

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2175
21-12-87

ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ Ο.Α.Σ.Π.
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΑΜΑΤΑ

20 ΙΟΥΛΙΟΥ 1987 - 20 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1987

1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Μετά από την ανάθεση στο Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ από τον ΟΑΣΠ της έρευνας "ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΑΜΑΤΑ", ανατέθηκε στους συνεργάτες Πολιτικούς Μηχανικούς του Εργαστηρίου Χ.Μουζάκη, Γ.Ιωακειμίδη και Δ.Ηλία η εκτέλεση μικροδονήσεων δέκα κτηρίων, με την εποπεία του καθηγητή Π.Καρύδη. Τα κτίρια που επελέγησαν είχαν σημαντικές βλάβες από το σεισμό της 13 Σεπτεμβρίου 1986 και δεν είχαν επισκευαστεί.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της έρευνας είναι η μέτρηση της ιδιοπεριόδου των ενλόγω κτηρίων, που έπαθαν ζημιές από το σεισμό της 13ης Σεπτεμβρίου 1986 και δεν είχαν επισκευαστεί. Παρόμοιες μετρήσεις προτείνεται να γίνουν μετά την ολοκλήρωση των επισκευών. Ο προσδιορισμός της ιδιοπεριόδου θα γίνει με τη μέθοδο των μικροδονήσεων.

3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι οι κατασκευές και το έδαφος επειδή βρίσκονται πάνω στο φλοιό της Γης έχουν μια μόνιμη ταλάντωση. Διέγερσή τους είναι οι διάφορες διαταράξεις από το περιβάλλον, δηλαδή ο συνηθισμένος άνεμος, τα κύματα της θάλασσας από μακριά, η επίδραση του ήλιου, μακρινές καταιγίδες, οι διάφορες μικροδονήσεις του φλοιού της Γης, η κυκλοφορία και δονήσεις που προέρχονται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου.

Οι δονήσεις αυτές, που λέγονται περιβαλλοντικές (ambient vibration), είναι μόνιμες, μικρού πλάτους, και το σπουδαιότερο, το πεδίο συχνοτήτων του φάσματος διέγερσης έχει μεγάλο εύρος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μπορούν να διεγερθούν πολλές κανονικές μορφές των κατασκευών, που η συχνότητά τους βρίσκεται στο φάσμα αυτό. Εκμετάλλευση των μόνιμων αυτών ταλαντώσεων μικρού πλάτους γίνεται για τον προσδιορισμό των ιδιοπεριόδων των κατασκευών και της παραμόρφωσης της καθύψος κεντροβαρικής

γραμμής τους. Για τον προσδιορισμό της απόσβεσης ακολουθείται άλλη μέθοδος είτε στο στάδιο της επεξεργασίας των εγγραφών από τις μετρήσεις αυτές, είτε στο στάδιο των μετρήσεων ως προς τη διέγερση της κατασκευής για παραγωγή ελευθέρων ταλαντώσεων.

Οι σύγχρονοι κανονισμοί αντισεισμικών κατασκευών θεωρούν την ιδιοπερίοδο της κατασκευής σαν ένα βασικό χαρακτηριστικό για τον καθορισμό του μεγέθους των σεισμικών φορτίων. Ανάλογη σημασία δίνεται και στην παραμόρφωση της καθύψος κεντροβαρικής γραμμής σε κάθε ιδιοπερίοδο (ιδιοσχήμα) για τον καθορισμό της καθύψος κατανομής των σεισμικών φορτίων. Το ίδιο ισχύει και για το μέγεθος της απόσβεσης που θα αναπτύξει η κατασκευή κατά τη διάρκεια της σεισμικής της απόκρισης.

Από την άλλη μεριά ο βαθμός αποδιοργάνωσης ή βλάβης μιας κατασκευής μπορεί να προσδιοριστεί κατά κάποιο βαθμό απ' τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ταλαντώσεών της. Η ασυνέχεια της παραμόρφωσης της κεντροβαρικής γραμμής καθύψος όπως και οι διαφορετικές καθύψος δεσπόζουσες περίοδοι στην ταλάντωση οφείλονται σε κάποια ασυνέχεια της ακαμψίας, η οποία ασυνέχεια στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλεται σε κάποια βλάβη του δομικού συστήματος ή και των δευτερευόντων στοιχείων.

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά (ιδιοπερίοδοι, ιδιοσχήματα και αντίστοιχες αποσβέσεις) ενός κτηρίου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι:

- i) Το είδος του δομικού συστήματος, δηλαδή τόσο τα κατακόρυφα στοιχεία (υποστηλώματα, τοιχία) όσο και τα οριζόντια (δοκάρια, πλάκες) καθώς και ο τρόπος σύνδεσής τους στο επίπεδο και στο χώρο.
- ii) Το υλικό του δομικού συστήματος, δηλαδή σκυρόδεμα, χάλυβας, τούβλο, πέτρα κ.λπ.
- iii) Οι διαστάσεις της κάτοψης του κτηρίου και κυρίως το ύψος του, καθώς και το ύψος των διαφόρων ορόφων, όπως και η σχέση ύψους-αντίστοιχης διάστασης της κάτοψης.
- iv) Τα στοιχεία πλήρωσης του κτηρίου, δηλαδή αν υπάρχουν χωρίσματα και είναι από τούβλο, ελαφροσκυρόδεμα, ελαφρά μεταλλικά κ.λπ. και ο βαθμός σύνδεσής τους με τον φέροντα οργανισμό.

- v) Το είδος του εδάφους και ο τρόπος θεμελίωσης του κτηρίου (μεμονωμένα πέδιλα, επιφανειακή θεμελίωση, ισχυρή άκαμπτη θεμελίωση η σε βάθος θεμελίωση).
- vi) Η ηλικία του κτηρίου, ο βαθμός συντήρησής του, και το κατά πόσον είναι εκτεθειμένο σε δυναμικές φορτίσεις, σε ποιές στάθμες και σε ποιές διευθύνσεις.
- vii) Το μέγεθος, το είδος και η διασπορά των ζημιών καθύψος και πλάτος του κτηρίου. Το είδος των στοιχείων που έχουν πάθει ζημιά (πλάκες, δοκάρια, υποστηλώματα, τοιχία, τοιχοπληρώσεις).
- viii) Στην περιοχή της επισκευής ή ενίσχυσης, το είδος και η έκταση της επισκευής σε σχέση με το είδος, τη θέση και τα ποσοστά αστοχιών που υπήρχαν (βλ. παράγοντες vi και vii).
- ix) Το πλάτος της ταλάντωσης του κτηρίου.

Ο τελευταίος παράγοντας - το πλάτος της ταλάντωσης - είναι ιδιαίτερος καθοριστικός στις μετρήσεις. Και αυτό, γιατί το πλάτος της ταλάντωσης εκφράζει το επίπεδο της έντασης και το στάδιο λειτουργίας των υλικών που επηρεάζει άμεσα την απόκριση της κατασκευής που είναι έντονα μη γραμμική. Ο ίδιος αυτός λόγος κάνει τα αποτελέσματα των μικροδονήσεων να έχουν αξία μόνο σε σχέση με το αντίστοιχο πλάτος ταλαντώσεων που έγιναν οι μετρήσεις. Στην προκειμένη περίπτωση τα υλικά βρίσκονται στη γραμμική περιοχή επειδή οι παραμορφώσεις τους είναι πολύ μικρές.

Περιμένει λοιπόν κανείς, ένα κτήριο να έχει άλλα δυναμικά χαρακτηριστικά όταν ταλαντώνεται με πολύ μικρά πλάτη, αλλά όταν υπάρχει μόνον το δομικό σύστημα, αλλά όταν το κτήριο έχει ολοκληρωθεί, αλλά όταν έχει γεράσει ή δοκιμαστεί σε μικρής έστω έντασης σεισμούς κ.ο.κ. Κατά τη διάρκεια μάλιστα της σεισμικής απόκρισης, τα δυναμικά χαρακτηριστικά του κτηρίου αλλάζουν αρκετά έντονα, αλλά και το ίδιο το προσομοίωμά του αλλάζει. Βέβαια όταν κανείς στην ανάλυσή του συμπεριλάβει και την αλληλεπίδραση του εδάφους-κτηρίου και ιδιαίτερα με μη γραμμική απόκριση του εδάφους, η παραμόρφωση και ένταση που θα προκύψει θα είναι πιά κοντά στην πραγματικότητα, πλην όμως η υπολογιστική εργασία αυξάνεται υπερόγκως. Από την εργασία όμως των Clough και Huckelbridge (1977), προκύπτει ότι η ένταση των κατασκευών σε ισχυρούς σεισμούς που δεν εί-

ναι πακτωμένες στη βάση τους (όπως άλλωστε συμβαίνει στην πραγματικότητα) είναι κατά πολύ μικρότερη απ' αυτή που υπολογίζει κανείς με την υπόθεση πάκτωσης στη βάση.

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών στα οποία αναφέρονται οι διάφοροι κανονισμοί αντισεισμικών κατασκευών θα έπρεπε να είναι, αναλόγως προς τη μεθοδολογία της ανάλυσης που θα ακολουθηθεί, διαφορετικά. Έτσι π.χ. για τη μέθοδο της ισοδύναμης στατικής φόρτισης η ιδιοπερίοδος θα πρέπει, πιθανότατα, να αντιστοιχεί σε κάποια μέση τιμή απ' αυτές που θα παρουσιάσει η κατασκευή κατά τη διάρκεια της απόκρισής της στο σεισμό. Αντιθέτως όμως, οι σχέσεις που προτείνονται απ' τους κανονισμούς για τον υπολογισμό της ιδιοπεριόδου των κατασκευών βασίζονται κατά το μεγαλύτερό τους μέρος σε ταλαντώσεις μικρού πλάτους όπως αυτές εδώ οι μετρήσεις.

Τη μορφή της καθύψος γραμμής παραμόρφωσης του κτηρίου λόγω οριζόντιων μετακινήσεων των πλακών των ορόφων επηρεάζουν κατά σειρά σπουδαιότητας οι παράγοντες (vii),(viii),(iii),(iv),(i),(u),(ii),(ui),(ix).

Η απόσβεση επηρεάζεται κατά σειρά από τους παράγοντες (ix),(uii),(uiii),(ii),(iu),(ui),(i),(u),(iii).

4. ΟΡΓΑΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ-ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Αποτελείται από τα ηλεκτρομαγνητικά σεισμόμετρα τύπου SS-1 (RANCER SEISMOMETER), και από το όργανο SC-1 (SIGNAL CONDITIONER) που έχει ενισχυτές, μπορεί να κάνει ολοκλήρωση και παραγωγή και σειρά φίλτρων κάτω διαβάσεως (LOW PASS FILTERS). Τα φίλτρα κάτω διαβάσεως μας δίνουν τη δυνατότητα να μπορούμε να απομονώσουμε ανεπιθύμητες συχνότητες που οφείλονται σε πρόσκαιρα αίτια. Τα σήματα καταγράφονται από FM μαγνητόφωνο αναλογικής καταγραφής τύπου KYOWA. Τα όργανα αυτά είναι πάρα πολύ ευαίσθητα και μπορούν να καταγράψουν επιταχύνσεις της τάξης του 10^{-8} (ο λήπτης 10^{-2} και ο μεγεθυντής 10^{-6}). Αυτή η ευαισθησία είναι αναγκαία καθότι οι μετρούμενες δονήσεις είναι πολύ μικρού εύρους.

Σε κάθε θέση έγινε καταγραφή των ταχυτήτων των μικροδονήσεων με χρήση των κατάλληλων φίλτρων κάτω διάβασης.

Η ανάλυση των σημάτων έγινε με τον αναλυτή 3582A SPECTRUM ANALYZER της HEWLETT PACKARD. Υπολογίστηκαν τα φάσματα FOURIER των ταχυτήτων. Τα φάσματα αυτά που υπολογίστηκαν είναι ο μέσος όρος 64 στιγμιαίων φασμάτων. Τα φάσματα αυτά σχεδιάστηκαν από ειδικό PLOTTER.

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σε κάθε κτήριο μετρήθηκαν οι ταχύτητες ταλάντωσης του εδάφους, του πρώτου ορόφου και του τελευταίου ορόφου ταυτόχρονα στην ίδια διεύθυνση. Οι μετρήσεις έγιναν κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτηρίου. Τα όργανα τοποθετήθηκαν κοντά στην καθύψος κεντροβαρική γραμμή του κτηρίου. Τα κτήρια ήταν πανταχόθεν ελεύθερα, ώστε να μην υπάρχουν φαινόμενα αλληλεπίδρασης μεταξύ γειτονικών κτηρίων. Ο φέρων οργανισμός τους είναι από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα. Είχαν υποστεί σημαντικές βλάβες από τους σεισμούς του Σεπτεμβρίου 1986 και όταν μετρήθηκαν δεν είχαν ακόμα επισκευαστεί.

Αναλυτικότερα τα κτήρια που μετρήθηκαν ήταν τα εξής:

5.1. Συνοπτική περιγραφή των κτηρίων που μετρήθηκαν

ΚΤΗΡΙΟ 1

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Τέσσερεις όροφοι ο πρώτος pilotis.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Ζημιές στα υποστηλώματα. Το κτήριο είναι μπουτελι-αρισμένο. Είναι εκτός λειτουργίας και δεν έχουν αρχίσει επισκευές.

ΚΤΗΡΙΟ 2

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Πέντε όροφοι εκ των οποίων ο πρώτος pilotis και έχει και υπόγειο.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Ρωγμές σε υποστηλώματα, δοκούς, πλάκες. Ζημιές σε τοιχοποιίες. Η επισκευή θα γίνει με ρητίνες και δεν έχει αρχίσει ακόμη.

ΚΤΗΡΙΟ 3

- ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ** : Έξι όροφοι εκ των οποίων ο πρώτος pilotis.
- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ** : Μεγάλες ζημιές σε υποστηλώματα pilotis και α' ορόφου. Διαλυμένες τοιχοποιίες που δεν έχουν αποκατασταθεί. Έχει γίνει επισκευή με ρητίνες και έχει γίνει μανδύας στο ασανσέρ δεν έχουν γίνει ακόμη κάποια πρόσθετα τοιχεία που θα γίνουν στην pilotis.

ΚΤΗΡΙΟ 4

- ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ** : Πέντε όροφοι και υπόγειο. Μαγαζιά στο ισόγειο και στα πατάρια.
- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ** : Έχουν διαλυθεί οι τοιχοποιίες στα μαγαζιά και έχουν βλάβες αρκετά υποστηλώματα. Δεν έχουν γίνει καθόλου επικευές.

