ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη Πολυμεσικής Εφαρμογής Συγκριτικής Μελέτης Μικροφώνων και Τεχνικών Ηχογράφησης

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Α.Μ: 456

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΠΑΝΤΑΪΔΗΣ Α.Μ: 416

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΟΣ ΚΑΛΟΖΑΚΗΣ

14/05/2008

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ήχος – Ηλεκτροακουστικές

Ενότητα 1.1: Ήχος 7

1.1.1 Τα χαρακτηριστικά του ήχου.....7

1.1.2 Αρμονικό περιεχόμενο (Harmonic content).....11

1.1.3 Ανάπτυξη κυματομορφής (Envelope).....12

1.1.4 Διάδοση του ήχου.....12

1.1.5 Η μονάδα Decibel 13

Ενότητα 1.2: Ακουστική και Ψυχοακουστική.....16

1.2.1 Ακουστική εσωτερικών χώρων.....16

1.2.2 Το αυτί.....23

1.2.3 Ψυχοακουστική.....24

Ενότητα 1.3: Ηλεκτροακουστικές συσκευές.....29

1.3.1 Μετατροπείς.....29

1.3.2 Συχνοτική απόκριση.....29

1.3.3 Σύνθετη αντίσταση.....30

1.3.4 Χαρακτηριστικά συσκευών ήχου.....31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μικρόφωνα

Ενότητα 2.1: Κατηγορίες μικροφώνων.....33

2.1.1 Παθητικοί μετατροπείς.....33

2.1.2 Ενεργητικοί μετατροπείς.....33

2.1.3 Μετατροπείς ταχύτητας.....33

Ενότητα 2.2: Αρχή λειτουργίας.....34

2.2.1 Μικρόφωνα πίεσης.....34

2.2.2 Μικρόφωνα διαφοράς πίεσης.....50

Ενότητα 2.3: Δυναμικά Μικρόφωνα.....58

2.3.1 - Κινούμενου πηνίου (Moving coil).....58

2.3.2 - Ταινίας (Ribbon).....60

Ενότητα 2.4: Πυκνωτικά Μικρόφωνα.....64
2.4.1 – Συνηθή Πυκνωτικά.....65
2.4.2 – Πυκνωτικά – Electrets.....65
2.4.3 – Καρδιοειδή Πυκνωτικά.....68
2.4.4 - Πυκνωτικά Μικρόφωνα Με Συμμετρικές Κάψες.....69
2.4.5 - Transformerless Μικρόφωνα.....70
2.4.6 - DC Μέθοδος Πόλωσης.....71
2.4.7 - RF Κύκλωμα.....71
2.4.8 - Ενισχυτής Μικροφώνου.....73
2.4.9 - Τροφοδοτικό Πυκνωτικού Μικροφώνου.....74
2.4.10 - Τροφοδοτικά Phantom (Phantom Power).....74
Ενότητα 2.5: Χαρακτηριστικά Κατευθυντικότητας.....76
2.5.1 – Πολική Εξίσωση.....77
2.5.2 - Παράμετροι απόκρισης μικροφώνων.....77
2.5.3 - Παντοκατευθυντικό Μικρόφωνο.....80
2.5.4 - Δι-κατευθυντικό Μικρόφωνο.....81
2.5.5 - Μικρόφωνο Unidirectional.....84
2.5.6 - Μικρόφωνο Supercardioid.....85
2.5.7 - Μικρόφωνο Hypercardioid.....86
2.5.8 - Μικρόφωνα με περισσότερο από ένα πολικό διάγραμμα.....88
2.5.9 - Φαινόμενο Εγγύτητας.....91
2.5.10 - Off axis coloration.....92
Ενότητα 2.6: Χαρακτηριστικά Μικροφώνων.....93
2.6.1 - Αντίσταση μικροφώνου.....93
2.6.2 – Ευαισθησία μικροφώνου.....94
2.6.3 – Μέγιστη ηχητική πίεση.....94
2.6.4 - Self Noise.....95
2.6.5 - Handling Noise.....95

2.6.6 – Frequency Response.....95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηχογράφηση

Ενότητα 3.1: Εισαγωγή.....97

Ενότητα 3.2: Αλυσίδα ηχογράφησης.....98

3.2.1 - Ζωντανή stereo ηχογράφηση.....99

3.2.2 - Ζωντανή πολυκάναλη ηχογράφηση.....100

3.2.3 - Πολυκάναλη ηχογράφηση.....101

Ενότητα 3.3: Επιλογή μικροφώνων.....102

3.3.1 - Επιλογή βάσει του τύπου μικροφώνου.....103

3.3.2 - Επιλογή βάσει κατευθυντικότητας του μικροφώνου.....104

3.3.3 - Επιλογή βάσει της συχνοτικής απόκρισης του μικροφώνου.105

Ενότητα 3.4: Τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων.....107

3.4.1 - Αριθμός μικροφώνων ανά περίπτωση.....107

3.4.2 - Απόσταση μικροφώνου – Πηγής.....109

3.4.3 - Διαρροή.....114

3.4.4 - Τεχνικές ηχογράφησης.....116

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Πειραματικό μέρος

Ενότητα 4.1: Πολυμεσική Εφαρμογή.....147

Ενότητα 4.2: Ηχογραφήσεις – Συμπεράσματα.....150

Ενότητα 4.3: Τεχνικά Χαρακτηριστικά συσκευών.....180

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε απλές εφαρμογές όπως μια τηλεφωνική συνομιλία, μέχρι και σε πιο σύνθετες όπως σε ένα μουσικό κομμάτι που παίζει στο ραδιόφωνο, σε μια συναυλία ή σε μια ταινία που παρακολουθούμε στην τηλεόραση μας και στον κινηματογράφο, ο ήχος λαμβάνεται και αναπαράγεται από ηλεκτροακουστικές συσκευές μέχρι να φθάσει στο αισθητήριο όργανο της ακοής του ανθρώπου. Οι ηλεκτροακουστικές συσκευές είναι κατά κύριο λόγο μετατροπείς (transducers) μιας μορφής ενέργειας “ηχητικής” σε μια άλλη αντίστοιχη “ηλεκτρική” και αντίστροφα. Για να το κατανοήσουμε καλύτερα ας εξετάσουμε το σύνηθες παράδειγμα μιας ηχητικής παραγωγής. Αρχικά ήχος λαμβάνεται μέσω μιας ηλεκτροακουστικής συσκευής «μετατροπέα» (πχ. μικρόφωνο), τα ηχητικά κύματα δρουν πάνω στο διάφραγμα του μικροφώνου και μετατρέπονται σε αντίστοιχες ηλεκτρικές τάσεις. Οι τάσεις αυτές ρέουν διαμέσου καλωδίων και περνάνε από μια σειρά ηλεκτρονικών διατάξεων (πχ. ενισχυτές, επεξεργαστές σήματος, κτλ.), αν πρόκειται να καταγραφούν σε ένα μηχάνημα μαγνητικής εγγραφής, μετατρέπονται πρώτα σε μαγνητικές ωθήσεις και έπειτα επιθέτονται στην μαγνητική ταινία. Στο τελικό στάδιο αναπαραγωγής οι τάσεις ενισχύονται και τροφοδοτούν αντίστοιχες ηλεκτροακουστικές συσκευές «μετατροπείς» (πχ. μεγάφωνα, ακουστικά, κτλ.) που μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε μηχανικές κινήσεις του ηχείου, με σκοπό να αναδημιουργούν τις πρώτες πιέσεις αέρος που έγιναν αισθητές αρχικά από το μικρόφωνο. Όλες οι ηλεκτροακουστικές συσκευές χαρακτηρίζονται από ακουστικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που ποικίλουν ανάλογα με τον σχεδιασμό, την ποιότητα κατασκευής τους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Έτσι από το προηγούμενο παράδειγμα της ηχητικής παραγωγής είναι εύλογο να αναφέρουμε ότι το σήμα περνώντας από την κάθε διάταξη σε όλα τα διαδοχικά στάδια διαμορφώνεται κατάλληλα και στο τέλος φέρει τα ακουστικά χαρακτηριστικά της συνολικής αλυσίδας ηλεκτροακουστικών συσκευών που ακολούθησε.

Στη συγκεκριμένη εργασία θα ασχοληθούμε με μια ομάδα από τις παραπάνω ηλεκτροακουστικές συσκευές που αναφέραμε και πιο συγκεκριμένα με τα μικρόφωνα, που είναι και το βασικότερο εργαλείο της ηχοληψίας. Συγκεκριμένα θα διερευνήσουμε το πώς ένα μικρόφωνο «ακούει» μια ηχητική πηγή σε ένα ηχητικό πεδίο και πως εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι εσωτερικοί (η σύνθετη αντίσταση εξόδου, το μέγεθος του διαφράγματος, η αρχή λειτουργίας ενός

μικροφώνου, κ.α.) ή εξωτερικοί (θέση τοποθέτησης μικροφώνου, απόσταση μικροφώνου από την ηχητική πηγή, γωνία κλίσης, κ.α.). Για να εξετάσουμε όλα τα παραπάνω θα χρειαστεί να κάνουμε αναφορές σε διάφορες έννοιες επιστημών που εμπλέκονται στην αρχή λειτουργίας των μικροφώνων. Αυτές οι επιστήμες είναι η Ηλεκτρονική, η Ακουστική, ο συνδυασμός αυτών των δύο που ονομάζεται Ηλεκτροακουστική (ερευνά τις συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ηχητικές εφαρμογές) και τέλος η επιστήμη της Ψυχοακουστικής που συνδυάζει το φυσικό φαινόμενο «ήχος» με την υποκειμενική αντίληψη του ακουστικού αισθήματος.

Αποσκοπούμε στην δημιουργία μιας πολυμεσικής εφαρμογής η οποία θα έχει ως σκοπό την παρουσίαση των μικροφώνων που διαθέτει το τμήμα της σχολής μας σε πραγματικές συνθήκες ηχογράφησης και να μας βοηθήσει να γνωρίσουμε τον τρόπο λειτουργίας των μικροφώνων και τις μεθόδους ηχογράφησης έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πιο μικρόφωνο και ποια μέθοδος μικροφώνου είναι καταλληλότερη να επιλέξουμε για μια συγκεκριμένη διαδικασία ηχογράφησης. Σημειώνουμε όμως ότι στην τέχνη της ηχοληψίας δεν υπάρχουν νόμοι και σωστή ή λάθος επιλογή συσκευής και μεθόδου αλλά κάποιες από αυτές τις επιλογές έχουν δοκιμαστεί και έχουν χαρακτηριστεί λειτουργικές, παρόλα αυτά κανείς δεν μπορεί να αναιρέσει μια νέα μέθοδο που μπορεί να ανακαλυφτεί μέσα από δοκιμές και εξάσκηση.

Στην πορεία της εργασίας θα παρουσιαστούν και θα εξεταστούν προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν σαν εξοπλισμός για την διεκπεραίωση της εργασίας, αλλά πρέπει να τονίσουμε πως δεν προσδοκούμε την διαφήμιση αυτών των προϊόντων και των κατασκευαστριών εταιριών τους, ούτε την παραπλάνηση των αναγνωστών όσο αφορά την ποιότητα και τις δυνατότητες τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ήχος – Ηλεκτροακουστικές συσκευές

1.1 Ήχος

Ο ήχος είναι ένα φαινόμενο που υπάρχει παντού και περιβάλει τον κόσμο μας. Οι ταχείες μεταβολές πίεσης (πυκνώματα, αραιώματα) του ατμοσφαιρικού αέρα που μεταδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων δια μέσω ενός ελαστικού μέσου (στερεού, υγρού ή αέριου), προκαλούν στον εγκέφαλο μια υποκειμενική εντύπωση (αίσθηση). Η ύπαρξη του ελαστικού μέσου είναι απαραίτητη για την παραγωγή του ήχου διότι έχει αποδειχθεί ότι ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό. Λόγω της ελαστικότητας του μέσου οι μεταβολές πίεσης διαδίδονται σε αυτό και φθάνουν στο αυτί μας, θέτοντας σε ταλάντωση το τύμπανο το οποίο με τη σειρά του μετατρέπει τις διαταραχές σε νευρικές ωθήσεις προς τον εγκέφαλο όπου γίνονται αντιληπτές σαν ήχος.

1.1.1 Τα χαρακτηριστικά του ήχου

Ένα ηχητικό κύμα χαρακτηρίζεται από φυσικά χαρακτηριστικά αλλά και από τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά που αντιλαμβάνεται το αισθητήριο αίσθημα της ακοής. Τα φυσικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι η ένταση, η ταχύτητα, το φάσμα συχνοτήτων, η κατεύθυνση, η φάση και η διάρκεια. Η επιστήμη που εξετάζει όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές του ήχου γενικότερα ονομάζεται *Ακουστική*.

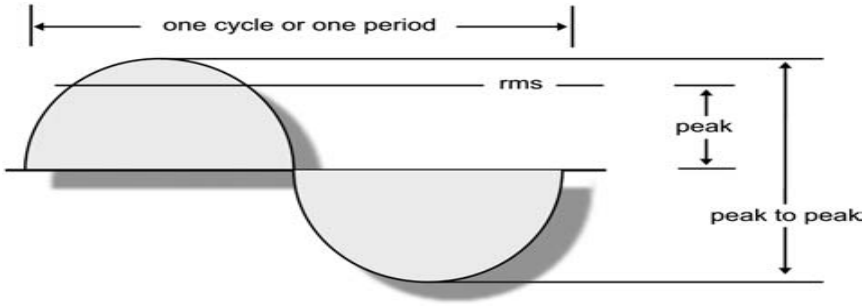
• Τα βασικά ακουστικά χαρακτηριστικά τα οποία ξεχωρίζουν το κάθε ηχητικό κύμα από τα άλλα είναι :

Ένταση (Α) : είναι η δύναμη του ήχου, δηλαδή αν ο ήχος είναι ισχυρός ή ασθενής και εξαρτάται από το πλάτος της ταλάντωσης των σωματιδίων στο μέσο. Όσο μικρότερο είναι το πλάτος τόσο πιο ασθενής είναι ο ήχος ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο πιο ισχυρός είναι ο ήχος. Η ένταση των ηχητικών κυμάτων μπορεί να υπολογιστεί σε διαφορετικά μεγέθη. Παρατηρώντας το Σχήμα 1.1, ο υπολογισμός από το μέγιστο αρνητικό στο μέγιστο θετικό σημείο της έντασης του κύματος ονομάζεται (peak to peak) μέγεθος.

Το (rms) μέγεθος έντασης εκφράζει την ένταση όπως την αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη ακοή και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$rms\ voltage = 0.707 \times peak\ voltage \qquad \textbf{(1.1)}$$

$$peak\ voltage = 1.414 \times rms\ voltage \qquad \textbf{(1.2)}$$



Σχήμα 1.1: *Γράφημα ημιτονοειδούς κύματος που δείχνει τα διαφορετικά μεγέθη έντασης*

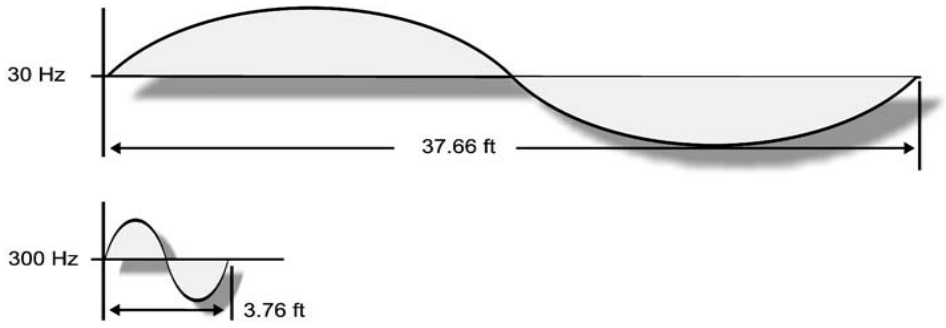
<u>*Συχνότητα (f)*</u> : είναι ο αριθμός επαναλήψεων της ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου στη μονάδα του χρόνου (1 sec) κατά τη διάδοση του κύματος.

Τα ακουστά ηχητικά κύματα είναι τα κύματα που αντιλαμβάνεται το αισθητήριο όργανο της ακοής του ανθρώπου και έχουν συχνότητες διαταραχής μεταξύ 20Hz – 20KHz

<u>*Περίοδο (T)*</u> *:* είναι το χρονικό διάστημα στο οποίο εκτελείται ένας πλήρες κύκλος μεταβολής του κύματος, μετράται σε δευτερόλεπτα (sec) στο S.I.

$$T = \frac{1}{f} \qquad \textbf{(1.3)}$$

Μήκος Κύματος (λ): είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ενός κύματος που "ταξιδεύει" στο χώρο με ορισμένη συχνότητα, η οποία απόσταση παραμένει σταθερή. Το μήκος κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας του ιδίου κύματος.



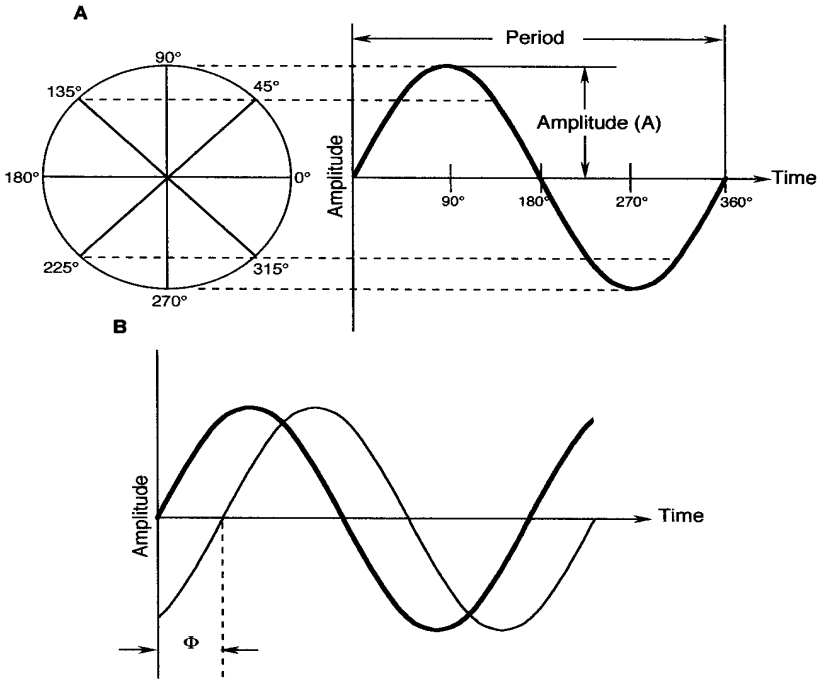
Σχήμα 1.2*: Το μήκος κύματος ελαττώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα και αντίστροφα. "1ft=48cm"*

Ταχύτητα (c): είναι η ταχύτητα διάδοσης της κυματικής διαταραχής στο ελαστικό μέσο ή οποία εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του μέσου και από τις καταστατικές μεταβλητές του συστήματος (πίεση, θερμοκρασία). (πχ. στον αέρα σε 20°C η ταχύτητα διάδοσης του ήχου είναι 343m/sec, ενώ στο νερό είναι 1480m/sec)

Η σχέση η οποία συνδέει τα παραπάνω μεγέθη (ταχύτητας, συχνότητας και μήκους κύματος) είναι η εξής:

$$c = \lambda f \qquad \textbf{(1.4)}$$

Φάση (θ): είναι το μέγεθος που εκφράζει την απομάκρυνση ενός μορίου που εκτελεί ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας του σε κάποιο δεδομένο χρόνο κατά τη διάδοση μιας κυματικής διαταραχής σε ένα ελαστικό μέσο. Καθώς το κύμα (ως φαινόμενο μετακίνησης) πηγαίνει από κορυφή σε κοιλία και από κοιλία σε κορυφή, η φάση αυτού του κύματος μεταβάλλεται συνεχώς. Κατά την επαλληλία (πρόσθεση) δύο διαφορετικών κυμάτων, σπουδαίο ρόλο παίζει η διαφορά φάσης των κυμάτων. Στη περίπτωση που οι κορυφές των δύο κυμάτων φτάνουν (συμβάλλονται) την ίδια στιγμή, τότε, λέμε πως αυτά τα κύματα βρίσκονται σε φάση και ο συνδυασμός τους δημιουργεί ένα νέο κύμα με μεγαλύτερο πλάτος. Αντίθετα όταν οι κορυφές του ενός κύματος φθάνουν ταυτόχρονα με τις κοιλίες του άλλου τότε λέμε πως είναι εκτός φάσης και ο συνδυασμός δύο τέτοιων κυμάτων δημιουργεί ένα ασθενέστερο κύμα, όταν μάλιστα τα εκτός φάσης κύματα έχουν ακριβώς το ίδιο πλάτος τότε αλληλοεξουδετερώνονται.



Σχήμα 1.3:

(Α) Χαρακτηριστικά ημιτονοειδούς κύματος.

(Β) Η φάση (Φ) μεταξύ δύο ημιτονοειδών κυμάτων.

- Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι :

Το ύψος : μέσω του οποίου διακρίνουμε τον ήχο σε οξύ ή βαρύ. Είναι απευθείας συνδεδεμένο με τη συχνότητα του ηχητικού κύματος.

Η ακουστότητα : είναι το μέγεθος της ακουστικής αντίληψης που παράγει ο ήχος στον ακροατή. Βάσει αυτού του μεγέθους διακρίνουμε αν ο ήχος είναι ισχυρός η ασθενής.

Η χροιά : αποτελεί το υποκειμενικό εκείνο γνώρισμα του ήχου το οποίο μας επιτρέπει να διαχωρίσουμε δύο ήχους του ίδιου ύψους και της ίδιας ακουστότητας που παράγονται από διαφορετικές πηγές.

Τέλος μπορούμε να πούμε πως ο ήχος διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

- Απλούς ήχους (Τόνους): οι οποίοι παράγονται από αρμονική διαταραχή.

- Σύνθετους ήχους: που αποτελούνται από τη σύνθεση πολλών απλών ήχων και η κυματομορφή τους είναι μεν περιοδική αλλά όχι ημιτονοειδής.

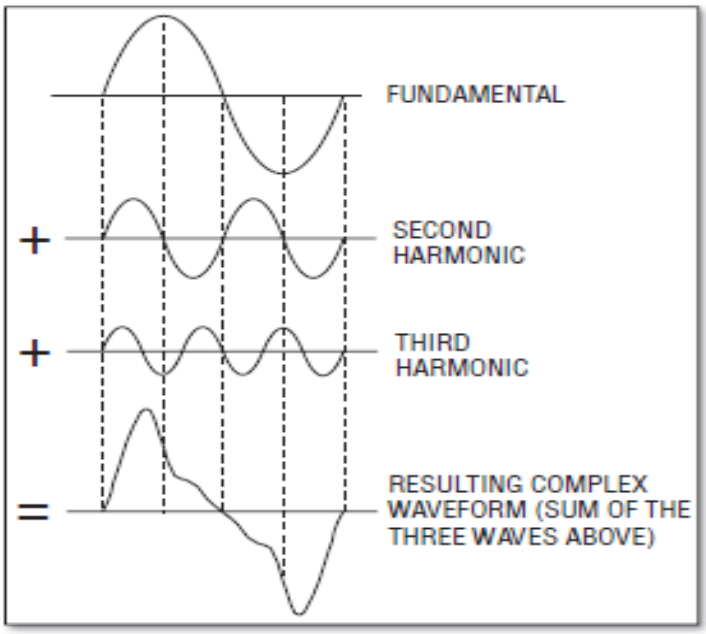
- Θορύβους: που είναι κάθε απεριοδικός σύνθετος ήχος που η στιγμιαία τιμή τους αυξομειώνεται γενικά με τυχαίο τρόπο.

- Κρότους: που είναι ήχοι μικρής χρονικής διάρκειας και σχετικά μεγάλης έως πολύ μεγάλης έντασης.

1.1.2 Αρμονικό περιεχόμενο (Harmonic content)

Οι ηχητικές πηγές που ηχογραφούμε σε μια μουσική εκτέλεση είναι μουσικά όργανα όπως έγχορδα, πνευστά, κρουστά, φωνή, κ.τ.λ. Τέτοια όργανα συνήθως παράγουν σύνθετους ήχους που είναι αποτέλεσμα μιας νότας που παίζουν (θεμελιώδης) σε συνδυασμό μερικών διαφορετικών συχνοτήτων. Έτσι καθορίζεται η χροιά του κάθε οργάνου και είναι ο λόγος που κάθε όργανο ηχεί διαφορετικά. Οι συχνότητες που παρουσιάζονται στον ήχο εκτός από την θεμελιώδη ονομάζονται “μερικές” (partials) και οι “μερικές” που βρίσκονται υψηλότερα από τη θεμελιώδη ονομάζονται “overtones”. Οι συχνότητες “overtones” που είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους ονομάζονται αρμονικές (harmonics). Πολλά όργανα έχουν “μερικές” οι οποίες δεν είναι αρμονικά συνδεδεμένες με την θεμελιώδη.

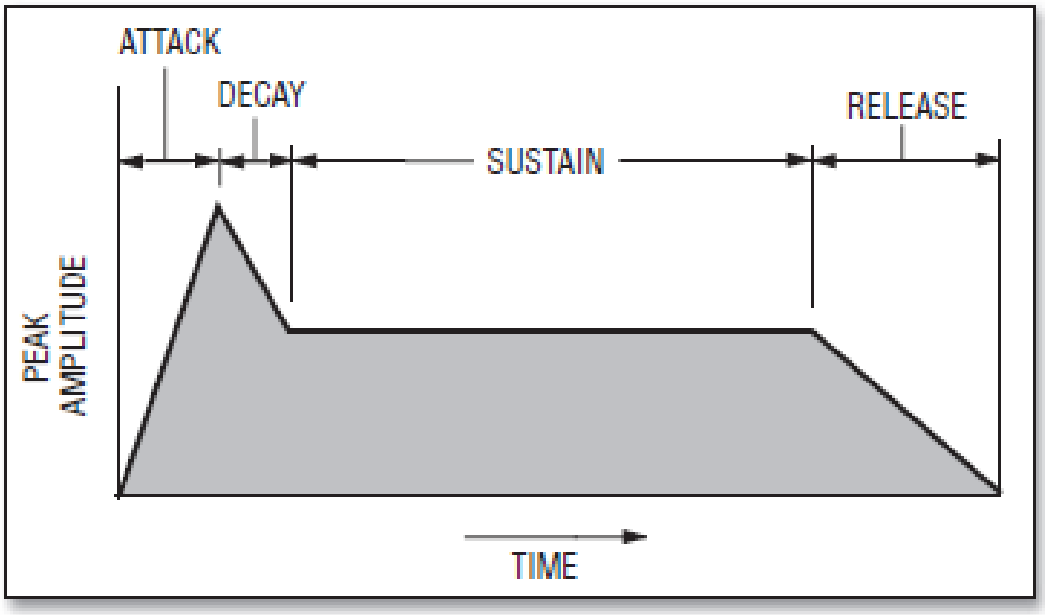
Το παρακάτω σχήμα αναλύει ένα σύνθετο ηχητικό κύμα στα συστατικά ημιτονοειδών κυμάτων, τον ίδιο διαχωρισμό εφαρμόζει και το εσωτερικό αυτί του ανθρώπου πριν μεταδώσει τον ερεθισμό στον εγκέφαλο (μετατροπή Fourrier).



Σχήμα 1.4: *Ανάλυση σύνθετου ηχητικού κύματος στα συστατικά ημιτονοειδή κύματα (μετατροπή Fourrier).*

1.1.3 Ανάπτυξη κυματομορφής (Envelope)

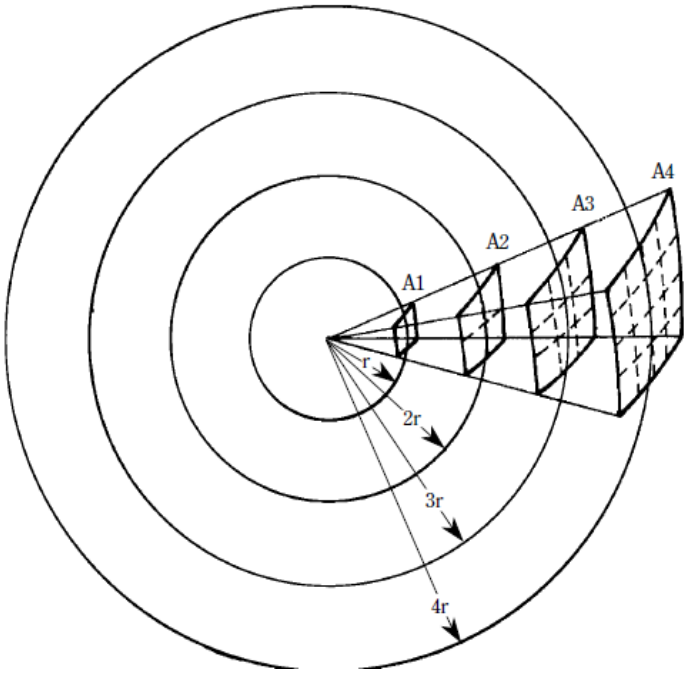
Κάθε ήχος έχει μια καθορισμένη αρχή, μια περιορισμένη διάρκεια και μια περιοδική παρακμή. Έτσι μια κυματομορφή ενός ήχου συχνά διαιρείται σε τέσσερα τμήματα (attack, decay, sustain, release). “Attack” ονομάζεται η χρονική στιγμή όπου η νότα αυξάνει από τη σιγανότερη έως τη μέγιστη τιμή της έντασης. Έπειτα φθίνει (decay) από τη μέγιστη σε κάποια μεσαία περιοχή στάθμης, η οποία είναι και το σημείο που θα παραμείνει η νότα (sustain). Τέλος (release) είναι η χρονική στιγμή όπου η νότα πέφτει από παραμένουσα στάθμη πίσω στην ησυχία.



Σχήμα 1.5: *Τα τέσσερα στάδια ανάπτυξης μιας κυματομορφής.*

1.1.4 Διάδοση του ήχου

Όταν ένα ηχογόνο σώμα παράγει ήχο, οι παλμικές κινήσεις μεταδίδονται στο περιβάλλον του σώματος και το βάζουν σε παλμική κίνηση. Δημιουργούνται λοιπόν στον αέρα σφαιρικά ηχητικά κύματα που από το κέντρο εκπομπής (ηχογόνο σώμα) εκπέμπονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα ηχητικά κύματα αυτά δεν διακρίνονται με το μάτι, είναι αόρατα. Αν όμως σταθούμε κοντά σ' ένα ηχογόνο σώμα αντιλαμβανόμαστε τον ήχο και όσο πιο κοντά στο κέντρο εκπομπής βρισκόμαστε, τόσο δυνατότερος είναι και ο ήχος. Εάν απομακρυνθούμε πολύ από το κέντρο εκπομπής, θα φτάσει στιγμή που δε θα ακούμε πια τον ήχο, γιατί τα ηχητικά κύματα θα σβήνουν πριν φτάσουν στα αυτιά μας.



