνα 117 :Μέτρηση του Channel power με δύο φέρουσες συχνότητες.(spectrum).

8.2.11 Multicarrier power two carriers.





Εικόνα 118 :Μέτρηση του Multicarrier power με δύο φέρουσες συχνότητες.(combined).



Εικόνα 119 :Μέτρηση του Multicarrier power με δύο φέρουσες συχνότητες.(spectrum).



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Πηγές από το Internet:  
<http://el.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>  
<http://el.wikipedia.org/wiki/WiMAX>  
<http://www.wimaxforum.org/>  
<http://el.wikipedia.org/wiki/GSM>  
<http://www.techteam.gr/wiki/WiMAX>  
<http://computer.howstuffworks.com/wimax5.htm>  
<http://www.pestola.gr/wimax-in-plain-greek/>  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/16/tutorial/index.html>  
<http://ieee802.org/16/pubs/80216e.html>
- [2]. Std 802.16e™-2005 and IEEE Std 802.16™-2004/Cor1-2005, “IEEE Standard for Local and metropolitan area networks. Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems. Amendment 2: Physical and Medium Access. Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1”, IEEE, New York, NY 10016-5997, USA, 28 February 2006.  
Available: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16e-2005.pdf>
- [3]. [Cristie Brown], «**Spectrum Analysis Basics**», Hewlett-Packard Company.
- [4]. [1999 *European SCPI Consortium*], «**Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI) VERSION 1999**», May, 1999.
- [5]. [ESA *Series Spectrum Analyzers*], «**User’s/Programmer’s Reference**», Agilent Technologies March 2003.
- [6]. [Agilent Technologies], «**Measurement Guide and Programming Examples**», Part Number E4401-90466, Agilent Technologies, April 2004.
- [7]. [Agilent Technologies], «**User’s and Programmer’s Reference, Volume 2, One Button Power Measurements**», Part Number E4440-90296, Agilent Technologies, October 2005.
- [8]. Agilent Signal Studio Software, Agilent Technologies Inc.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : Περίληψη Πτυχιακής Εργασίας

Η ψηφιοποίηση των συστημάτων επικοινωνιών, η τεράστια πρόοδος στη μικροηλεκτρονική, οι υπολογιστές, και η τεχνολογία λογισμικού, οι εφευρέσεις των αποδοτικών αλγορίθμων και οι διαδικασίες για τη συμπίεση, την ασφάλεια, και την επεξεργασία όλων των ειδών σημάτων, καθώς επίσης και της ανάπτυξης των εύκαμπτων πρωτοκόλλων επικοινωνίας είναι σημαντικές προϋποθέσεις για αυτήν την πρόοδο.

Σήμερα, οι τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες επιτρέπουν την πραγματοποίηση των υψηλής απόδοσης και οικονομικώς αποδοτικών συστημάτων επικοινωνιών για πολλούς τομείς εφαρμογών. Η μεγαλύτερη τεχνολογική και οργανωτική πρόκληση είναι, εντούτοις, η υποστήριξη της κινητικότητας συνδρομητών. Μπορεί να διακριθεί μεταξύ δύο ειδών κινητικότητας: τελική κινητικότητα και προσωπική κινητικότητα. Για να μπορέσουμε να εγκαταστήσουμε σωστά τις κεραίες κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να γνωρίζουμε ποιες μετρήσεις πρέπει να κάνουμε ώστε να τηρούμε το πρότυπο στο οποίο εργαζόμαστε.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σκοπό έχει να αναδείξει αυτές τις μετρήσεις εστιάζοντας από τη σκοπία του πομπού και έξω από το φάσμα χωρίς να αναλύονται ποιές μετρήσεις θα πρέπει να γίνουν σε αυτόν. Ακόμα στην πτυχιακή αυτή αναπτύσσουμε και ένα λογισμικό το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για να επικοινωνήσουμε με τον αναλυτή φάσματος.

Στο πρώτο κεφάλαιο έχουμε μια εισαγωγή για το σκοπό και τους στόχους αυτής της πτυχιακής και τα κίνητρα για τη διεξαγωγή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο έχουμε μια εισαγωγή στα επικρατούσα δίκτυα κινητών επικοινωνιών με τον τρόπο λειτουργία τους και τις συχνότητες τους, καθώς και την κυψελοειδή δόμη των δικτύων αυτών. Ακόμα έχουμε ανάλυση της διαδικασίας αλλαγής κεψέλης και βασικές αρχές πιστοποίησης και ασφάλειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο ξεκινάμε στο θεωρητικό κομμάτι των μετρήσεων σε ψηφιακούς πομπούς επικοινωνιών. Αναλύονται με γραφικές παραστάσεις και αναλύονται οι μετρήσεις στον πομπό. Μετρήσεις μετάδοσης γίνονται συνήθως στην είσοδο της κεραίας, όπου εκπέμπεται το τελικό σήμα. Στην περίπτωση αυτή, ο εξοπλισμός μέτρησης χρησιμοποιείται ως ένας ιδεατός δέκτης. Είναι επίσης αναγκαίο να εξεταστεί ο πομπός σε διάφορα σημεία της δοκιμής, όπως οι διαφορετικές ενότητες είναι σχεδιασμένες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των μετρήσεων που πρέπει να κάνουμε σε συστήματα Δικτύων GSM. Εξετάζουμε μόνο στην είσοδο του πομπού και στο φάσμα εκπομπής. Οι μετρήσεις είναι πολύ βασικές στις τεχνολογίες επικοινωνιών γιατί μας βοηθάνε στο να κατανοήσουμε τη λειτουργία των τηλεπικοινωνιών και να μπορέσουμε να ρυθμίσαμε σωστά τα διάφορα κομμάτια του σταθμού βάσης έτσι ώστε να έχουμε καλύτερη κάλυψη για του χρήστες του δικτύου σαν κύριο σκοπό μας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο έχουμε περιγραφή ενός εκ των βασικών μας συσκευών για την εκτέλεση των μετρήσεων μας. Αυτή η συσκευή δεν είναι άλλη από τον αναλυτή φάσματος. Στον σχεδιασμό, κατασκευή ή στο πεδίο του service/επισκευής μιας ηλεκτρονικής συσκευής, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο που θα βοηθήσει στο να αναλύσουμε τα ηλεκτρικά σήματα που κάνουν την ηλεκτρονική συσκευή να λειτουργεί, έτσι ώστε να καθορίσουμε την απόδοση του συστήματος, να εντοπιστούν σφάλματα-δυσλειτουργίες κτλ. Χρειαζόμαστε έναν παθητικό-δέκτη (passive receiver). Ο “δέκτης” αυτός δεν επηρεάζει με οποιοδήποτε τρόπο το σήμα – απλώς το απεικονίζει με τέτοια μορφή έτσι ώστε να είναι εύκολο να αναλύσουμε το σήμα. Αυτός είναι ο Αναλυτής Φάσματος. Ο Αναλυτής Φάσματος απεικονίζει ανεπεξέργαστη πληροφορία για το σήμα όπως, πλάτος, ισχύς, περίοδο, πλευρικές μπάντες και συχνότητα. Μπορεί να μας δώσει μια καθαρή και ακριβή εικόνα του φάσματος στο πεδίο της συχνότητας.