ΚΤΗΡΙΟ 5

- ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ** : Πέντε όροφοι και υπόγειο. Ο πρώτος όροφος είναι pilotis.
- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ** : Βαρειές βλάβες (με μεγάλες χιαστί ρωγμές) στις τοιχοποιίες του Α ορόφου και pilotis , ενώ και στους υπόλοιπους ορόφους οι ρωγμές είναι αρκετές. Βλάβες στα υποστηλώματα και πλάκες της pilotis. Έχουν ολοκληρωθεί οι επισκευές με ρητίνες και δεν έχουν σκυροδετηθεί οι προβλεπόμενοι από την μελέτη μανδύες σε σκάλα και τοιχία (έχει γίνει απλώς τοποθέτηση του σιδηροπλισμού).

ΚΤΙΡΙΟ 6

- ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ** : Οκτώ στάθμες με το ημιυπόγειο. Κτήριο κατοικιών ή γραφείων εξ ολοκλήρου.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Οι ρωγμές σε υποστηλώματα, δοκούς και σκάλα έχουν ήδη αποκατασταθεί με ρητίνες. Ζημιές στις τοιχοποιίες όλου του κτηρίου, κυρίως όμως των κάτω ορόφων δεν έχουν ακόμα αποκατασταθεί. Δεν φαίνεται να προβλέπεται η κατασκευή μανδυών και νέων τοιχίων και επομένως αύξηση της ακαμψίας.

ΚΤΗΡΙΟ 7

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Πέντε όροφοι, στο ισόγειο υπάρχουν μαγαζιά.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Ζημιές στις τοιχοποιίες και ρωγμές στον φέροντα οργανισμό (δοκοί και υποστηλώματα) σ' όλους τους ορόφους.
 Δεν έχει γίνει αποκατάσταση ζημιών.

ΚΤΗΡΙΟ 8

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Πέντε όροφοι εκ των οποίων ο πρώτος είναι pilotis.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Ρωγμές στις τοιχοποιίες όλων των ορόφων και σε υποστηλώματα και δοκούς. Έχουν αποκατασταθεί οι τοιχοποιίες των ορόφων όχι όμως της pilotis.
 Έχει τοποθετηθεί ο σιδηροπλισμός των μανδυών πολλών υποστηλωμάτων στην pilotis . Η σκυροδέτηση δεν έχει γίνει ακόμη.

ΚΤΗΡΙΟ 9

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Πέντε όροφοι εκ των οποίων ο πρώτος είναι pilotis.
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Έχουν βλάβες οι τοιχοποιίες και τα υποστηλώματα της pilotis . Φαίνεται ότι οι ζημιές οφείλονται κυρίως σε έντονη στρόφη του κτηρίου. Έχουν επισκευασθεί τα στοιχεία του φέροντα οργανισμού με ρητίνες. Δεν έχουν γίνει ακόμη οι προβλεπόμενοι μανδύες. Δεν έχουν επισκευασθεί οι τοιχοποιίες.

ΚΤΗΡΙΟ 10

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ : Πέντε όροφοι εκ των οποίων το ισόγειο είναι μαγαζιά

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ : Δεν υπάρχουν τοιχοποιίες στα μαγαζιά και οι τοιχοποιίες των ορόφων έχουν αρκετές ζημιές. Υπάρχουν σημαντικές βλάβες στον φέροντα οργανισμό του ισόγειου. Έχουν γίνει οι επισκευές με ρητίνες, έχουν γίνει μόνο 3 από 20 περίπου προβλεπόμενους μανδύες στο ισόγειο και δεν έχουν επισκευασθεί οι τοιχοποιίες.

5.2 ΦΑΣΜΑΤΑ FOURIER ΤΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ

Επεξήγηση των σχημάτων

ΜΕΤΡΗΣΗ 1 : Όλα τα κανάλια είναι παράλληλα με έναν από τους κύριους άξονες της κάτοψης και έχουν διεύθυνση Β-Ν.

ΜΑΤΡΗΣΗ 2 : Όλα τα κανάλια είναι παράλληλα με έναν από τους κύριους άξονες της κάτοψης και έχουν διεύθυνση Α-Δ.

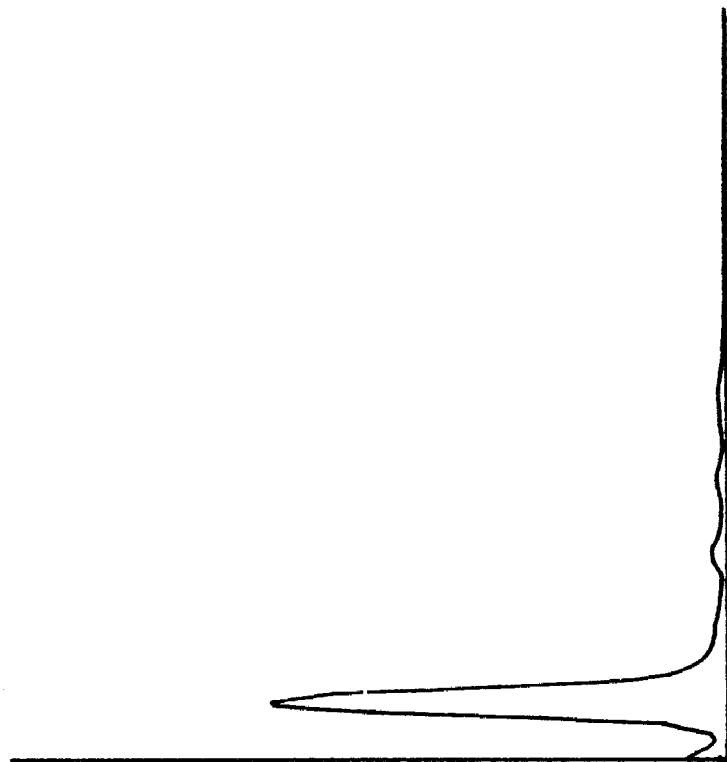
Σε κάθε μέτρηση το Κανάλι 1 τοποθετείται στην τελευταία στάθμη του κτηρίου, το Κανάλι 2 στην πρώτη στάθμη του και το Κανάλι 3 στο έδαφος.

f_i : Οι συχνότητες του κτηρίου (Hz) κατά την αντίστοιχη διεύθυνση.

T_i : Οι ιδιοπερίοδοι του κτηρίου (sec) κατά την αντίστοιχη διεύθυνση.

F_i : Οι τιμές των φασμάτων Fourier (F.S.mV).