Σχήμα 1.6: *Το ίδιο ποσό ηχητικής ενέργειας διανέμεται σε σφαιρικά μέτωπα που το εμβαδόν εκπομπής τους αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από το κέντρο εκπομπής. Η ένταση είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από το κέντρο εκπομπής.*

1.1.5 Η μονάδα Decibel

Η μονάδα Decibel (dB) χρησιμοποιείται κατά κόρον στην επιστήμη της ηλεκτρολογίας και της ηλεκτρονικής. Πήρε την ονομασία της από τον Alexander Graham Bell και εκφράζει το λογαριθμικό λόγο μεταξύ δυο μεγεθών που σχετίζονται με την ισχύ. Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να αντιληφθεί 10^{14} διαφορετικά μεγέθη εντάσεως, δηλαδή εύρος εντάσεων από 0.000000000001 Wm^{-2} μέχρι και 100 Wm^{-2} . Η ιδιαιτερότητα της μονάδας db είναι ότι μπορεί να μας αναπαραστήσει το αντίστοιχο εύρος τιμών σε πολύ λιγότερα ψηφία. Δηλαδή το παραπάνω εύρος τιμών έντασης σε dB είναι από 0 έως 140 db. Επίσης ένας λόγος που η μονάδα dB χρησιμοποιείται για να εκφράσει τιμές ισχύος είναι το ότι η ευαισθησία της ανθρώπινης αντίληψης του ανθρώπου (αυτί) λειτουργεί λογαριθμικά.

Το bel ορίζεται ως ο λογάριθμος (με βάση το 10) του λόγου ισχύος

$$bel = \log\left(\frac{W_1}{W_0}\right) \qquad \textbf{(1.5)}$$

όπου W_0 είναι η ισχύς αναφοράς και W_1 είναι η ισχύς που θέλουμε να μετρήσουμε ως προς τη στάθμη αναφοράς.

Το decibel ορίζεται ως εξής:

$$decibel = 10\log(\frac{W_1}{W_0}) \qquad \textbf{(1.6)}$$

Ως ισχύς αναφοράς σε ακουστικές εφαρμογές χρησιμοποιούμε το ένα Watt και το ένα milliwatt. Οι στάθμες που υπολογίζονται με στάθμη αναφοράς το 1 Watt εκφράζονται σε dbW, ενώ με στάθμη αναφοράς το 1 milliwatt εκφράζονται σε dBm.

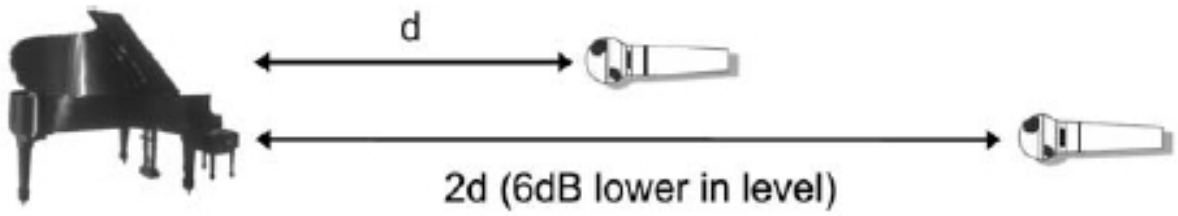
Η στάθμη ηχητικής πίεσης (Sound Pressure Level) ορίζεται ως:

$$dB_{SPL} = 20\log(\frac{P_1}{P_0}) \qquad \textbf{(1.7)}$$

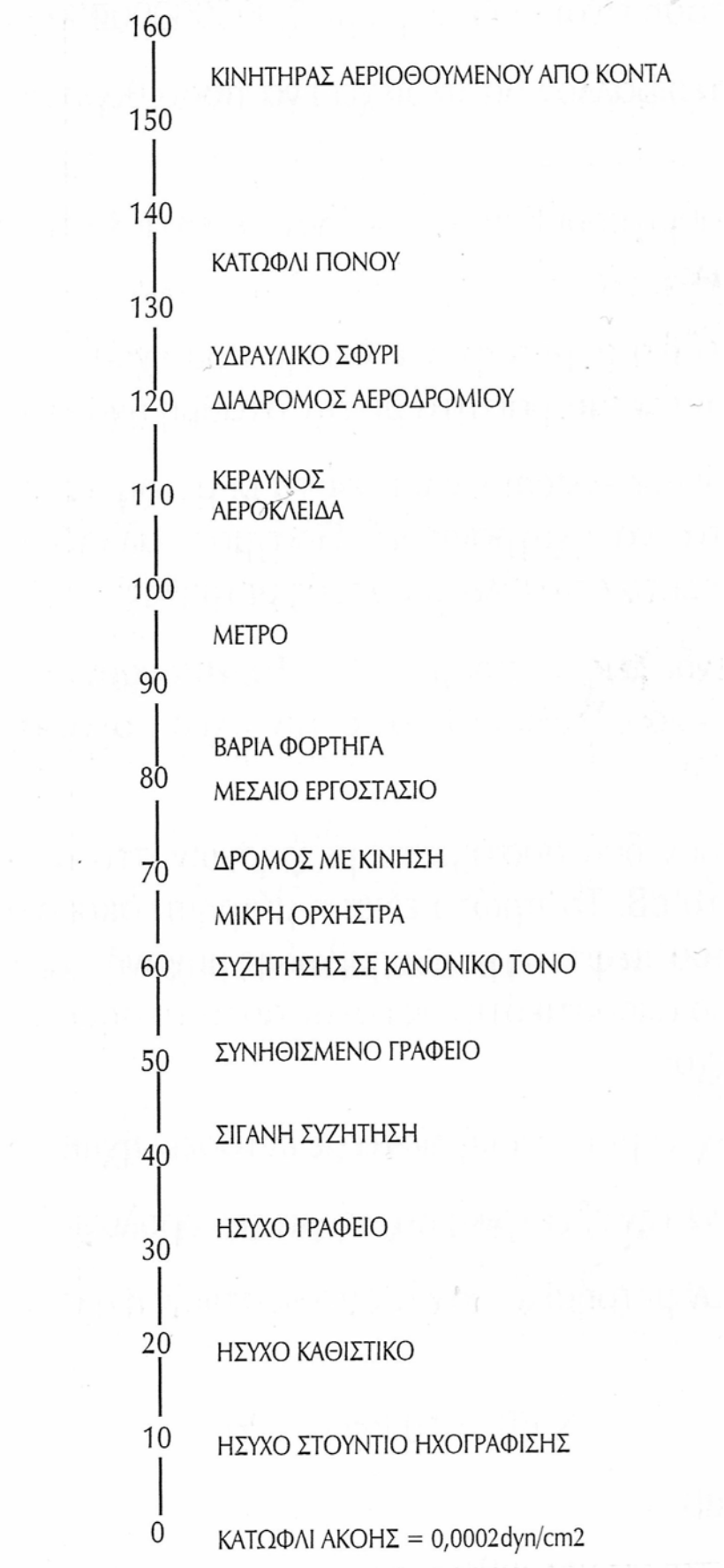
όπου P_0 (πίεση) έχει καθοριστεί το κατώφλι ανθρώπινης ακοής :

$$2\times10^{-5}\,Pa \qquad \textbf{(1.8)}$$

Με τις παραπάνω σχέσης έχουν επινοηθεί παράγωγες σχέσεις που βοηθούν για διάφορες Ψυχοακουστικές και Ακουστικές εφαρμογές. Για παράδειγμα το phon που είναι μονάδα μέτρησης εντάσεως και ισούται με dB_{SPL} σε ημιτονοειδές κύμα 1kHz. Επίσης επειδή η αντίληψη του αυτιού δεν είναι ανάλογη με τη στάθμη πίεσης ήχου, χρησιμοποιούμε την μονάδα sone για να περιγράφουμε την ένταση ενός ήχου συγκρινόμενη με έναν άλλο. Το sone καθορίζεται ως την ένταση ενός ημιτονοειδούς κύματος με συχνότητα 1kHz στα 40 dB_{SPL} .



Σχήμα 1.7: *Διπλασιάζοντας την απόσταση παρατηρητή έχουμε μείωση του σήματος του απευθείας ήχου κατά 6dB SPL.*



Σχήμα 1.8: *Τυπικές εντάσεις ηχητικών πιέσεων σε μονάδες* dB_{SPL} .

1.2 Ακουστική και Ψυχοακουστική

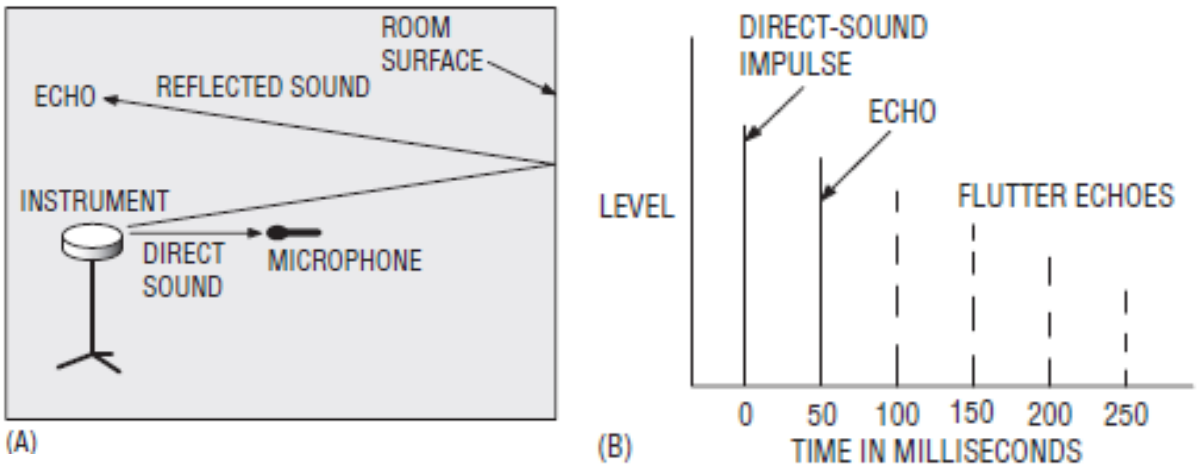
1.2.1 Ακουστική εσωτερικών χώρων

Λόγω του ότι οι ηχογραφήσεις λαμβάνουν μέρος κατά κόρον εντός εσωτερικών χώρων, θα πρέπει να κατανοήσουμε την επίδραση των επιφανειών ενός δωματίου στον ήχο. Μια ηχητική πηγή που ηχεί σε ένα δωμάτιο εκπέμπει ηχητικά κύματα τα οποία ταξιδεύουν προς όλες τις κατευθύνσεις, κάποια φθάνουν κατευθείαν στον παρατηρητή (μικρόφωνο, αυτί), τα οποία ονομάζονται “απευθείας” ή “Direct sound” και κάποια άλλα από αυτά χτυπούν στις επιφάνειες που υπάρχουν στο δωμάτιο (ταβάνι, πάτωμα, πλευρικούς τοίχους, έπιπλα, κ.τ.λ.) Όταν τα ηχητικά κύματα στην πορεία τους συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, μέρος τους απορροφάται από τις επιφάνειες που προσκρούουν και μετατρέπεται σε θερμότητα (ηχοαπορρόφηση), κάποια αναγκάζονται να προσπεράσουν το εμπόδιο (ηχοπερίθλαση) και κάποια αναγκάζονται να γυρίσουν πίσω (ηχοανάκλαση).

1.2.1.1 Ηχοανάκλαση

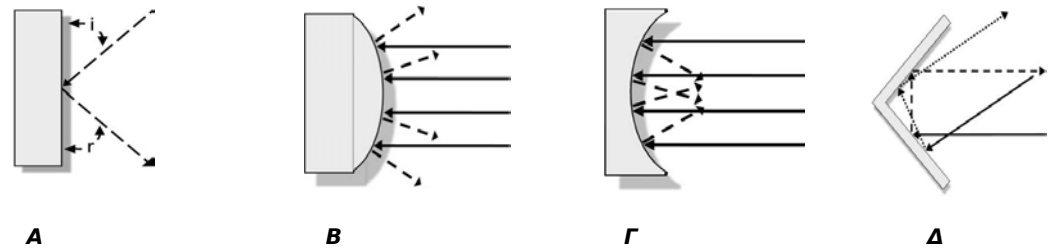
Επειδή οι επιφάνειες του δωματίου που χτυπούν τα ηχητικά κύματα βρίσκονται σε κάποια απόσταση, αυτά καθυστερούν να φθάσουν στον παρατηρητή κάποιο χρονικό διάστημα σε σχέση με τα απευθείας και αποτελούν ένα είδωλο του ηχητικού συμβάντος με κάποια καθυστέρηση χρόνου. Αν αυτή η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη από 50ms πράγμα που σημαίνει ότι η απόσταση της επιφάνειας που χτυπά ο ήχος είναι μεγαλύτερη από 17m έχουμε το φαινόμενο της ηχώς κατά το οποίο αν βρισκόμαστε σ' αυτήν την απόσταση από κάποιο εμπόδιο και φωνάξουμε, τότε ακούμε τη φωνή μας να επαναλαμβάνεται. Εάν υπάρχουν πολλά τέτοια εμπόδια τριγύρω, τότε ακούμε τη φωνή μας να επαναλαμβάνεται περισσότερες από μια φορές. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολλαπλή ηχώ (flutter echoes).

Αν το εμπόδιο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από 17m, τότε ο ήχος απλώς δυναμώνει, αυτό το φαινόμενο ονομάζεται αντήχηση και στηρίζεται στο ότι τα ηχητικά κύματα ανακλώνται και επιστρέφουν ενισχυμένα, όταν συναντήσουν ένα πολύ κοντινό εμπόδιο.



Σχήμα 1.9: *(Α) Το φαινόμενο της ηχώς ; (Β) Αναλογία έντασης χρόνου μεταξύ απευθείας ήχου και ανακλάσεων.*

Οι επιφάνειες που έχουν την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο που προσπίπτει επάνω τους ονομάζονται ανακλαστήρες. Αν το μήκος του ανακλαστήρα είναι μικρότερο από το μήκος κύματος του προσπίπτοντος κύματος τότε αυτό δεν αντανακλάται. Η διεύθυνση του ανακλώμενου κύματος είναι ανάλογη με το σχήμα του ανακλαστήρα.



Σχήμα 1.10: *Ηχητικά κύματα προσκρούουν σε ανακλαστήρες με διαφορετικά σχήματα.* ***Α)*** *επίπεδη επιφάνεια λειτουργεί σαν καθρέφτης.* ***Β)*** *κυρτή επιφάνεια διαχέει τον ήχο.* ***Γ)*** *κοίλη επιφάνεια συγκεντρώνει τον ήχο.* ***Δ)*** *90° μοίρες ανάκλαση.*

Η γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία με την οποία προσπίπτει το ηχητικό κύμα στην επιφάνεια, ενώ γωνία ανάκλασης είναι η γωνία με την οποία ανακλάται από την επιφάνεια, αυτές οι γωνίες είναι ίσες κατά το φαινόμενο της ανάκλασης. Αντίστοιχα προσπίπτον κύμα λέγεται το κύμα που εκπέμπεται από μια πηγή και έχει κατεύθυνση προς μία επιφάνεια, ενώ μετά το φαινόμενο της ανάκλασης καλείται ανακλώμενο κύμα.

Κάθε επιφάνεια ή υλικό έχει τον δικό του συντελεστή ηχοανάκλασης (r) για συγκεκριμένη συχνότητα και συγκεκριμένες συνθήκες και ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος του ανακλώμενου κύματος (Pr) προς την ισχύ του προσπίπτοντος κύματος (Pi):

$$r = \frac{Pr}{Pi} \qquad \textbf{(1.9)}$$

1.2.1.2 Ηχοαπορρόφηση

Όπως προαναφέραμε είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό κύμα προσπίπτον σε επιφάνειες – υλικά, η ηχητική ενέργεια του κύματος μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας, συνήθως θερμότητα. Το κάθε υλικό έχει συγκεκριμένο συντελεστή απορρόφησης (α) και ορίζεται ως ο λόγος της ηχητικής ισχύος που απορροφάται προς την ισχύ του προσπίπτον κύματος. Αν ένα υλικό απορροφά όλη την ηχητική ενέργεια ενός κύματος τότε έχει συντελεστή απορρόφησης α ίσο με 1, ενώ για ένα πλήρως ανακλαστικό υλικό ο συντελεστής απορρόφησης α είναι ίσος με το 0. Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι τιμές ενός συντελεστή απορρόφησης (α) θα κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0 έως 1 ανάλογα με το ποσοστό % της ηχητικής ενέργειας που απορροφά.

Ο μέσος συντελεστής απορρόφησης όλων τον επιφανειών ενός χώρου υπολογίζεται από τον τύπο :

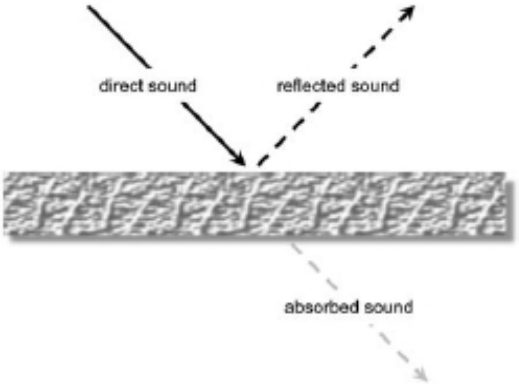
$$\bar{\alpha}=\frac{S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+.....+\alpha_nS_n}{S_1+S_2+.....+S_n} \qquad \text{ή} \qquad \bar{\alpha}=\frac{A}{S_{o\lambda}} \qquad \textbf{(1.10)}$$

όπου $S_1, S_2, ..., S_n$ =τα εμβαδά τον αντίστοιχων επιφανειών

$\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n$ =ο συντελεστής απορρόφησης για κάθε επιφάνεια

A = η συνολική απορρόφηση όλων των επιφανειών

$S_{o\lambda}$ = το συνολικό εμβαδόν όλων των επιφανειών



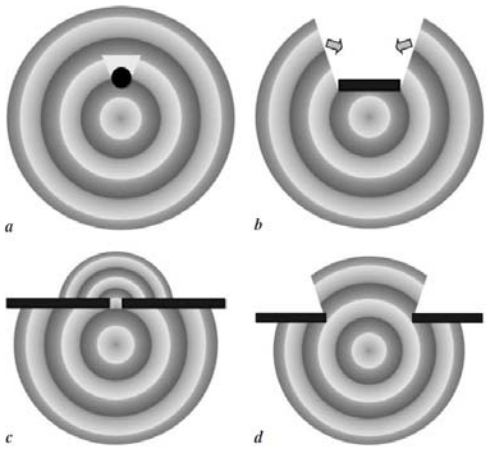
Σχήμα 1.11: *Το φαινόμενο της ηχοαπορρόφησης.*

1.2.1.3 Ηχοδιάχυση

Είναι το φαινόμενο που συμβαίνει όταν ο ήχος εκπέμπεται σε όλα τα σημεία του χώρου το ίδιο και έχει την ίδια κατανομή, δηλαδή έχει την ίδια πυκνότητα ηχητικής έντασης σε όλο τον χώρο. Σε μεγάλες αίθουσες συναυλιών, σε στούντιο ηχογραφήσεων και γενικότερα σε χώρους όπου λαμβάνουν χώρο μουσικές εκτελέσεις, η ηχοδιάχυση είναι απαραίτητη συνθήκη για να ισχύουν οι κανόνες της γεωμετρικής ακουστικής. Έτσι σε τέτοιους χώρους είτε χρησιμοποιούνται ηχοανακλαστικές επιφάνειες σε διάφορα σχήματα που λειτουργούν ως ηχοδιαχυτές, οι οποίοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις μετά από μελέτη του χώρου ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία στάσιμων κυμάτων, είτε γίνεται εξαρχής η κατασκευή του χώρου βάσει της αρχιτεκτονικής ακουστικής για τη δημιουργία ηχοδιάχυτου χώρου. Κατά την κατασκευή ενός τέτοιου χώρου δεν θα υπάρχουν παράλληλες επιφάνειες, δίνοντας ασύμμετρο σχήμα στο χώρο για την αποφυγή στάσιμων κυμάτων τα οποία εμφανίζονται σε συμμετρικούς χώρους που έχουν παράλληλες επιφάνειες.

1.2.1.4 Ηχοπερίθλαση

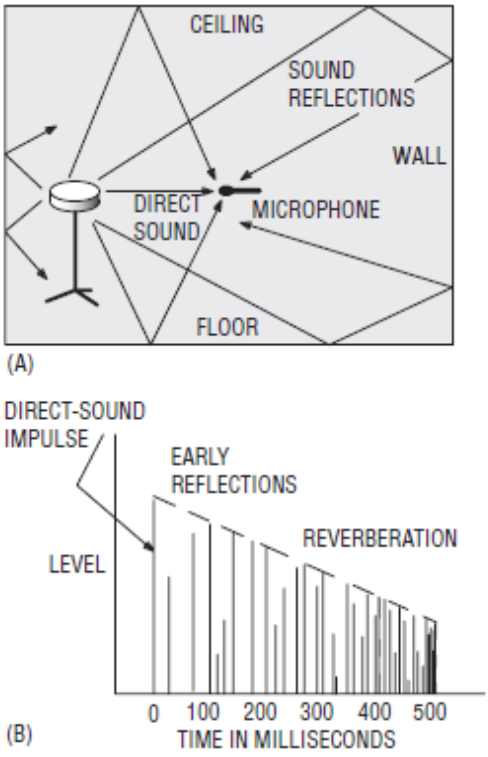
Είναι το φαινόμενο που συμβαίνει κατά το οποίο ο ήχος αλλάζει διεύθυνση όταν συναντήσει κάποιο εμπόδιο ή σχισμή. Για να κατανοήσουμε καλύτερα πως λειτουργεί το φαινόμενο αυτό αρκεί να φανταστούμε πως περνάει ο ήχος από ένα μισάνοιχτο παράθυρο, μια πόρτα ή πως παρακάμπτει ένα τοίχο ή μια γωνία ενός κτιρίου. Αποτέλεσμα της ηχοπερίθλασης είναι η δημιουργία ασαφούς “ηχητικής σκιάς” όπως συμβαίνει στους εξώστες μεγάλου βάθους σε αίθουσες συναυλιών όπου ακούγονται μόνο οι χαμηλές συχνότητες επειδή κάτω από τα 250Hz δεν συμβαίνει το φαινόμενο της ηχοπερίθλασης.



Σχήμα 1.12: *Το φαινόμενο της περίθλασης σε εμπόδια : (a),(b) και ανοίγματα: (c),(d).*

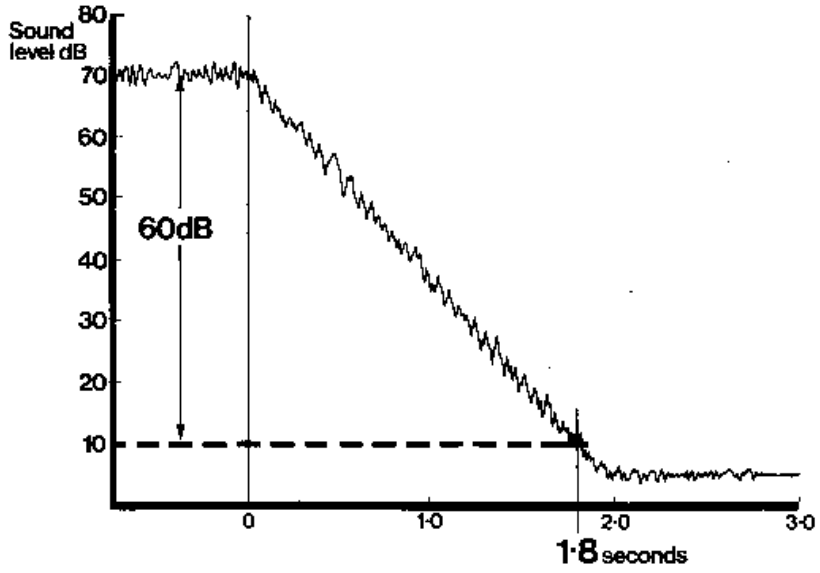
1.2.1.5 Αντήχηση

Κατά την εκπομπή μιας ηχητικής πηγής εντός κλειστού χώρου, οι ανακλάσεις που συμβαίνουν από τις επιφάνειες και τα αντικείμενα που υπάρχουν σε αυτόν δημιουργούν μια αύξηση ενέργειας στο χώρο. Αν διακοπεί η εκπομπή της πηγής, αυτή η ενέργεια δεν μηδενίζεται απότομα αλλά διαρκεί μέχρι να σταματήσουν προοδευτικά οι εκατοντάδες ανακλάσεις που υπάρχουν στο χώρο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντήχηση και παίζει καθοριστικό λόγο στην ένταση και στην ποιότητα του ήχου που ακούει ο παρατηρητής. Οι πολλαπλές ανακλάσεις που δημιουργούν την αντήχηση όπως προαναφέραμε είναι είδωλα του πρωτογενές ήχου με κάποια καθυστέρηση χρόνου που εξαρτάται από το μέγεθος του χώρου και την διαδρομή που καλούνται να πραγματοποιήσουν πριν φτάσουν στον παρατηρητή. Αξίζει να αναφέρουμε ότι το συχνοτικό περιεχόμενο των ειδώλων (ανακλάσεων) μεταβάλλεται από αυτό του πρωτογενές ήχου και αυτό οφείλεται σε χαρακτηριστικά των ανακλαστικών επιφανειών (αντικειμένων), όπως το μέγεθος, το σχήμα, την γωνία πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος σε αυτούς, όπως επίσης και στους συντελεστές απορρόφησης του κάθε αντικειμένου που είναι συχνοτικά εξαρτώμενος. Επίσης μεγάλη σημασία στη χροιά του ήχου που δίνει η αντήχηση στο χώρο είναι οι πρώτες ανακλάσεις οι οποίες είναι και οι πιο σημαντικές στο να αποδώσουμε το πώς συμπεριφέρεται ο χώρος.



Σχήμα 1.13: *(A) πολλαπλές ανακλάσεις δημιουργούν αντήχηση ; (B) σχέση έντασης - χρόνου απευθείας ήχου, πρώτων ανακλάσεων και αντήχησης.*

Χρόνος αντήχησης RT_{60} ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται μετά τη διακοπή εκπομπής μιας ηχητικής πηγής ώστε η στάθμη του ήχου σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60 dB.



Σχήμα 1.14: *Διάγραμμα αναπαράστασης χρόνου αντήχησης (RT60).*

Χρησιμοποιούνται διάφορες εξισώσεις για τον υπολογισμό του χρόνου αντήχησης RT_{60} . Ο καθένας αποδεικνύεται καταλληλότερος για διαφορετικές ακουστικές συνθήκες.

1. *<u>Εξίσωση του Sabine:</u>*

$$RT_{60} = \frac{0.161\mathrm{V}}{A} \qquad \textbf{(1.11)}$$

Όπου V= όγκος της αίθουσας σε m^2

A= η συνολική απορρόφηση του χώρου που ισούται με το άθροισμα των επιφανειών του χώρου (S) επί τον συντελεστή απορρόφησης κάθε επιφάνειας (α): $A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + ... + \alpha_n S_n$ ***(1.12)***

Η εξίσωση του Sabine ισχύει ικανοποιητικά για μικρούς χώρους που οι επιφάνειες τους έχουν παρόμοιους συντελεστές απορρόφησης.

2. *Εξίσωση του Norris-Eyring:*

$$RT_{60}=\frac{0.161\mathrm{V}}{Sln(\frac{1}{1-a})} \qquad \textbf{(1.13)}$$

Όπου a= ο μέσος συντελεστής απορρόφησης: $a=\frac{S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+.....+\alpha_nS_n}{S}$ **(1.14)**

S= η συνολική επιφάνεια του χώρου: $S=S_1+S_2+.....+S_n$ **(1.15)**

Η εξίσωση αυτή ισχύει ικανοποιητικά για κλειστούς χώρους όταν ο συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών είναι ίδια.

Για πολύ μεγάλους χώρους όπως εκκλησίες, θέατρα, κ.α. Ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$RT_{60}=\frac{0.161\mathrm{V}}{Sln(\frac{1}{1-a})+4\mathrm{mV}} \qquad \textbf{(1.16)}$$

Όπου m= ο συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας που η τιμή του εξαρτάται από την υγρασία και τη συχνότητα.

V= ο όγκος του χώρου

3. *Εξίσωση του Fitzroy:*

$$RT_{60}=\frac{0.049\mathrm{V}}{S^2}(\frac{2(XY)}{\bar{a}_{xy}}+\frac{2(XZ)}{\bar{a}_{xz}}+\frac{2(YZ)}{\bar{a}_{yz}}) \qquad \textbf{(1.17)}$$

Όπου

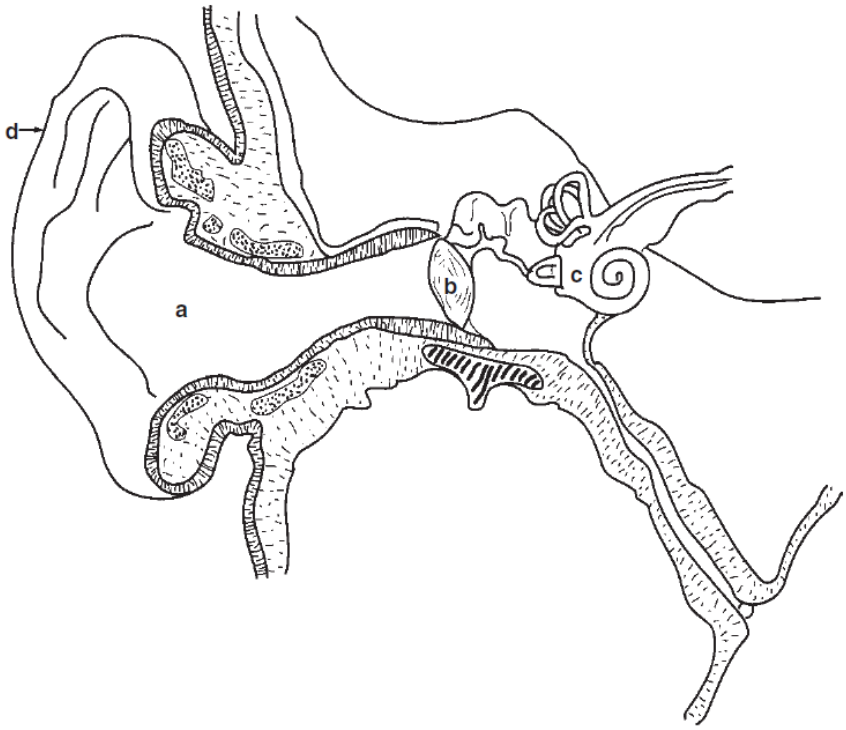
$\bar{a}_{xy}$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xy

$\bar{a}_{xz}$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xz

$\bar{a}_{yz}$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών yz

Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται για χώρους που στις επιφάνειες τους υπάρχουν έντονες διαφορές συντελεστών απορρόφησης και είναι εφαρμόσιμη στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις.