Στο έκτο κεφάλαιο έχουμε περιγραφή των εντολών που χρησιμοποιήσαμε για να δημιουργήσουμε το λογισμικό για την λήψη των μετρήσεων μας. Αυτές οι εντολές χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό του διαθέσιμου αναλυτή φάσματος (Agilent ESA E4407B) που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

Στο έβδομο κεφάλαιο έχουμε παρουσίαση των οργάνων μετρήσεως που χρησιμοποιήσαμε για την λήψη των μετρήσεων και παρουσίαση του δημιουργημένου λογισμικού που επικοινωνεί με τον αναλυτή φάσματος για τον προγραμματισμό του και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε μορφή excel.



---

Στο όγδοο κεφάλαιο έχουμε τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις οι οποίες έγιναν σε σύστημα WCDMA σε συχνότητα 2.13 GHz. Το σύστημα επιλέχτηκε τυχαία και χρησιμοποιήθηκε εκτός από τον παραπάνω εξοπλισμό τον οποίο αναφέραμε και λογισμικό από την agilent το 3GPP WCDMA N7600B για την εισαγωγή του σήματος και την ρύθμιση του.

Ακόμα ακολουθεί το παράρτημα 1 που αφορά την περίληψη της πτυχιακής και το παράρτημα 2 στο οποίο φαίνονται οι διαφάνειες για την παρουσίαση της πτυχιακής αυτής.







## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Διαφάνειες παρουσίασης της πτυχιακής

Ανάπτυξη Μεθοδολογίας και αντίστοιχου Λογισμικού για την λήψη βασικών μετρήσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Σπυριδάκης Ευάγγελος

Επιβλέπων καθηγητής: Μιαουδάκης Ανδρέας

### ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- 1940 1η υπηρεσία παροχής κινητής τηλεφωνίας (Missouri, USA)
- 1946 1ο κυβελωτό σύστημα AMPS (Advanced Mobile Phone Service) – Αμερική
- 1975 TACS (Αγγλία)
- 1985 Όλα αυτά τα συστήματα μεταδίδουν αναλογικά και χρησιμοποιούν, για πρόσβαση στο δίκτυο, την τεχνική διαίρεσης συχνότητας

#### **Πριν το 1970 :Μικρή χωρητικότητα**

- Χαμηλή ποιότητα επικοινωνίας
- Ευαισθησία σε παρεμβολές, συνθήκες μετάδοσης
- Υψηλό κόστος
- Μη συμβατότητα μεταξύ διαφόρων τεχνολογιών



## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

**Από το 1970 αρχίζει η ουσιαστική εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών με την εκχώρηση της περιοχής των 900MHz (εύρους 50 MHz – έτος:1978) και συγκεκριμένους στόχους: Ουσιαστική εκμετάλλευση του προσφερόμενου φάσματος**

- Υψηλή χωρητικότητα με χαμηλό κόστος συνδρομητή
- Ποιότητα επικοινωνίας χωρίς παρεμβολές και απώλειες
- Δυνατότητα κάλυψης μεγάλης γεωγραφικής περιοχής
  
- **Η εξέλιξη χωρίζεται σε φάσεις, ανάλογα με τις ουσιαστικές αλλαγές που προέκυψαν, οι οποίες ορίζουν και τις «γενιές» των συστημάτων**

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

**Πρώτη Γενιά (1970-1990): Κυψελωτή δομή με αναλογικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, κυρίως για την εξυπηρέτηση φωνής με ρυθμούς μέχρι 2,4Kbps. TACS (Total Access Communication System)**

- NMT (Nordic Mobile Telephone)
- CT1 (Cordless Telephone-first generation) - CT2 (Cordless Telephone-second generation)
- AMPS (Advanced Mobile Phone Service)

**Δεύτερη Γενιά (1990-2000): Πολύ-ιεραρχική λειτουργική δομή, υψηλή χωρητικότητα, δυναμική διαχείριση ραδιο-φάσματος, επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, σταδιακά ψηφιακή λειτουργία, ταχύτητες αρκετών Kbps. DECT (Digital European Cordless Telecommunications)**