ΚΤΗΡΙΟ 1
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

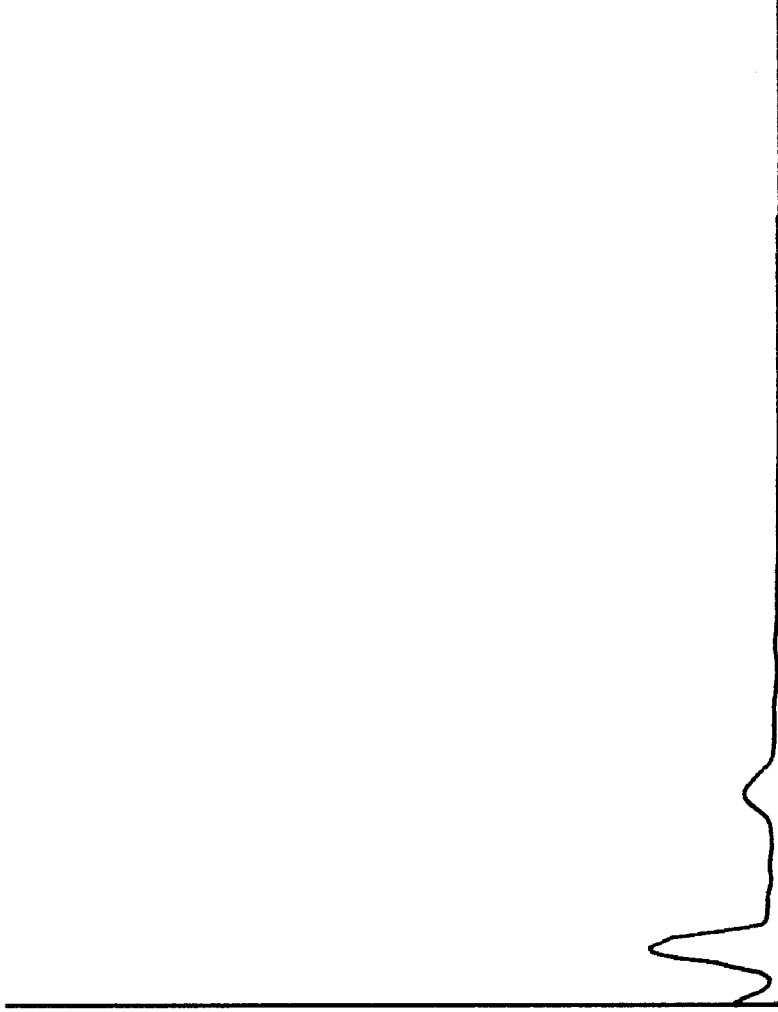


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=2.0 Hz T=0.5 sec F=466 mV

Σχήμα 1.1

ΚΤΗΡΙΟ 1
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



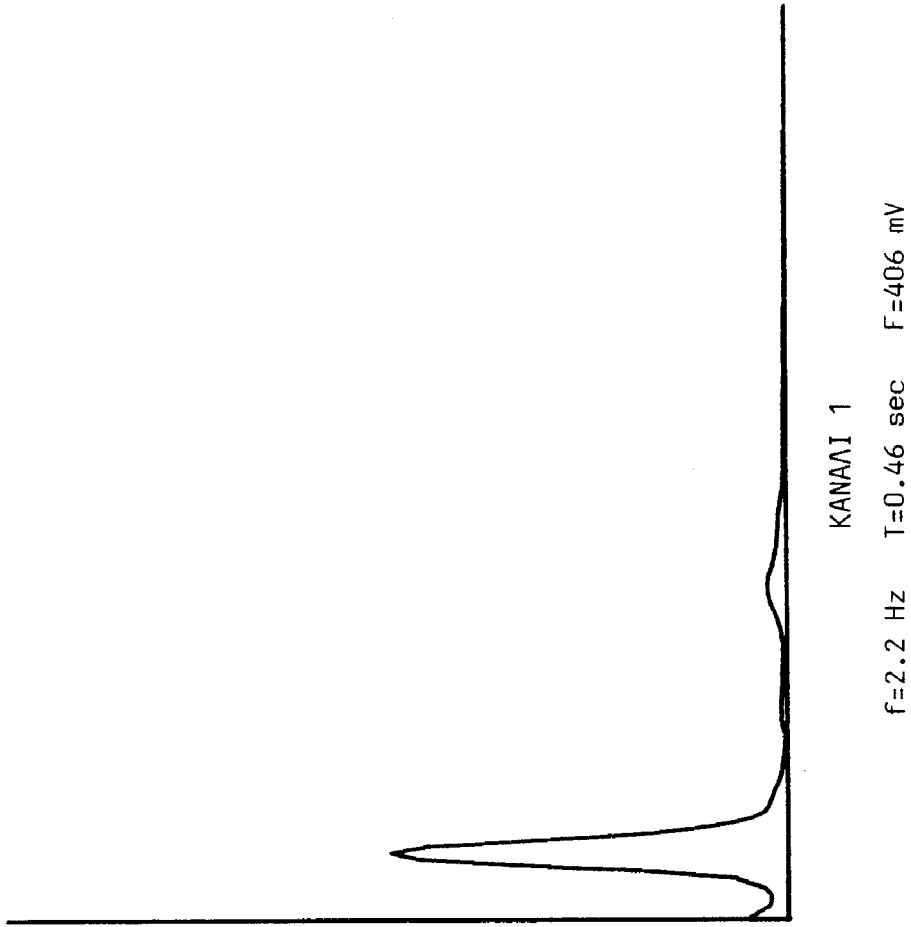
ΚΑΝΑΛΙ 2

f = 1.8 Hz T = 0.56 sec F = 140 mV

f = 6.8 Hz T = 0.15 sec F = 39.1 mV

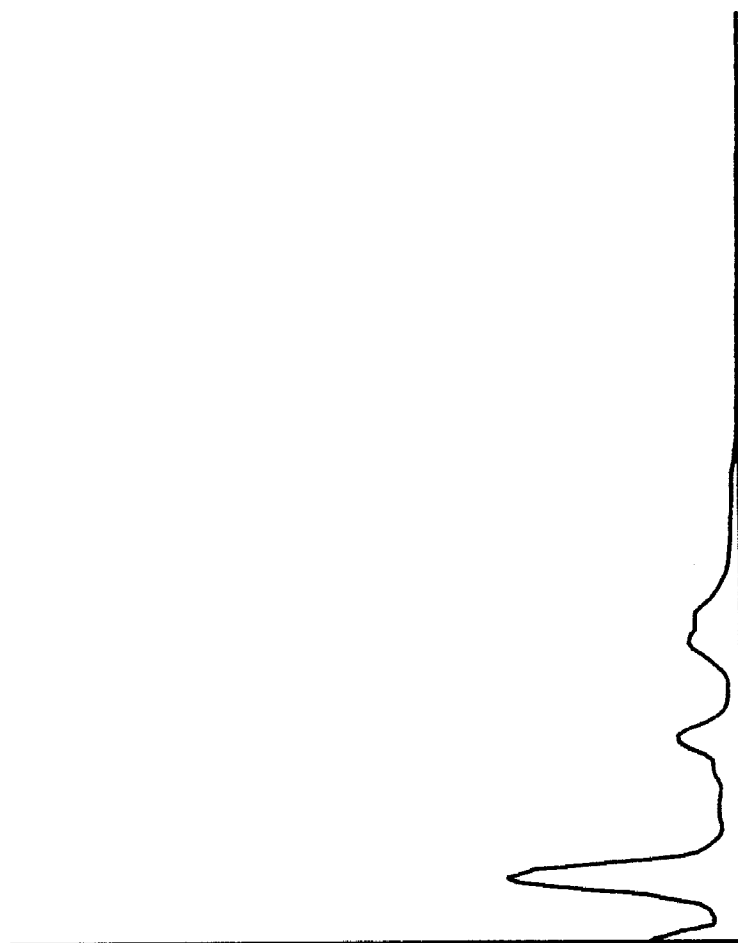
Σχήμα 1.2

ΚΤΗΡΙΟ 1
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



Σχήμα 1.3

ΚΤΗΡΙΟ 1
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

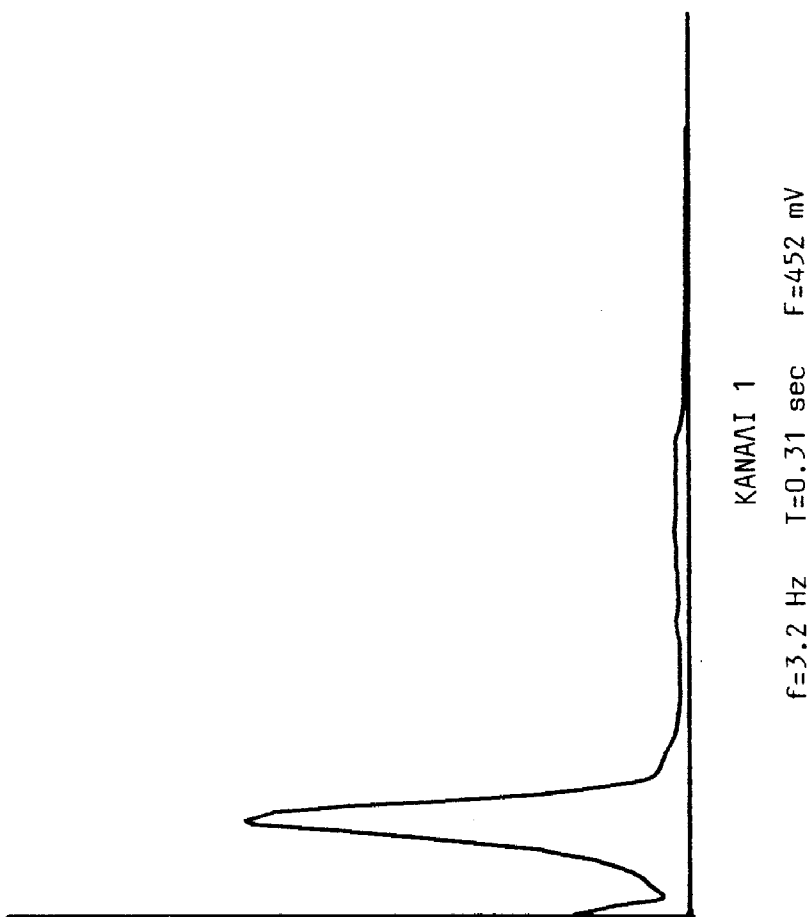


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=2.2$ Hz $T_1=0.46$ sec $F_1=121$ mV
 $f_2=6.6$ Hz $T_2=0.15$ sec $F_2=34.3$ mV

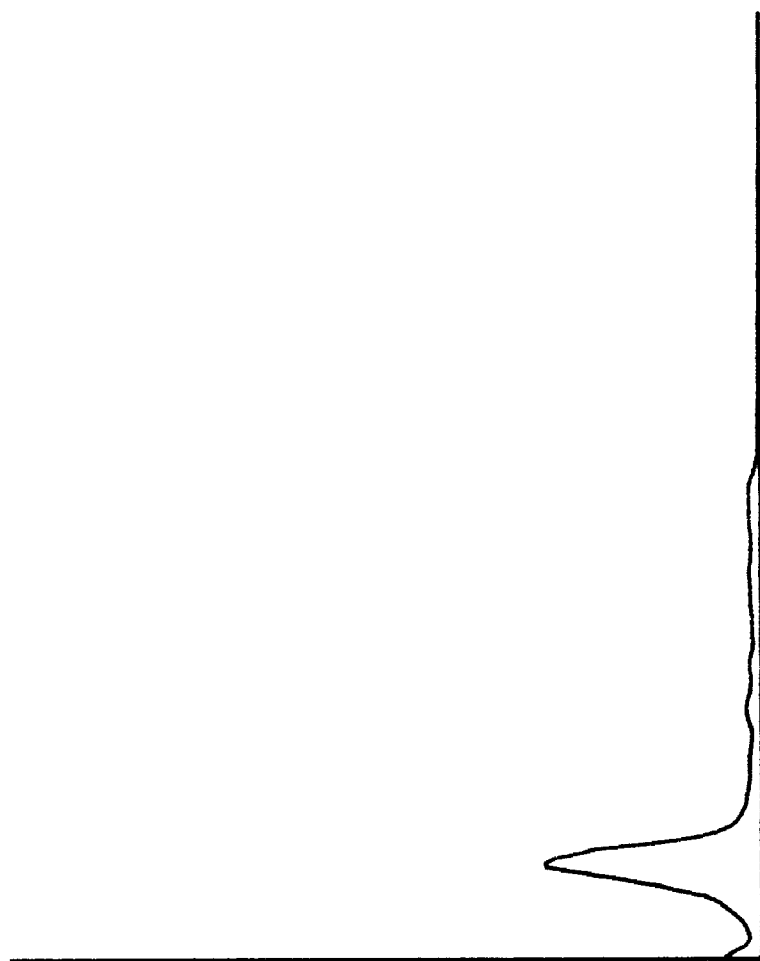
Σχήμα 1.4

ΚΤΗΡΙΟ 2
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



Σχήμα 2.1

ΚΤΗΡΙΟ 2
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

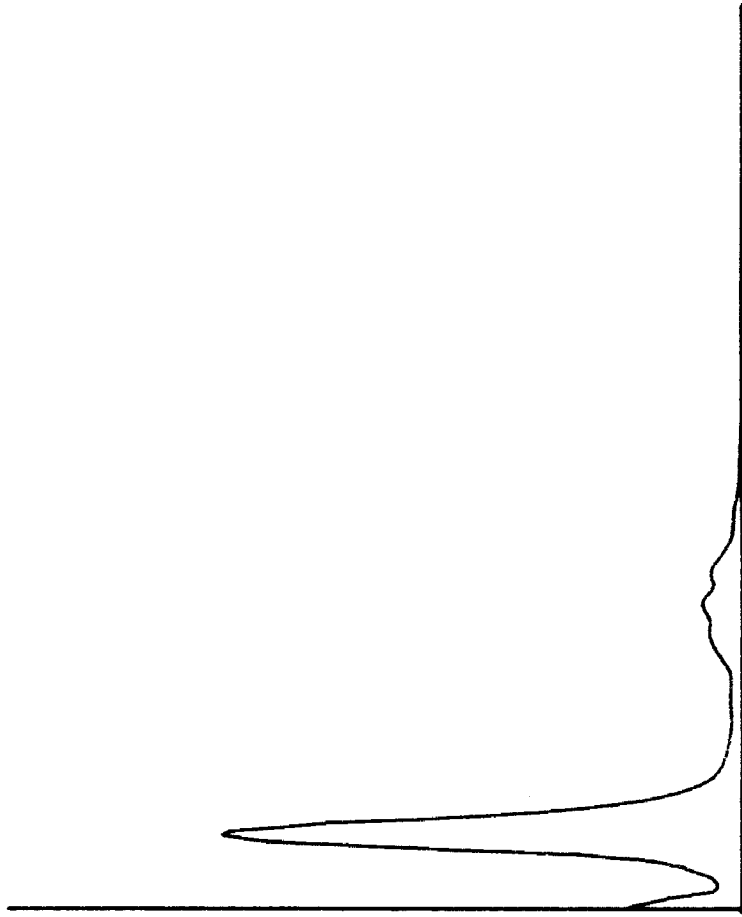


ΚΑΝΑΛΙ 2

f=3.3 Hz T=0.31 sec F=222 mV

Σχήμα 2.2.

ΚΤΗΡΙΟ 2
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

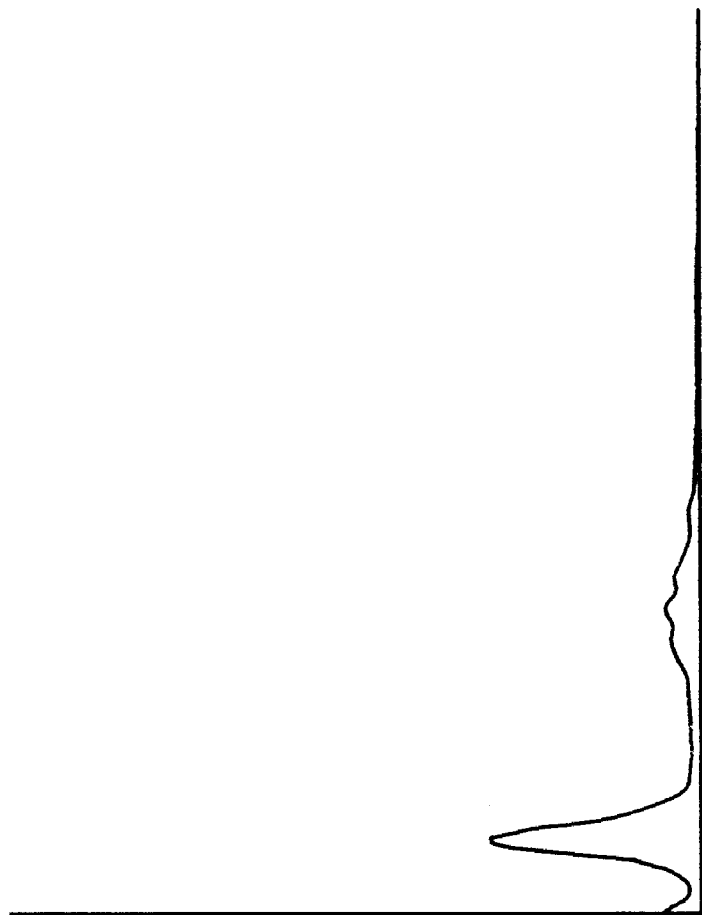


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=2.4 Hz T=0.42 sec F=532 mV

Σχήμα 2.3

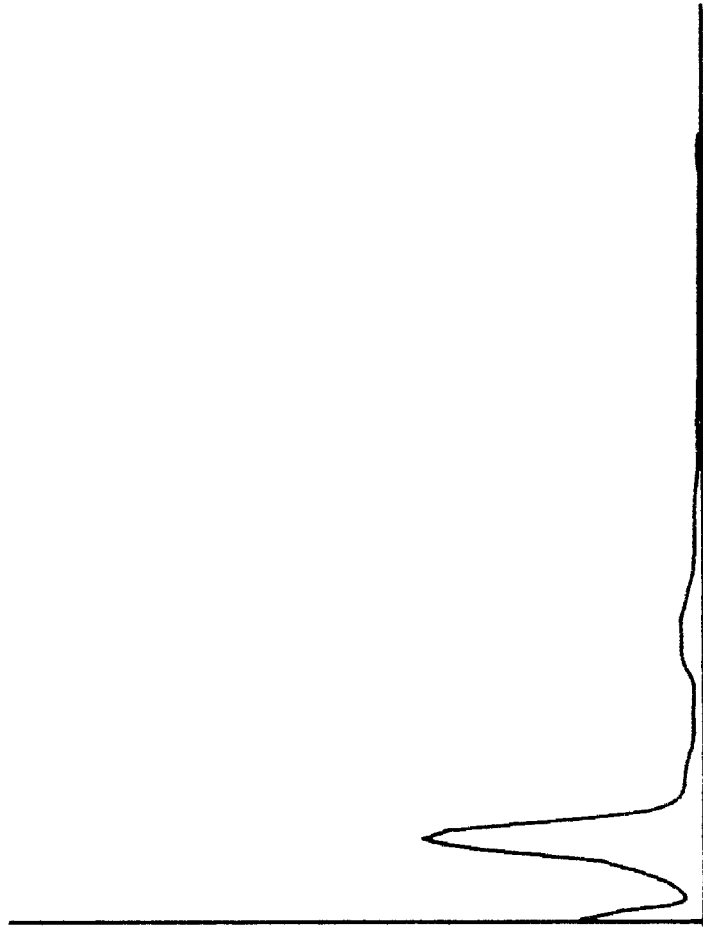
ΚΤΗΡΙΟ 2
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