1.2.2 Το αυτί



a. Έξω ους

b. Τύμπανο

c. Κοχλίας

d. Πτερύγιο

Σχήμα 1.15: *Εικόνα που δείχνει το εσωτερικό, το μεσαίο και το εσωτερικό του ανθρώπινου αυτιού .*

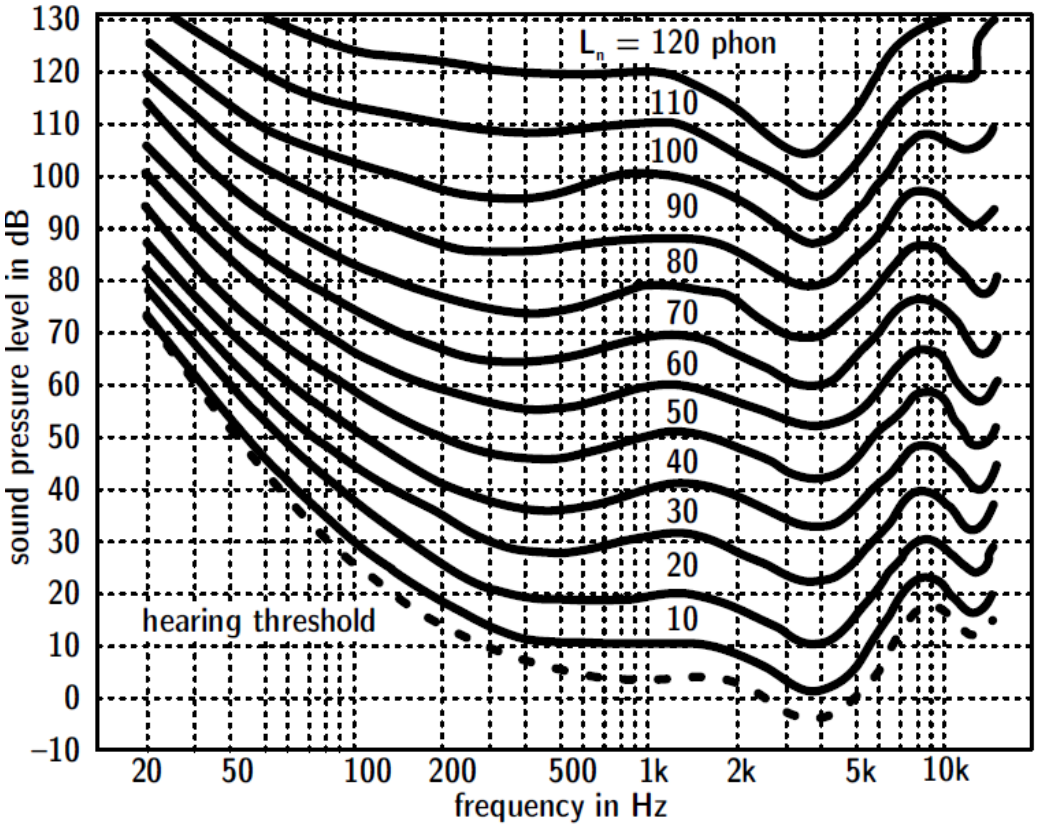
Όταν μια ηχητική πηγή παράγει ηχητικά κύματα, αυτά πυκνώνουν και αραιώνουν τα μόρια αέρα που βρίσκονται μεταξύ ηχητικής πηγή και ακροατή. Αυτές οι διακυμάνσεις ατμοσφαιρικής πίεσης αντιλαμβάνονται από τον πολύ ευαίσθητο μετατροπέα που ονομάζεται αυτί. Τα ηχητικά κύματα που φθάνουν στον ακροατή, συλλέγονται στο κανάλι του αυτιού, από τον δρόμο του εξωτερικού πτερυγίου του αυτιού και μετά κατευθύνονται στο τύμπανο του αυτιού. Τα ηχητικά κύματα μετατρέπονται σε μηχανικές δονήσεις και μεταφέρονται στο εσωτερικό αυτί με τη βοήθεια τριών οστών τα οποία ονομάζονται “σφυρί” ,”άκμων” και “αναβολεύς”. Οι δονήσεις μετά τροφοδοτούνται στο εσωτερικό αυτί, στον κοχλία. Ο κοχλίας είναι ένα σωληνοειδές όργανο σε σχήμα σαλιγκαριού που περιέχει δύο υγρούς θαλάμους. Μέσα σε αυτούς τους θαλάμους υπάρχουν “μικροσκοπικά τριχίδια” τα οποία βρίσκονται κατά μήκος του κοχλία. Οι δονήσεις μεταφέρονται σε αυτά τα “τριχίδια” τα οποία ανταποκρίνονται σε ορισμένες συχνότητες ανάλογα με τη θέση τους κατά μήκος του οργάνου, με αποτέλεσμα τη μεταφορά νευρικών ωθήσεων στον εγκέφαλο και την αντίληψη της ακοής.

1.2.3 Ψυχοακουστική

Η επιστήμη της Ψυχοακουστικής ασχολείται με το πώς το αισθητήριο όργανο της ακοής του ανθρώπου αντιλαμβάνεται τον ήχο και τα χαρακτηριστικά του.

1.2.3.1 Αντίληψη της έντασης

Ο όρος που χρησιμοποιείται στην Ψυχοακουστική για να εκφράσει το μέγεθος της έντασης της Ακουστικής είναι η ακουστότητα (Loudness) και είναι εξαρτώμενη από τη συχνότητα του ήχου. Μονάδα μέτρησης της ακουστότητας είναι το phon, το οποίο ταυτίζεται με την ένταση σε dBspl ενός τόνου 1kHz από τις καμπύλες ίσης ακουστότητας που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα. Κάθε καμπύλη ανήκει σε μια τιμή phons και αν τις φανταστούμε ανάποδα είναι σαν να βλέπουμε ένα σύνολο από καμπύλες συχνοτικής απόκρισης για την ακοή μας σε διαφορετικές τιμές έντασης (dBspl). Βλέποντας τες συνειδητοποιούμε ότι το ανθρώπινο αυτί είναι πολύ ευαίσθητο στην μεσαία περιοχή συχνοτήτων με κυριότερη την περιοχή των 4kHz, η ευαισθησία πέφτει κάπως στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων και περισσότερο σε εκείνη των χαμηλών. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι πιο έντονο για χαμηλές εντάσεις (λίγα phons) ενώ όσο δυναμώνει η ένταση οι καμπύλες ίσης ακουστότητας γίνονται πιο επίπεδες.



Σχήμα 1.16: *Καμπύλες ίσης ακουστότητας Fletcher-Munson*

1.2.3.2 Αντίληψη της συχνότητας

Το εύρος των συχνοτήτων που ερεθίζουν το ανθρώπινο αυτί είναι από 20Hz – 20000Hz. Η μεταβολή της συχνότητας του ήχου για τον άνθρωπο είναι λογαριθμική και την αντιλαμβάνεται σαν αλλαγή ύψους, δηλαδή μεταπήδηση σε υψηλότερο τόνο (pitch). Ένα χαρακτηριστικό που πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη σημασία είναι η διακριτική ικανότητα. Αυτό σημαίνει το πόσα Hz διαφορά πρέπει να έχουν το ελάχιστο δύο συχνότητες για να τις ξεχωρίζει το αυτί μας.

1.2.3.3 Φαινόμενο Απόκρυψης (Masking Effect)

Το φαινόμενο της απόκρυψης (masking) είναι το φαινόμενο όταν δυνατά σήματα εμποδίζουν το αυτί να ακούει άλλα χαμηλότερα που ηχούν την ίδια χρονική στιγμή. Το παραπάνω φαινόμενο είναι πιο έντονο όταν η συχνότητα του ήχου και η συχνότητα του θορύβου απόκρυψης είναι κοντά η μια στην άλλη. Επίσης είναι δυνατόν μια δυνατή σε ένταση αρμονική για παράδειγμα 2000 Hz από έναν ήχο με συχνότητα ταλάντωσης 1000 Hz να αποκρύψει ένα χαμηλό σε ένταση ήχο με συχνότητα ταλάντωσης 1900 Hz.

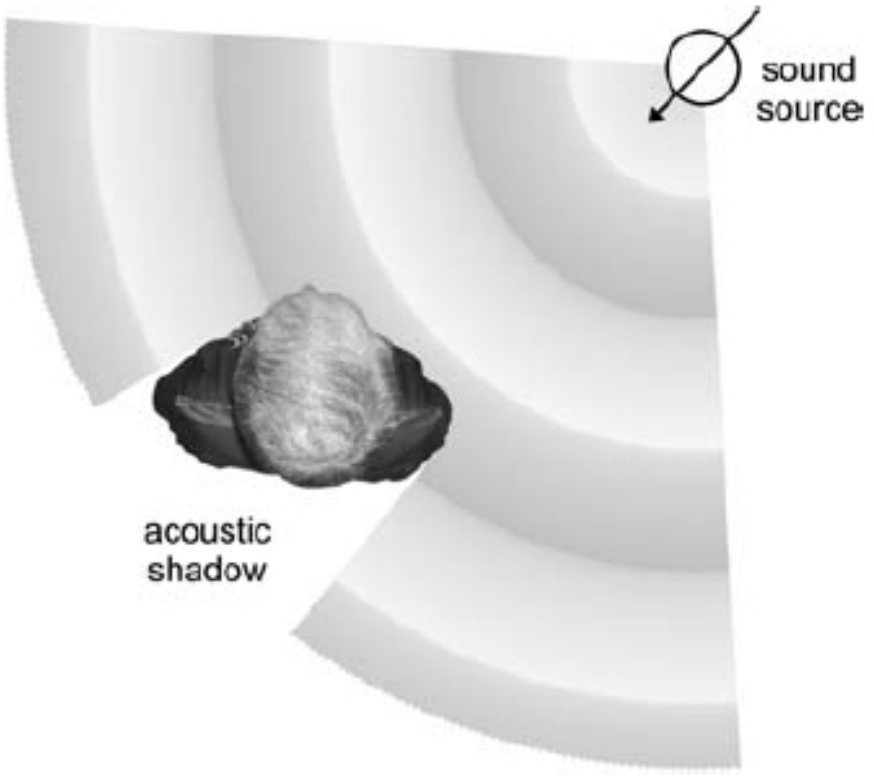
1.2.3.4 Αντίληψη της θέσης του ήχου

Παρόλο με το ένα μόνο αυτί δεν μπορούμε να διακρίνουμε την κατεύθυνση της προέλευσης του ήχου, με τα δύο αυτιά μπορούμε. Αυτή η ικανότητα εντοπισμού της θέσης μιας πηγής μέσα σε ένα ηχητικό χώρο ονομάζεται χωρικός εντοπισμός "***spatial*** ή ***Binaural localization***". Το φαινόμενο αυτό είναι το αποτέλεσμα τριών ακουστικών μεθόδων που εκτελούνται από τα αυτιά:

- Διαφορές ένταση (interaural level difference, ***ILD***)
- Διαφορές χρόνου άφιξης (interaural time difference, ***ITD***)
- Τα αποτελέσματα των πτερυγίων των αυτιών (εξωτερικό αυτί)

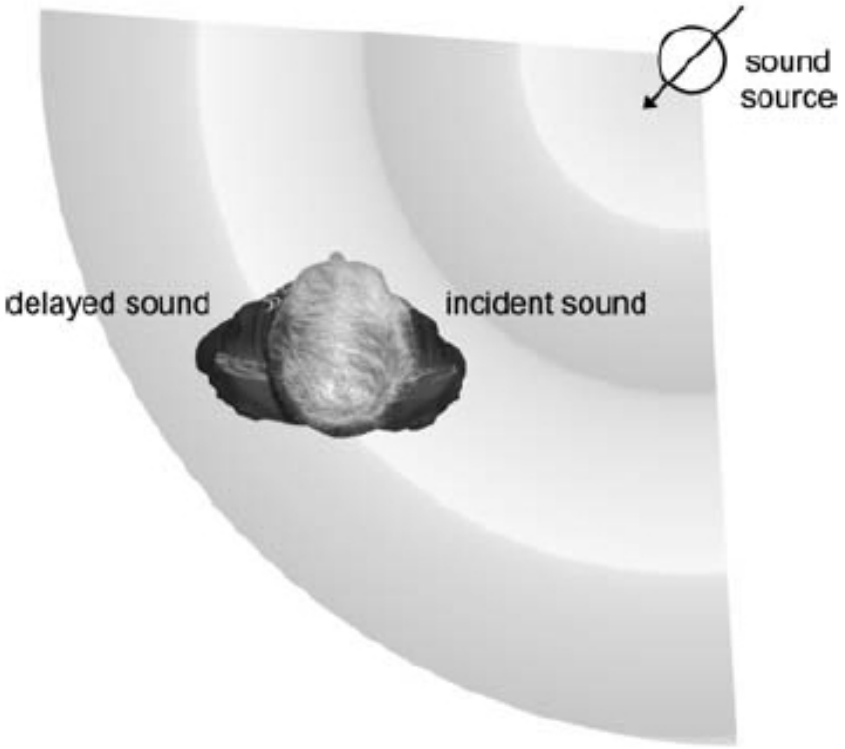
Μεσαίας με υψηλής συχνότητας ήχοι που καταφθάνουν από τη δεξιά πλευρά θα φθάσουν στο δεξί αυτί με υψηλότερο επίπεδο έντασης από ότι στο αριστερό αυτί, προκαλώντας interaural διαφορά έντασης "*ILD*". Αυτή η διαφορά προκύπτει επειδή το κεφάλι λειτουργεί σαν μια ακουστική σκιά που επιτρέπει μόνο ήχους που ανακλώνται από τις γύρω επιφάνειες να καταλήξουν στο αντίθετο αυτί (Σχήμα 1.17). Σε αυτές τις περιπτώσεις ο ήχος επειδή ανακλάται, ταξιδεύει μεγαλύτερη διαδρομή και χάνει την ενέργεια σε κάθε ανάκλαση που

πραγματοποιεί. Στο παράδειγμά μας η ένταση του ήχου που αντιλαμβάνεται το αριστερό αυτί μειώνεται σημαντικά, με αποτέλεσμα της αίσθησης ότι το σήμα ότι προέρχεται από τη δεξιά πλευρά.



Σχήμα 1.17: *Το κεφάλι λειτουργεί σαν ακουστική σκιά βοηθώντας έτσι τον εντοπισμό θέσης προέλευσης για ήχους μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων.*

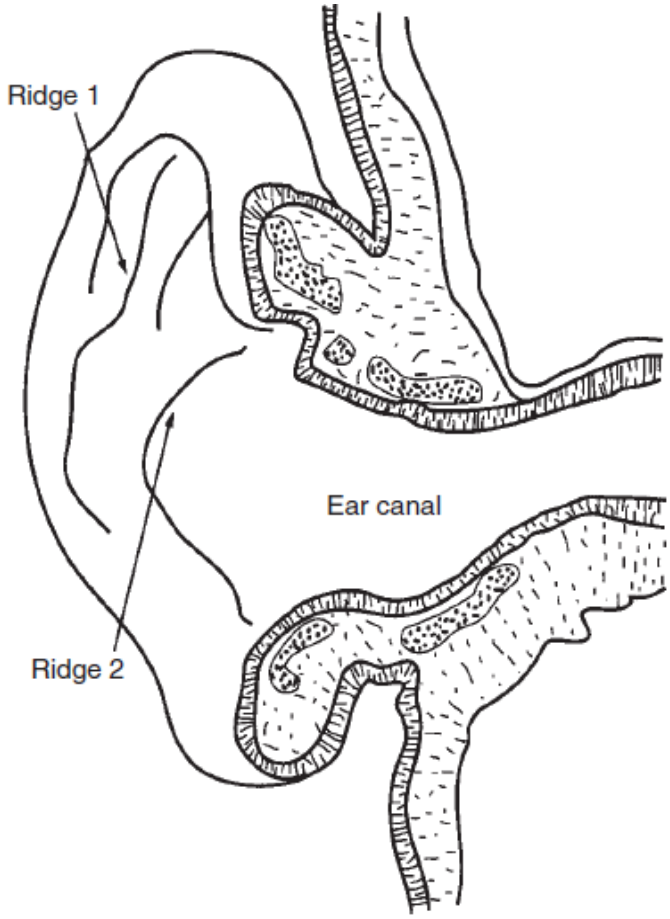
Το παραπάνω φαινόμενο είναι αδύνατο να συμβεί σε ήχους χαμηλότερων συχνοτήτων όπου τα μήκη κύματος είναι πολύ μεγαλύτερα σε σύγκριση με τη διάμετρο του κεφαλιού του, επιτρέποντας έτσι το κύμα να κάμπτεται εύκολα γύρω από την ακουστική σκιά του.
Για το λόγο αυτό μια διαφορετική μέθοδο εντοπισμού (γνωστή ως interaural διαφορά χρόνου άφιξης, "*ITD"*) χρησιμοποιείται για ήχους χαμηλότερων συχνοτήτων (Σχήμα 1.18). Στο Σχήμα 1.17 και 1.18, προκύπτουν μικρές χρονικές διαφορές επειδή το μήκος της ακουστικής διαδρομής για το αριστερό αυτί είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τη διαδρομή για το δεξί αυτί. Η ηχητική πίεση φτάνει στο αριστερό αυτί σε μεταγενέστερο χρόνο από ότι στο δεξί.
Αυτή η μέθοδος εντοπισμού "*ITD"* σε συνδυασμό με την "I*LD"* συμβάλλουν στο να αντιληφθούμε τον χωρικό εντοπισμό για ήχους όλου το φάσματος συχνοτήτων.



Σχήμα 1.18: *Interaural διαφορά χρόνου άφιξης για ήχους χαμηλών συχνοτήτων.*

Η ένταση και οι χρονικές καθυστερήσεις μας επιτρέπουν να αντιληφθούμε την κατεύθυνση της προέλευσης του ήχου, αλλά όχι το αν ο ήχος προέρχεται από μπροστά, πίσω ή κάτω. Το πτερύγιο (Σχήμα 1.19) χρησιμοποιεί δύο ράχες που αντανακλούν τον ήχο μέσα στο εσωτερικό αυτί. Αυτές οι ράχες παράγουν μικρές καθυστερήσεις μεταξύ του χρόνου του απευθείας ήχου που φθάνει στην είσοδο του εσωτερικού αυτιού και του ήχου που αντανακλάται από τις ράχες. Η καθυστερήσεις αυτές εξαρτώνται από την θέση προέλευσης του ήχου. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι για ήχους που προέρχονται από θέσεις με κλίση μεγαλύτερη από 130° από το μπροστινό μέρος του ανθρώπινου προσώπου, το πτερύγιο αντανακλά τους ήχους με καθυστέρηση από 0 έως 80 μ sec, κάνοντας έτσι δυνατό τον εντοπισμό για ήχους που προέρχονται από πίσω μας. Η ράχη 2 που φαίνεται στο Σχήμα 1.19, αντανακλά τον ήχο που λαμβάνει στο εσωτερικό αυτί με καθυστερήσεις από 100 μέχρι και 330 μ sec, γεγονός που μας βοηθά να εντοπίσουμε ηχητικές πηγές στον κάθετο άξονα. Ο απευθείας ήχος που φθάνει στο εσωτερικό αυτί σε συνδυασμό με τις καθυστερημένες αντανακλάσεις από της ράχες του πτερυγίου παράγουν ένα αποτέλεσμα με κάποιο “χρωματισμό” στο συχνοτικό του περιεχόμενο σε σχέση με αυτό του αρχικού σήματος. Αυτό μπορεί

να αναλυθεί από τον ανθρώπινο εγκέφαλο και ανάλογα με τους “χρωματισμούς” , με τη σειρά του μπορεί να εντοπίσει τη θέση της ηχητικής πηγής.



Σ***χήμα 1.19:*** *Το πτερύγιο και οι αντανακλαστικές ράχες του που δίνουν πληροφορίες για τον κάθετο άξονα για τον εντοπισμό της θέσης προέλευσης της πηγής.*

1.3 Ηλεκτροακουστικές συσκευές

Η αναπαράσταση ηλεκτρικού ρεύματος μιας συσκευής που μετατρέπει τον ήχο σε ηλεκτρικό ρεύμα διατηρώντας ίδιο συχνοτικό περιεχόμενο και την ίδια ένταση ονομάζεται σήμα. Αυτή και η συσκευή που μετατρέπει την ηχητική σε άλλη μορφή ενέργειας ονομάζεται μετατροπέας.

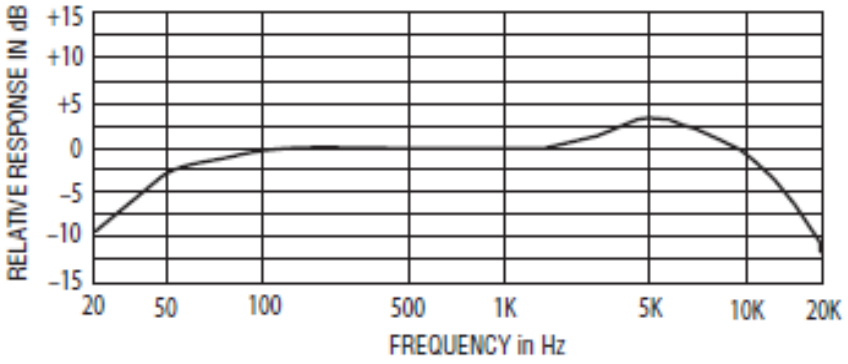
1.3.1 Μετατροπείς

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή αυτής της εργασίας μετατροπείς είναι όλες οι συσκευές που μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε κάποια άλλη. Όταν ένα σήμα περνάει μέσα από μια τέτοια συσκευή, το σήμα μπορεί να “αλλοιωθεί” από την συγκεκριμένη συσκευή. Η αλλοίωση μπορεί να είναι διαφοροποίηση τις έντασης κάποιων συχνοτήτων στο φάσμα του σήματος ή και ακόμη προσθήκη ήχων που δεν υπήρχαν στο αρχικό σήμα. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά τέτοιων συσκευών έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα τα μικρόφωνα που είναι η ομάδα μετατροπέων που θα μας απασχολήσει στη συνέχεια.

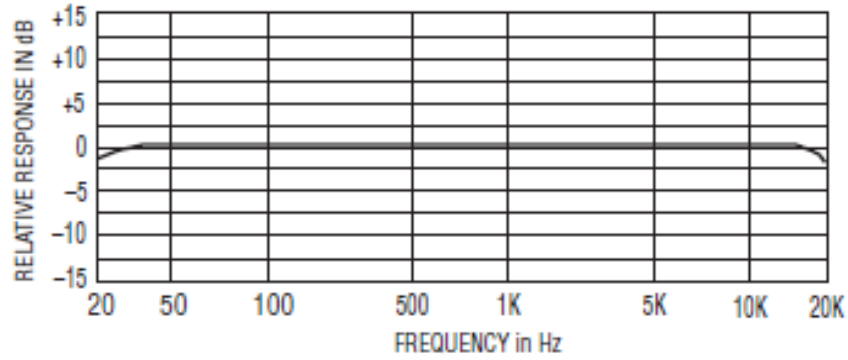
1.3.2 Συχνοτική απόκριση

Η συχνοτική απόκριση μιας συσκευής (ηλεκτροακουστικής) είναι η ακουστική συμπεριφορά της συσκευής στο σήμα που διαρρέεται μέσα από αυτήν και εκφράζεται με ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την έξοδο μιας συσκευής όταν αυτή τροφοδοτείται με ένα σήμα ίδιας έντασης που “σαρώνει” (sweeping tone) όλο το ακουστικό συχνοτικό εύρος 20 – 20000 Hz. Αυτό το γράφημα μας δίνει πληροφορίες για το πώς συμπεριφέρεται η συσκευή στο ακουστικό φάσμα και τι “επιρροή” μπορεί να έχει στο συχνοτικό περιεχόμενο ενός σήματος που εισέρχεται σε αυτήν (Σχήμα 1.20).

Στην περίπτωση που οι στάθμες του σήματος εξόδου της συσκευής έχουν την ίδια ακριβώς στάθμη έντασης για όλο το συχνοτικό εύρος, τότε το γράφημα είναι μια οριζόντια ευθεία και λέγεται “flat” συχνοτική απόκριση (Σχήμα 1.21). Οι περισσότερες συσκευές δεν έχουν “flat” συχνοτική απόκριση στο ακουστικό φάσμα (20 – 20000 Hz), αλλά έχουν ένα περιορισμένο εύρος συχνοτήτων το οποίο μπορούν να αναπαράγουν σε μια σταθερή στάθμη έντασης με μια μικρή απόκλιση πχ. 3 dB. Συνειδητοποιούμε έτσι ότι όσο μικρότερη η απόκλιση στάθμης της συχνοτικής απόκρισης μιας συσκευής σε dB τόσο πλησιάζει στη “flat” συχνοτική απόκριση.



Σχήμα 1.20: *Παράδειγμα συχνοτικής απόκρισης συσκευής.*



Σχήμα 1.21: *"Flat" συχνοτική απόκριση συσκευής.*

1.3.3 Σύνθετη αντίσταση

Η σύνθετη αντίσταση εκφράζει το πόσο μια συσκευή αντιστέκεται στη ροή ενός εναλλασσόμενου "AC" σήματος, όπως για παράδειγμά ο ήχος και μετριέται σε ohms "Ω". Όταν αναφερόμαστε σε μικρόφωνα όπως στη συγκεκριμένη εργασία, μια χαμηλή σύνθετη αντίσταση είναι μικρότερη από 600Ω, μια μέτρια μεταξύ των τιμών 600 – 10000Ω και μια υψηλή σύνθετη αντίσταση είναι μεγαλύτερη από 10000Ω. Στις αρχές του 20ου αιώνα ήταν σημαντικό να ταιριάξουν τις σύνθετες αντιστάσεις δυο ή περισσοτέρων συσκευών ήχου που ήταν συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η Bell Laboratories είχε ανακαλύψει ότι για να επιτευχθεί μεγαλύτερη μεταφορά ενέργειας μεταξύ τηλεφωνικών κυκλωμάτων μεγάλων αποστάσεων οι σύνθετες αντιστάσεις των διαφόρων συσκευών θα έπρεπε να ταυτιστούν, έτσι μειωνόταν και η ανάγκη για ενισχυτές σήματος τύπου λυχνίας που ήταν ακριβοί, ευαίσθητοι και προκαλούσαν θερμότητα. Όταν ανακαλύφθηκε το transistor, το οποίο ήταν φθηνό και μικρό, μπορούσε να καταφέρει πιο αποτελεσματικά μέγιστη μεταφορά σήματος, από μέγιστη μεταφορά ενέργειας. Για την μέγιστη μεταφορά

σήματος, η συσκευή “προορισμός” πρέπει να έχει σύνθετη αντίσταση το λιγότερο δέκα φορές μεγαλύτερη από αυτή της συσκευής που στέλνει το σήμα “πηγή” και αυτό ονομάζεται γεφύρωση “bridging” των συσκευών ήχου. Η ταύτιση σύνθετων αντιστάσεων σε σύγχρονες συσκευές ήχου μπορεί να προκαλέσει ακόμη και απώλεια ηχητικής απόδοσης. Μερικές κονσόλες – μίκτες διαθέτουν εισόδους χαμηλής σύνθετης αντίστασης “low impedance ή Low Z” που είναι μεταξύ 1000 – 2000Ω και χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση μικροφώνων μικρής σύνθετης αντίστασης. Ένα μικρόφωνο χαμηλής σύνθετης αντίστασης μπορεί να συνδεθεί και σε είσοδο μεγαλύτερης σύνθετης αντίστασης αλλά υπάρχει η περίπτωση το συγκεκριμένο μικρόφωνο να μην έχει την απαραίτητη δύναμη σήματος να οδηγήσει την είσοδο της κονσόλας. Για αυτό το λόγο πάντα συγκρίνουμε την στάθμη εξόδου του μικροφώνου με την απαραίτητη στάθμη εισόδου της κονσόλας. Τέλος όταν ένα μικρόφωνο με μεγάλη σύνθετη αντίσταση συνδεθεί σε είσοδο κονσόλας μικρότερης σύνθετης αντίστασης, θα έχουμε μια απώλεια μικροφωνικού σήματος σε dB που εκφράζεται από τη σχέση:

$$LoadLoss = 20 * \log\left(\frac{R_{load}}{R_{load} + R_{source}}\right) \qquad \textbf{(1.18)}$$

Όπου R_{source}= η σύνθετη αντίσταση του μικροφώνου.

R_{load} = η σύνθετη αντίσταση εισόδου της κονσόλας.

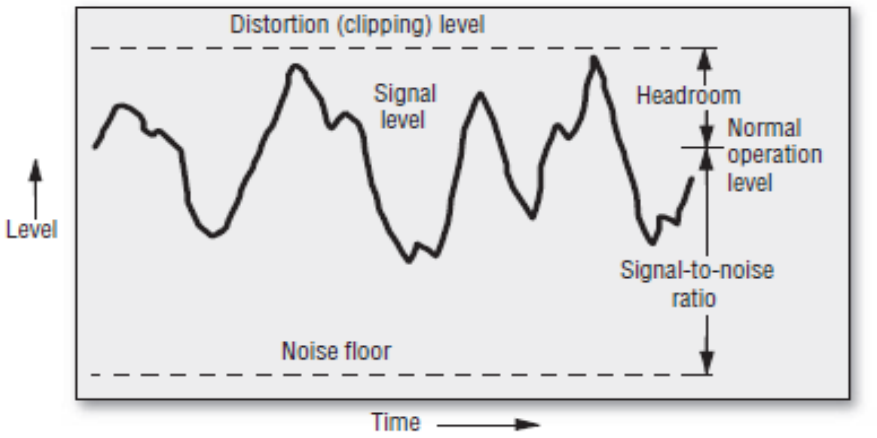
1.3.4 Χαρακτηριστικά συσκευών ήχου

• *Θόρυβος:* Κάθε ηχητική συσκευή παράγει θόρυβο ο οποίος δεν είναι επιθυμητός στις ηχογραφήσεις. Ο συγκεκριμένος θόρυβος μπορεί να γίνει λιγότερο ακουστός κρατώντας τη στάθμη σήματος σχετικά σε υψηλά επίπεδα έντασης. Αν το σήμα σε ένα ηχητικό μηχάνημα είναι πολύ χαμηλό , ανεβάζοντας την ένταση ακρόασης σε ένα μηχάνημα αναπαραγωγής ώστε να ακούσουμε το σήμα, ανεβάζουμε και την ένταση του θορύβου που προσδίδει η συγκεκριμένη συσκευή στο σήμα. Ο θόρυβος αυτός εξαρτάται από την ποιότητα κατασκευής και σχεδιασμού της εν λόγω συσκευής.