- GSM (Global System for Mobile Communication) (900 MHz)
- DCS-1800 (1800 MHz)
- TETRA



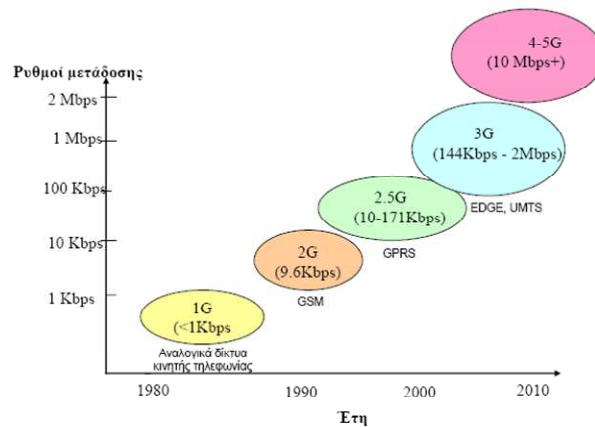
## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

**Γενιά 2,5 (1996-2000):** Ουσιαστικά αναφερόμαστε στο GPRS (General Packet Radio Service), την επέκταση του GSM που προσφέρει μεγαλύτερη ταχύτητα δεδομένων (θεωρητικό μέγιστο 171,2Kbps, σε σύγκριση με τη σταθερή ταχύτητα 9,6Kbps που προσφέρει το κλασσικό GSM)

**Τρίτη Γενιά (2000- ):** Παροχή πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικά μέχρι 2Mbps), πλήρως packet-oriented μετάδοση. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

**Τέταρτη Γενιά:** Ενοποίηση διαφορετικών δικτυακών τεχνολογιών γύρω από το ίδιο δίκτυο κορμού τεχνολογίας IP.

## ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ





## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ένα GSM δίκτυο χωρίζεται σε 3 βασικά μέρη:

- 1) Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station)
- 2) Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού
- 3) Το Υποσύστημα Δικτύου μεταγωγής (NNS- Network Switching Subsystem) που αποτελείται από :
  - Το κινητό κέντρο διαμεταγωγής (Mobile Switching Center)
  - Το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Centre – AuC)

## Θεμελιώδεις Έννοιες Κυψελωτών Επικοινωνιών

- Κάθε κινητός σταθμός μπορεί να συνδεθεί σε οποιαδήποτε κυψέλη, δεσμεύοντας οποιονδήποτε ελεύθερο κανάλι.

### **Κοψελική Κάλυψη (Cellular Coverage):**

- Ένα από τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού αυτού είναι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, από την πλευρά της προσφερόμενης τηλεπικοινωνιακής κίνησης.
- Στα γεωγραφικά σημεία όπου παρατηρείται αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, η αντίστοιχη ή οι αντίστοιχες κυψέλες διασπώνται σε μικρότερες. Αυτό όμως αυξάνει το κόστος.

### **Εντοπισμός και Μεταπομπή (Locating and Handoff)**

- Μεταπομπή (Handoff), καλείται η διαδικασία μεταφοράς του ελέγχου, της εκπομπής και λήψης της μεταδιδόμενης πληροφορίας, από έναν ΣΒ σε έναν άλλον.
- Εντοπισμός (locating), είναι η διαδικασία προσδιορισμού του κατάλληλου ΣΒ, με βάση την ποιότητα του λαμβανομένου σήματος και της στάθμης της εμφανιζόμενης παρεμβολής
- Μετά το πέρας του εντοπισμού, πραγματοποιείται μεταπομπή από τον αρχικό ΣΒ στο νέο ΣΒ.



## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

- Channel bandwidth
- Carrier frequency
- Channel power
- Occupied bandwidth
- Peak-to-average power ratio and CCDF curves
- Timing measurements
- Modulation quality measurements
- Error Vector Magnitude (EVM)
- I/Q offset
- Phase and frequency errors

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΠΟΜΠΟΥΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

- Frequency response and group delay
- Rho
- Code-domain power
- Adjacent Channel Power Ratio
- Spurious



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

#### • Modulation accuracy

1. Αποκαλύπτουν πολλά σχετικά με την απόδοση του πομπού.
2. Μπορεί δείξει μεγάλο εύρος διαφορετικών σφαλμάτων.
3. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά σε κάθε στάδιο στον κύκλο της ζωής του BTS.

#### • Mean transmitted RF carrier power

1. Οι μετρήσεις ισχύος εκτελούνται κανονικά σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του BTS.
2. Οι μετρήσεις ισχύος έξω από τις προδιαγραφές δείχνουν ένα ελάττωμα, συνήθως στα στοιχεία κυκλώματος ενισχυτών ισχύος ή στους πίνακες βαθμολόγησης. Μπορούν επίσης να παρέχουν την πρόωρη ένδειξη ενός ελαττώματος κατά την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

#### • Transmitted RF carrier power versus time

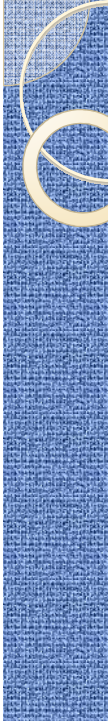
1. Η μέτρηση αυτή αξιολογεί το φάκελο της ισχύος μεταφοράς στον τομέα του χρόνου έναντι μιας καθορισμένης μάσκας
2. Από την έρευνα και ανάπτυξη μέχρι την εγκατάσταση, τη συντήρηση, και την υπηρεσία, η ισχύς σε σχέση με το χρόνο χρησιμοποιείται στις μετρήσεις παγκοσμίως στις εφαρμογές GSM/EDGE για να ελέγξει την καλή λειτουργία των πομπών.