ΚΑΝΑΛΙ 2
f=2.4 Hz T=0.42 sec F=220 mV

Σχήμα 2.4

ΚΤΗΡΙΟ 3
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

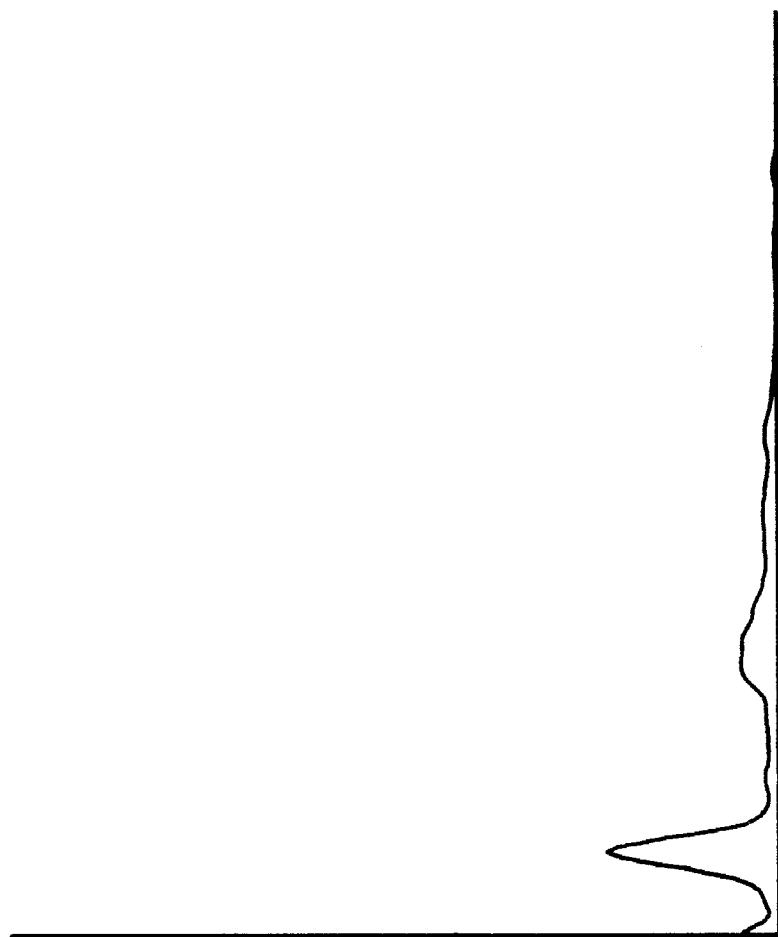


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=2.8 Hz T=0.36 sec F=292 mV

Σχήμα 3.1

ΚΤΗΡΙΟ 3
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

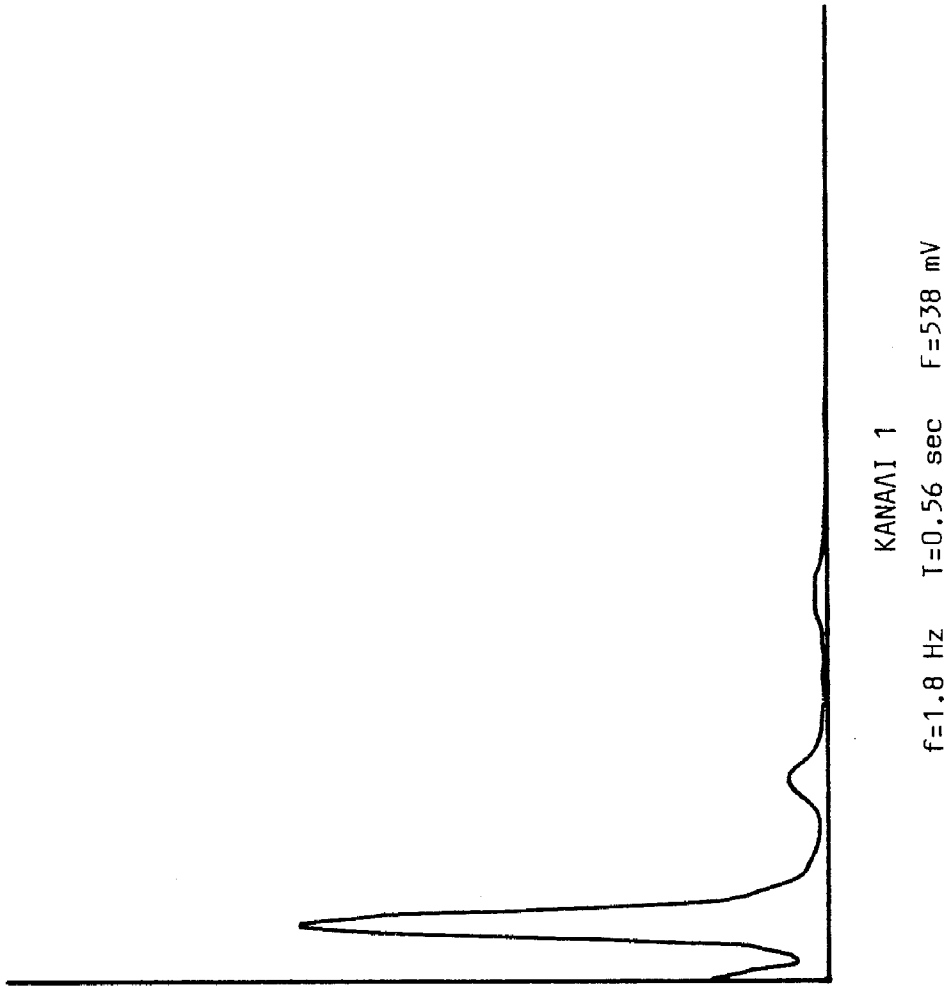


ΚΑΝΑΛΙ 2

f=2.8 Hz T=0.36 sec F=181 mV

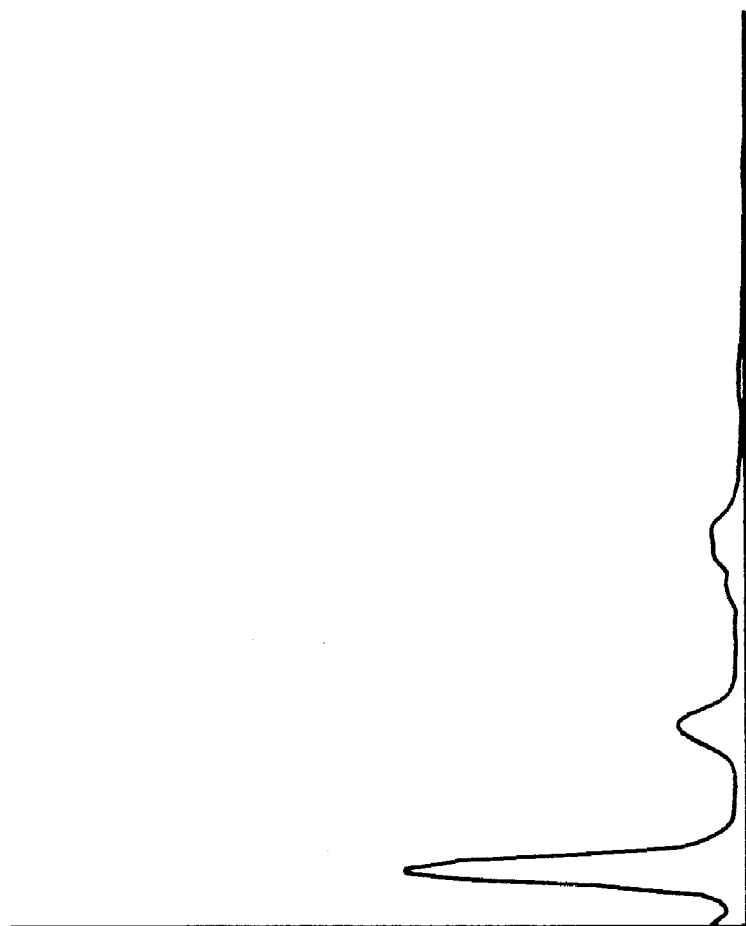
Σχήμα 3.2

ΚΤΗΡΙΟ 3
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



Σχήμα 3.3

ΚΤΗΡΙΟ 3
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

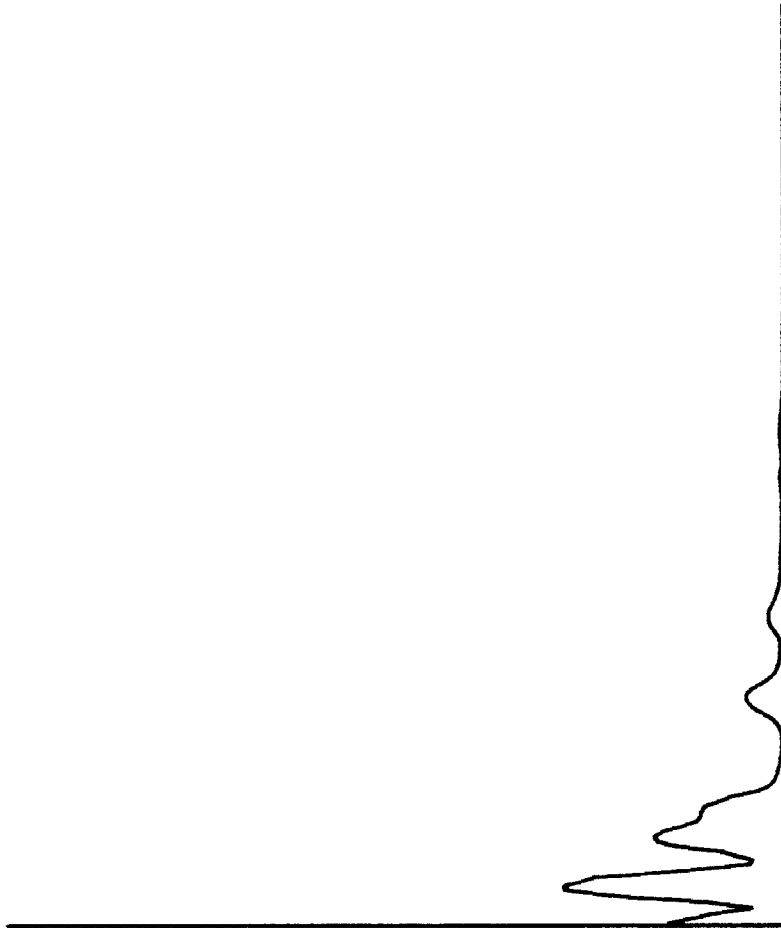


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=1.8$ HZ $T_1=0.56$ sec $F_1=352$ mV
 $f_2=5.8$ HZ $T_2=0.17$ sec $F_2=69$ mV

Σχήμα 3.4

ΚΤΗΡΙΟ 4
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

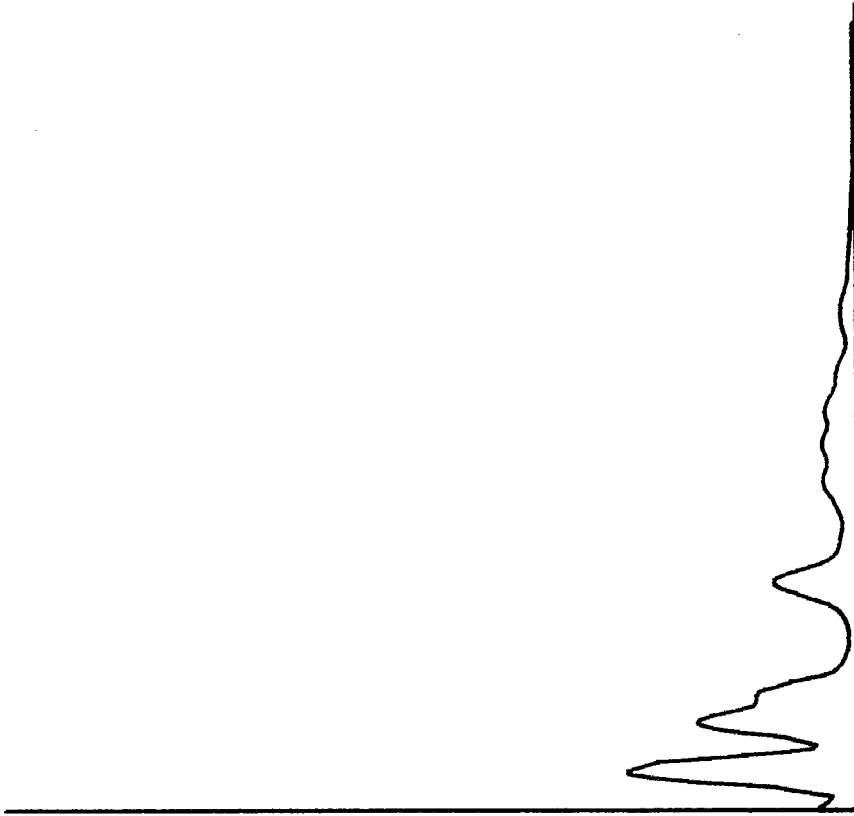


ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1 = 1.2$ Hz	$T_1 = 0.83$ sec	$F_1 = 227$ mV
$f_2 = 2.8$ Hz	$T_2 = 0.36$ sec	$F_2 = 140$ mV
$f_3 = 7.4$ Hz	$T_3 = 0.14$ sec	$F_3 = 44.5$ mV

Σχήμα 4.1

ΚΤΗΡΙΟ 4
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

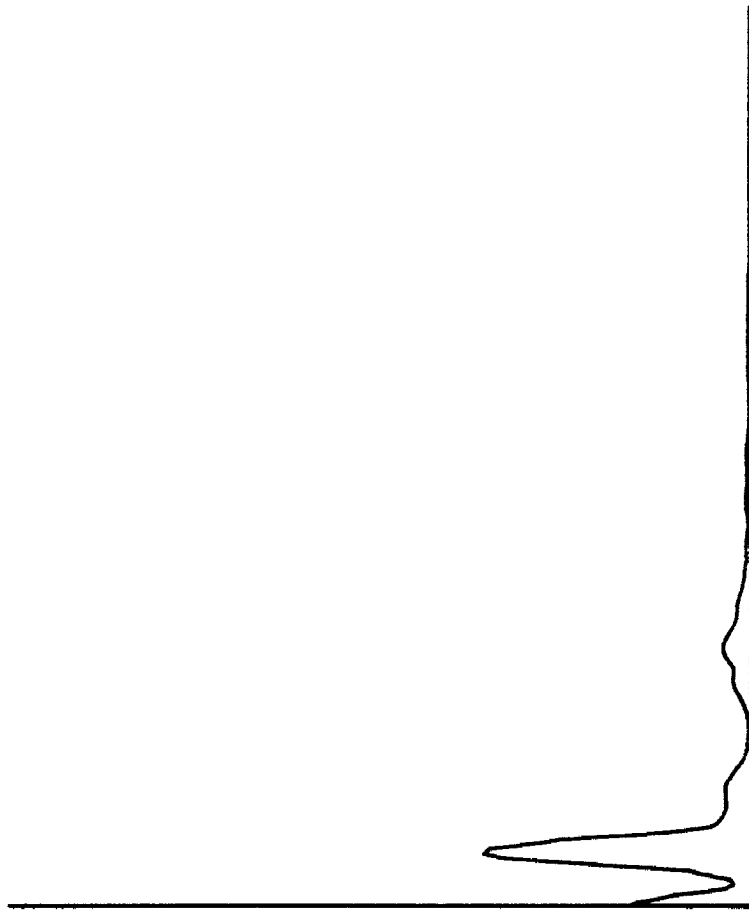


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=1.2$ Hz	$T_1=0.83$ sec	$F_1=232$ mV
$f_2=2.8$ Hz	$T_2=0.36$ sec	$F_2=160$ mV
$f_3=7.4$ Hz	$T_3=0.14$ sec	$F_3=87.6$ mV