- *Λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal to Noise Ratio, S/N):* Η διαφορά στάθμης σε dB ανάμεσα στη μέγιστη στάθμη σήματος και στη στάθμη του θορύβου (noise floor) ονομάζεται λόγος σήματος προς θόρυβο. Όσο πιο ψηλά είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο τόσο καθαρότερο ήχο έχουμε. Μια αναλογία σήματος προς θόρυβο 50dB είναι μέτρια, 60dB είναι σχετικά καλή, ενώ 70dB και πάνω είναι εξαιρετική.

- *Παραμόρφωση (distortion):* Αν η στάθμη του σήματος είναι αρκετά υψηλή τότε εμφανίζεται η παραμόρφωση. Πολλές φορές καλείτε και ψαλίδισμα (clipping), εξαιτίας του ότι οι κορυφές και οι βάσεις της κυματομορφής ψαλιδίζονται το οποίο δίνει ένα τρίξιμο στο σήμα.

- *Άριστη στάθμη σήματος (optimum signal level):* Θέλουμε η στάθμη σήματος να είναι αρκετά υψηλή για να καλύψουμε τον θόρυβο αλλά και χαμηλή έτσι ώστε να μην παραμορφώνει το σήμα. Κάθε ηχητική συσκευή δουλεύει καλύτερα σε μια κρίσιμη άριστη στάθμη σήματος και αυτή συνήθως συμβολίζεται με το “O” στους μετρητές ένδειξης.



Σχήμα 1.22*: Διάγραμμα αναπαράστασης της στάθμης σήματος μιας συσκευής.*

- *Περιθώριο εντάσεων (Headroom)*: Η διαφορά στάθμης σε dB μεταξύ της βέλτιστης στάθμης του σήματος και της στάθμης της παραμόρφωσης (ανώτατη τιμή στάθμης λειτουργίας) μιας συσκευής καλείται περιθώριο εντάσεων “headroom”. Όσο μεγαλύτερο είναι το περιθώριο εντάσεων, τόσο μεγαλύτερη στάθμη σήματος μπορεί να δεχθεί το μηχάνημα χωρίς παραμόρφωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: *Μικρόφωνα*

Το μικρόφωνο είναι το βασικότερο εργαλείο στο χώρο της ηχοληψίας και η πρώτη συσκευή που συναντάται στην αλυσίδα ηχογράφησης. Είναι ένας μετατροπέας που μετατρέπει μια μορφή ενέργειας (ηχητική) σε μια άλλη αντίστοιχη μορφή ενέργειας (ηλεκτρική). Εξωτερικοί παράγοντες (τοποθέτηση στην ηχητική πηγή, αποστάσεις από αυτήν, ποιότητα ηχητικής πηγής και η ακουστική χώρου) σε συνδυασμό με σχεδιαστικούς παράγοντες που διέπουν την τεχνολογία μικροφώνων (τύπος μικροφώνου, ακουστικά χαρακτηριστικά και η ποιότητα κατασκευής τους), είναι τα χαρακτηριστικά στοιχεία που συμβάλλουν για την οριστική ποιότητα του ήχου κατά την ηχογράφηση. Οι επαγγελματικές απαιτήσεις στην σύγχρονη μουσική τεχνολογία έχουν διαμορφώσει μια ποικιλία μικροφώνων που χρησιμοποιεί ο ηχολήπτης συνδυάζοντας το καλλιτεχνικό του ταλέντο και την γνώση του για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών για να λάβει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα από μια ηχητική πηγή ανάλογα με την εφαρμογή που καλείται να φέρει εις πέρας. Μουσικές παραγωγές που έμειναν χαραγμένες σαν επιτυχίες στην παγκόσμια δισκογραφία ηχογραφήθηκαν από επαγγελματίες που χρησιμοποίησαν με σύνεση όλα τα παραπάνω συστατικά.

2.1 Κατηγορίες Μικροφώνων

Τα μικρόφωνα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με διάφορα κριτήρια σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας τους.

2.1.1 Παθητικοί μετατροπείς

Μετατρέπουν την ακουστική ενέργεια κατευθείαν σε ηλεκτρική (και το αντίθετο) χωρίς την ανάγκη εξωτερικής τροφοδοσίας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα δυναμικά, μαγνητικά και πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα, όπως επίσης και τα πυκνωτικά που χρησιμοποιούν πόλωση σταθερού φορτίου “**dc**”.

2.1.2 Ενεργοί μετατροπείς

Μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια από μια εξωτερική πηγή ταυτόχρονα με τις ηχητικές δονήσεις που λαμβάνουν. Τη συγκεκριμένη αρχή χρησιμοποιούν τα μικρόφωνα άνθρακα “**carbon**” και τα πυκνωτικά – “**RF**” μικρόφωνα.

Τα μικρόφωνα τα οποία λειτουργούν ως ελεγχόμενης-μετατόπισης μετατροπείς δημιουργούν μια τάση εξόδου η οποία είναι ανάλογη της μετατόπιση του διαφράγματος τους. Αυτό συμβαίνει σε όλα τα πυκνωτικά και πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα. Παρομοίως το μέγεθος της ωμικής αντίστασης των μικροφώνων άνθρακα εναλλάσσεται αναλόγως με τη μετατόπιση του διαφράγματος.

2.1.3 Μετατροπείς ταχύτητας

Είναι ένας όρος που αναφέρεται σε όλα τα μαγνητικά μικρόφωνα που λειτουργούν βάσει του νόμου της επαγωγής. Η διαφορά δυναμικού τους είναι ανάλογη όχι με την ένταση αλλά με την ταχύτητα της μετατόπισης του διαφράγματος. Όλα τα μικρόφωνα δείχνουν μια ιδιαίτερη απόκριση όταν οι

διαστάσεις τους πλησιάζουν ή ξεπερνούν το μήκος κύματος του εισερχόμενου σε αυτά ήχο.

2.2 Αρχή Λειτουργίας

Σχεδόν όλα τα μικρόφωνα κατασκευάζονται με βάση την εφαρμογή τους:

1. ως ‘μετατροπείς πίεσης’ (μη κατευθυντικοί).
2. ως ‘μετατροπείς διαφοράς πίεσης’ (με κατευθυντικές ιδιότητες).

2.2.1 Μικρόφωνα πίεσης

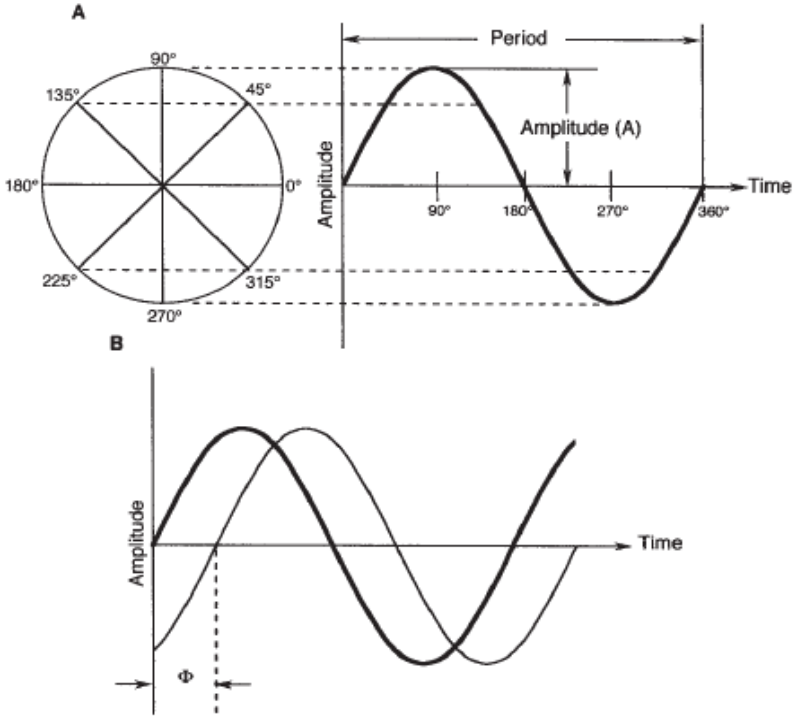
Ένα ιδανικό μικρόφωνο πίεσης ανταποκρίνεται μόνο σε ηχητική πίεση, χωρίς να σχετίζεται με την κατεύθυνση που φέρει η πηγή του ήχου. Ως εκ τούτου το μικρόφωνο λαμβάνει τον ήχο μέσω ενός ενιαίου ενεργού ανοίγματος.

Στην πραγματικότητα ένα μικρόφωνο πίεσης παρουσιάζει ορισμένη κατευθυντικότητα κατά μήκος του κεντρικού άξονα του σε μικρά μήκη κύματος, που οφείλεται κυρίως στα φαινόμενα περίθλασης.

Όπως βλέπετε στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1) καθώς το μήκος κύματος προσεγγίζει την περιφέρεια του διαφράγματος , τότε το μικρόφωνο αρχίζει να απομακρύνεται σημαντικά από μη κατευθυντικές αποκρίσεις.

Για πολλά μικρόφωνα πίεσης που χρησιμοποιούνται σε στούντιο, αυτό καθίσταται σημαντικό για συχνότητες πάνω από 8 kHz.

Τα πρώτα μικρόφωνα ήταν του τύπου πίεσης και ο πυκνωτής του μικρόφωνου πίεσης χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι και σήμερα σε ηχογραφήσεις μουσικής, καθώς και σε ενορχηστρώσεις και διάφορες άλλες εφαρμογές.



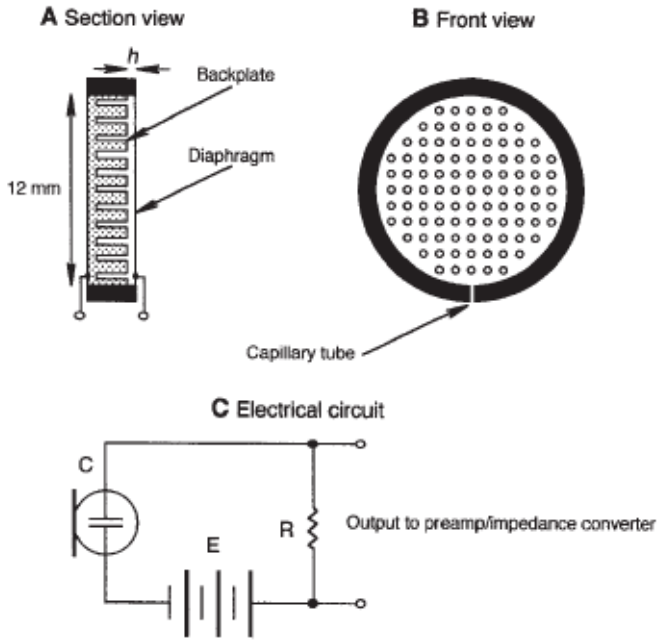
Σχήμα 2.1

2.2.1.1 Ανάλυση του πυκνωτή μικροφώνου πίεσης

Το Σχήμα 2.2 δείχνει τμήματα και τη μπροστινή άποψη από ένα σύγχρονο πυκνωτή μαζί με τα συνδεδεμένα ηλεκτρικά κυκλώματα του.

Γενικές διαστάσεις και σχετικές τιμές του σήματος για ένα τυπικό πυκνωτή είναι:

1. Η διάσταση **h** είναι περίπου 20 mm (0,0008 in).
2. Η μετατόπιση διαφράγματος αιχμής για 1 rms Pa ημιτονοειδές κύμα (94 dB LP) είναι περίπου 1x 10^{-8} m.
3. Η στατική χωρητικότητα της κάψουλας είναι περίπου 35 pF.
4. Για μια τάση συνεχούς ρεύματος πόλωσης στο διάφραγμα των 60V, το σήμα τάσης που παράγεται είναι περίπου 12Vrms .



Σχήμα 2.2: *(A) (B) (C)*

Level (dB L_P)	Peak-to-peak displacement (m)
14	10^{-12}
34	10^{-11}
54	10^{-10}
74	10^{-9}
94	10^{-8}
114	10^{-7}
134	10^{-6}

Πίνακας 2.2

Ο Πίνακας 2.2 δείχνει τη μετατόπιση στο διάφραγμα αιχμής σε συνάρτηση με την πίεση.

2.2.1.2 Φυσικά στοιχεία του πυκνωτή μικροφώνου πίεσης

Οι πολύ μικρές τρύπες στο backplate (Σχήμα 2.2.B) κατανέμονται ομοιόμορφα σε ένα ενιαίο δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της πραγματικής παλινδρομικής κίνησης του διαφράγματος, ο αέρας που παγιδεύεται προκαλεί απόσβεση της κίνησης του διαφράγματος , η οποία είναι συνήθως στο φάσμα των 8-12 kHz. Το διάφραγμα αποτελείται συνήθως από ένα λεπτό πλαστικό υλικό, συνήθως Mylar, στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένα μοριακό-λεπτό στρώμα από μέταλλο, συνήθως χρυσός (αλουμίνιο, νίκελ, τιτάνιο έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ως υλικά διαφράγματος.)

Αυτό που λειτουργεί παράλληλα με την ένταση του διαφράγματος είναι η προστιθέμενη ακαμψία που παρέχεται από τον παγιδευμένο αέρα πίσω από το διάφραγμα. Και τα δυο είναι απαραίτητα για να διατηρηθεί η υψηλή συχνότητα συντονισμού του διαφράγματος. Ένας πολύ μικρός τριχοειδής σωλήνας που συνδέει τον αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό μέρος με τον εξωτερικό, δημιουργεί διαρροή , έτσι ώστε η στατική ατμοσφαιρική πίεση να είναι ίδια και στις δύο πλευρές του διαφράγματος υπό όλες τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

2.2.1.3 Κίνηση διαφράγματος

Αν και συνήθως μιλάμε για διάφραγμα ενός πυκνωτικού μικροφώνου ως έχοντας ένα μόνο βαθμό ελευθερίας, η πραγματική κίνηση του μεγαλύτερου μέρους των συχνοτήτων του μοιάζει με ένα ιδανικό τύμπανο κεφαλής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3.A. Είναι διαισθητικά σαφέστερο και μαθηματικά απλούστερο να σκεφτούμε το διάφραγμα ως ένα άκαμπτο έμβολο. Αν λάβουμε το κέντρο του διαφράγματος ως τιμή μετατόπισης , είναι προφανές ότι τα εξωτερικά τμήματα του διαφράγματος παρουσιάζουν μικρότερο εκτόπισμα.

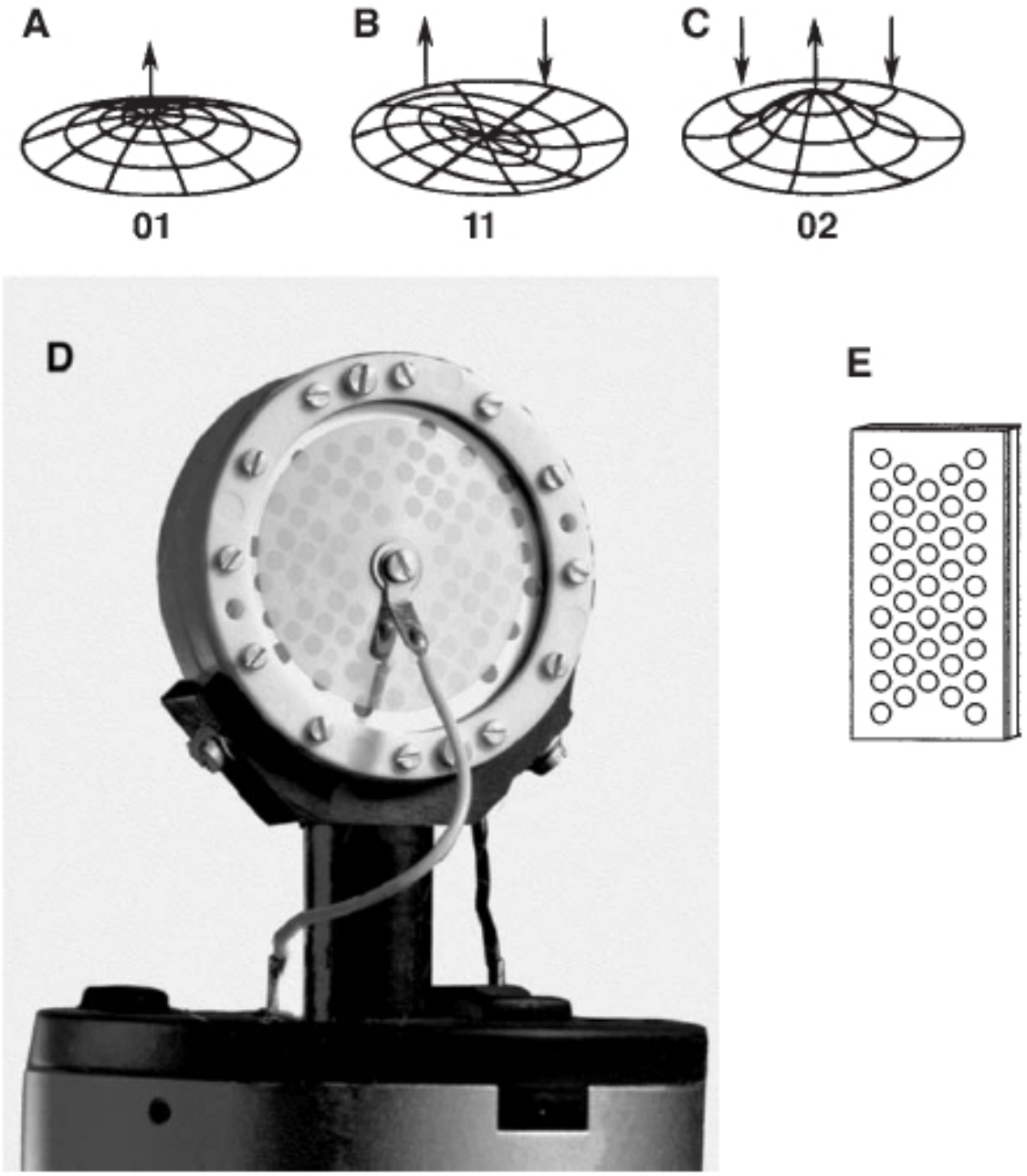
Οι Wong και Embleton (1994) δείχνουν ότι η πραγματική έκταση ενός ισοδύναμου άκαμπτου εμβόλου είναι το ένα τρίτο του πραγματικού διαφράγματος. Δεδομένου ότι η κυκλική μεμβράνη δονείται σε υψηλότερες συχνότητες, η κίνηση της δεν είναι απλή. Οι κινήσεις επηρεάζονται από ακτινικές και εφαπτόμενες μεθόδους μέσα στο διάφραγμα.

Κατά γενικό κανόνα, οι ακτινικές μορφές κίνησης κυριαρχούν μόνο πάνω από το φυσιολογικό συχνοτικό εύρος του μικροφώνου.

Το Σχήμα 2.3.D δείχνει λεπτομέρειες του Neumann διαφράγματος με το χαρακτηριστικό κέντρο και τη ρύθμιση του χείλους σύσφιξης. Προφανώς, αυτό το διάφραγμα έχει ένα εντελώς διαφορετικό σύνολο κινήσεων.

Το Σχήμα 2.3.E δείχνει ένα ορθογώνιο σε δομή διάφραγμα, με μία ακόμη δέσμη κινήσεων σε υψηλές συχνότητες.

Η Sennheiser Electronics χρησιμοποιεί μια τεχνική κατασκευής κατά την οποία επιτυγχάνεται η αποφυγή της αύξησης της έντασης του διαφράγματος έτσι ώστε να διατηρηθεί επίπεδη η συχνοτική απόκριση στις υψηλές συχνότητες. Η επίπεδη συχνοτική απόκριση επιτυγχάνεται με την ηλεκτρική ενίσχυση της εξόδου του διαφράγματος.



Σχήμα 2.3: *(A) (B) (C) (D) (E)*

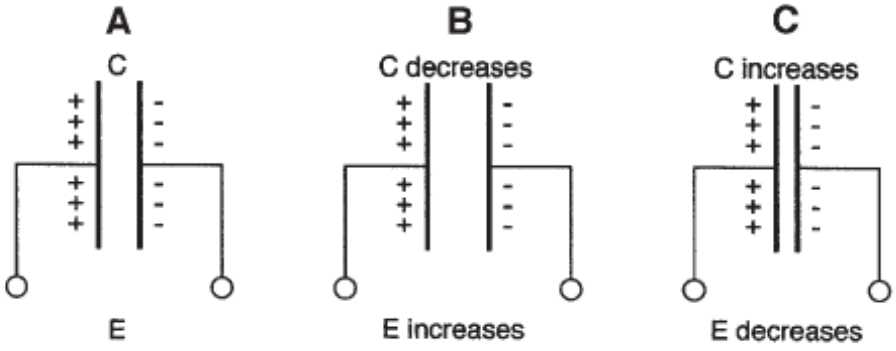
2.2.1.4 Ηλεκτρικές λεπτομέρειες του πυκνωτή μικροφώνου πίεσης

Η λειτουργία του πυκνωτικού μικροφώνου στηρίζεται στον εξής τύπο:

$$Q = CE \qquad \textbf{(2.1)}$$

όπου Q είναι το ηλεκτρικό φορτίο (coulombs) σε σχέση με τις πλάκες ενός πυκνωτή, C είναι η χωρητικότητα (farads), και E είναι η dc τάση.

Στο πυκνωτικό μικρόφωνο, το backplate και το διάφραγμα αποτελούν τις δύο πλάκες του πυκνωτή.



Σχήμα 2.4

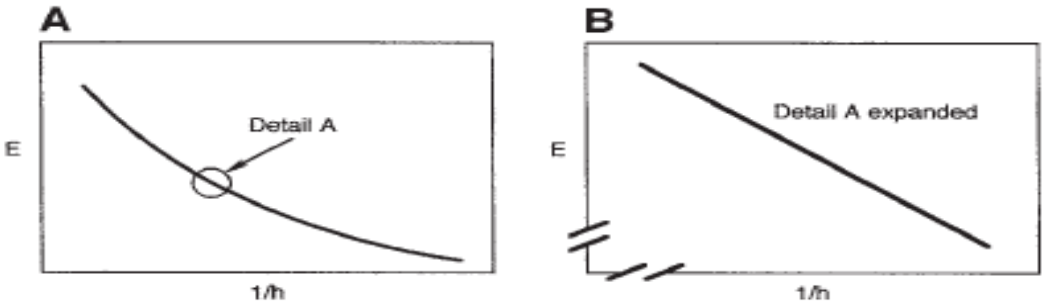
Το Σχήμα 2.4 δείχνει ένα πυκνωτή με μεταβλητή απόσταση μεταξύ των δύο πλακών. Ο πυκνωτής στο A φορτίζεται με τάση συνεχούς ρεύματος E και ένα φορτίο Q παράγεται στις πλάκες. Εάν οι πλάκες διαχωρίζονται ελαφρώς, όπως φαίνεται στο B, η χωρητικότητα μειώνεται και η φόρτιση παραμένει σταθερή, ωστόσο αυτό προκαλεί αύξηση της τάσης E .

Στη περίπτωση που οι πλάκες είναι πιο κοντά, όπως φαίνεται στο C, αυξάνεται η χωρητικότητα και μειώνεται η τάση.

Όσον αφορά την εξωτερική τροφοδοσία του πυκνωτικού μικροφώνου , η τάση τροφοδοτείται μέσω πολύ υψηλής αντίστασης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.C. Η αντίσταση διασφαλίζει ότι κατά την φόρτιση, οι διακυμάνσεις στην μετατόπιση του διαφράγματος δεν μεταβάλλουν τη φόρτιση αλλά την τάση.

Είναι σημαντικό η τιμή της τάσης πόλωσης να είναι πολύ πιο από τα επιτρεπόμενα όρια τάσης του διηλεκτρικού αέρα που βρίσκεται στην κάψα του πυκνωτή. Η τιμή αυτή είναι περίπου ίση με 3000 V / mm υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Τα πυκνωτικά μικρόφωνα στα στούντιο είναι συνήθως πολωμένα στο εύρος των 48-65 V , ενώ τα μικρόφωνα μετρήσεων μπορούν να λειτουργούν στα 200 V.

Μια μικρή ηλεκτροστατική έλξη μεταξύ του διαφράγματος και του backplate προκαλείται από την τάση πόλωσης , η οποία προκαλεί μετακίνηση του διαφράγματος.

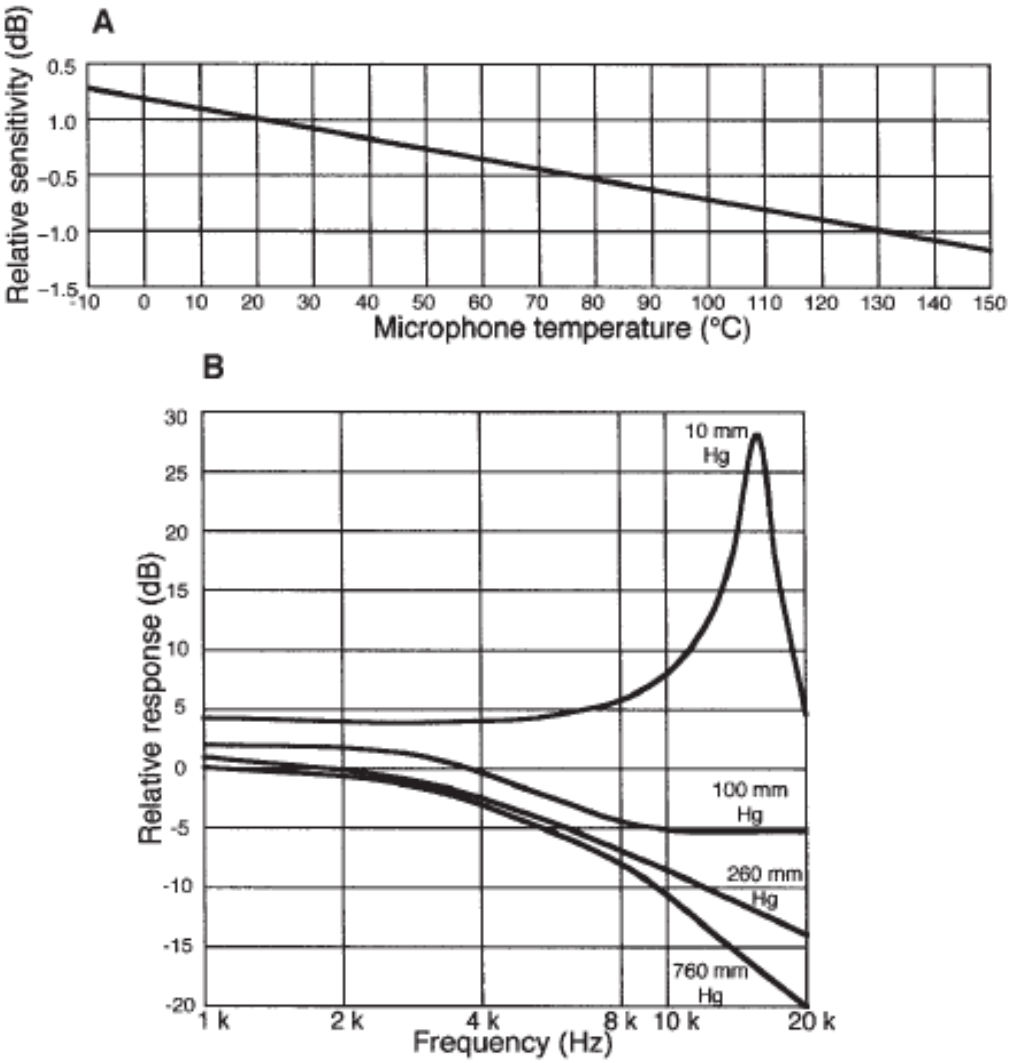


Σχήμα 2.5: *(A) (B)*

Για πάγια φόρτιση η σχέση της τάσης πόλωσης προς τη χωρητικότητα του πυκνωτή δεν είναι πραγματικά γραμμική (Σχήμα 2.5.Α.) Ωστόσο για μικρο εύρος μετατόπισης, όπως φαίνεται στο Β, η σχέση είναι σχεδόν γραμμική.
Η θωράκιση του μικρόφωνου είναι πολύ σημαντική, διότι η υψηλή ηλεκτρική αντίσταση της πόλωσης καθιστά το σύστημα ευάλωτο σε ηλεκτροστατικές παρεμβολές.

2.2.1.5 Ευαισθησία σε θερμοκρασία και βαρομετρική πίεση του πυκνωτή

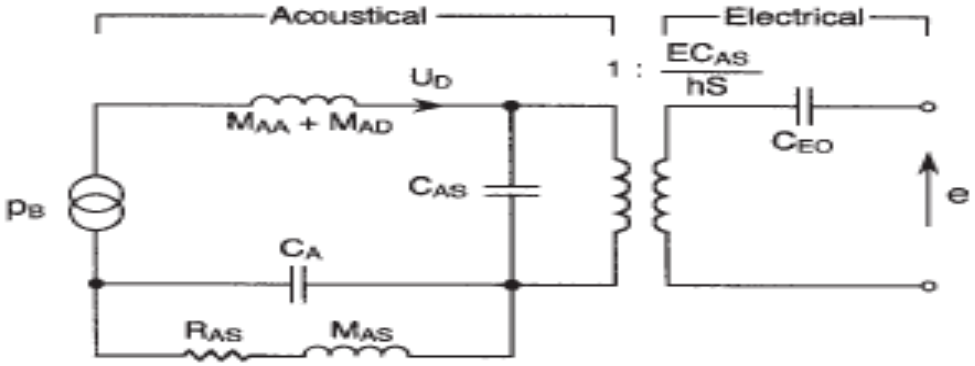
Για μια εγγραφή, μετάδοση, καθώς και για εφαρμογές ενίσχυσης ήχου χρησιμοποιώντας πυκνωτικά μικρόφωνα , οι αλλαγές στην απόκριση λόγω διακυμάνσεων θερμοκρασίας και βαρομετρικής πίεσης κατά κανόνα μπορούν να αγνοηθούν. Ωστόσο σε πολλές πειραματικές εφαρμογές μετρήσεων, οι διακυμάνσεις μπορεί να είναι σημαντικές ώστε να δικαιολογούν εκ νέου βαθμονόμηση του συστήματος μέτρησης.
Το κυριότερο αποτέλεσμα της αύξησης των θερμοκρασιών είναι η μείωση της έντασης του διαφράγματος, η οποία προκαλεί αύξηση της ευαισθησίας και μείωση του εύρους συχνοτήτων.
Η μείωση της βαρομετρικής πίεσης έχει μικρή επίδραση στην LF (Low Frequency) και στην MF (Medium Frequency) απόκριση του μικροφώνου, αλλά η μείωση στην πίεση του αέρα στο διάφραγμα στη f_0 προκαλεί μικρότερη απόσβεση της κίνησης του διαφράγματος στη απήχηση , προκαλώντας αύξηση της απόκρισης στην f_0.
Τα αποτελέσματα και των δύο, δηλαδή οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης σχετικά με την απόκριση ενός μικροφώνου εμφανίζονται στα σχήματα 2.6.Α και 2.6.Β αντίστοιχα.