#### • Adjacent channel power

- Η παρακείμενη ισχύ καναλιών στο GSM/EDGE καθορίζεται από το 3GPP ως δύο μετρήσεις: φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και του ευρείας ζώνης θορύβου, και φάσμα λόγω της μετατροπής

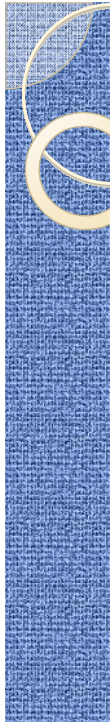
#### ➤ Spectrum due to modulation and wideband noise





## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

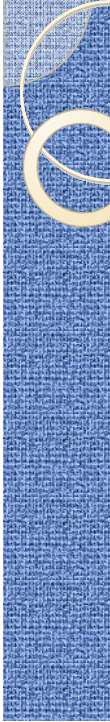
1. Αυτή η μέτρηση και η επόμενη «φάσμα λόγω της μετατροπής,» συγκεντρώνονται συχνά και αποκαλούνται «φάσμα παραγωγής RF» (ORFS).
  2. Αυτή η μέτρηση είναι σημαντική επειδή καθορίζει πόσο ο πομπός θα παρεμβάλει άλλους χρήστες.
- **Spectrum due to switching**
1. Στους GSM/EDGE πομπούς επιπέδου RF η ισχύ διαβιβάζεται ραγδαίως. Η "διαβιβαζόμενη ισχύς RF φέροντος έναντι χρόνο" μέτρηση χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι αυτή η διαδικασία θα συμβεί στη σωστή στιγμή και θα συμβεί αρκετά γρήγορα.
  2. Το φάσμα λόγω των μετρήσεων μετατροπής εκτελείται συνήθως παράλληλα με το φάσμα λόγω της διαμόρφωσης και των ευρείας ζώνης μετρήσεων θορύβου.



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

- **Spurious**
1. Οι μετρήσεις πλαστών εκπομπών είναι απαραίτητες σε όλα τα συστήματα ραδιοεπικοινωνιών, και στο GSM είναι εκτενείς.
  2. Σχεδόν οποιοδήποτε ελάττωμα στα κυκλώματα των πομπών μπορεί να φανερωθεί σαν πλαστό κάποιου είδους ή άλλου.
- **Transmitter (Tx) band spurious**
1. Αυτή η μέτρηση αποκαλύπτει λίγα περισσότερο από τη μετατροπή λόγω της διαμόρφωσης και η ευρείας ζώνης μέτρηση θορύβου, εντούτοις, αυτό είναι μια σαρωμένη μέτρηση χωρίς χρονικό gating.
- **Cross-band spurious**
- Εφαρμόζεται ως ζώνη μπάντας Tx και Rx





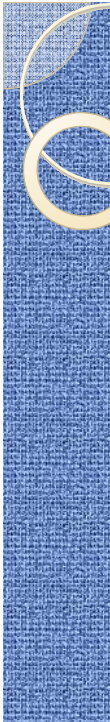
## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

- **Out-of-band spurious**

1. Οι εκτός ζώνης μετρήσεις πλαστών εκπομπών είναι μια σειρά μετρήσεων συσκευών ανάλυσης φάσματος πέρα από ένα μεγάλο φάσμα συχνότητας από τα 100 kHz 100 μέσω των 12.75 GHz (για GSM900)
2. Οι ευρείας ζώνης πλαστές μετρήσεις εκτελούνται σπάνια στην κατασκευή, εγκατάσταση, συντήρηση ή η υπηρεσία, εντούτοις, επιλεγμένες πλαστές μετρήσεις μπορούν να γίνουν γρήγορα και εύκολα.

- **Phase error and mean frequency error**

1. Το λάθος φάσης είναι η θεμελιώδης παράμετρος που χρησιμοποιείται στο GSM για να χαρακτηρίσει ακρίβεια διαμόρφωσης.



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΠΟΜΠΟΥΣ GSM

2. Το φτωχό λάθος φάσης δείχνει ένα πρόβλημα με τη γεννήτρια, τα φίλτρα ή το διαμορφωτή ζωνών βάσης I/Q στα στοιχεία κυκλώματος των πομπών.
3. Οι μετρήσεις λάθους φάσης και συχνότητας μπορούν να συλλάβουν μια μεγάλη διάδοση σφάλματος και αποδεικνύουν ότι οποιαδήποτε διαδικασία βαθμολόγησης I/Q έχει εκτελεσθεί επιτυχώς.
4. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά σε κάθε στάδιο στον κύκλο της ζωής BTS.

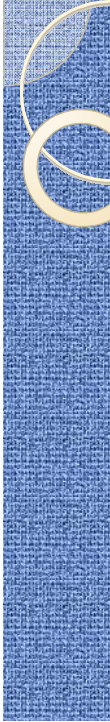


## ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- Στον σχεδιασμό, κατασκευή ή στο πεδίο του service/επισκευής μιας ηλεκτρονικής συσκευής, χρειαζόμαστε ένα εργαλείο που θα βοηθήσει στο να αναλύσουμε τα ηλεκτρικά σήματα που κάνουν την ηλεκτρονική συσκευή να λειτουργεί, έτσι ώστε να καθορίσουμε την απόδοση του συστήματος, να εντοπιστούν σφάλματα-δυσλειτουργίες κτλ. Αυτή τη δουλειά κάνει ένας αναλυτής φάσματος.
- Χρειαζόμαστε έναν παθητικό-δέκτη (passive receiver). Ο "δέκτης" αυτός δεν επηρεάζει με οποιοδήποτε τρόπο το σήμα – απλώς το απεικονίζει με τέτοια μορφή έτσι ώστε να είναι εύκολο να αναλύσουμε το σήμα. Αυτός είναι ο Αναλυτής Φάσματος. Ο Αναλυτής Φάσματος απεικονίζει ανεπεξέργαστη πληροφορία για το σήμα όπως, πλάτος, ισχύς, περίοδο, πλευρικές μπάντες και συχνότητα. Μπορεί να μας δώσει μια καθαρή και ακριβή εικόνα του φάσματος στο πεδίο της συχνότητας.