Σχήμα 4.2

ΚΤΗΡΙΟ 4
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

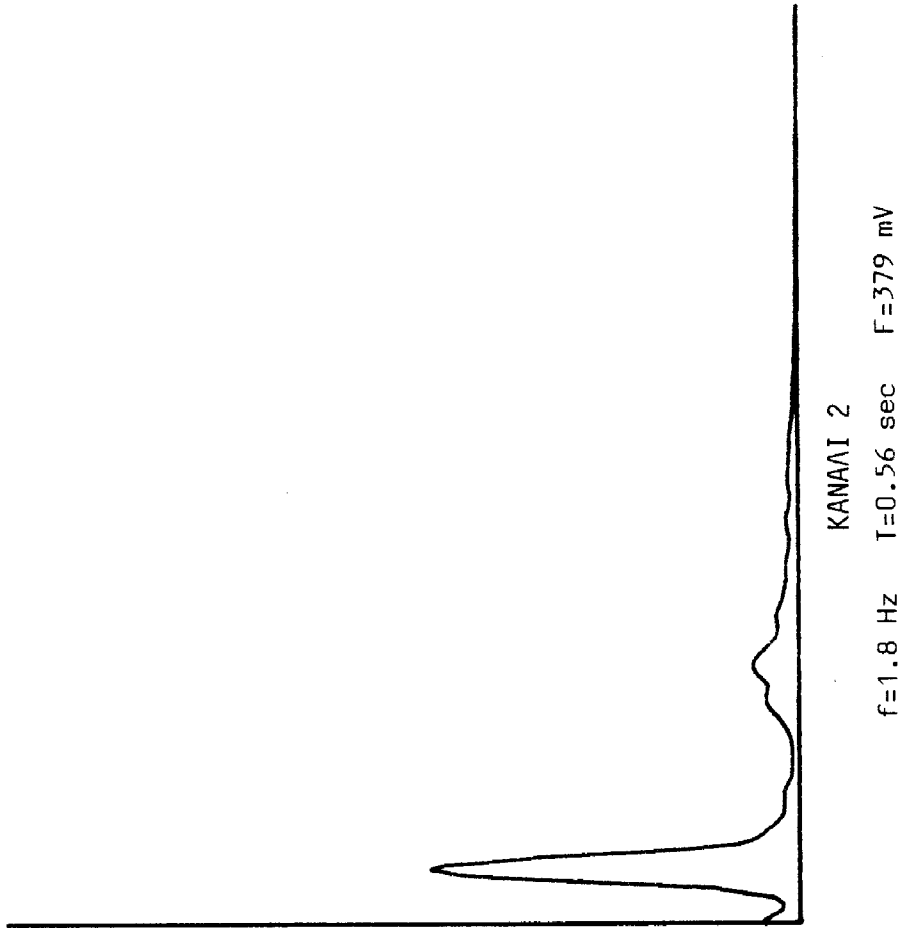


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=1.8 Hz T=0.56 sec F=282 mV

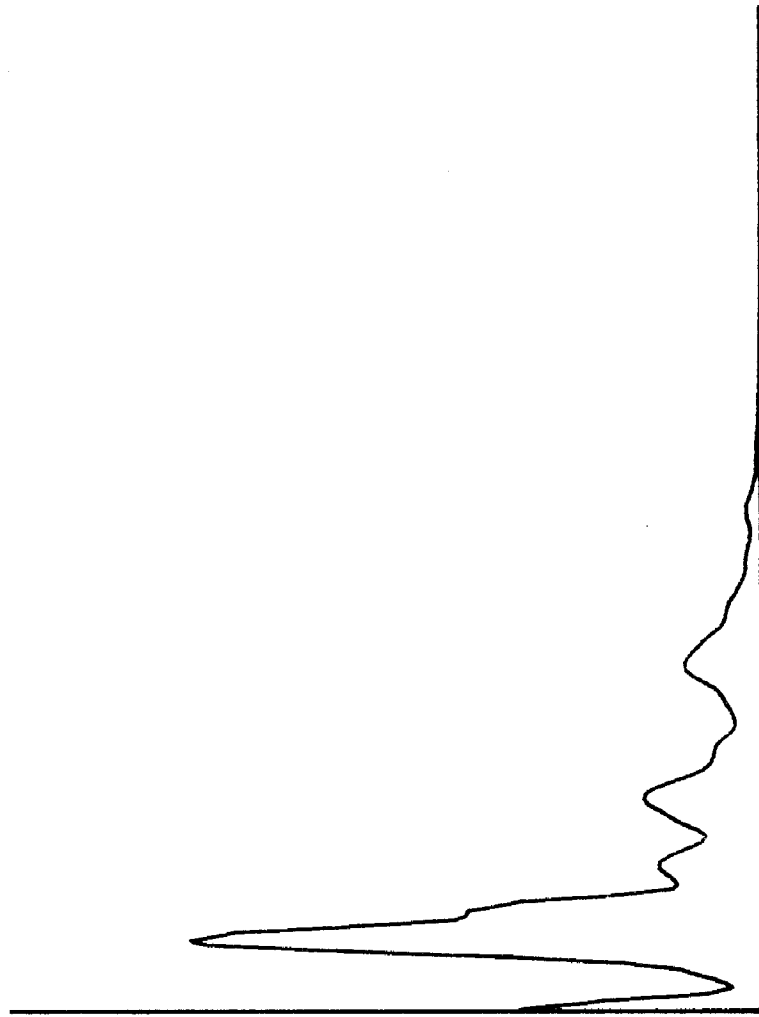
Σχήμα 4.3

ΚΤΗΡΙΟ 4
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



Σχήμα 4.4

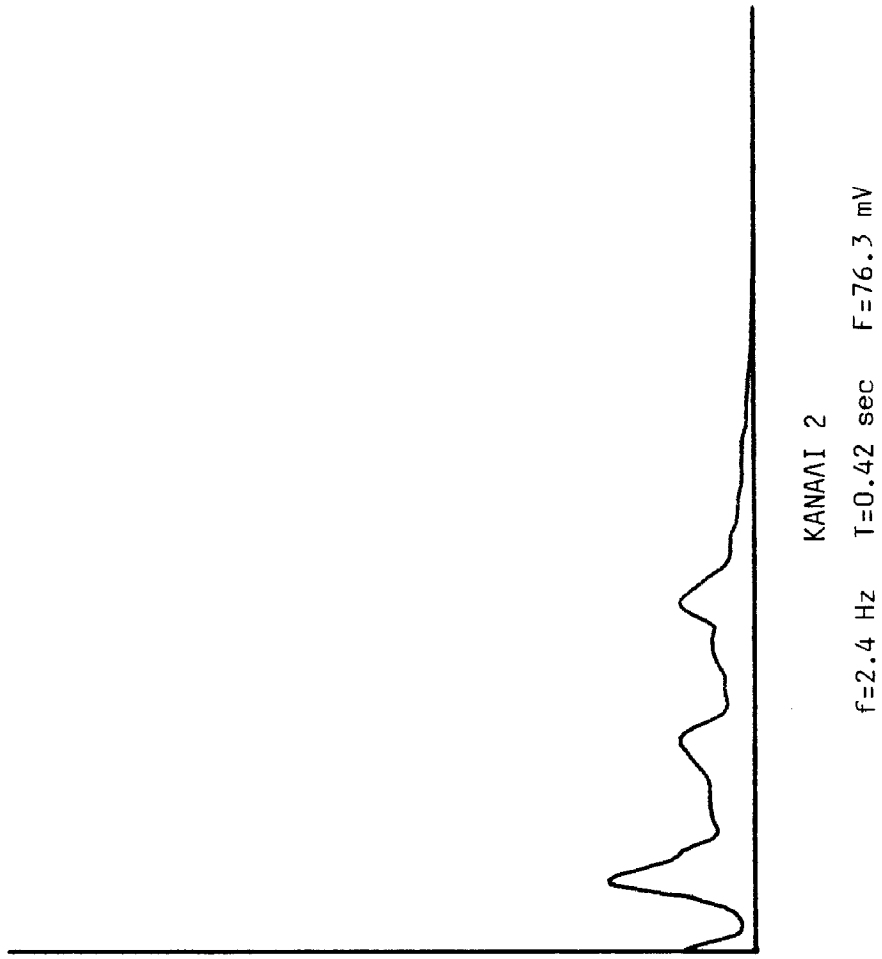
ΚΤΗΡΙΟ 5
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



ΚΑΝΑΛΙ 1
f=2.4 Hz T=0.42 sec F=295 mV

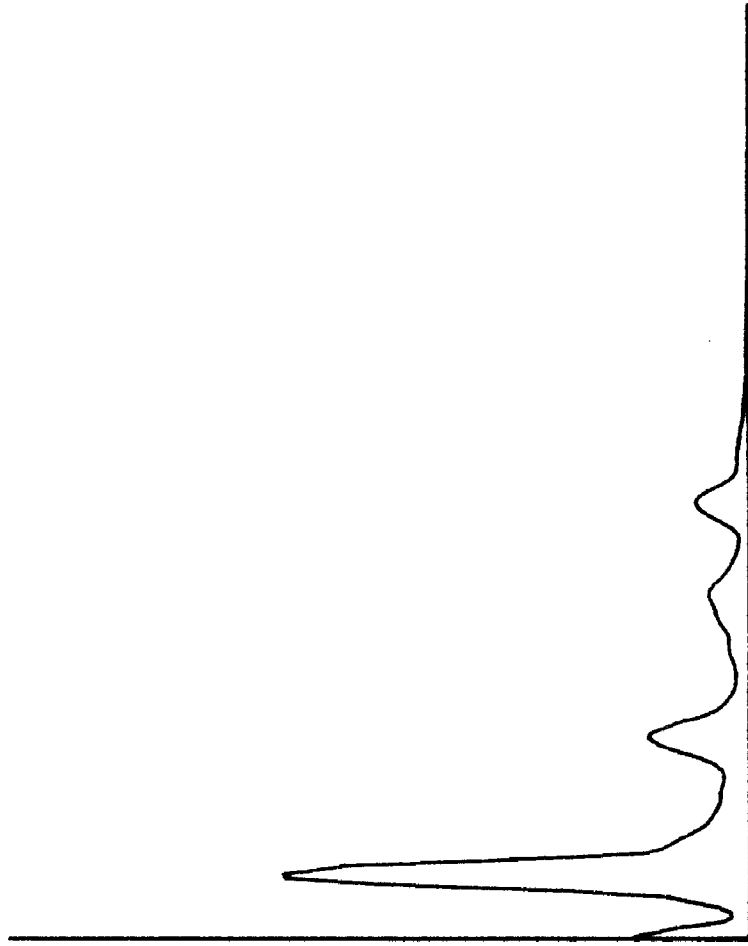
Σχήμα 5.1

ΚΤΗΡΙΟ 5
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



Σχήμα 5.2

ΚΤΗΡΙΟ 5
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



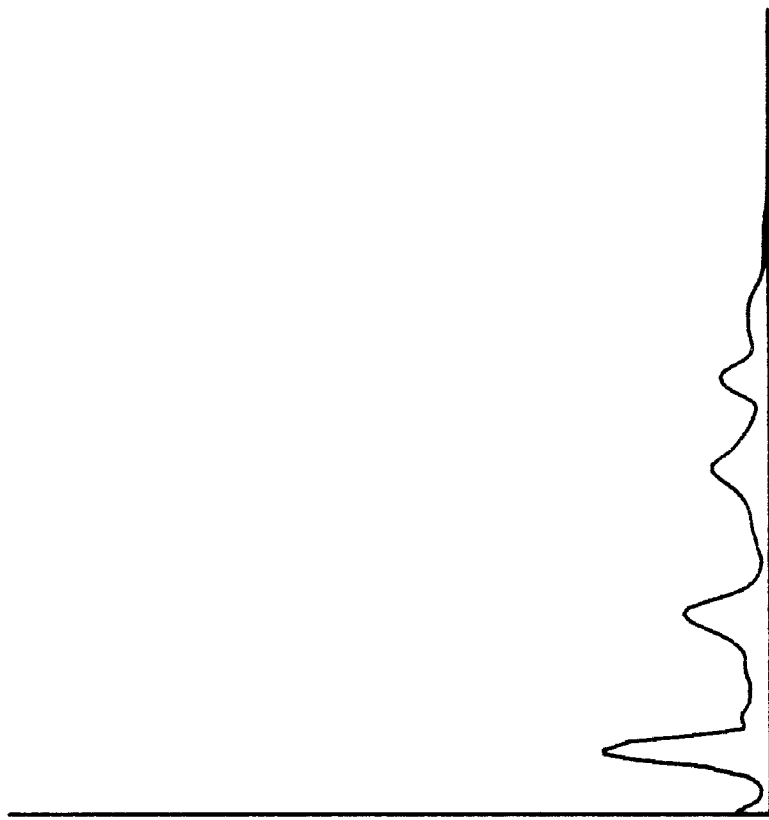
ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.2$ Hz $T_1=0.46$ sec $F_1=477$ mV

$f_2=6.6$ Hz $T_2=0.15$ sec $F_2=110$ mV

Σχήμα 5.3

ΚΤΗΡΙΟ 5
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

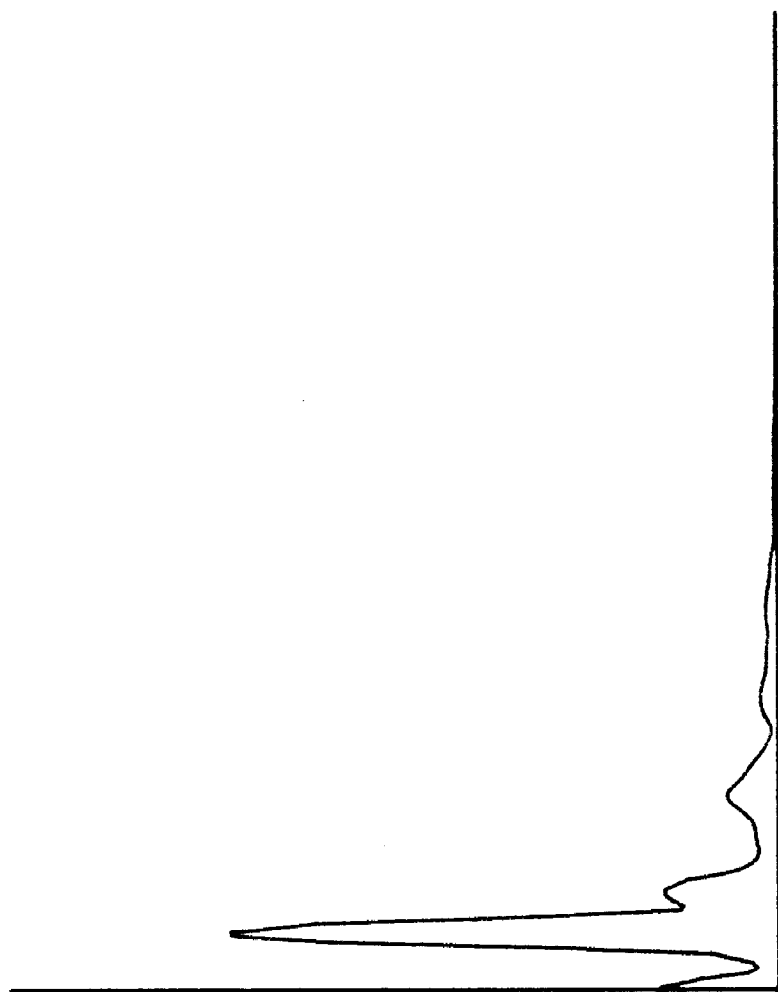


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=2.2$ Hz $T_1=0.46$ sec $F_1=172$ mV
 $f_2=6.6$ Hz $T_2=0.15$ sec $F_2= 92.7$ mV