Σχήμα 2.6: *(A) (B)*

2.2.1.6 Ισοδύναμα ηλεκτρικά κυκλώματα για τον πυκνωτή μικροφώνου πίεσης.

Αν και ο πυκνωτής του μικρόφωνου πίεσης είναι σχετικά απλή κατασκευή, αποτελείται από πολλές επιμέρους ακουστικές μάζες, βελόνες και αντιστάσεις. Το Σχήμα 2.7 δείχνει ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με τους ορισμούς της όλων των στοιχείων. Ο μετασχηματιστής αντιπροσωπεύει την μετατροπή από τον ακουστικό τομέα στον ηλεκτρικό τομέα.



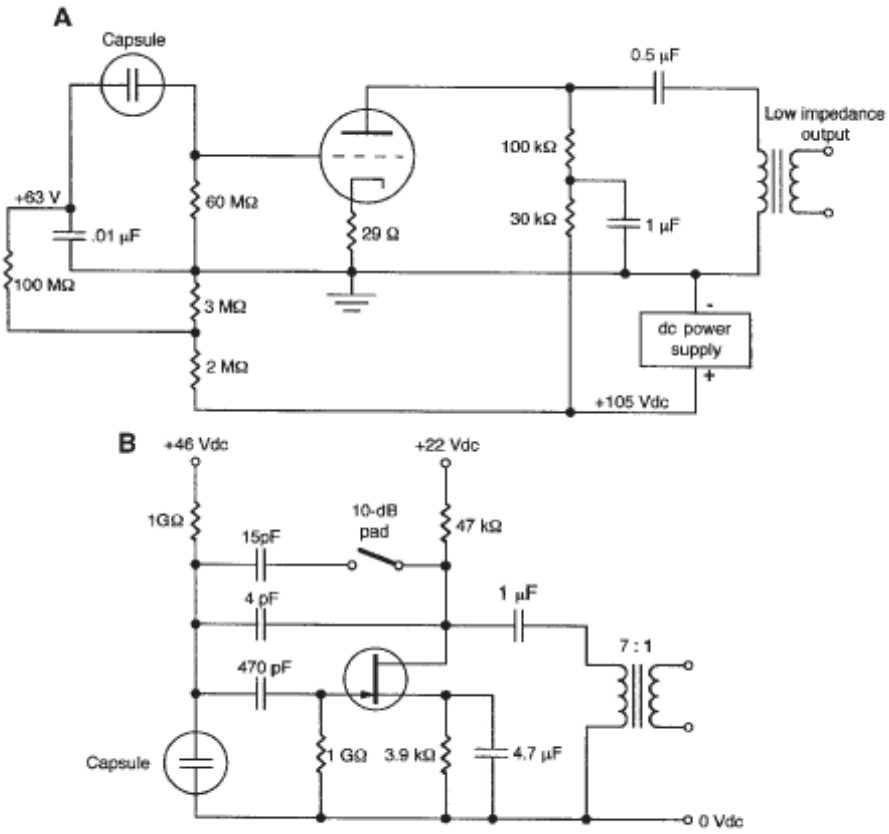
Where:

p_B = rms pressure at diaphragm
M_{AA} = air mass associated with diaphragm
M_{AD} = acoustic mass of diaphragm
U_D = rms volume velocity of diaphragm
C_{AS} = compliance of diaphragm
S = effective area of diaphragm
C_A = compliance of air behind the diaphragm
R_{AS} = resistance of air in holes in backplate
M_{AS} = mass of air in holes in backplate
C_{EO} = electrical capacitance measured with force f = 0
e = output voltage

Σχήμα 2.7

2.2.1.7 Λεπτομέρειες του προενισχυτή και του πολωμένου κυκλώματος.

Το Σχήμα 2.8.Α δείχνει λεπτομέρειες του προενισχυτή του μικροφώνου και της πόλωσης του συστήματος για ένα σχέδιο λυχνίας. Μεγάλο μέρος της πολυπλοκότητας καθορίζεται από την εξωτερική τροφοδοτική πηγή της πόλωσης και από την ανάγκη για ορθή dc στρέβλωση της λυχνίας.
Το Σχήμα 2.8.Β δείχνει μια παρόμοια ρύθμιση για μια σύγχρονη **F.E.T.** (field-effect transistor). Σημειώστε εδώ μια εξασθένηση στα 10 dB πυκνωτή γύρω από την κάψα.



Σχήμα 2.8: *(A) (B)*



Σχήμα 2.9 : *F.E.T. (field-effect transistor)*

Ο πυκνωτής διακλαδώνει το σήμα που παράγεται από την κάψα έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλότερα επίπεδα θορύβου χωρίς να προκαλεί υπερφόρτωση στη προενίσχυση.

Ο shunt πυκνωτής (παραδιακλάδωσης) συνήθως έχει την τιμή περίπου το 0,4. Ο παράλληλος συνδυασμός των δύο πυκνωτών προκαλεί εξασθένιση κατά 10 dB στην έξοδο.

Η δράση αυτού του πυκνωτή δεν είναι όπως αυτή ενός απλού διαιρέτη τάσης. Αντιθέτως, ένα μικρο μη γραμμικό σήμα προκαλείται από το κύκλωμα.

Έστω ότι το (X) το σήμα της κάψας , τότε το (XC) η μεταβλητή τιμή της χωρητικότητας της κάψας χωρίς το πυκνωτή.

Ο παράλληλος συνδυασμός της κάψας και του πυκνωτή έχει χωρητικότητα ίση με :

$$C_{\text{ικτ}} = \frac{x \times 0.4C^2}{0.4C + Cx}$$

(2.2)

η άλλη μορφή της εξίσωσης είναι:

$$C_{\text{ικτ}} = \frac{Ax}{B + Cx}$$

(2.3)

Όπου $A = 0.4\ C^2$, $B = 0.4\ C$, C είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή.

Το σήμα εξόδου στην κάψα μπορεί επίσης να ελαττωθεί με την κατάργηση της dc τάσης.

Αυτό προκαλεί μικρή απόκλιση στη απόκριση των υψηλών συχνοτήτων από το μικρόφωνο , λόγω της μείωσης της ηλεκτροστατικής έλξης μεταξύ του διαφράγματος και του back – plate, πράγμα που σημαίνει την μικρή απομάκρυνση των δυο.

Όσον αφορά την έξοδο του προενισχυτή του μικροφώνου, η αντίσταση εξόδου είναι της τάξης των 50-200 Ω. Η έξοδος είναι συνήθως ισορροπημένη, είτε με ένα μετασχηματιστή ή με σταθερό κύκλωμα εξόδου, για να εξασφαλίζεται χωρίς παρεμβολές η λειτουργία σε μεγάλες διαδρομές. Το ηλεκτρικό φορτίο που παράγεται συνήθως από τον προενισχυτή μικροφώνου είναι της τάξης των 1500-3000 Ω. Η καλωδίωση του μικροφώνου γίνεται με καλώδιο χαμηλής χωρητικότητας που μπορεί να επεκταθεί μέχρι και 200 (m) με αμελητέα επίδραση στην απόκριση.

2.2.1.8 Δυναμικό μικρόφωνο πίεσης

Το δυναμικό μικρόφωνο βασίζεται στις αρχές της ηλεκτρικής και της μαγνητικής ενέργειας που χρονολογούνται από τον 19ο αιώνα. Λόγω της σχετικά χαμηλής παραγωγής τους, ήταν μόλις πριν την έλευση του ηλεκτρικού ενισχυτή όταν αυτά τα μικρόφωνα βρήκαν τη θέση τους στο εμπόριο και στις πρώιμες ραδιοφωνικές εκπομπές.

Σήμερα συναντάμε σχετικά λίγα δυναμικά μικρόφωνα πίεσης σε ευρεία χρήση, καθώς το ρόλο τους έχει αναλάβει το electret μικρόφωνο.

Το δυναμικό μικρόφωνο είναι επίσης γνωστό και ως ηλεκτροδυναμικό, ηλεκτρομαγνητικό, ή κινούμενο πηνίο (moving coil). Βασίζεται στην αρχή της μαγνητικής επαγωγής κατά την οποία ένας αγωγός, ή ένα καλώδιο κινείται σε ένα μαγνητικό πεδίο με μια τάση ανάλογη με την δύναμη του μαγνητικού πεδίου, την ταχύτητα της κίνησης, καθώς και το μήκος του αγωγού διέλευσης του μαγνητικού πεδίου.

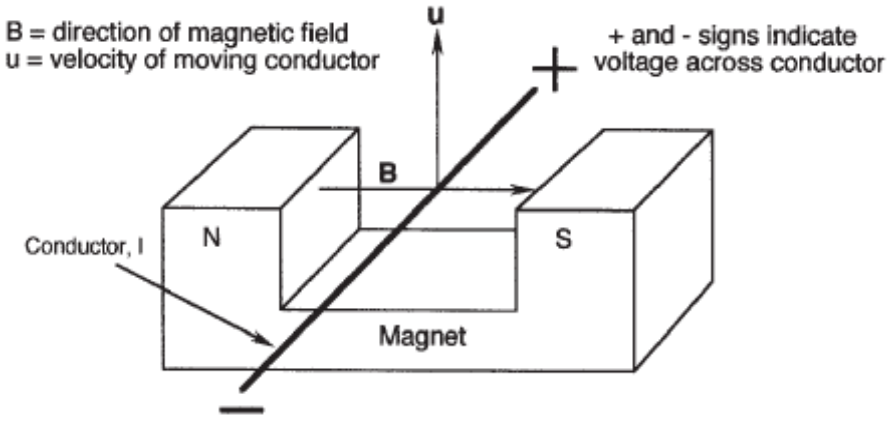
Η εξίσωση που διευκρινίζει το εξής φαινόμενο είναι:

$$e(t) = Blu(t) \qquad \textbf{(2.4)}$$

όπου e (t) είναι η στιγμιαία τάση εξόδου (V), B είναι η μαγνητική ροή πυκνότητας (T), l είναι το μήκος του αγωγού (m), και u (t) είναι η στιγμιαία ταχύτητα του αγωγού (m / s).

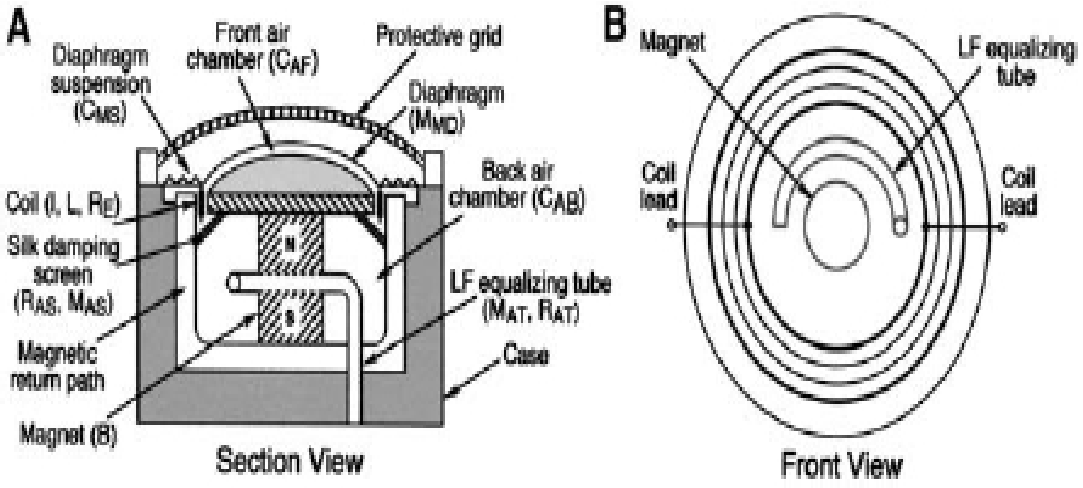
Δεδομένου ότι η B και l είναι σταθερή, η παραγωγή τάσης είναι ανάλογη προς την στιγμιαία ταχύτητα του αγωγού.

Η βασική αρχή της μαγνητικής επαγωγής φαίνεται στο Σχήμα 2.10, που δείχνει τη σχέση μεταξύ των φορέων πυκνότητας ροής, αγωγών προσανατολισμού, και την ταχύτητα του αγωγού.



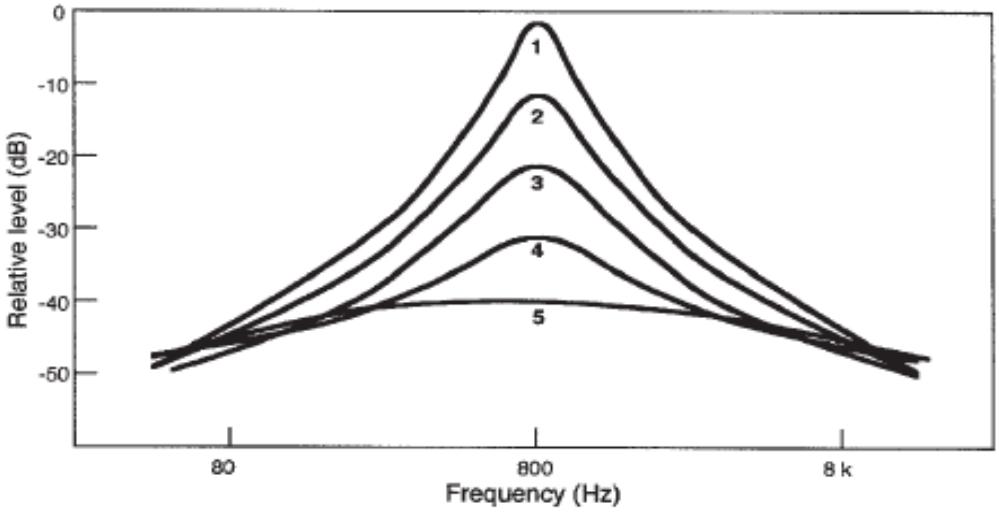
Σχήμα 2.10: *Η βασική αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.*

Το τμήμα και οι μπροστινές απόψεις ενός τυπικού δυναμικού μικρόφωνου πίεσης φαίνονται στο Σχήμα 2.11.
Σε ένα επίπεδο πεδίο, η ταχύτητα των σωματιδίων του αέρα και η πίεση είναι σε φάση. Ως εκ τούτου για να έχουμε επίπεδη απόκριση εξόδου δια μεσώ του αγωγού πρέπει ο αγωγός να έχει σταθερή ταχύτητα σε όλη τη ζώνη συχνοτήτων στο ηχητικό πεδίο.



Σχήμα 2.11: *(A) Άποψη τμήματος (B) Μπροστινό μέρος ενός moving coil μικροφώνου.*

Το Σχήμα 2.12 δείχνει την απόκριση του μη-ηχομονωμένου διαφράγματος (καμπύλη 1), μαζί με τις επιπτώσεις της αυξημένης απόσβεσης (καμπύλες 2 έως 5).



Σχήμα 2.12

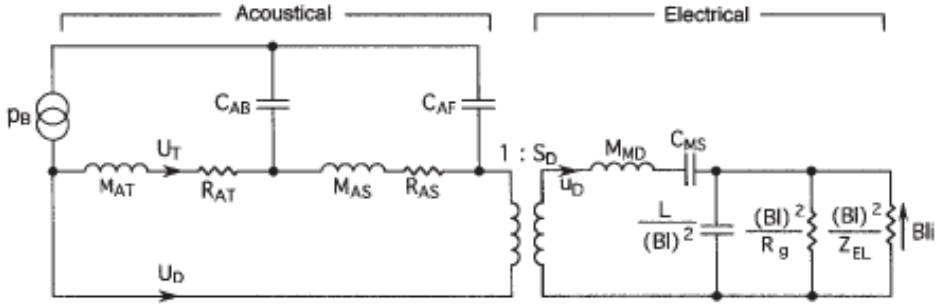
Για να επιτευχθεί ικανοποιητική συχνοτική απόκριση διάφορες τεχνικές σχεδιασμού χρησιμοποιούνται. Το διάφραγμα μονώνεται με την τοποθέτηση στρωμάτων μεταξιού ή λεπτών αισθητήρων στην περιοχή του χάσματος που χωρίζει το πηνίο από το πίσω μέρος του θαλάμου αέρα.

Σε γενικές γραμμές, η μέγιστη απήχηση των MF έχει μειωθεί περίπου κατά 25-35 dB.

Το επόμενο βήμα είναι να αντιμετωπιστεί η απόκριση των LF και αυτό επιτυγχάνεται εισάγοντας ένα μακρύ και στενό σωλήνα στον πίσω θάλαμο αέρα.

Ένα τελευταίο βήμα είναι να αντισταθμίσει η falloff HF (High Frequency) και αυτό γίνεται με τη δημιουργία ενός μικρού συντονισμένου θαλάμου στο εσωτερικό του διαφράγματος, συντονισμένου στην περιοχή 8-12 kHz. Αυτοί οι συντονισμοί στις LF και HF περιοχές ενισχύουν της απόδοση του μικροφώνου στην αντίστοιχη περιοχή της συχνότητάς τους.

Η διαδικασία σχεδιασμού της μόνωσης του αρχικού συντονισμού του διαφράγματος μπορεί να φανεί καθαρά μέσω της ανάλυσης του ισοδύναμου κυκλώματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.13.

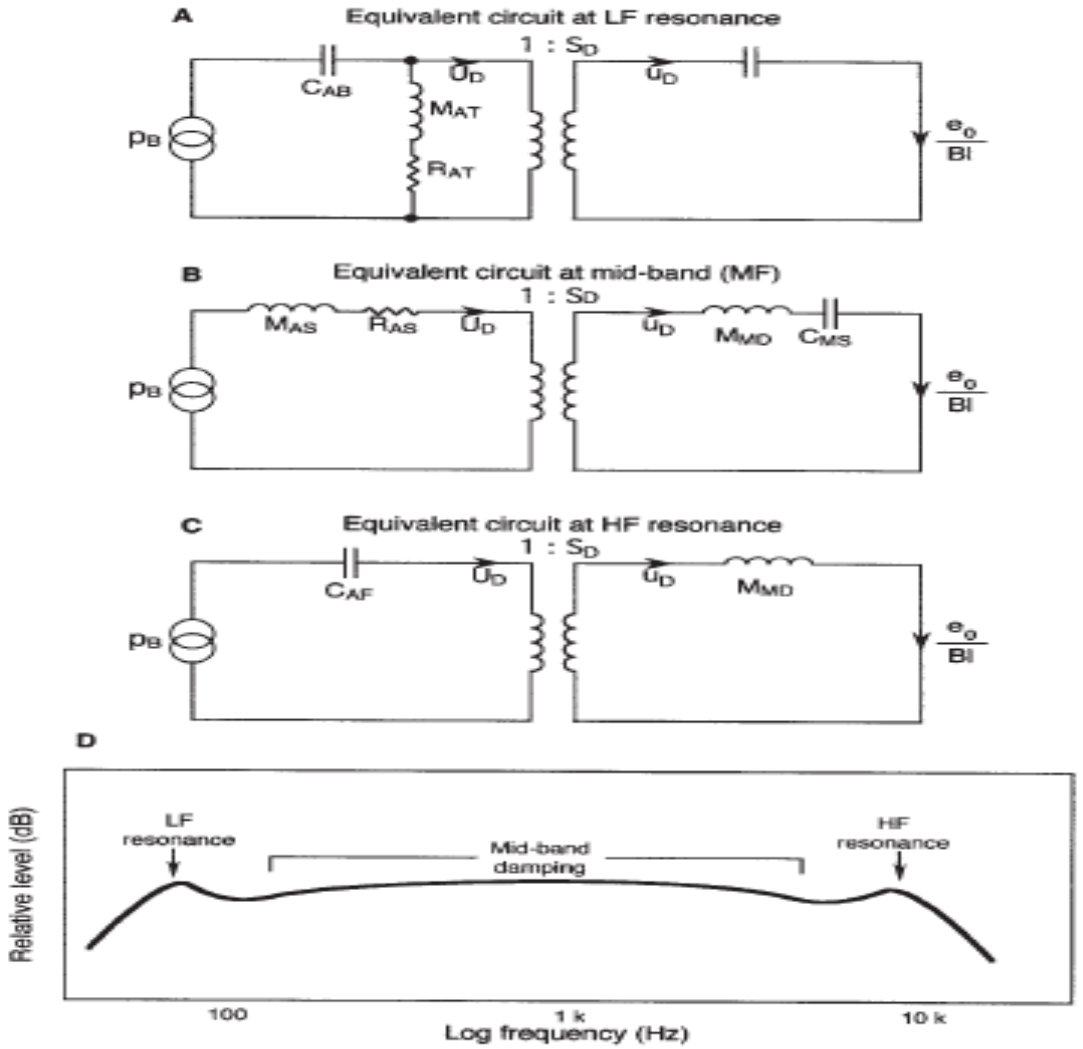


Where:

p_B = rms pressure at front of microphone
M_{AT} = acoustic mass of air in LF equalization tube
R_{AT} = acoustic resistance of air in LF equalization tube
U_D = rms air volume velocity at diaphragm
U_T = rms air volume velocity in LF equalization tube
C_{AB} = compliance of back air chamber
M_{AS} = acoustic mass of screen behind diaphragm
R_{AS} = acoustic resistance of screen behind diaphragm
C_{AF} = compliance of front air chamber
M_{MD} = mass of diaphragm
C_{MS} = compliance of diaphragm
L = coil inductance (henry)
R_E = dc resistance of coil, ohm
Z_{EL} = electrical impedance of coil
B = flux density of magnetic gap (tesla)
l = length of wire in coil (m)

Σχήμα 2.13

Η απόκριση χαμηλών συχνοτήτων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το συντονισμό που έχει ο σωλήνας εξισορρόπησης του μπάσου και ο πίσω θάλαμος αέρα. Το ισοδύναμο κύκλωμα σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων φαίνεται στο Σχήμα 2.14.Α.



Σχήμα 2.14: (A) (B).

Η απόκριση των μεσαίων συχνοτήτων εξαρτάται από την μόνωση των στρωμάτων μεταξιού που βρίσκονται ακριβώς κάτω από το πηνίο, το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο Σχήμα 2.14.B.

Η απόκριση των υψηλών συχνοτήτων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον συντονισμό του διαφράγματος και το συντονισμό του εμπρόσθιου τμήματος του αέρα ακριβώς κάτω από αυτό.

Το ισοδύναμο κύκλωμα εμφανίζεται στο Σχήμα 2.14.C και η συνολική απόκριση φαίνεται στο Σχήμα 2.14.D.

Μπορούμε να δούμε ότι υπάρχουν πολλά περιθώρια σχεδιασμού και κάποια δυναμικά μικρόφωνα πίεσης έχουν σχεδιαστεί με πιο μεγάλο συντονισμό από ότι έχουμε δείξει εδώ.

2.2.1.9 Άλλες διατάξεις μικροφώνου πίεσης

Πολλές άλλες αρχές μετατροπής χρησιμοποιήθηκαν κατά το σχεδιασμό των μικρόφωνων πίεσης, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

1) Αρχή χαλαρής επαφής (Loose contact principle).

2) Τεχνικές μαγνητικού εξοπλισμού (Magnetic armature techniques).

3) Ηλεκτρικές τεχνικές(Electronic techniques).

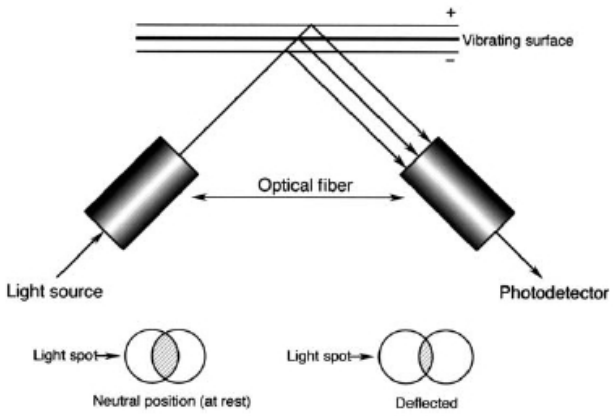
Ο Olson (1957) περιγράφει ένα μικρόφωνο στο οποίο ένα ηλεκτρόδιο σε μια λυχνία ενεργοποιείται μηχανικά από ένα εξωτερικό διάφραγμα, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η αύξηση της τάσης της λυχνίας. Η τεχνική είναι εντελώς σε πειραματικό στάδιο και δεν έχει εμπορευματοποιηθεί.

4) Αλλαγή Μαγνήτισης (Magnetostriction).

Ορισμένα μαγνητικά υλικά υποβάλλονται σε αλλαγή διάστασης κατά μήκος ενός άξονα υπό την επίδραση ενός μαγνητικού πεδίου.
Η τεχνική έχει εφαρμογές στη μηχανική εντοπισμού θέσης.

5) Τεχνικές οπτικής(Optical techniques).

Ο Sennheiser έχει επιδείξει ένα οπτικό μικρόφωνο στο οποίο μια δέσμη φωτός λάμπει στο διάφραγμα με διαμορφωμένη πορεία που αντανακλά σε μια φωτοδίοδο.
Λεπτομέρειες παρατίθενται στο Σχήμα 2.15
Η συσκευή μπορεί να γίνει πολύ μικρή και δεν έχει ηλεκτρονικά εξαρτήματα στο διάφραγμα (US Patent 5771091 με ημερομηνία 1998).



Σχήμα 2.15: *Λεπτομέρειες ενός οπτικού μικροφώνου.*

6) Θερμικές τεχνικές (Thermal techniques).

Ο Olson (1957) περιγράφει ένα μικρόφωνο που αποτελείται από ένα σύρμα που θερμαίνεται με συνεχές ρεύμα. Ρεύματα του αέρα που οφείλονται στον ήχο πολλαπλασιάζονται γύρω από το σύρμα με αποτέλεσμα την ανάλογη αλλαγή της αντίστασης του.

Το σύρμα μπορεί να διαχέεται με συνεχές ρεύμα της ροής του αέρα, τότε οι αλλαγές που γίνονται στην αντίσταση του σύρματος λόγω της ηχητικής πίεσης προς την κατεύθυνση της ροής του αέρα μπορούν να ανιχνευθούν.

Η τεχνική είναι πολλά υποσχόμενη στον ακουστικό τομέα της μέτρησης της έντασης.

2.2.1.10 Πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930 ως δεκαετία του 1960, τα πιεζοηλεκτρικά ή κρυσταλλικά μικρόφωνα ήταν ένας σημαντικός παράγοντας στην αγορά για σπιτικές παραγωγές και μικρής κλίμακας ηχητικές εγκαταστάσεις.

Σήμερα τα χαμηλού κόστους δυναμικά και ηλεκτρικά μικρόφωνα έχουν εκτοπίσει τα υπόλοιπα αλλά όχι τα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα.

(Ο πιεζοηλεκτρικών όρος προέρχεται από την ελληνική λέξη piezen, που σημαίνει πίεση.)

Ορισμένα κρυσταλλικά υλικά όπως τα rochelle άλατα (κάλιο , τρυγικό , νάτριο), ADP (δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο), και το λίθιο θειώδες άλας, εμφανίζουν ανάπτυξη μιας τάσης κατά μήκος των αντίθετων πλευρών τους όταν έχουν υποβληθεί σε παραμόρφωση.

Το αποτέλεσμα είναι διμερές και τα στοιχεία αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ως HF μεγάφωνα.

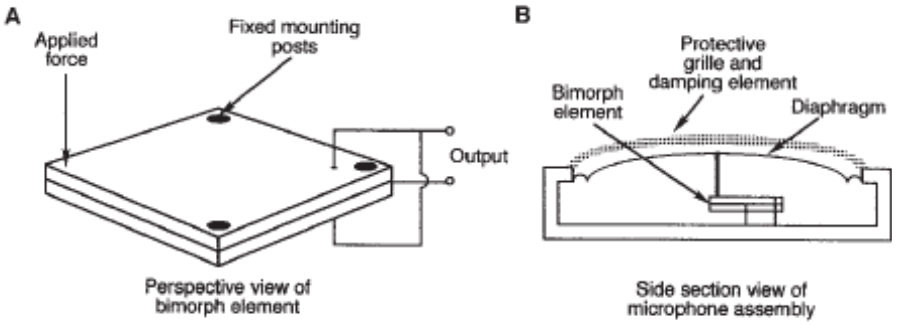
Οι κρυσταλλικές δομές πρέπει να κοπούν και να ταξινομηθούν κατά μήκος των κατάλληλων κρυσταλλικών αξόνων για να παράγουν την επιθυμητή τάση εξόδου.

Τα περισσότερα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα συναρμολογούνται από τις λεγόμενες “bimorph piezo” δομές στις οποίες γειτονικά στοιχεία κρυστάλλων είναι εφαρμοσμένα μεταξύ τους ώστε να δημιουργούν ένα push-pull αποτέλεσμα εξόδου.

Το Σχήμα 2.16.Α παρουσιάζει μια τυπική δομή διμορφίας που αποτελείται από δύο στοιχεία κρυστάλλου τοποθετημένα μαζί με ένα φύλλο μετάλλου για τη πιεζοηλεκτρική εφαρμογή για κάθε επιφάνεια.

Το Σχήμα 2.16.Β δείχνει τμήμα ενός τυπικού μικροφώνου κρυστάλλου.

Η κίνηση του διαφράγματος είναι συνδεδεμένη με την ελεύθερη γωνιά του bimorph και η τάση εξόδου τροφοδοτείται από ένα προενισχυτή.



Σχήμα 2.16: *(A) (B)*

Η τάση εξόδου από το bimorph είναι ανάλογη με το σήμα μετατόπισης, το διάφραγμα είναι συντονισμένο κατά κανόνα σε υψηλή συχνότητα, με εξωτερική μηχανική μόνωση όπως φαίνεται στην εικόνα.