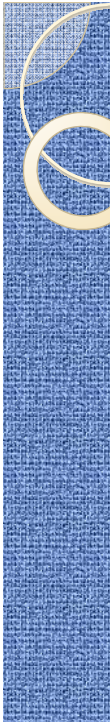
## ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- Το υλικό (Hardware) του αναλυτή
  1. Μίκτης
    - Ο μίκτης είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει ένα σήμα από μια συχνότητα σε μια άλλη.
  2. IF φίλτρο
    - Το IF φίλτρο είναι ένα φίλτρο ζώνης διέλευσης συχνοτήτων που χρησιμοποιείται σαν "παράθυρο" για την ανίχνευση σημάτων.
  3. Ανιχνευτής
    - Ο αναλυτής πρέπει να μετατρέψει το IF σήμα σε ένα baseband ή video σήμα έτσι ώστε να μπορεί να προβληθεί στην οθόνη του οργάνου. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ανιχνευτή "περιβάλλουσας" (envelope detector) ο οποίος εκτρέπει την δέσμη της CRT οθόνης στον κατακόρυφο άξονα (y), ή στον άξονα πλάτους.
  4. Φίλτρο βίντεο.



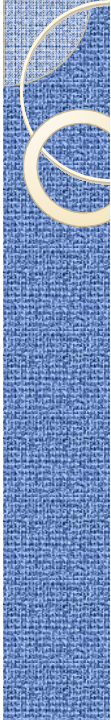
## ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- Το φίλτρο βίντεο είναι ένα χαμηλοπερατό φίλτρο που τοποθετείται μετά τον ανιχνευτή περιβάλλουσας (envelope detector) και πριν το ADC. Το φίλτρο καθορίζει το εύρος ζώνης του ενισχυτή βίντεο, και χρησιμοποιείται για να κανονικοποιήσει ή για να ομαλοποιήσει το ίχνος που παρουσιάζεται στην οθόνη.
- 5. **Ο τοπικός ταλαντωτής**
  - είναι ένας ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση (voltage) και όταν επιδρά έχει σαν επακόλουθο τον συντονισμό του αναλυτή σε δεδομένη συχνότητα
- 6. **Η γεννήτρια σάρωσης**
  - συντονίζει το LO έτσι ώστε η συχνότητα του να αλλάζει σε αναλογία με την τάση ράμπας (ramp voltage).

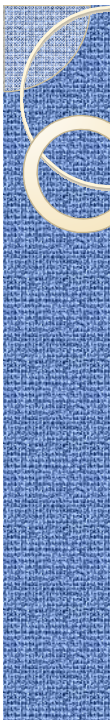
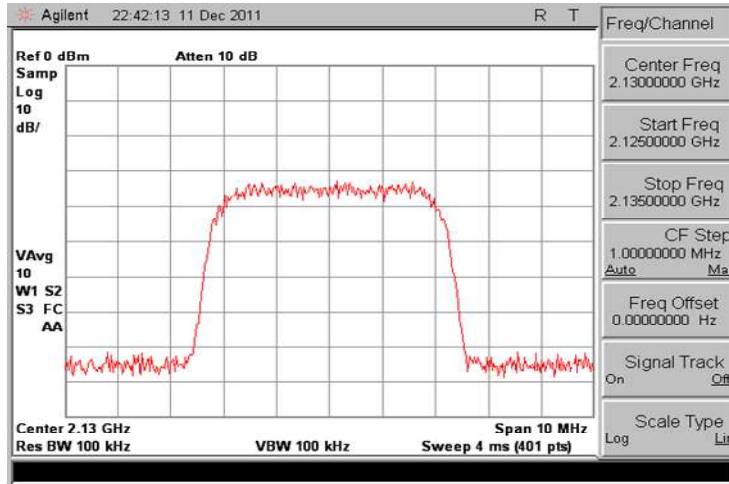


## ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

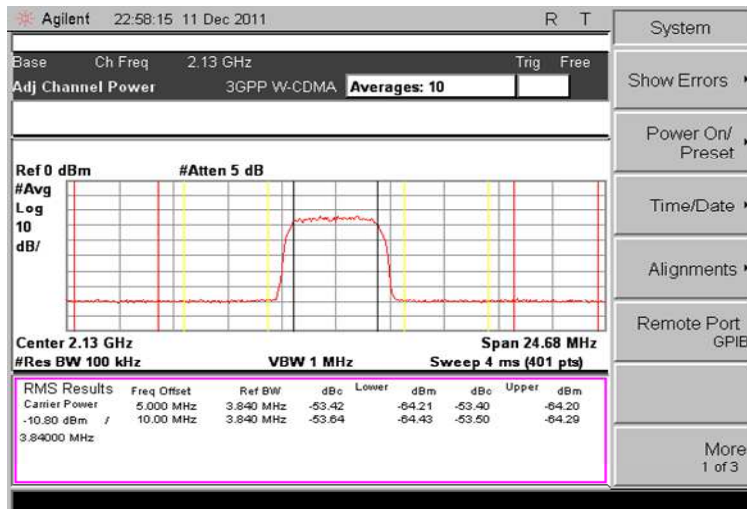
- 7. **Ο εξασθενητής εισόδου**
  - Χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει την ένταση του σήματος που λαμβάνει ο πρώτος μίκτης. Αυτό είναι σημαντικό έτσι ώστε να αποτραπεί συμπίεση στο κέρδος (gain) του μίκτη και παραμόρφωση που μπορεί να προκληθεί από σήματα με μεγάλη ένταση.
- 8. **Η μονάδα IF ενίσχυσης**
  - Χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την κάθετη θέση σημάτων που απεικονίζονται, χωρίς να επηρεάζει το επίπεδο έντασης του σήματος που φτάνει στον μίκτη εισόδου. Όταν αλλάξει, η τιμή του επιπέδου αναφοράς αλλάζει ανάλογα.