Σχήμα 5.4

ΚΤΗΡΙΟ 6
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

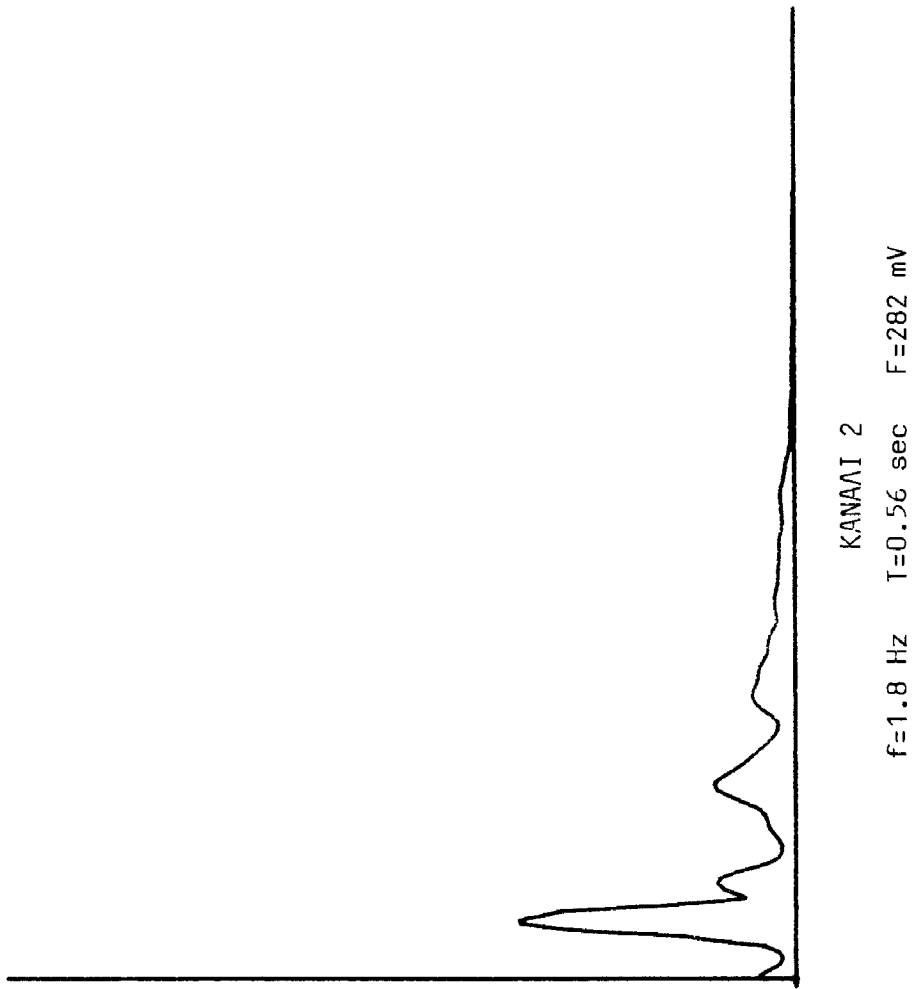


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=1.8 Hz T=0.56 sec F=557 mV

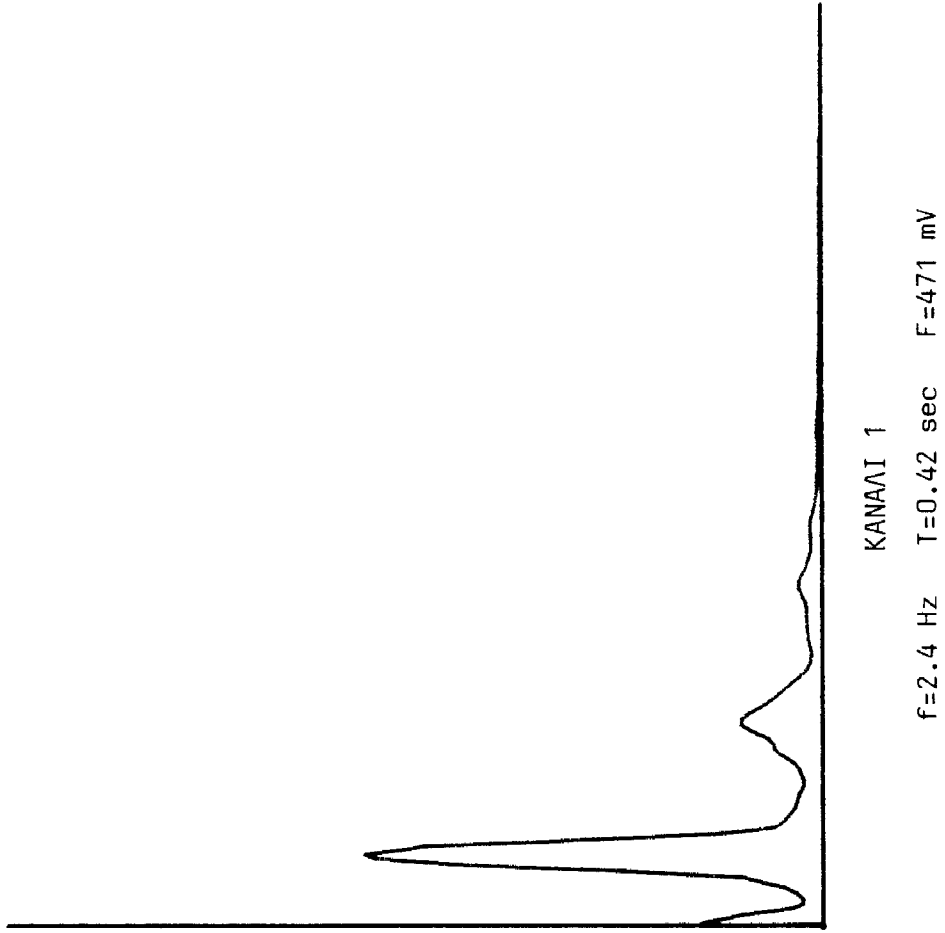
Σχήμα 6.1

ΚΤΗΡΙΟ 6
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



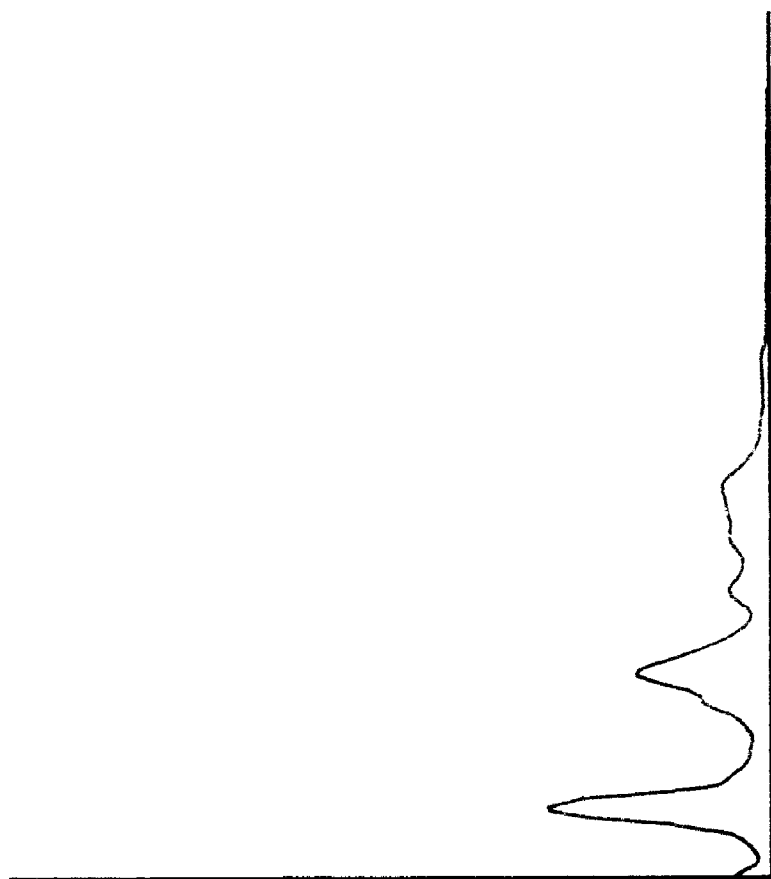
Σχήμα 6.2.

ΚΤΗΡΙΟ 6
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



Σχήμα 6.3

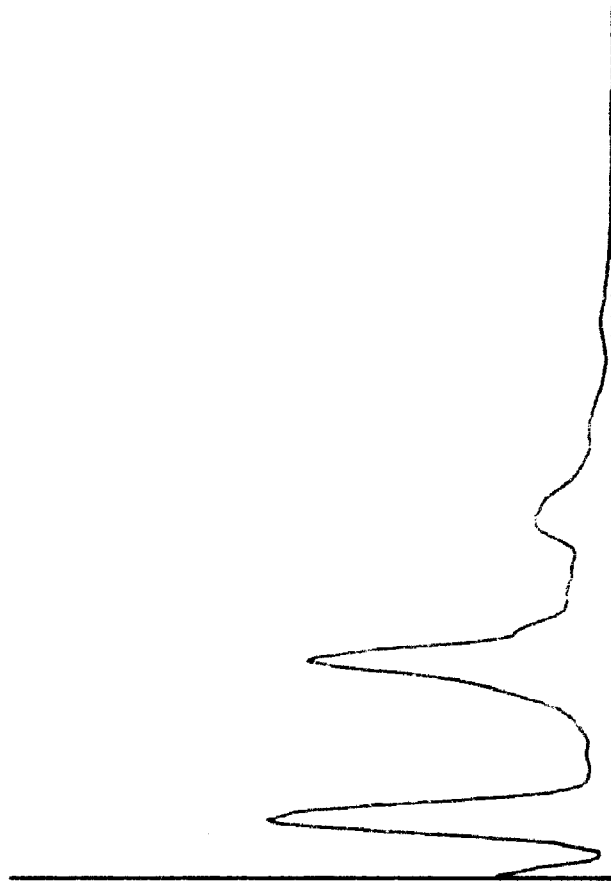
ΚΤΗΡΙΟ 6
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



ΚΑΝΑΛΙ 2
f=2.4 Hz T=0.42 sec F=228 mV

Σχήμα 6.4

ΚΤΗΡΙΟ 7
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.0$ Hz $T_1=0.5$ sec $F_1=362$ mV

$f_2=7.0$ Hz $T_2=0.14$ sec $F_2=315$ mV

Σχήμα 7.1

ΚΤΗΡΙΟ 7
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

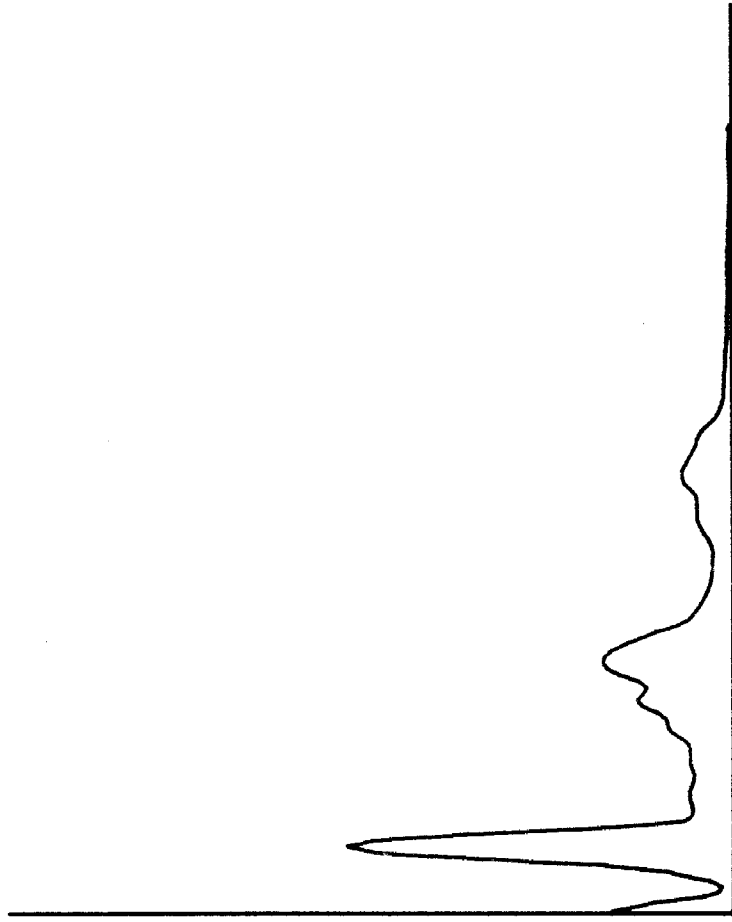


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=2.0$ Hz	$T_1=0.5$ sec	$F_1=105$ mV
$F_2=7.0$ Hz	$T_2=0.14$ sec	$F_2=324$ mV

Σχήμα 7.2

ΚΤΗΡΙΟ 7
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



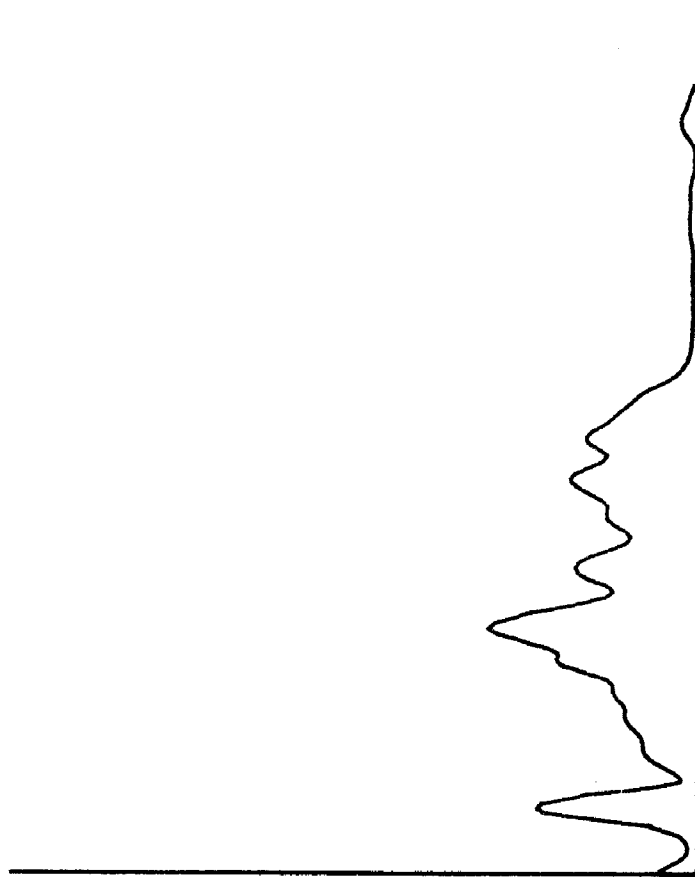
ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.2$ Hz $T_1=0.46$ sec $F_1=390$ mV