2.2.2 Μικρόφωνο Διαφοράς Πίεσης

Το μικρόφωνο διαφοράς πίεσης είναι επίσης γνωστό ως το μικρόφωνο ταχύτητας. Αισθάνεται την ηχητική πίεση από δύο πολύ κοντινά σημεία μεταξύ τους, τα οποία αντιστοιχούν στο μπροστά και πίσω διάφραγμα.

Το διάφραγμα οδηγείται έτσι από τη διαφορά ή την κλίση μεταξύ των δύο πιέσεων.

Η συνηθέστερη μορφή μικρογώνου διαφοράς πίεσης είναι το δυναμικό (διάφραγμα) μικρόφωνο, το οποίο αναπτύχθηκε με ένα υψηλό βαθμό τεχνικής και εμπορικής επιτυχίας από τον Harry Olson κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930 και του 1940. Κυριάρχησε στους τομείς των ραδιοτηλεοπτικών εκπομπών και καταγραφής στις ΗΠΑ μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950.

Το Τμήμα Μηχανικών του BBC στο Ηνωμένο Βασίλειο ήταν επίσης υπεύθυνο για τη σημαντική ανάπτυξη των δυναμικών μικροφώνων, επεκτείνοντας το εύρος τους έως 15 kHz με την έλευση του ραδιοφώνου FM στα μέσα της δεκαετίας του 1950.

Η χρήση του όρου μικροφώνου ταχύτητας προκύπτει από το γεγονός ότι η κεκλιμένη πίεση , τουλάχιστον σε μακρά μήκη κύματος είναι σχεδόν ανάλογη της ταχύτητας των σωματιδίων του αέρα στην περιοχή του διαφράγματος. Ωστόσο ο κοινός όρος είναι διαφορά πίεσης ή απλά μικρόφωνο κλίσης.

Το βασικό μικρόφωνο διαφοράς πίεσης έχει ένα πολικό διάγραμμα "σχήμα-8" (figure of 8), τα οποία θα αναλύσουμε παρακάτω.

2.2.2.1 Ορισμός και περιγραφή του μικροφώνου διαφοράς πίεσης

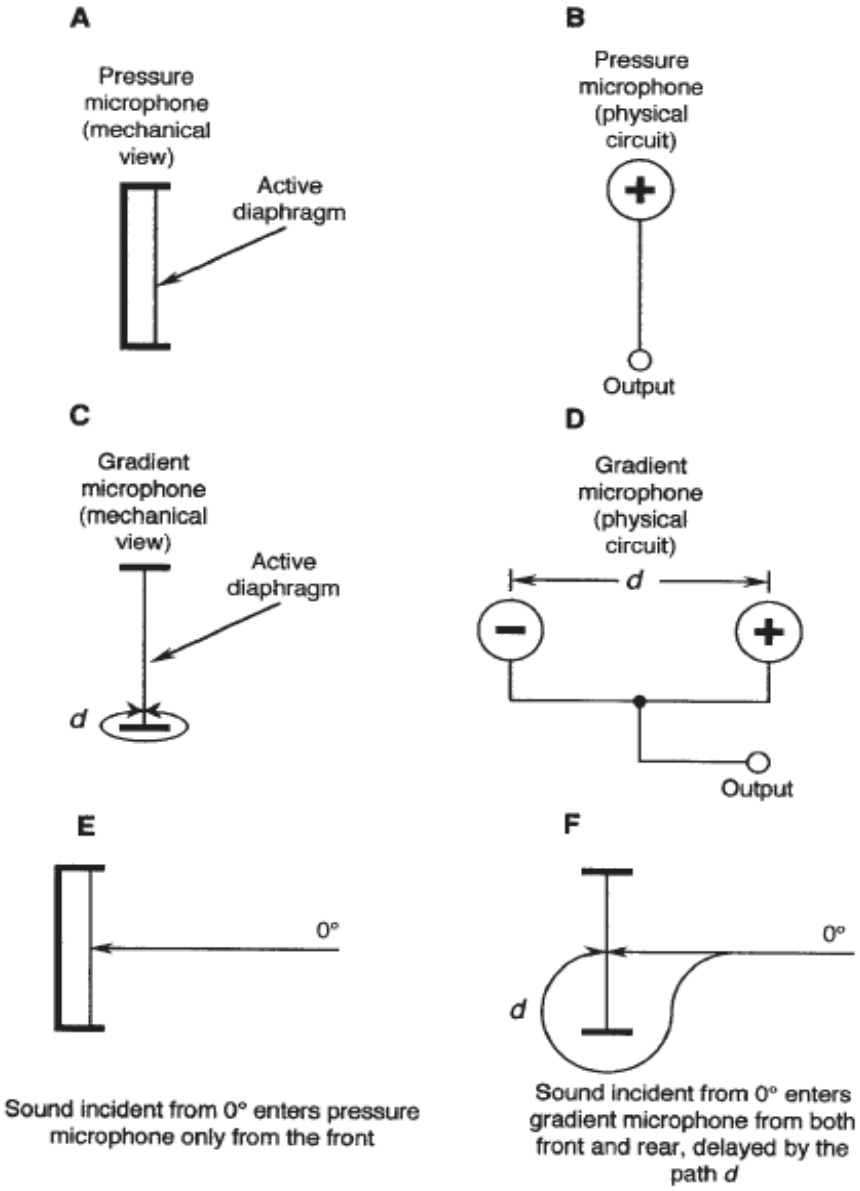
Η βασική αρχή του μικροφώνου πίεσης εμφανίζεται στο Σχήμα 2.17.Α και Β. Η μηχανική άποψη εμφανίζεται στο Α και είναι ισοδύναμη με το φυσικό κύκλωμα που παρατίθεται στο Β.

Η σημασία του σύμβολου + στον κύκλο είναι ότι μια θετική πίεση στο μικρόφωνο θα προκαλέσει μια θετική τάση εξόδου. Ο κύκλος δηλώνει ότι το μικρόφωνο είναι εξίσου ευαίσθητο σε όλες τις κατευθύνσεις.

Μια μηχανική άποψη του μικροφώνου διαφοράς πίεσης εμφανίζεται στο Σχήμα 2.17.C. Η οποία είναι ανοικτή και στις δύο πλευρές του διαφράγματος και είναι συμμετρική ως προς τη μορφή.

Το ισοδύναμο φυσικό κύκλωμα εμφανίζεται στο Σχήμα 2.17.D. Εδώ υπάρχουν δύο κύκλοι, ένας θετικός και ένας αρνητικός που χωρίζονται από την απόσταση d.

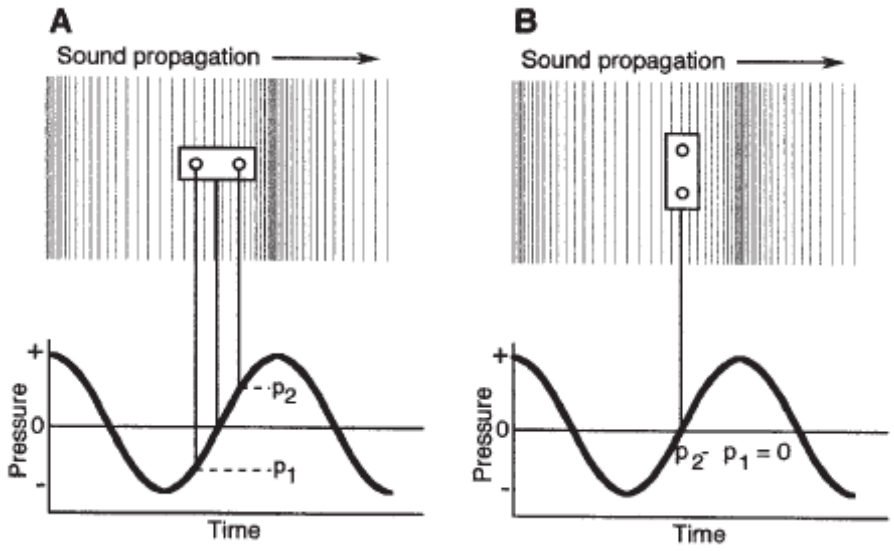
Η σημασία του αρνητικού σημείου είναι ότι η ηχητική πίεση που εισέρχεται στην πίσω πλευρά του μικροφώνου θα είναι αντίθετη με την πόλωση που εισέρχεται από την μπροστινή πλευρά. Η απόσταση d αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο διάστημα γύρω από το μικρόφωνο από το εμπρός και το πίσω στο διάφραγμα.



Σχήμα 2.17: *(A) (B) (C) (D) (E) (F)*

Ένα προσπίπτον ηχητικό κύμα στο μικρόφωνο πίεσης κατά μήκος του οριζοντίου άξονα (0°) θα εισάγεται μόνο από μπροστά όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.17.Ε, ενώ ο ήχος σε ένα μικρόφωνο διαφοράς πίεσης κατά μήκος του οριζοντίου άξονα (0°) θα εισέλθει ταυτόχρονα από το μπροστινό άνοιγμα, αλλά και από το πίσω άνοιγμα με μια καθυστέρηση της απόστασης d. Αυτό φαίνεται στο Σχήμα 2.17.F.

Το μικρόφωνο διαφοράς πίεσης έχει τη δυνατότητα προσδιορισμού της γωνίας ενός προσπίπτον κύματος. Αυτό μπορεί να εξεταστεί στο Σχήμα 2.18.Α.



Σχήμα 2.18: *(A) (B)*

Ένα τμήμα του επίπεδου κύματος εμφανίζεται μαζί με τις θέσεις των δύο ανοιγμάτων του μικροφώνου και η θέση τους σύμφωνα με τη διάδοση του κύματος. Αυτά τα δύο σημεία σχετίζονται άμεσα με τα σημεία που αναφέρονται στο ημιτονοειδές κύμα που φαίνεται παραπάνω και αποτελούν τα δυο ανοίγματα του μικρόφωνου διαφοράς πίεσης. Τώρα αν τα δύο ανοίγματα τοποθετούνται όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.18.Β , δεν θα υπάρξει πίεση μεταξύ τους και ως εκ τούτου ούτε σήμα εξόδου του μικροφώνου του.

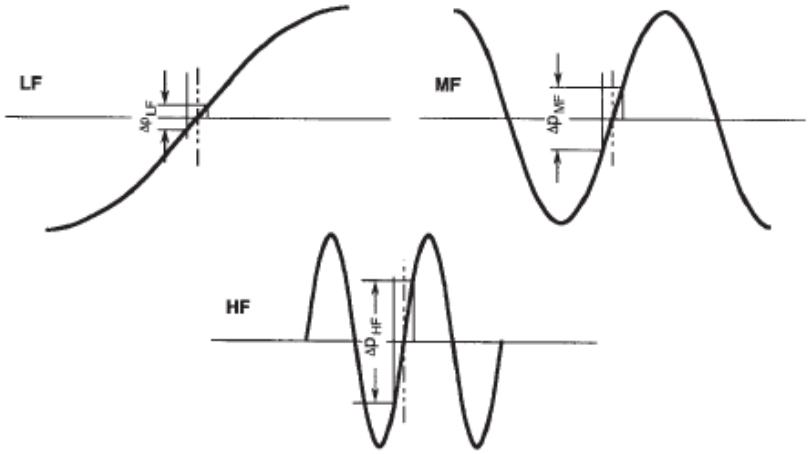
Στο Σχήμα 2.19 φαίνονται κλίσεις που υπάρχουν στις LF, MF και HF όταν η πίεση στα αισθητήρια σημεία είναι σύμφωνη με τη διάδοση των κυμάτων.

Για μεγάλα μήκη κύματος η κλίση είναι ευθέως ανάλογη προς τη συχνότητα και είναι της μορφής :

$$ge^{j\omega t} = \mathrm{K}_1\, j\omega p e^{j\omega t} \qquad \textbf{(2.5)}$$

όπου g $e^{j\omega t}$ αντιπροσωπεύει την στιγμιαία τιμή της κλίσης, K_1 είναι αυθαίρετες σταθερές, και p $e^{j\omega t}$ είναι η στιγμιαία τιμή της πίεσης.

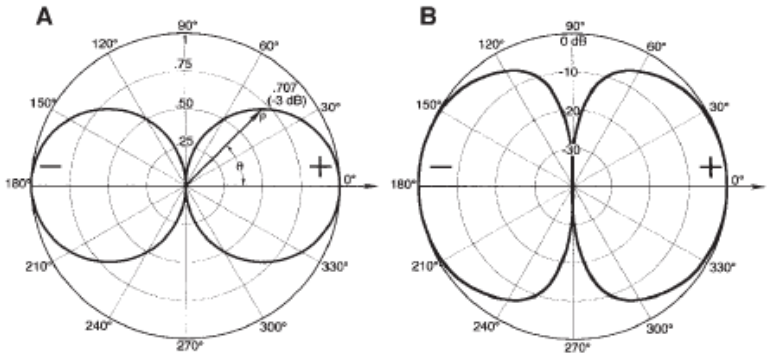
Εάν η ταχύτητα των σωματιδίων του αέρα είναι ομοιόμορφη σε σχέση με τη συχνότητα, ο K_1 j πολλαπλασιαστής στη δεξιά πλευρά της εξίσωσης δείχνει ότι η τιμή της διαφοράς πίεσης θα είναι ανάλογη με τη συχνότητα.



Σχήμα 2.19: *Βαθμίδα πίεσης σε LF, MF και HF.*

2.2.2.2 Κατευθυντική απόκριση και απόκριση συχνότητας του μικροφώνου ταχύτητας

Το Σχήμα 2.20.Α δείχνει το πολικό διάγραμμα "σχήμα-8" (figure of 8) απόκρισης του μικρόφωνου ταχυτητας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αποκριση του μικροφώνου μετράται σε dB από 0° έως 180° και η πολικότητα του σήματος είναι αρνητική (αντίστροφη) στο πίσω ημισφαίριο σε σχέση με το μπροστινό ημισφαίριο.



Σχήμα 2.20: *(A) (B)*

Η πολική εξίσωση είναι:

$$\rho = \cos\theta \quad \textbf{(2.6)}$$

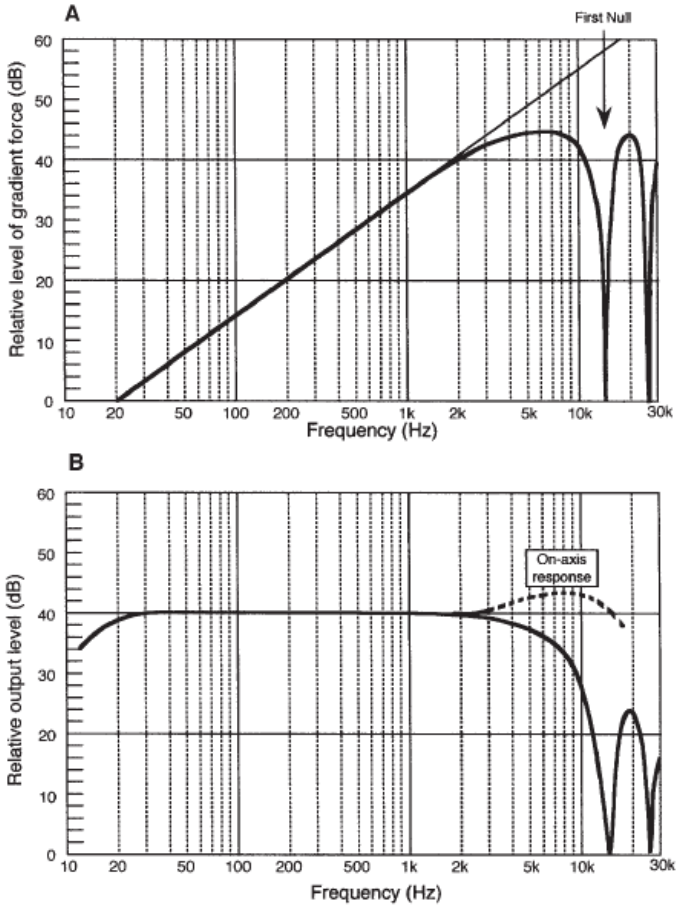
Το φάσμα συχνοτήτων για το οποίο είναι επιθυμητή η πολική απόκριση εξαρτάται από το μέγεθος του μικροφώνου και την πραγματική απόσταση μεταξύ των δύο αισθητήριων σημείων ή από την απόσταση του μπροστινού μέρους του διαφράγματος με του πίσω μέρους του διαφράγματος.

Η πρώτη μηδενική τιμή στην απόκριση ισχύει όταν η συχνότητα έχει μήκος κύματος που είναι ίσο με την απόσταση d μεταξύ των δύο ανοιγμάτων του μικρόφωνου.

Η κλίση πίεσης ως συνάρτηση της συχνότητας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.21.Α.

Η απόκριση αυξάνεται 6 dB ανά οκτάβα.

Η έξοδος του μικρόφωνου εμφανίζεται στο Σχήμα 2.21.Β



Σχήμα 2.21: *Pressure gradient force versus frequency,unequalized (A) andequalized (B)*

Ωστόσο λόγω των επιπτώσεων περίθλασης, η απόκριση στις πραγματικές HF μπορεί να μοιάζει με εκείνη που αναφέρεται από τη διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα 2.21.Β.

Για εκτεταμένη απόκριση συχνότητας θα θέλαμε το d να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο.

Αν d/λ= 1/4, η πτώση στην απόκριση θα είναι μόνο 1 dB (Robertson,1963).

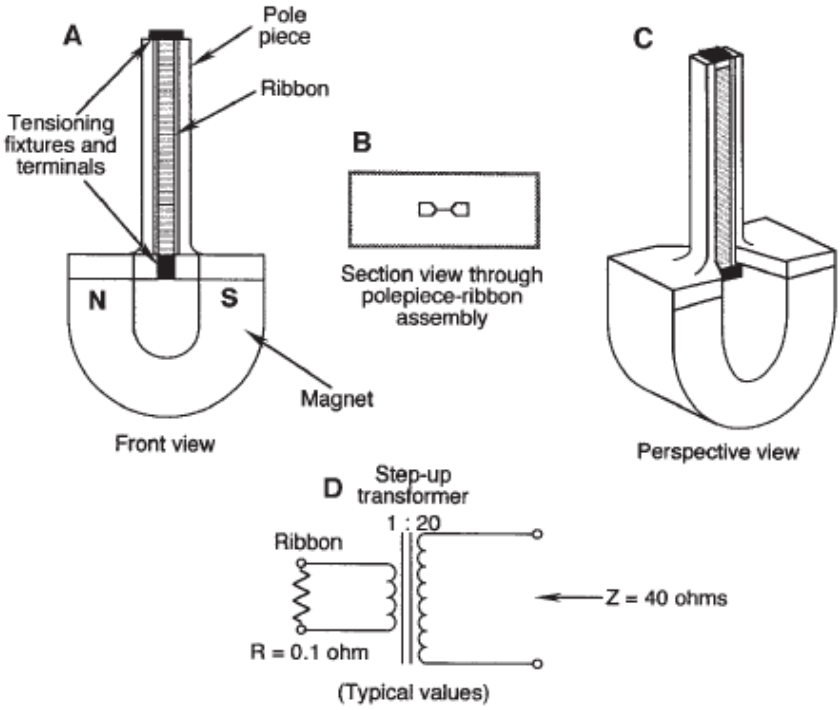
Λύνοντας αυτή την εξίσωση για τη συχνότητα των 10 kHz παίρνουμε την τιμή της απόστασης d= 8,5 mm.

Αν και με αυτό τον τρόπο έχουμε πλεονέκτημα όσον αφορά το εύρος απόκρισης συχνοτήτων, το πολύ μικρό μήκος διαδρομής θα αποφέρει σχετικά μικρή κλίση πίεσης, με αποτέλεσμα η ευαισθησία εξόδου του μικρόφωνου να είναι πολύ χαμηλή.

Ευτυχώς τα φαινόμενο περιθλάσεων βοηθούν διατηρώντας την άριστη απόκριση συχνότητας.

2.2.2.3 Μηχανικά στοιχεία του δυναμικού μικροφώνου διαφοράς πίεσης.

Τα μηχανικά και τα ηλεκτρικά στοιχειά ενός μικρόφωνου (ταινίας) διαφοράς πίεσης φαίνονται στο Σχήμα 2.22



Σχήμα 2.22

Η ταινία του διαφράγματος κατασκευάζεται συνήθως από κυματοειδές έλασμα (αλουμινίου) και είναι περίπου 64 mm σε μήκος και 6,4 mm σε πλάτος.

Αναστέλλεται στο μαγνητικό άνοιγμα του διαφράγματος με τις διατάξεις για την προσαρμογή της ένταση της.

Σε νεότερη σχεδίαση το πάχος της ταινίας είναι συχνά στο φάσμα των 0,6 mm και το μήκος της τάξης των 25 mm.

Η μάζα της ταινίας συμπεριλαμβανομένων των συνδεδεμένων φορτίων του αέρα είναι περίπου 0,001 - 0,002 gr και οι υποηχητικές συχνότητες συντονισμού της ταινίας είναι της τάξης των 10 έως 25 Hz.

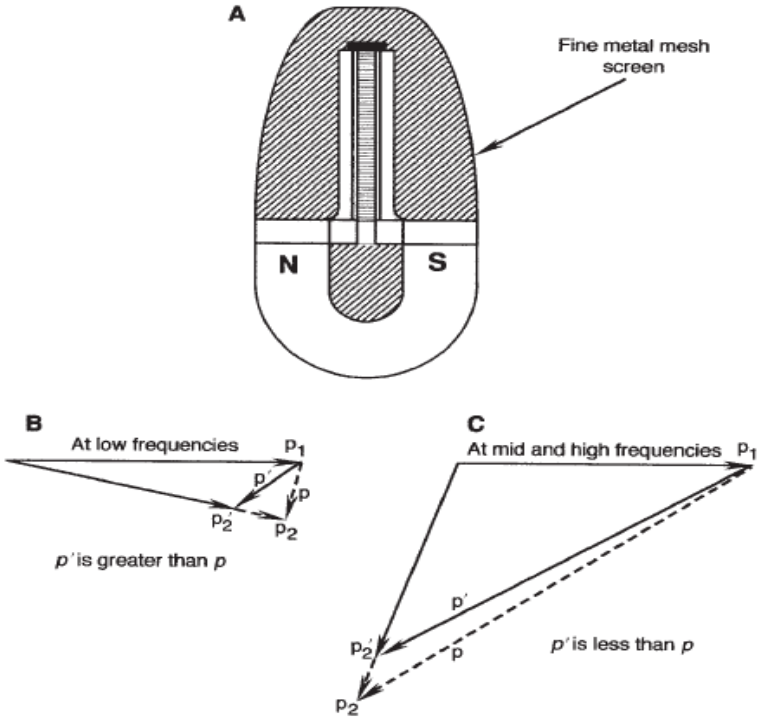
Λόγω του μικρού ανοίγματος μεταξύ της κορδέλας και των πόλων μπορεί να υπάρχουν σημαντικές αποσβέσεις στην περιοχή του συντονισμού.

Η πυκνότητα ροής στο άνοιγμα είναι συνήθως της τάξης του 0,5 - 1 T (Tesla).

Τα πρώτα μικρόφωνα ταινίας ήταν αρκετά μεγάλα, με βαριούς σχετικά αναποτελεσματικούς μαγνήτες.

Μια πιο προσεκτική ματιά στη λειτουργία ενός μικρόφωνου ταινίας συχνά αποκαλύπτει μια προσεκτική χρήση σχεδιασμένων και διαμορφωμένων screens, κατασκευασμένων από μέταλλο ή μετάξι, των οποίων ο σκοπός είναι η προσαρμογή της συχνοτικής απόκρισης.

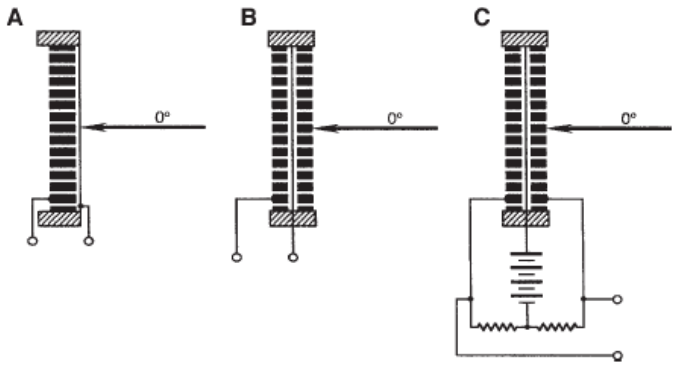
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.23.Α , ένα screen από μεταλλικό πλέγμα είναι τοποθετημένο γύρω από τους πόλους του μαγνήτη προκειμένου να αντισταθμιστούν οι απώλειες στις χαμηλές συχνότητες λόγω της απόσβεσης.



Σχήμα 2.23. *(A) (B) (C) (D)*

2.2.2.4 Το Πυκνωτικό Μικρόφωνο Διαφοράς Πίεσης

Το Σχήμα 2.24 δείχνει τρεις μορφές του πυκνωτικού μικροφώνου διαφοράς πίεσης.



Σχήμα 2.24

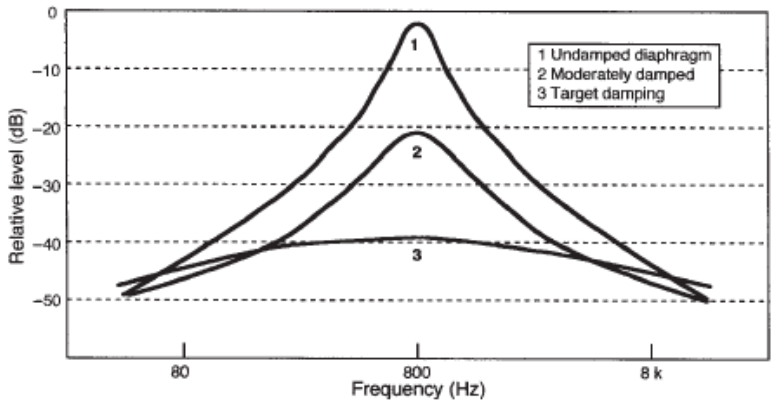
Η μονόπλευρη μορφή που παρατίθεται στο Α είναι η πιο συχνή, αλλά η ασυμμετρία της, μπορεί να προκαλέσει μια μικρή διαφορά απόκρισης στις υψηλές συχνότητες μεταξύ εμπρός και πίσω μέρους.

Μερικοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν ένα εικονικό διάτρητο ηλεκτρόδιο στη μπροστινή μεριά, το οποίο δεν είναι πολωμένο, όπως φαίνεται στο 2.24.Β.

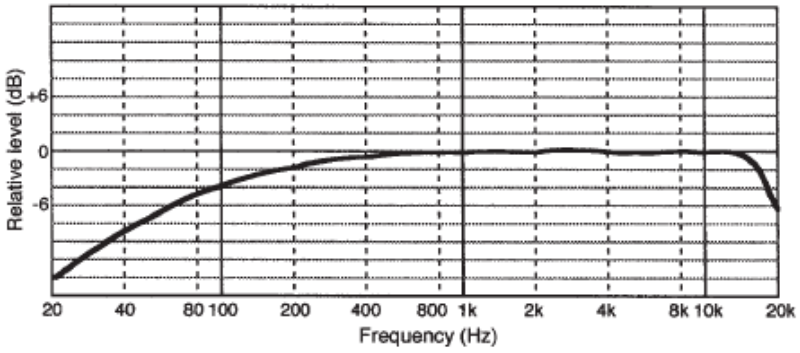
Ο push-pull σχεδιασμός , που εμφανίζεται στο 2.24.C, διπλασιάζει την τάση εξόδου για μια συγκεκριμένη πορεία στο διάφραγμα σε σχέση με τις άλλες μορφές, αλλά περιπλέκεται από την απαιτούμενη μέθοδο**.**

Όπως γνωρίζουμε το πυκνωτικό μικρόφωνο λειτουργεί σε κατάσταση ελεγχόμενης αντίστασης.

Το Σχήμα 2.25 δείχνει την απόσβεση που εφαρμόζεται σταδιακά και ένα χαρακτηριστικό σημείο λειτουργίας ενδείκνυται στην καμπύλη 3
Το Σχήμα 2.26 δείχνει την καμπύλη απόκρισης συχνότητας για ένα τυπικό υψηλής ποιότητας πυκνωτικό μικρόφωνο .



Σχήμα 2.25



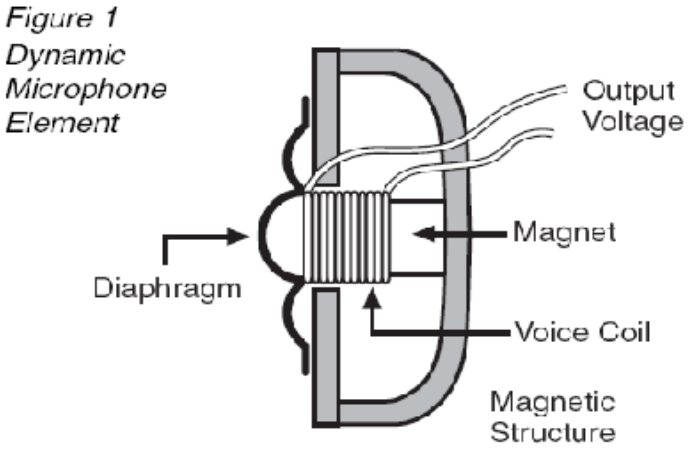
Σχήμα 2.26

2.3 Δυναμικά Μικρόφωνα

Βασίζονται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής σύμφωνα με το οποίο αγωγός κινούμενος μέσα σε μαγνητικό πεδίο παρουσιάζει στα άκρα του τάση ανάλογη της κίνησης του.

Διακρίνουμε δυο κατηγορίες δυναμικών μικροφώνων :

1. Κινούμενου Πηνίου (Moving Coil)
2. Μικρόφωνα Ταινίας (Ribbon)



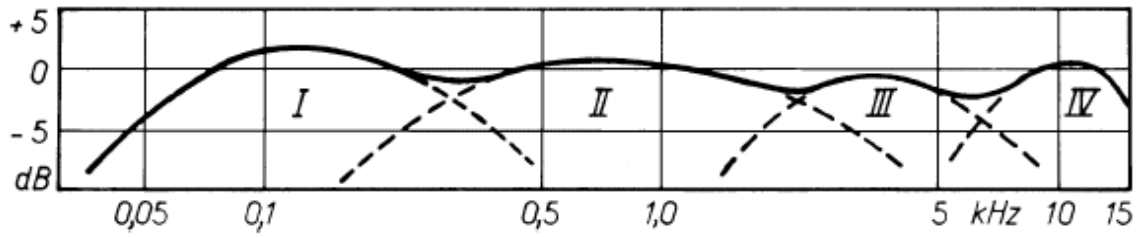
Σχήμα 2.27

2.3.1 Μικρόφωνο Κινούμενου Πηνίου (Moving Coil)

Εδώ ανήκει η συντριπτική πλειοψηφία των δυναμικών μικροφώνων. Στο διάφραγμα του μικροφώνου είναι κολλημένο ένα ελαφρύ πηνίο που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείτε από έναν μόνιμο μαγνήτη. Οι παλμικές κινήσεις του διαφράγματος λόγω του ήχου παρασύρουν και το πηνίο στα άκρα του οποίου λόγω επαγωγής εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα κατά βάση ανάλογο της παλμικής κίνησης , δηλαδή του ήχου.