## ΑΡΧΙΚΟ ΣΗΜΑ ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ WCDMA

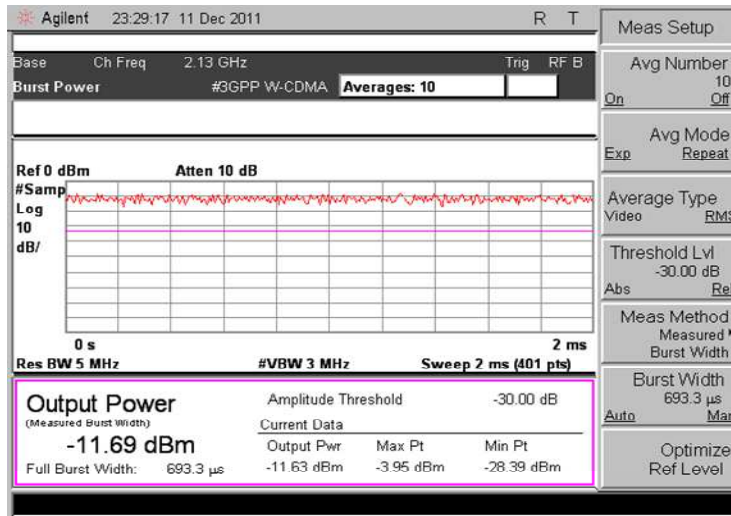


## ΜΕΤΡΗΣΗ ADJACENT CHANNEL POWER ΓΙΑ ΤΟ WCDMA

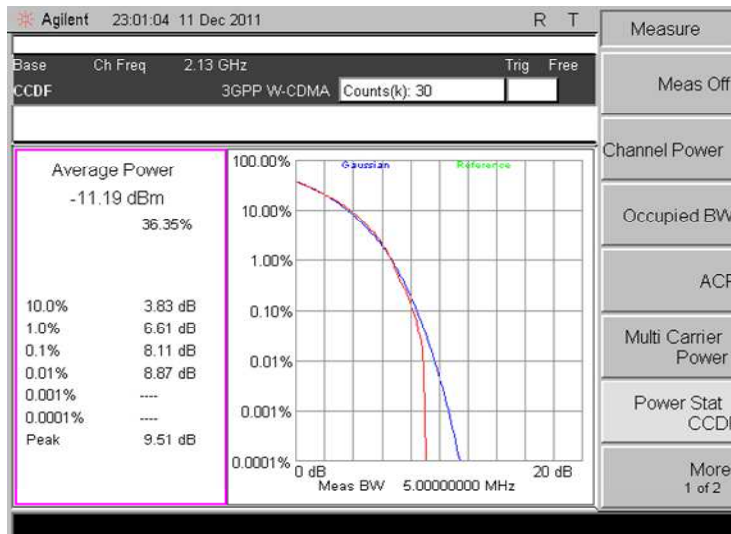




## ΜΕΤΡΗΣΗ BURST POWER ΓΙΑ ΤΟ WCDMA



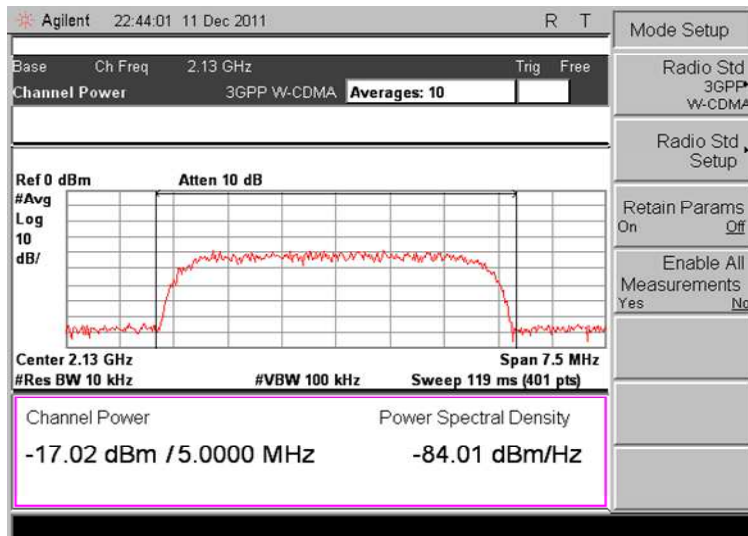
## ΜΕΤΡΗΣΗ CCDF ΓΙΑ ΤΟ WCDMA



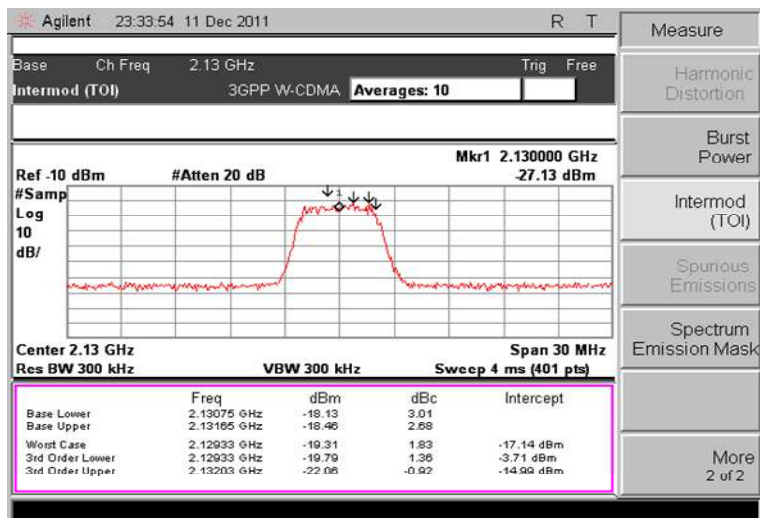




## ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ CHANNEL POWER ΓΙΑ ΤΟ WCDMA

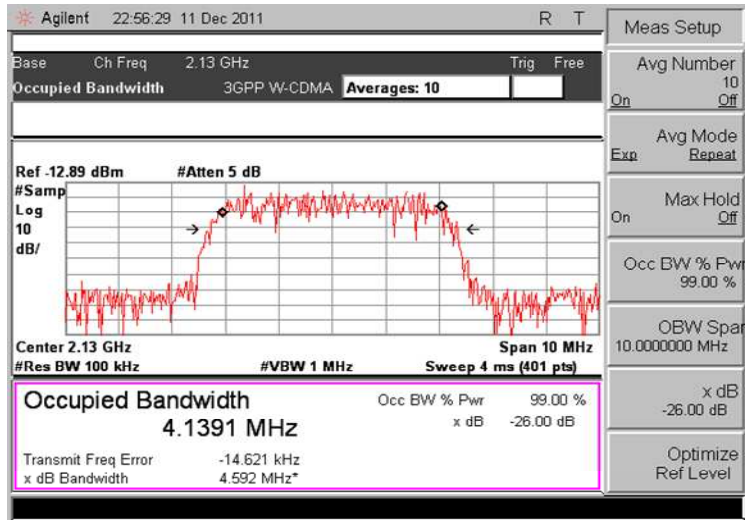


## ΜΕΤΡΗΣΗ INTERMODULATION ΓΙΑ ΤΟ WCDMA

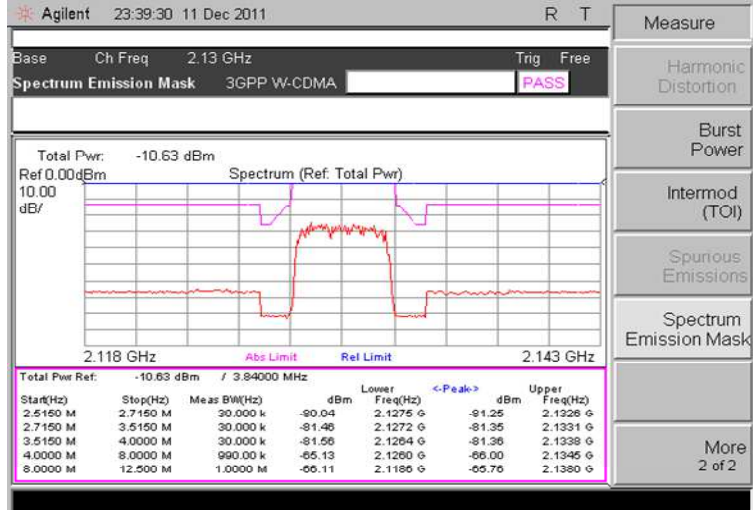




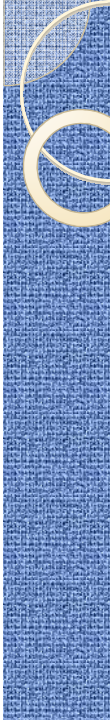
## ΜΕΤΡΗΣΗ OCCUPIED BANDWIDTH ΓΙΑ ΤΟ WCDMA



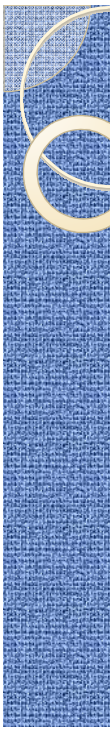
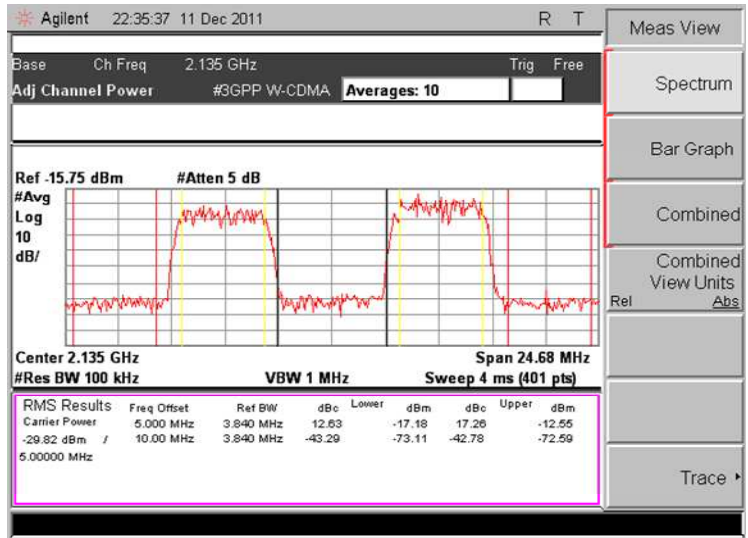
## ΜΕΤΡΗΣΗ EMISSION MASK ΓΙΑ ΤΟ WCDMA