$f_2=8.0$ Hz $T_2=0.13$ sec $F_2=133$ mV

Σχήμα 7.3

ΚΤΗΡΙΟ 7
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



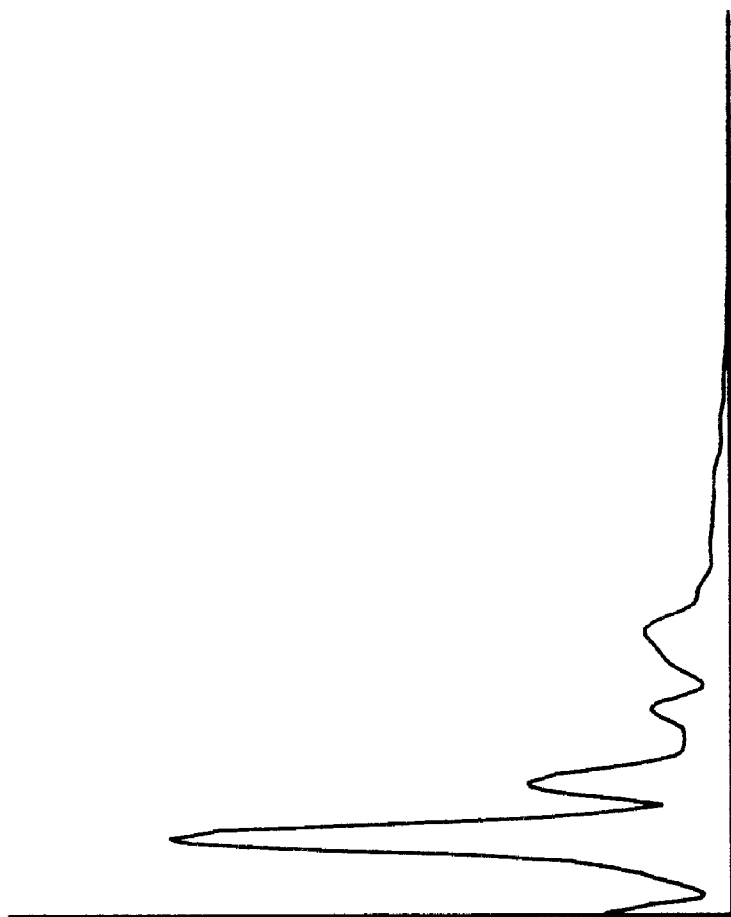
ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=2.2$ Hz $T_1=0.46$ sec $f_1=167$ mV

$f_2=8.0$ Hz $T_2=0.13$ sec $F_2=217$ mV

Σχήμα 7.4

ΚΤΗΡΙΟ 8
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

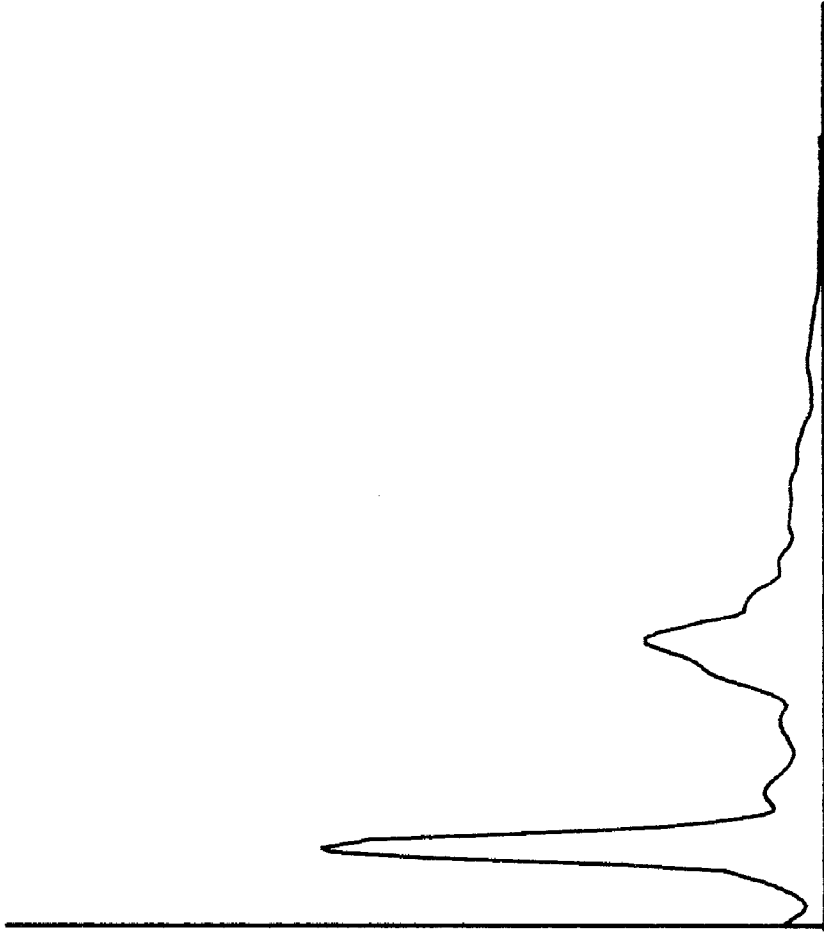


ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.6$ Hz	$T_1=0.38$ sec	$F_1=574$ mV
$f_2=4.4$ Hz	$T_2=0.23$ sec	$F_2=207$ mV
$f_3=9.2$ Hz	$T_3=0.11$ sec	$F_3=89.7$ mV

Σχήμα 8,1

ΚΤΗΡΙΟ 8
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1=2.6$ Hz $T_1=0.38$ sec $F_1=517$ mV
 $f_2=9.2$ Hz $T_2=0.11$ sec $F_2=191$ mV

Σχήμα 8.2

ΚΤΗΡΙΟ 8
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

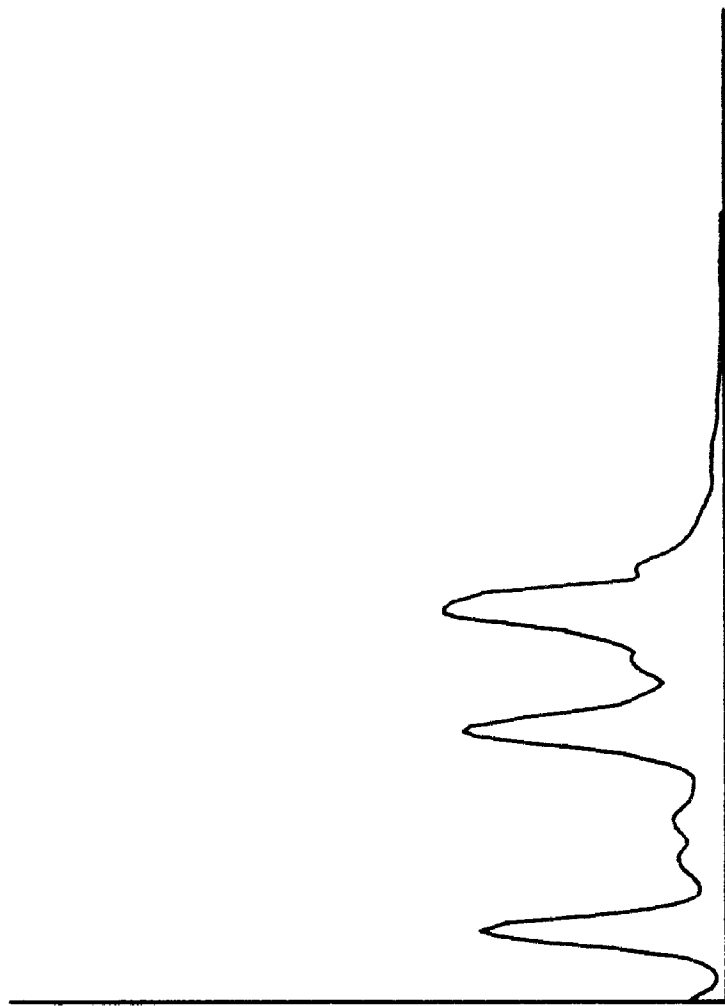


ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.4$ Hz	$T_1=0.42$ sec	$F_1=432$ mV
$f_2=4.4$ Hz	$T_2=0.23$ sec	$F_2=129$ mV
$f_3=8.8$ Hz	$T_3=0.11$ sec	$F_3=170$ mV

Σχήμα 8,3

ΚΤΗΡΙΟ 8
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



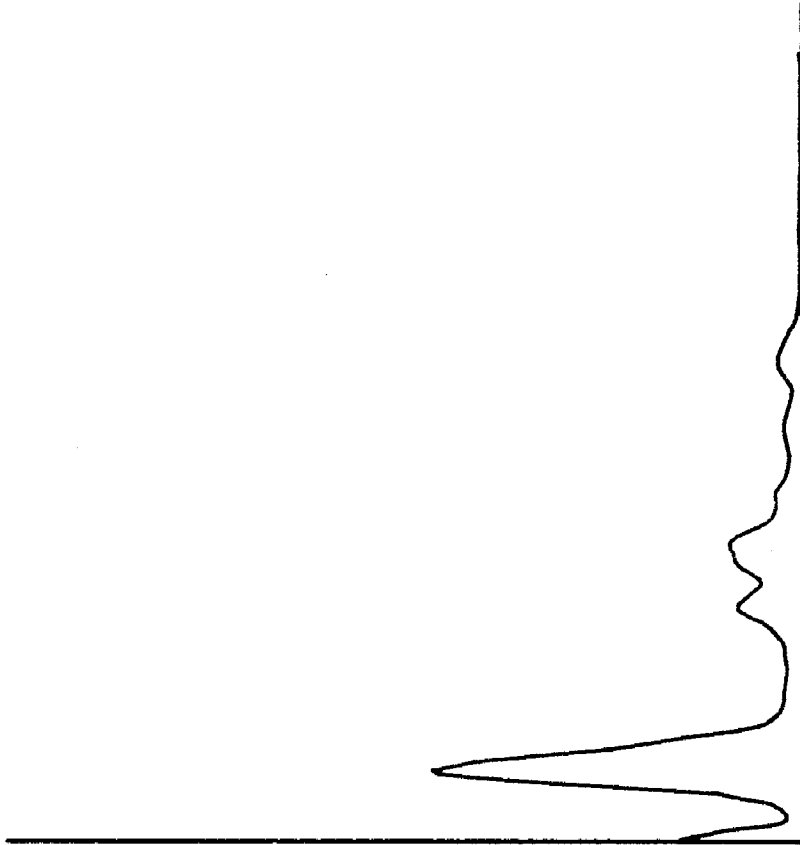
ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.4$ Hz $T_1=0.42$ sec $F_1=257$ mV

$f_2=8.8$ Hz $T_2=0.11$ sec $F_2=273$ mV

Σχήμα 8.4

ΚΤΗΡΙΟ 9
ΜΕΤΡΗΣΗ 1



ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.4$ Hz $T_1=0.42$ sec $F_1=380$ mV
 $f_2=9.8$ Hz $T_2=0.10$ sec $F_2=73.8$ mV

Σχήμα 9.1

ΚΤΗΡΙΟ 9
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

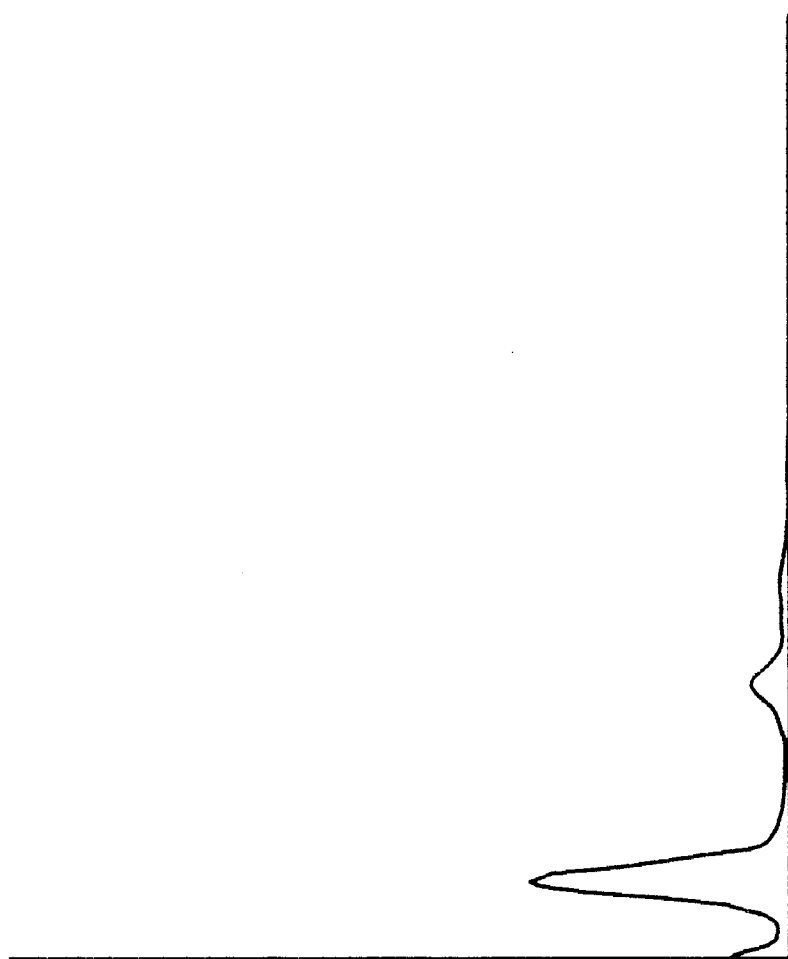


ΚΑΝΑΛΙ 2

$f_1 = 2.4$ Hz	$T_1 = 0.42$ sec	$F_1 = 224$ mV
$f_2 = 7.6$ Hz	$T_2 = 0.13$ sec	$F_2 = 129$ mV
$f_3 = 9.8$ Hz	$T_3 = 0.10$ sec	$F_3 = 155$ mV