Όλα τα μικρόφωνα πίεσης κινουμένου πηνίου παρουσιάζουν μια καμπύλη στην απόκριση των μεσαίων συχνοτήτων.

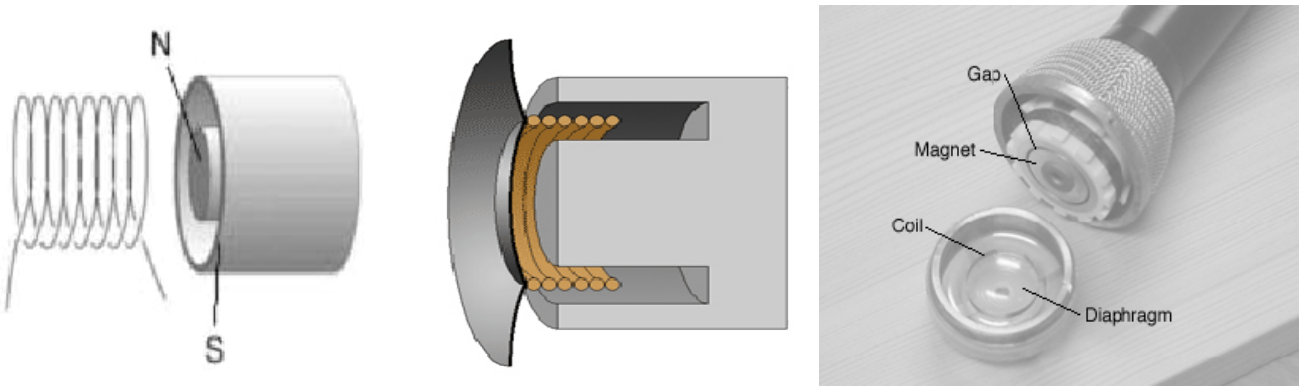
Αυτός ο συντονισμός είναι σχεδόν αμελητέος καθώς το διάφραγμα υποβάλλεται σε πρόσθετους συντονισμούς από τις κοιλότητες του αέρα, μπροστά και πίσω με συγκοινωνούντες τρύπες η σχισμές. Αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξομείωση της συχνοτικής απόκρισης, που φαίνεται στο Σχήμα 2.28



Σχήμα 2.28

Τα μοντέρνα μικρόφωνα κινουμένου πηνίου μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε η απόκριση τους να μοιάζει με αυτή των πυκνωτικών μικροφώνων.

Εναλλακτικά πεδία του είδους υπάρχουν σε μετασχηματιστές και σε μαγνητόφωνα και μπορούν να εξάγουν εμβόλιμες τάσεις στο κινούμενο πηνίο. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με ένα προσαρμοσμένο πηνίο που λέγεται " hunk – bucking " πηνίο και είναι τοποθετημένο στο κύριο σωλήνα του μικροφώνου.



Σχήμα 2.29: *Άποψη του πηνίου με προσεκτικά επιλεγμένη διάμετρο έτσι ώστε να εφαρμόζει στο μόνιμο μαγνήτη*

Συγκρίνοντας την αφθονία των δυναμικών μονοκατευθυντικών μικροφώνων στο στούντιο μόνο λίγα μικρόφωνα υπάρχουν χωρίς κατευθυντικές ιδιότητες αν και τα μικρόφωνα πίεσης είναι πιο δυνατά και λιγότερο ευαίσθητα στον ήχο του αέρα , εξαιτίας αυτών των ιδιοτήτων τα περισσότερα μικρόφωνα είναι φτιαγμένα ως μικρόφωνα κινούμενου πηνίου(Moving Coil)

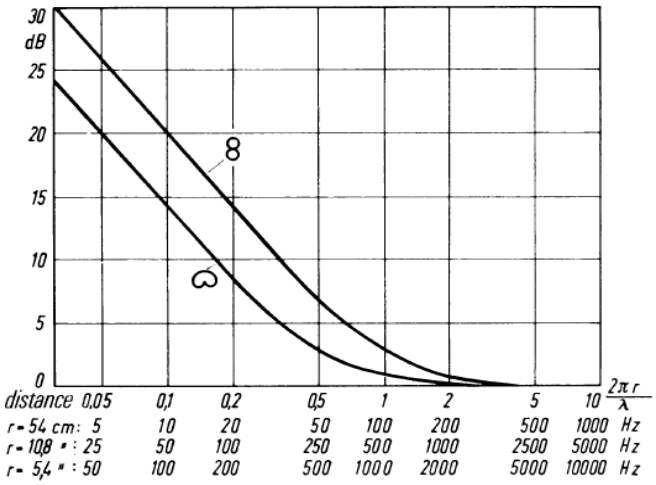
2.3.1.1 Καρδιοειδή Μικρόφωνα Κινούμενου Πηνίου

Με το πέρασμα των χρονών , ο σχεδιασμός των μικροφώνων αυτών έγινε μια ειδική επιστήμη περισσότερο από ότι τα άλλα μικρόφωνα. Για να χαμηλώσει ο συντονισμός του συστήματος του μικροφώνου έπρεπε να υπάρχει μια υποχωρητική ανάρτηση. Αυτό κάνει το μικρόφωνο ευαίσθητο στον αέρα και δημιουργείτε πρόβλημα σταθερότητας του πηνίου. Για τον λόγο αυτό το διάφραγμα φτιάχνεται λιγότερο υποχωρητικό από ότι θα έπρεπε. Επίσης εξαιτίας των διαφόρων διαδρόμων μέσα στο μικρόφωνο ,ακουστικά μέσα χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιωθεί ότι μόνο τα μέρη του ήχου της σχετικής συχνότητας περνάνε μέσα. Αυτή η μέθοδος λέγεται " Αρχή Της Ποικίλης Απόστασης " (**variable distance principle**)

Η λεγόμενη αρχή των δυο δρόμων οδηγεί πάνω – κάτω όπως και στα μεγάφωνα, δύο συστήματα μικροφώνων συνδέονται με ένα ηλεκτρικό δίκτυο , όπου το ένα σύστημα με μια μικρή ακουστική καθυστέρηση μεταδίδει τις υψηλές συχνότητες και ένα άλλο πίσω από το πρώτο, με κινούμενο πηνίο και με μεγάλη ακουστική καθυστέρηση μεταδίδει τις χαμηλές συχνότητες.

Η ποιότητα του μικροφώνου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις διαστάσεις του δικτύου, του οποίου η λειτουργία είναι να σιγουρεύει ότι οι δυο αποκρίσεις συχνότητας συγχέονται χωρίς καμιά ασυνέχεια και καμία διαστρέβλωση.

Όλα τα μικρόφωνα πίεσης που έχουν μεγάλη ακουστική καθυστέρηση στο πίσω μέρος του διαφράγματος για ήχους χαμηλής συχνότητας, το φαινόμενο της εγγύτητας είναι φανερά μικρότερο από ότι είναι στα μικρόφωνα με μικρή καθυστέρηση (Σχήμα 2.30)



Σχήμα 2.30

2.3.2 Μικρόφωνο Ταινίας (Ribbon)

2.3.2.1 Μικρόφωνα Ταινίας με χαρακτηριστικά σχήματος 8 (figure of 8)

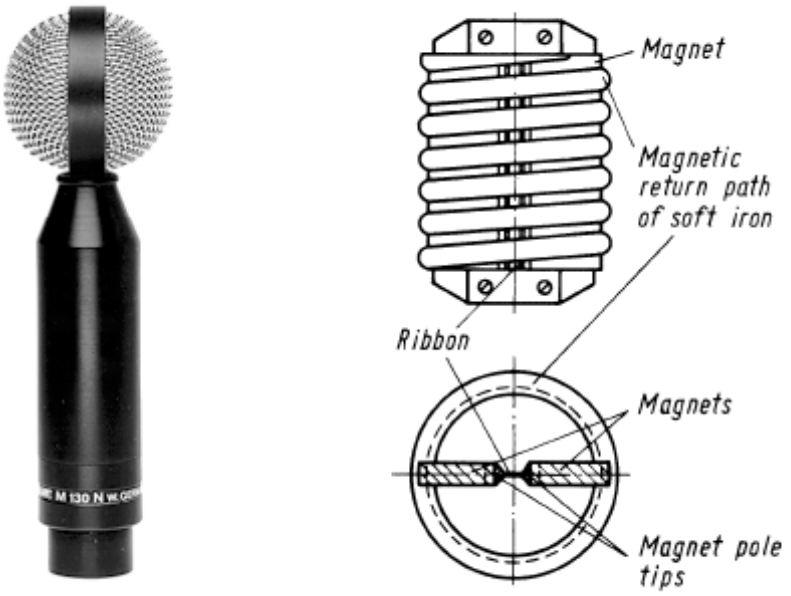
Στα Ribbon μικρόφωνα το ηχητικό πεδίο δρα απευθείας στον αγωγό δηλαδή μια λωρίδα αλουμινίου με λίγα mm πάχος που είναι κρεμασμένη έτσι ώστε να δονείτε ανάμεσα στους πόλους ενός μονίμου μαγνήτη. Το αλουμίνιο έχει συνήθως 2 – 4 mm φάρδος και λίγα εκατοστά μήκος. Η πολύ χαμηλή του αντίσταση αυξάνεται στα 200Ω από έναν ειδικό μετασχηματιστή που υπάρχει μέσα στο μικρόφωνο.

Όταν και οι δυο πλευρές τις ταινίας εκτεθούν στο πεδίο του ήχου προκύπτει ένα σχήμα-8 και το μικρόφωνο εξαιτίας του χαμηλού συγχρονισμού της ταινίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας μεταδότης “ ταχύτητας ”

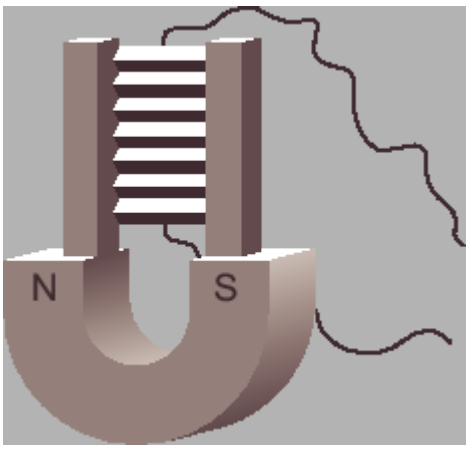
Η χαμηλή συχνότητα συνήθως δεν παρουσιάζει πρόβλημα αλλά επιδρά σε ένα μικρόφωνο το οποίο είναι πιο ευαίσθητο σε γρήγορες κινήσεις και δονήσεις αέρα και αυτή η ευαισθησία αυξάνεται καθώς η απόκριση επεκτείνετε στις χαμηλές

συχνότητες. Από την άλλη τα Ribbon μικρόφωνα γενικά έχουν μια επίπεδη και μη συντονισμένη απόκριση συχνότητας. Μόνο τα μέρη που αποτελούνε το μαγνητικό δαχτυλίδι το οποίο αρχίζει από του δυο πόλους που σχηματίζουν το κενό και τελειώνει γύρω από την ταινία στο εξωτερικό μέρος μπορεί να επιδράσουν στην απόκριση των υψηλών συχνοτήτων.

Το μειονέκτημα αυτό αποφεύγετε συστηματικά στο μικρόφωνο που φαίνεται στο Σχήμα 2.31



Σχημα 2.31



Σχημα 2.32: *Κατασκευή ενός απλού μικροφώνου ταινίας , το διάφραγμα είναι ένα κυματοειδές φύλλο που τοποθετείτε μεταξύ των δυο πόλων του μαγνήτη*

2.3.2.2 Μικρόφωνα Ταινίας σαν μεταδότες πίεσης

Αν η ταινία έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σαν ένα μη – κατευθυντικός μεταδότης πίεσης τότε αυτή σταματά στο πίσω μέρος από ένα σωλήνα η μια κοιλότητα από υλικό που απορροφά τον ήχο. Αυτό επίσης λειτουργεί σαν εμπόδιο τριβής για την ταινία.

2.3.2.3 Μικρόφωνα Ταινίας με Καρδιοειδή κατευθυντικά χαρακτηριστικά

Ένα καρδιοειδές κατευθυντικό χαρακτηριστικό προκύπτει μονό αν ένα μέρος της ταινίας σταματάει στο πίσω κομμάτι ενώ αυτό που παραμένει εκτίθεται στο ηχητικό πεδίο και στις δυο πλευρές.

Στα καινούργια μικρόφωνα αυτά τα χαρακτηριστικά δημιουργούνται από μια μονάδα ακουστικής καθυστέρησης που υπάρχει πίσω από την ταινία.

2.3.2.4 Ευαισθησία του μικροφώνου ταινίας

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ευαισθησία της ταινίας:

- Η πυκνότητα μαγνητικής ροής στο κενό
- το μήκος
- η μάζα της ταινίας
- και το μήκος της απόστασης από το μπροστινό ως το πισινό μέρος.

Το αλουμινόχαρτο, δεδομένου ότι διαθέτει τον καλύτερο συνδυασμό χαμηλής μάζας και χαμηλής ηλεκτρικής αντίστασης είναι ίσως το ιδανικό υλικό για την εφαρμογή.

Διπλασιάζοντας το μήκος της κορδέλας θα αυξηθεί η ευαισθησία κατά 6 dB, αλλά θα επηρεάσει αρνητικά την κάθετη κατεύθυνση της απόκρισης στις υψηλές συχνότητες. Ο διπλασιασμός του μήκους της διαδρομής γύρω από το polepieces θα παρέχει επίσης μια 6-dB αύξηση της ευαισθησίας, αλλά θα θέσει σε κίνδυνο την απόκριση σε HF του μικροφώνου λόγω της συνολικής αύξησης του μεγέθους του μικροφώνου.

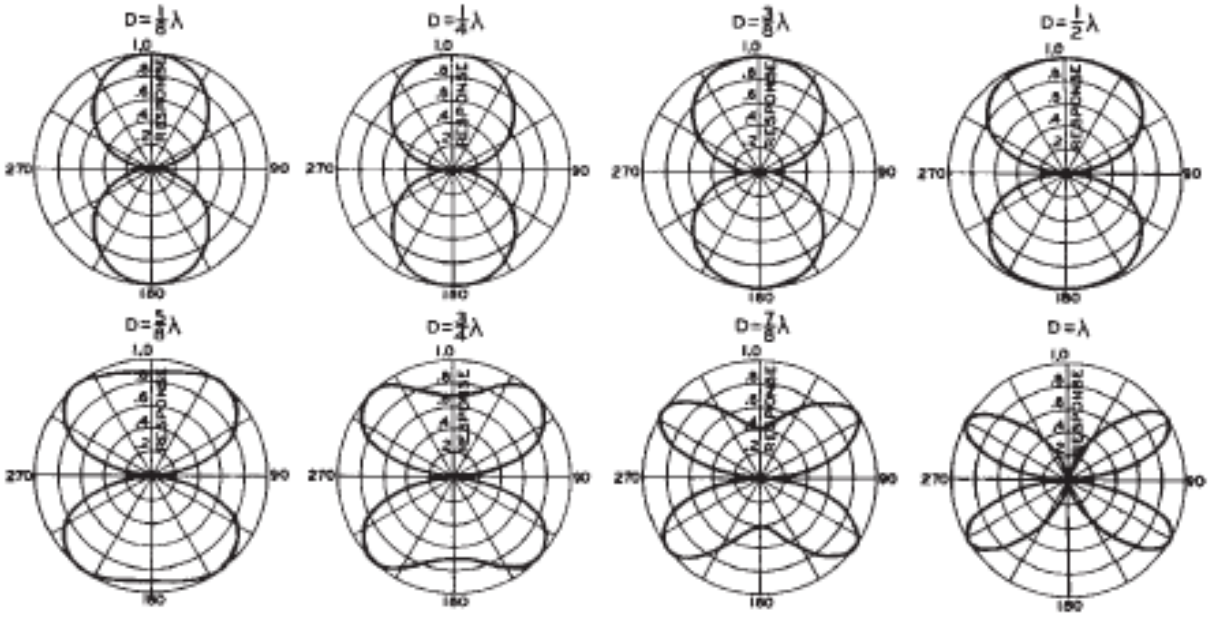
Η περιοχή όπου πολλές σύγχρονες βελτιώσεις έχουν πραγματοποιηθεί είναι η Μαγνητική. Η χρήση υψηλότερων μαγνητών ενέργειας σε συνδυασμό με νέα μαγνητικά υλικά κυκλώματος και τοπολογία, κατέστησε δυνατό να επιτευχθεί επαρκής βελτίωση της ευαισθησίας, συμπεριλαμβανομένων μικρότερων ταινιών με καλύτερη συμπεριφορά στην πολική τους απόκριση και σε HF επιδόσεις.

Λόγω της εξαιρετικά χαμηλής ηλεκτρικής παραγωγής από την ταινία, ένας step-up μετασχηματιστής είναι εγκατεστημένος στο μικρόφωνο. Ένας μετασχηματιστής στρέφεται με αναλογία περίπου 20:1 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ταιριάζει με τις πολύ χαμηλές αντιστάσεις της ταινίας με ένα φορτίο 300 Ω.

2.3.2.5 Καμπύλες Απόκρισης Του Μικροφώνου Ταινίας

Η απλότητα του σχεδιασμού του μικρόφωνου παράγει ένα προβλέψιμο, ομοιόμορφο πολικό διάγραμμα για το συχνοτικό εύρος, όταν το d= (5 / 8)λ.

Ο Olson (1957) παρουσιάζει τα θεωρητικά πολικά δεδομένα που φαίνονται στο Σχήμα 2.33



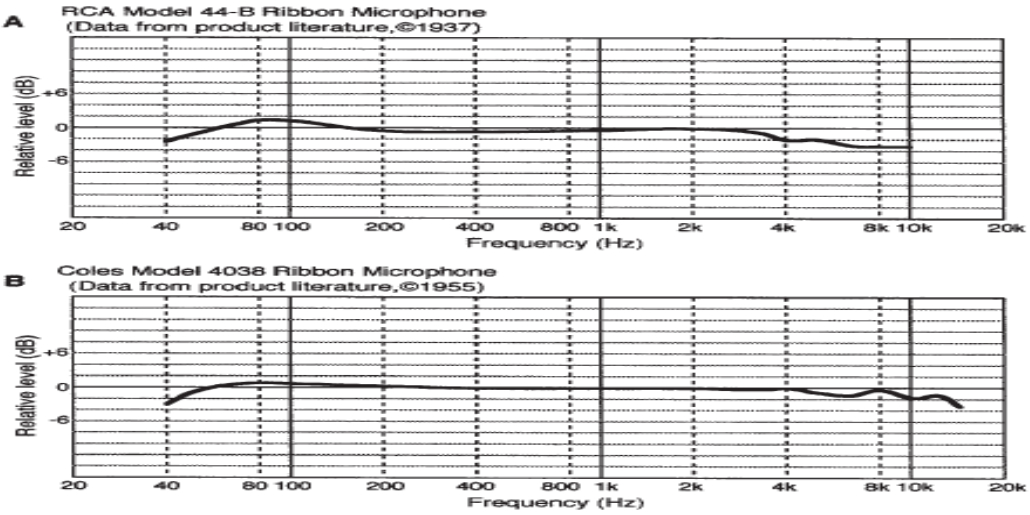
Σχήμα: 2.33

Σημειώστε ότι όταν το μήκος κύματος προσεγγίζει τις εσωτερικές διαστάσεις του μικροφώνου, το πολικό διάγραμμα γίνεται ελαφρώς γραμμικό on axis, τελικά καταρρέει και παράγει μηδέν απόκριση , με πολική απόκριση σε τέσσερις ίσους έκκεντρους λοβούς.

Το Σχήμα 2.34 δείχνει καμπύλες απόκρισης στον άξονα για το τυπικό εμπορικό μικρόφωνο ταινίας.

Η καμπύλη που εμφανίζεται στο A από το προϊόν RCA για το μοντέλο 44-B μικρόφωνο ταινίας.

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο B είναι για το μοντέλο Coles 4038 μικρόφωνο. Σημειώστε ότι τα Coles παράγουν ελαφρώς πιο επίπεδη και πιο εκτεταμένη απόκριση HF.

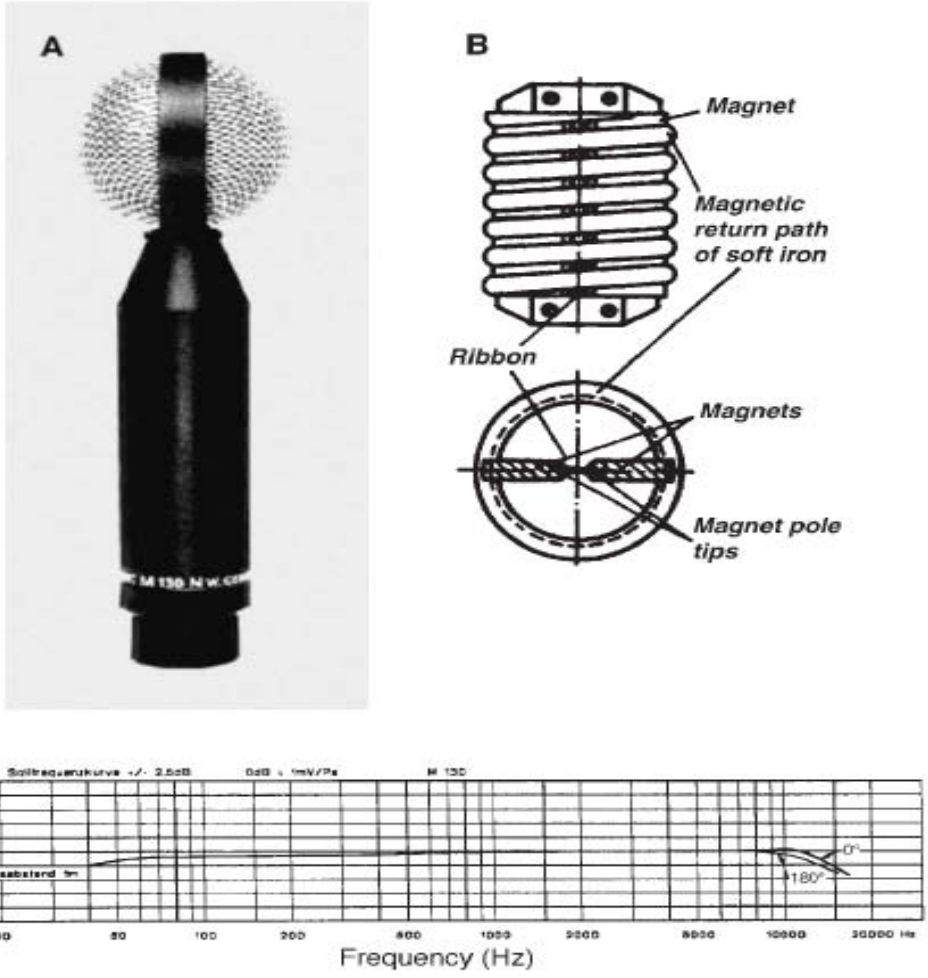


Σχήμα: 2.34

Το Σχήμα 2.35.A δείχνει λεπτομέρειες του beyerdynamic μοντέλου M 130

Είναι ίσως το μικρότερο και πλέον επίπεδο ribbon μικρόφωνο που είναι διαθέσιμο σήμερα, με το σύνολο του εξοπλισμού να περιέχεται σε μια σφαίρα 38,5mm σε διάμετρο.

Εμφανίζονται λεπτομέρειες της δομής του μικροφώνου στο B, και η απόκριση του σε 0 και 180 μοίρες φαίνονται στο C.



Σχήμα: 2.35

2.4 Πυκνωτικά Μικρόφωνα

Η βασική κατασκευή ενός πυκνωτικού μικροφώνου φαίνεται στο Σχήμα 2.36. Ένα διάφραγμα με πάχος 1 – 10 mm φτιαγμένο από μέταλλο η μεταλλοειδές πλαστικό είναι τοποθετημένο πολύ κοντά σε ένα διάτρητο , ηλεκτρικά αγώγιμο ηλεκτρόδιο. Ηχητικά κύματα κινούν το διάφραγμα και αλλάζουν την απόσταση του από το πυκνωτή.

Εξαιτίας της κοντινής απόστασης η μόνωση του διαφράγματος επηρεάζεται κυρίως από το στρώμα αέρα που είναι στο πίσω μέρος και μπορεί να προσαρμοστεί στη απαιτούμενη τιμή από μια ταιριαστή επιλογή χώρου για το διάφραγμα .

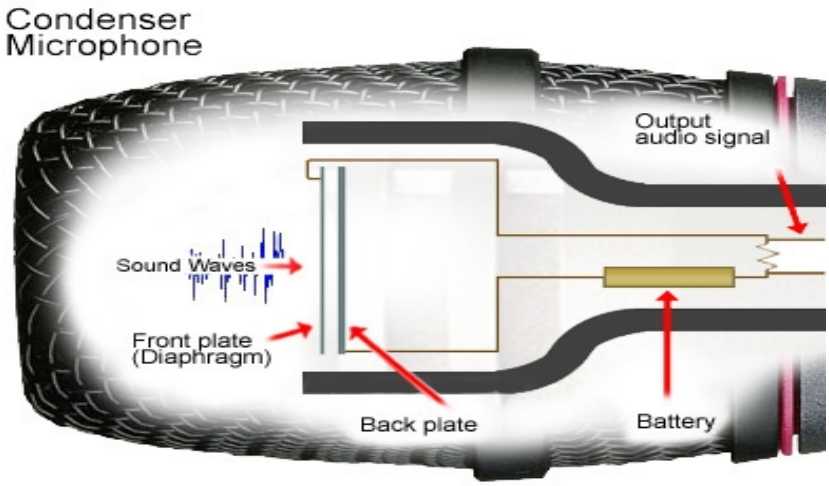
Το πυκνωτικό μικρόφωνο πρέπει να έχει τέτοιες διαστάσεις ώστε το διάφραγμα να υφίσταται σχεδόν την ιδία μετατόπιση σε όλες τις συχνότητες , δίνοντας συνεχή ηχητική πίεση.

Η αρχή λειτουργίας των πυκνωτικών μικροφώνων δεν είναι άλλη από εκείνη του ηλεκτροστατικού πυκνωτή.

2.4.1 Συνήθη Πυκνωτικά

Το διάφραγμα του μικροφώνου είναι ο ένας από τους δυο οπλισμούς στου πυκνωτή. Ο άλλος είναι σταθερός πάνω στο σώμα του μικροφώνου. Για να λειτουργήσει το μικρόφωνο αυτό πρέπει να τροφοδοτηθεί με μια συνεχή τάση Οι παλμικές κινήσεις του διαφράγματος μεταβάλλουν προφανώς τη χωρητικότητα του πυκνωτή και κατά συνέπεια την τάση των οπλισμών του. Έτσι πάνω από τη σταθερή συνεχή τάση τροφοδοσίας εμφανίζεται μια μεταβλητή τέτοια , ανάλογη του ηχητικού σήματος.

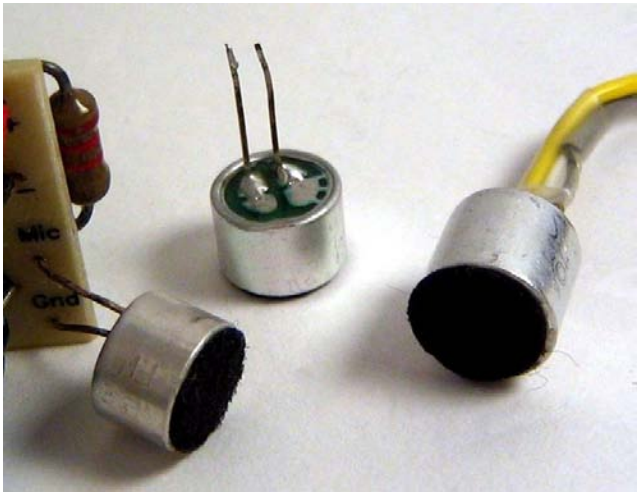
Σε αντίθεση με τα δυναμικά, εδώ η τάση του σήματος καθώς και η αντίσταση που παρουσιάζει το σύστημα είναι μεγάλες, με αποτέλεσμα την ανάγκη της ύπαρξης ειδικού προενισχυτή προσαρμογής. Αυτός λοιπόν υπάρχει ενσωματωμένος στο μικρόφωνο.

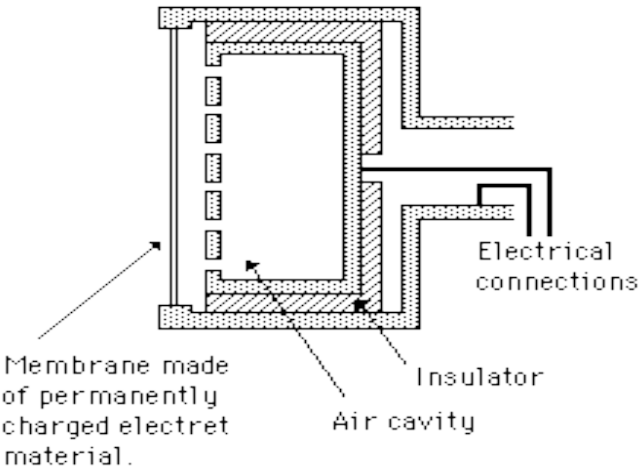


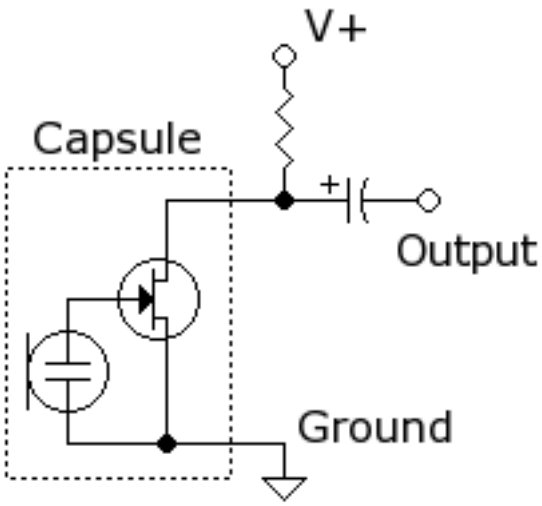
Σχήμα 2.36: *Διατομή ενός συνήθη πυκνωτικού μικροφώνου.*

2.4.2 Πυκνωτικά – Electrets

Ο όρος electrets θέλει να δηλώσει διηλεκτρικά υλικά των οποίων η πόλωση παραμένει και μετά την απομάκρυνση του ηλεκτρικού πεδίου που την προκάλεσε. Όταν λοιπόν ο ένας οπλισμός – συνήθως ο σταθερός – είναι επικαλυμμένος με μια τέτοια ουσία, τότε έχουμε αυτόματα την απαιτούμενη τάση πόλωσης – λειτουργίας του πυκνωτή και συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη εξωτερικής τροφοδοσίας με συνεχή τάση παρόλο που η τροφοδοσία εξακολουθεί να χρειάζεται για την λειτουργία του ενσωματωμένου προενισχυτή.