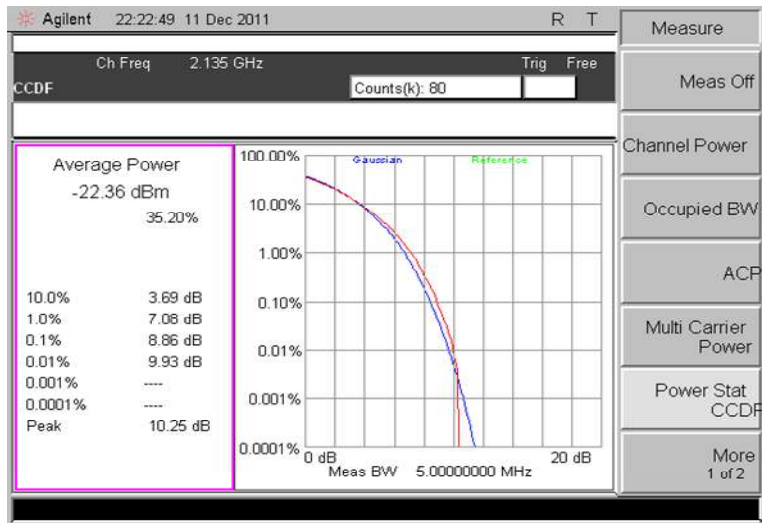


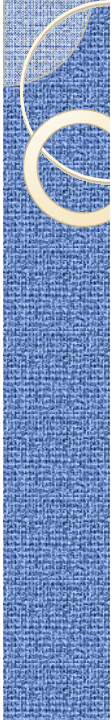


### ΜΕΤΡΗΣΗ ADJACENT CHANNEL POWER ΓΙΑ WCDMA ΜΕ ΔΥΟ ΦΕΡΟΥΣΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

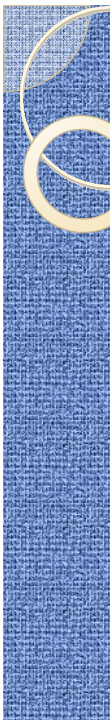
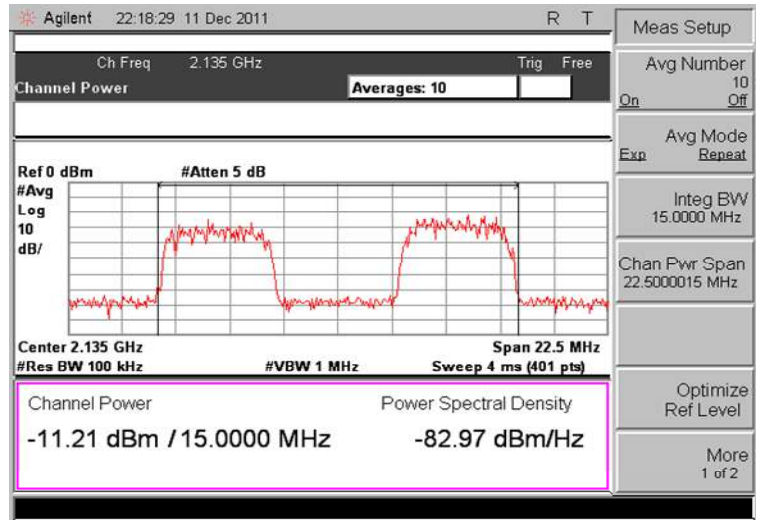


### ΜΕΤΡΗΣΗ CCDF WCDMA ΓΙΑ 2 ΦΕΡΟΥΣΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

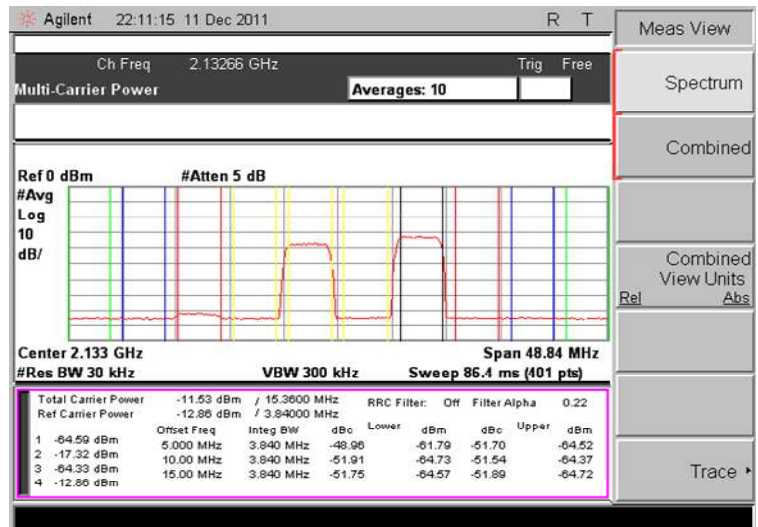


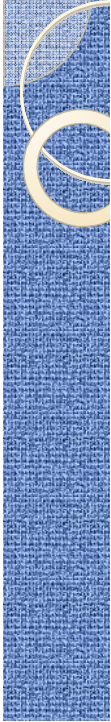


### ΜΕΤΡΗΣΗ CHANNEL POWER ΓΙΑ WCDMA ΜΕ 2 ΦΕΡΟΥΣΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ



### ΜΕΤΡΗΣΗ MULTICARRIER POWER ΓΙΑ WCDMA ΜΕ 2 ΦΕΡΟΥΣΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ





**ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ**  
**ΠΡΟΧΟΧΗ ΣΑΣ**