Σχήμα 9.2

ΚΤΗΡΙΟ 9
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



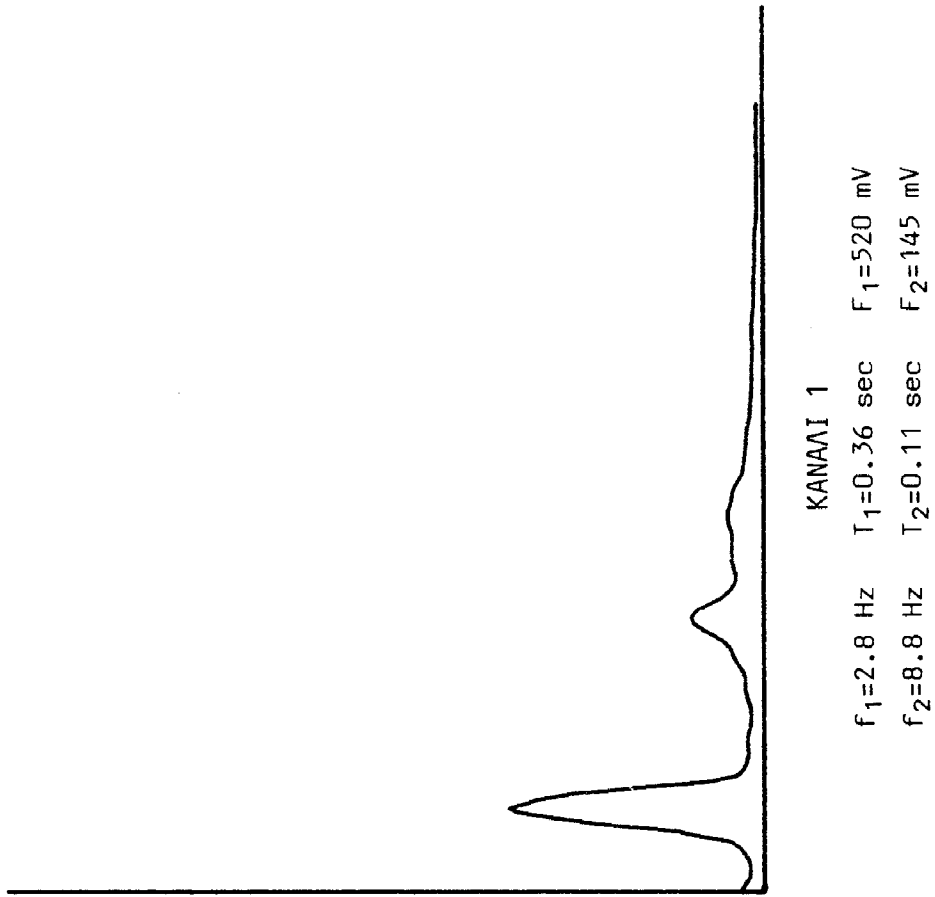
ΚΑΝΑΛΙ 1

$f_1=2.6$ Hz $T_1=0.38$ sec $F_1=540$ mV

$f_2=8.8$ Hz $T_2=0.11$ sec $F_2=85.5$ mV

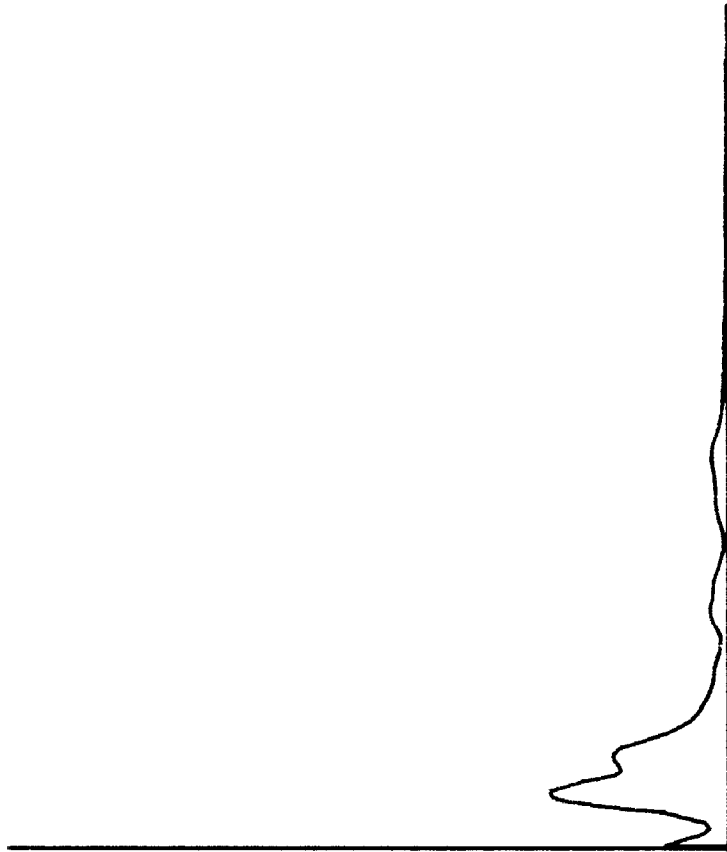
Σχήμα 9.3

ΚΤΗΡΙΟ 9
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



Σχήμα 9.4

ΚΤΗΡΙΟ 10
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

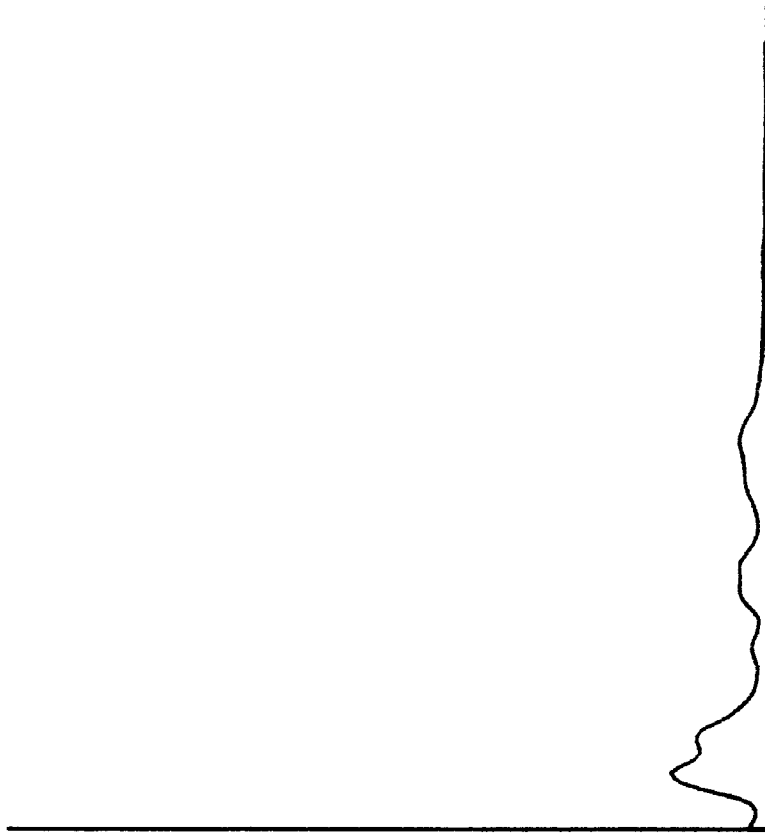


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=1.8 Hz T=0.56 sec F=366 mV

Σχήμα 10.1

ΚΤΗΡΙΟ 10
ΜΕΤΡΗΣΗ 1

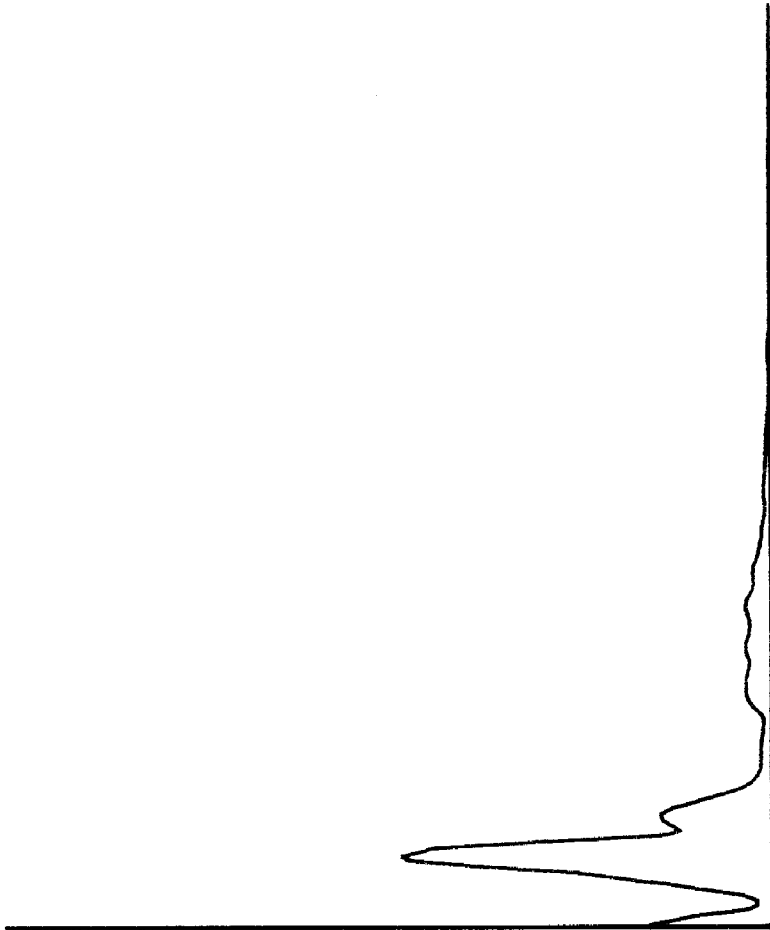


ΚΑΝΑΛΙ 2

f=1.8 Hz T=0.56 sec F=196 mV

Σχήμα 10.2

ΚΤΗΡΙΟ 10
ΜΕΤΡΗΣΗ 2

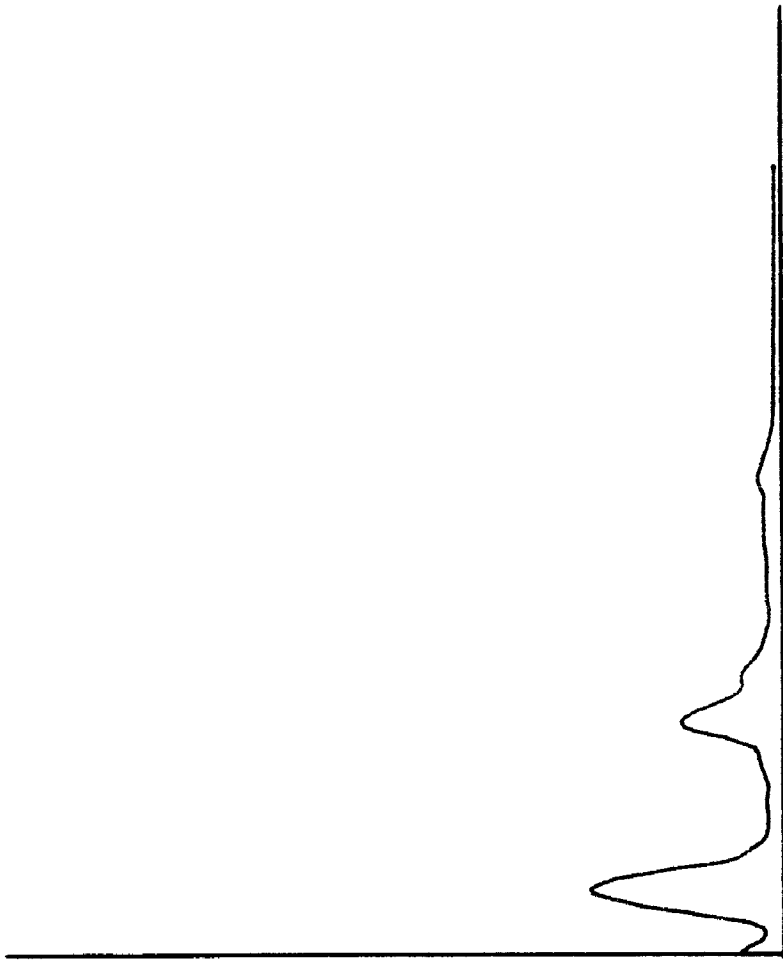


ΚΑΝΑΛΙ 1

f=2.4 Hz T=0.42 sec F=381 mV

Σχήμα 10.3

ΚΤΗΡΙΟ 10
ΜΕΤΡΗΣΗ 2



ΚΑΝΑΛΙ 2

f=2.0 Hz T=0.5 sec F=188 mV

Σχήμα 10.4

5.3. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 1	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 1 - Κανάλι 1	0,5	466
Κανάλι 2	0,56/0,15	140/39.1
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,46	406
Κανάλι 2	0,46/0,15	121/34.4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 2	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 1 - Κανάλι 1	0,31	452
Κανάλι 2	0,31	222
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,42	532
Κανάλι 2	0,42	220

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 3	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,36	292
Κανάλι 2	0,36	181
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,56	538
Κανάλι 2	0,56/0.17	352/69

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 4	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 1 - Κανάλι 1	0,83/0,36/014	227/140/445
Κανάλι 2	0.83/0,36/0,14	232/160/87.6
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,56	282
Κανάλι 2	0,56	379

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 5	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 1 - Κανάλι 1	0,42	295
Κανάλι 2	0,42	76,3
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,46/0,15	477/110
Κανάλι 2	0,46/0,15	172/92,7

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 6	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,56	557
Κανάλι 2	0,56	282
ΜΕΤΡΗΣΗ 2 - Κανάλι 1	0,42	471
Κανάλι 2	0,42	228

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 7

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 7	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...	
ΜΕΤΡΗΣΗ 1	Κανάλι 1	0,50/014	362/315
	Κανάλι 2	0,50/014	105/324
ΜΕΤΡΗΣΗ 2	Κανάλι 1	0,46/0,13	390/133
	Κανάλι 2	0,46/0,13	167/217

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 8

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 8	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...	
ΜΕΤΡΗΣΗ 1	Κανάλι 1	0,38/0,23/0,11	574/207/89,7
	Κανάλι 2	0,38/0,11	517/191
ΜΕΤΡΗΣΗ 2	Κανάλι 1	0,42/0,23/0,11	432/129/170
	Κανάλι 2	0,42/011	257/273

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 9

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 9	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...	
ΜΕΤΡΗΣΗ 2	Κανάλι 1	0,42/0,10	380/73,8
	Κανάλι 2	0,42/0,13/0,10	224/129/155
ΜΕΤΡΗΣΗ 2	Κανάλι 1	0,38/0,11	540/85,5
	Κανάλι 2	0,36/0,11	520/145

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Κ Τ Η Ρ Ι Ο 10	Ιδιοπερίοδοι (sec) T ₁ /T ₂ /T ₃ /...	Φασματικές τιμές Fourier (FSmV) F ₁ /F ₂ /F ₃ /...
ΜΕΤΡΗΣΗ 1	Κανάλι 1	0,56
	Κανάλι 2	0,56
ΜΕΤΡΗΣΗ 2	Κανάλι 1	0,42
	Κανάλι 2	0,50