Σχήμα 2.37: *Πυκνωτικό electret μικρόφωνο.*

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι electret μικρόφωνου , διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείτε το electret υλικό :

1. **Foil-type or diaphragm-type ,** Μια ταινία του υλικού χρησιμοποιείτε αυτούσια ως το διάφραγμα. Αυτός ο τύπος είναι ο πιο κοινός , αλλά και ο πιο χαμηλός σε ποιότητα μίας και το υλικό δεν είναι αρκετά αποτελεσματικό στον ρόλο του διαφράγματος.



Σχήμα 2.38: *Noise Cancelling Microphone--AMF-N60C50-NA*

2. **Back electret,** Μια ταινία εφαρμόζεται στο πίσω μέρος της κάψας του μικροφώνου και το διάφραγμα είναι φτιαγμένο με ένα μη φορτισμένο υλικό που είναι και μηχανικά πιο κατάλληλο έτσι ώστε να υπάρχει το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Σχήμα 2.39: *Back Electret Microphone , ME 64 model*

3. **Front electret ,** Σε αυτό το είδος το back – plate του μικροφώνου δεν χρησιμοποιείτε και ο πυκνωτής σχηματίζεται από το διάφραγμα και την εσωτερική επιφάνεια της κάψουλας. Η ταινία electret παραμένει στο εσωτερικό μπροστινό μέρος και το μεταλλικό διάφραγμα είναι συνδεδεμένο με την είσοδο του F.E.T.



Σχήμα 2.40: *Noise Cancelling Front Electret Condenser Microphone NF-D50*

2.4.2.1 Κάψα του Electret μικροφώνου

Ο ενισχυτής σε μορφή τρανζίστορ ενός dc – πολωμένου πυκνωτικού μικροφώνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από dc ρεύμα χαμηλής τάσης , επειδή μονό η πόλωση της κάψουλας απαιτεί μια πιο υψηλή τάση. Για να αποφευχθεί υπερβολική επεξεργασία κάποιοι κατασκευαστές παρέχουν τέτοια μικρόφωνα με μόνιμα πολωμένες ηλεκτρικές μεμβράνες αλουμινίου.

Οι μετατροπείς φορτιού που παρουσιάζονται στις ταινίες χαμηλής αγωγιμότητας, ενεργοποιούνται από τη θερμότητα και παρατάσσονται στη σειρά από την επιρροή ενός ηλεκτρικού πεδίου με τέτοιο τρόπο οπού σχηματίζουν δίπολο. Όταν παγώνουν ξανά παραμένουν σταθερά στη θέση τους και είναι ικανά να αποκτήσουν μια συνεχή φόρτιση. Παρ όλα αυτά για το μεγαλύτερο χρόνο τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν μπορούν να σχηματίσουν δίπολα αλλά μπορούν να αποδεχτούν και να διατηρήσουν τη φόρτιση. Ένα τυπικό υλικό αυτού του είδους είναι το πολυτετραφλουοροαιθυλένιο , γνωστό ως “ τεφλόν ”.

Για να ενσωματωθούν οι φορείς αρνητικού φορτιού, η ταινία πρέπει να περάσει από την ονομαζόμενη " **corona discharge** " η από βομβαρδισμό ηλεκτρονίων στο κενό.

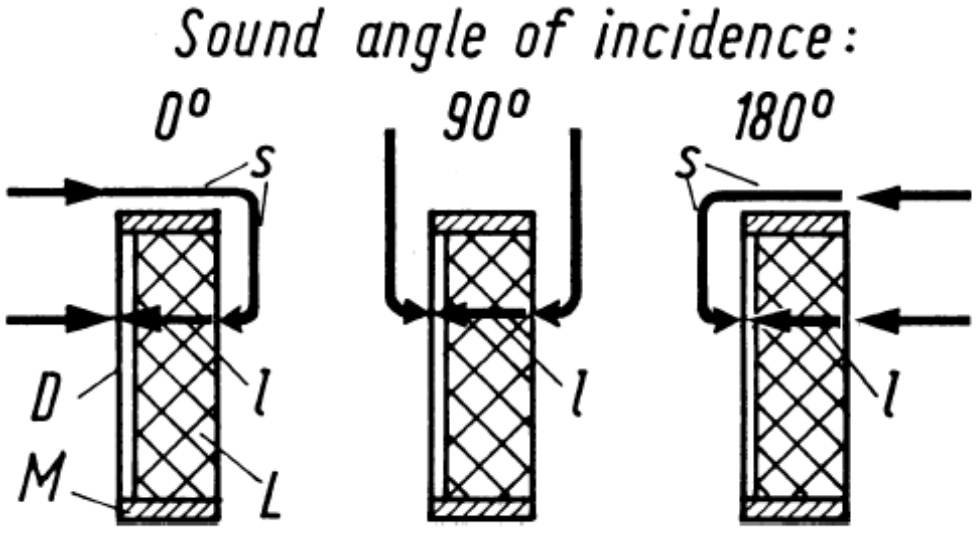
Αν και αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό εδώ και δεκαετίες απαίτησε πολύ χρόνο μέχρι να βρεθούν υλικά που είναι ικανά να διατηρούν μόνιμα την τάση πόλωσης όχι μονό σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και σε επίπεδα υψηλής υγρασίας.

2.4.3 Καρδιοειδή Πυκνωτικά Μικρόφωνα

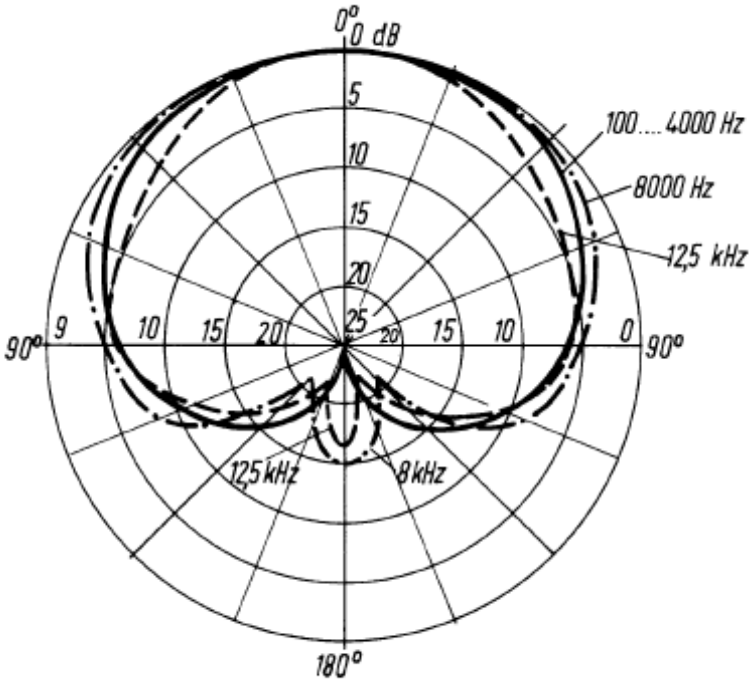
Με σκοπό να επιτευχθεί η δημιουργία ενός καρδιοειδές πολικού διαγράμματος εφαρμόζονται τρεις βασικές αρχές :

- Οι τάσεις εξόδου από δύο κάψουλες , η μια Παντοκατευθυντική, η άλλη με πολικό διάγραμμα σχήμα-8 (figure of 8) , συνδέονται μαζί .
- Ένα μέρος του διαφράγματος έχει μόνο την μπροστινή όψη εκτεθειμένη στο ηχητικό πεδίο, ενώ ένα άλλο μέρος έχει και τις δύο επιφάνειες του εκτεθειμένες στο ηχητικό πεδίο.
- Ο μετατροπέας διαφοράς πίεσης είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε ο ήχος να φτάνει στο πίσω μέρος του διαφράγματος με κάποια καθυστέρηση. Στις μέρες μας τα περισσότερα καρδιοειδή μικρόφωνα λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο. Στο πίσω μέρος έχουν σχεδιαστεί ηχητικά ανοίγματα τα οποία λειτουργούν ως ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων. Ο απαιτούμενος χρόνος μεταφοράς μας εξασφαλίζει την αποκοπή των υψηλών συχνοτήτων. (Σχήμα 2.41)

Αυτό μετατρέπει το μικρόφωνο σε μονοκατευθυντικό μετατροπέα πίεσης.



Σχήμα 2.41: *Αρχή λειτουργίας καρδιοειδές μικροφώνου με στοιχειό καθυστέρησης.*



Σχήμα 2.42: *Πολικό διάγραμμα πυκνωτικού μικροφώνου με καρδιοειδή χαρακτηριστικά (KM 84 i, Neuman)*

Σε μερικά μικρόφωνα το ένα μέρος του back – plate έχει ανοιχτές τρύπες και το άλλο όχι. Έτσι οι κάψες λειτουργούν εν μέρει σαν μετατροπείς διαφοράς πίεσης και σαν μετατροπείς πίεσης.

Σε αλλά μικρόφωνα το back – plate είναι σχεδιασμένο ως συνιστώσα χρόνου καθυστέρησης με τρύπες και σχισμές που λειτουργούν ως αντιστάσεις τριβής και ως αποθήκες ενέργειας δίνοντας στο back – plate το χαρακτήρα ενός βαθυπερατού ακουστικού δικτύου.

Αν και αυτός ο σχεδιασμός επιτρέπει πιο ακριβή πολικά διαγράμματα , τα μικρόφωνα που λειτουργούν σύμφωνα με την πρώτη αρχή είναι πιο δημοφιλή.

2.4.4 Πυκνωτικά Μικρόφωνα Με Συμμετρικές Κάψες

Με την εισαγωγή της ψηφιακής τεχνολογίας στα περισσότερα στούντιο η μη γραμμική παραμόρφωση και ο έμφυτος ήχος σε έναν τέτοιο εξοπλισμό έχουν γίνει αμελητέα και εξαρτώνται πιο πολύ από τις προδιαγραφές του μικροφώνου που χρησιμοποιείτε.

Στην περίπτωση των πυκνωτικών μικροφώνων και οι δυο τύποι παρεμβολής μπορούν να μειωθούν πιο πολύ από τη χρήση συμμετρικά τοποθετημένων καψών, όπου και οι δυο πλευρές του διαφράγματος έρχονται αντίθετα εξαιτίας ενός σταθερού αλλά ακουστικού διάφανου « counter-electrode »

Επειδή αυτά τα δυο « counter-electrode » είναι της ίδιας τάσης και οι ηλεκτρικές δυνάμεις της έλξης που δρουν στο διάφραγμα απενεργοποιούνε το ένα το άλλο. Το διάφραγμα δεν είναι μονόπλευρο και η ομολογουμένως ήδη μικρή δεύτερη αρμονική παραμόρφωση που προκαλείτε κυρίως από την αρχική ένταση μειώνεται. Επιπλέον η παραμόρφωση εξαιτίας μιας μη γραμμικής συμπεριφοράς του αέρα μέσα στις σχισμές του back – plate σε επίπεδα υψηλής πίεσης

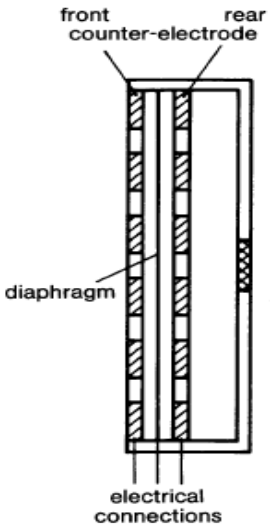
μειώνεται επειδή αντισταθμίζονται χρησιμοποιώντας δυο ίδια « counter-electrode » και στις δυο μεριές της μεμβράνης. Δεδομένου ότι η κίνηση του ηλεκτρικού διαφράγματος οδηγεί σε εναλλασσόμενες τάσεις και στα δυο « counter-electrode » , η τάση εξόδου το μικροφώνου διπλασιάζεται και η αναλογία σήματος – ήχου βελτιώνετε.

2.4.5 Transformerless Μικρόφωνα (Transformerless microphones)

Σήμερα πολλά κορυφαία πυκνωτικά μικρόφωνα δεν χρησιμοποιούν μετασχηματιστές και την θέση τους έχουν πάρει τα fets ή τα jfets τα οποία έχουν άριστα χαρακτηριστικά όπως χαμηλή κατανάλωση, πολύ χαμηλό θόρυβο, υψηλή αντίσταση εισόδου και χαμηλή αντίσταση εξόδου. Πολλοί τα προτιμούν, άλλοι όμως επιμένουν στη χρήση μικροφώνων με μετασχηματιστές. Τα μικρόφωνα που δεν χρησιμοποιούν μετασχηματιστές ονομάζονται TLM (TransformerLess Microphones).



Σχήμα 2.43: *TLM πυκνωτικά μικρόφωνα , (TLM 170 R mt και TLM 103, Neumann)*



Σχήμα 2.44:*Αρχή κατασκευης ενός πυκνωτικού μικροφώνου με καρδιοειδή χαρακτηριστικά και συμμετρικές κάψες.*



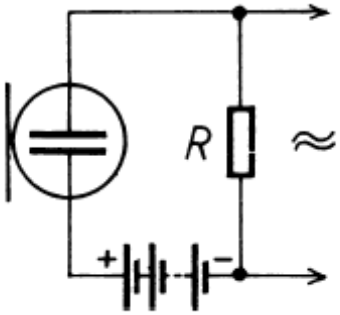
Σχήμα 2.45: *Πυκνωτικό μικρόφωνο με συμμετρικές κάψουλες (MKH 40 P48, Sennheiser)*

2.4.6 DC Μέθοδος Πόλωσης

Σε αυτή την μέθοδο η κάψα του πυκνωτικού μικροφώνου φορτίζεται μέσω μιας αντίστασης R με σταθερή dc τάση E0 (40 ... 200 V) Όπως είναι στο Σχήμα 2.46 Για την φόρτιση Q η εξίσωση είναι :

$$Q = C0 \cdot E0 \qquad \textbf{(2.7)}$$

όπου C0 = Χωρητικότητα της κάψας



Σχήμα 2.46: *Κύκλωμα ενός πυκνωτικού μικροφώνου με dc μέθοδο πόλωσης*

2.4.7 RF Κύκλωμα

Πριν κυκλοφορήσουν στην αγορά τα τρανζίστορ χαμηλού θορύβου, η τεχνολογία ημιαγωγών εφαρμόστηκε στα πυκνωτικά μικρόφωνα στη μορφή του κυκλώματος ραδιοσυχνότητας (RF) που απαιτεί μόνο συμβατικά τρανζίστορ. Με ένα RF κύκλωμα η κάψα του μικροφώνου λειτουργεί σαν ενεργός μετατροπέας (**active transducer**). Ελέγχει την συχνότητα η τη φάση της RF ταλάντωσης ή αντιπροσωπεύει μια αντίσταση σε ένα RF κύκλωμα που ποικίλει με την συχνότητα του ήχου.

Υπάρχουν αρκετά είδη κυκλωμάτων για κάτι τέτοιο. Εκτός από την κάψα όλα αυτά τα μικρόφωνα περιέχουν ένα RF ταλαντωτή και ένα κύκλωμα αναδιαμόρφωσης. Μόνο η αναδιαμορφωμένη τάση ηχητικής συχνότητας εμφανίζεται στην έξοδο του μικροφώνου.

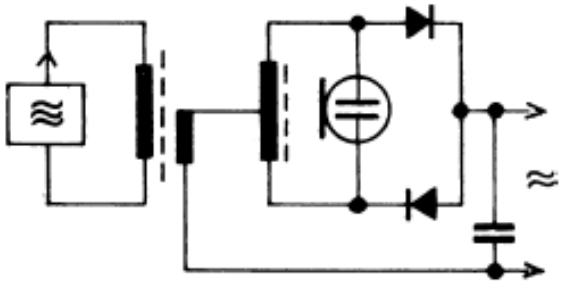
Το πιο σημαντικό του RF κυκλώματος είναι το γεγονός ότι η χωρητικότητα της κάψας έχει μια σχετικά χαμηλή RF αντίσταση.

Για παράδειγμα μια χωρητικότητα κάψας των 50 pf σε συχνότητα 10 MHz αντιπροσωπεύει μόνο 300Ω. Οι μονωμένες αντιστάσεις της κάψας και του κυκλώματος έτσι δεν επηρεάζονται από τη dc πόλωση. Από την άλλη τα

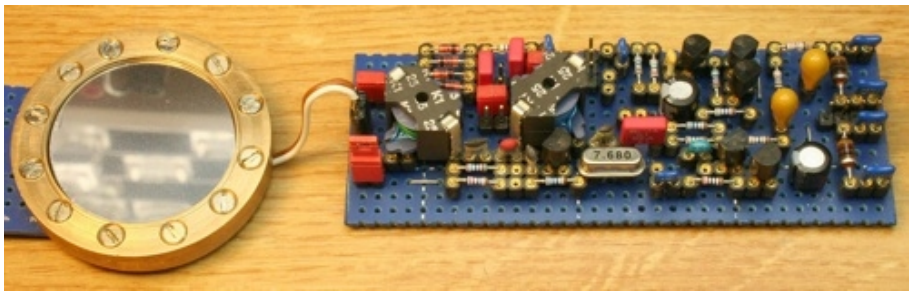
ηλεκτρικά μέρη πρέπει να είναι χαμηλού ελλείμματος στο RF και τα μέρη που καθορίζουν τη συχνότητα πρέπει να είναι ηλεκτρικά σταθερά έτσι ώστε τα κυκλώματα να μην συντονίζουν το ένα το άλλο.

Επίσης απαιτείται μη πολωμένη τάση. Κατά βάση χαμηλής συχνότητας μέρη της τάξεως κάτω από τη μηδενική συχνότητα μπορεί να μεταδοθούν αφού η κάψα μπορεί να τα υποστηρίξει. Αυτό μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση επειδή ο χαμηλής συχνότητας θόρυβος δεν μπορεί να φιλτραριστεί στην έξοδο.

Τα πρώτα μικρόφωνα χρησιμοποιούσαν την αρχή διαμόρφωσης φάσης (Phase Modulation Principle)



(A)



(B)

Σχήμα 2.47:*Βασικό RF κύκλωμα πυκνωτικού μικροφώνου*

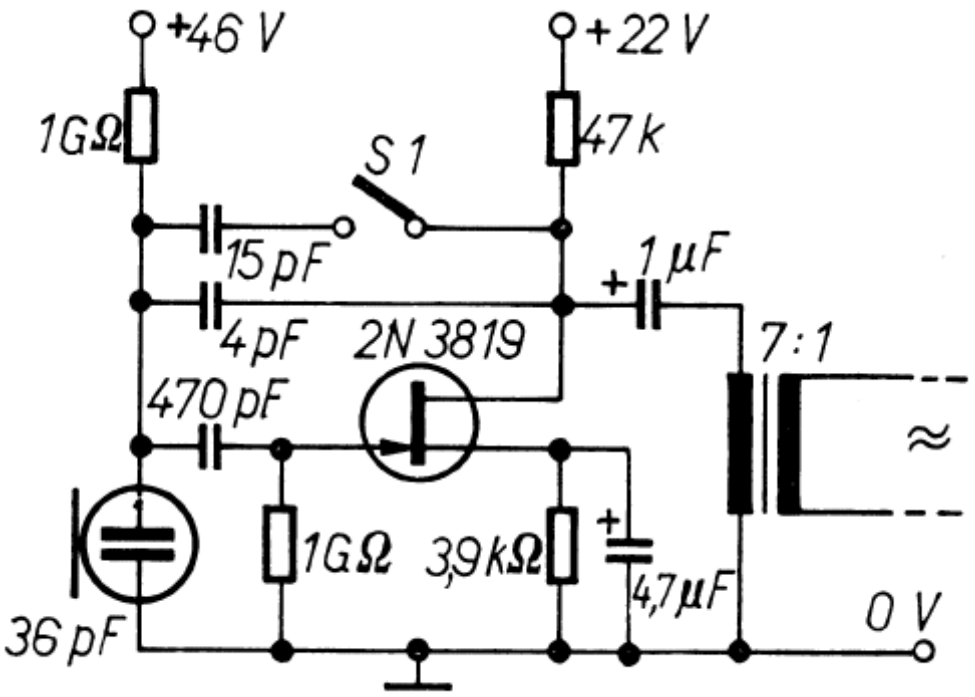


Σχήμα 2.48: *Sennheiser , MKH 40 Ultra Low Noise RF Microphone*

Τα σημερινά RF πυκνωτικά μικρόφωνα λειτουργούν με βάση τη διαμόρφωση πλάτους σύμφωνα με την αρχή “ push-pull bridge ” .

2.4.8 Ενισχυτής Μικροφώνου

Το δυναμικό εύρος πολλών πυκνωτικών μικροφώνων καθορίζεται όχι τόσο από την κάψα αλλά από τον συνδεδεμένο ενισχυτή.



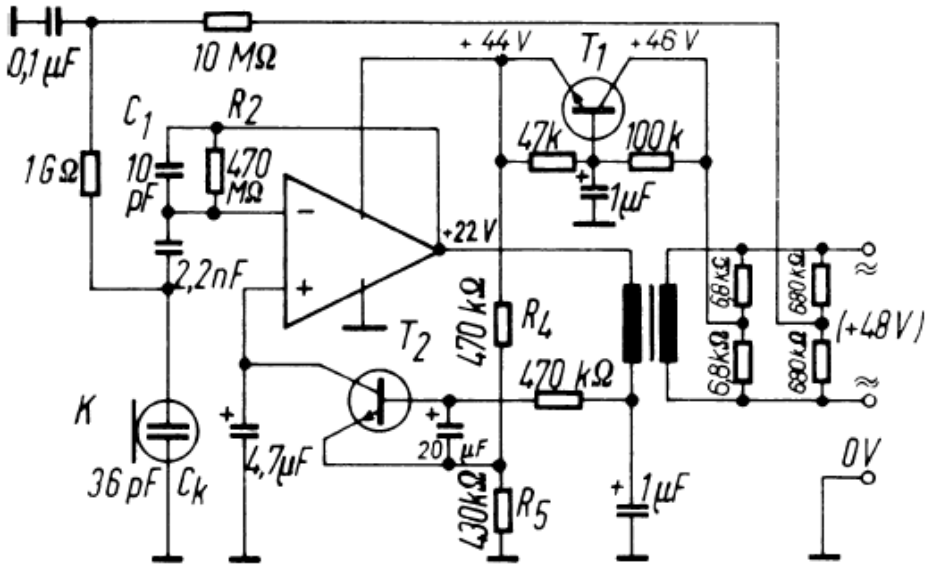
Σχήμα 2.49: *Απλοποιημένο κύκλωμα ενισχυτή μικροφώνου με F.E.T.*

Το φάσμα του θορύβου στις χαμηλές συχνότητες κυριαρχείτε από το θόρυβο που συνεισφέρει η αντίσταση στο FET.

Πάρα όλα αυτά στην πράξη ο θόρυβος αυτός δεν είναι ενοχλητικός μιας και το ανθρώπινο αυτί είναι μη – δεκτικό σε τέτοια ηχητικά κύματα χαμηλής συχνότητας.

Πάνω από 1 – 2 KHz ο εισερχόμενος ήχος από το FET κυριαρχεί. Αυτός είναι ο λόγος που μόνο τα FET με ιδιαιτέρα χαμηλό θόρυβο τάσης στις μεσαίες συχνότητες χρησιμοποιούνται για τα πυκνωτικά μικρόφωνα.

Η υψηλή σταθερότητα του ενισχυτή είναι ένας πολύ καλός παράγοντας ειδικά στην περίπτωση των μικροφώνων που είναι κοντά στο στόμα του ομιλητή η του τραγουδιστή ή όταν χρησιμοποιείτε για την ηχογράφηση δυνατών μουσικών οργάνων



Σχήμα 2.50: *Πυκνωτικό μικρόφωνο με τελεστικό ενισχυτή με Phantom power*

2.4.9 Τροφοδοτικό Πυκνωτικού Μικροφώνου

Κάθε προενισχυτής που βρίσκεται μέσα σε κάποιο μικρόφωνο , σαν ενεργός βαθμίδα χρειάζεται κάποια πηγή τροφοδότησης. Εδώ θα εξετάσουμε την περίπτωση εξωτερικού τροφοδοτικού για πυκνωτικά μικρόφωνα. Το τροφοδοτικό αυτό θα πρέπει να παρέχει τάση όχι μόνο στον ενσωματωμένο προενισχυτή στο πυκνωτικό μικρόφωνο αλλά και μια πολική τάση στο διάφραγμα.

Αυτό δεν σημαίνει ότι χρειάζεται ξεχωριστός αγωγός για κάθε μια από αυτές τις τάσεις. Οι κατασκευαστές των συγχρόνων πυκνωτικών μικροφώνων σχεδιάζουν τα μικρόφωνα τους έτσι ώστε να απαιτείται μια μόνο τιμή τάσης για την τροφοδοσία τους. Ξεχωριστή πολική τάση τροφοδότησης χρησιμοποιείτε όταν απαιτείται μεταβολή του πολικού διαφράγματος σε απόσταση από το μικρόφωνο. Αυτό συμβαίνει σε ορισμένους τύπους πυκνωτικών μικροφώνων και το αναφέρει ο κατασκευαστής τους. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ότι το καλώδιο μεταξύ του μικροφώνου και του τροφοδοτικού περιέχει επιπλέον αγωγούς για να εφοδιάζουν το μικρόφωνο με την τάση που απαιτείται.

2.4.10 Τροφοδοτικά Phantom (Phantom Power)

Σχεδόν όλα τα σύγχρονα πυκνωτικά μικρόφωνα τροφοδοτούνται από την κονσόλα με τάση κατά τέτοιο τρόπο ώστε η τάση τροφοδότησης του μικροφώνου να συνυπάρχει με το σήμα στου αγωγούς μεταφοράς του ακουστικού σήματος. Αυτό το σύστημα τροφοδότησης ονομάζεται Phantom Power και δεν επηρεάζει την λειτουργία των δυναμικών μικροφώνων. Έτσι η χρήση των πυκνωτικών μικροφώνων μπορεί να γίνει χωρίς να απαιτούνται εσωτερικές η εξωτερικές μπαταρίες η ατομικά τροφοδοτικά με πολύπλοκες συνδέσεις και επιπλέον αγωγούς. Το καλώδιο σύνδεσης μικροφώνου κονσόλας περιέχει δυο αγωγούς και μια θωράκιση που είναι η γείωση.

- Δυο μέθοδοι τροφοδότησης με σύστημα phantom power σε πυκνωτικά μικρόφωνα:

Εάν η κονσόλα για τα μικρόφωνα χρησιμοποιεί στην είσοδο μετασχηματιστές με κεντρική λήψη η απαιτούμενη θετική τάση τροφοδότησης εφαρμόζεται.

Αφού από τον μετασχηματιστή δεν περνά συνεχές ρεύμα από το ένα τύλιγμα στο άλλο ο μονός δρόμος για την παρεχομένη τάση είναι δια μέσου δυο αγωγών στο μικροφωνικό καλώδιο με κατεύθυνση προς το μικρόφωνο . Ένα άλλος μετασχηματιστής ενσωματωμένος στο μικρόφωνο επίσης με κεντρική λήψη διοχετεύει την παρεχομένη τάση. Στην τροποποίηση μιας κονσόλας για τροφοδότηση μικροφώνων με σύστημα phantom, μια κοινή πρακτική για την δημιουργία ενός υποκατάστατου της κεντρικής λήψης είναι η χρήση δυο επιπλέον αντιστάσεων.

Σημειώνετε ότι και στις δυο εφαρμογές της phantom τροφοδότησης μικροφώνου το εξωτερικό πλέγμα (μπλεντάζ) του μικροφωνικού καλωδίου συνδέετε στο (-) αρνητικό του τροφοδοτικού.

Έτσι το διπλής σπουδαιότητας γεγονός είναι ότι όλα τα μικροφωνικά καλώδια έχουν τα μπλεντάζ τους καλά συνδεμένα και στα δυο άκρα τους. Το μπλεντάζ εξασφαλίζει συνεχές ρεύμα μια οδό επιστροφής στο τροφοδοτικό τόσο καλά όσο και στην εκπλήρωση του πρωταρχικού σκοπού της θωράκισης δηλαδή του μεταφερομένου σήματος από θορύβους. Αν και μια διακοπή του μπλεντάζ δεν πρόκειται να κάνει το καλώδιο μη χρησιμοποιήσιμο για δυναμικά μικρόφωνα ωστόσο αυτό θα εμποδίσει ένα μικρόφωνο με τροφοδοσία phantom από τη ορθή λειτουργία του.

Ένα σύστημα Phantom τροφοδότησης δεν θα πρέπει να αντικαθιστά όλα τα ατομικά τροφοδοτικά πυκνωτικών μικροφώνων.

Οι απαίτησης τροφοδότησης για κάθε μικρόφωνο διαφέρουν. Για παράδειγμα τα πυκνωτικά μικρόφωνα με λυχνία κενού απαιτούν μια επιπλέον τάση για το νήμα της λυχνίας η οποία τάση δεν είναι διαθέσιμη από σύστημα Phantom.

Οι αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται στη σύνδεση του Phantom Power στις μικρόφωνες εισόδους παρέχουν απομόνωση μεταξύ των οδηγών κάθε μικροφωνικής γραμμής και μεταξύ των μικροφώνων

Αν το σήμα στον οδηγό βραχυκυκλώσει τότε ο άλλος εξακολουθεί να παίρνει δύναμη από το Phantom Power. Αν τα δυο από τα τρία σήματα βραχυκυκλώσουν τότε το Phantom Power πέφτει και τίποτα δεν δουλεύει. Αυτό συμβαίνει αν :

1. Τα μικροφωνικά καλώδια είναι ελαττωματικά.
2. Ένα η και τα δυο σήματα οδηγούν βραχυκυκλωμένα στο περίβλημα.

Το μέγεθος των αντιστάσεων που χρησιμοποιούνται στο Phantom Power εξαρτάται από :

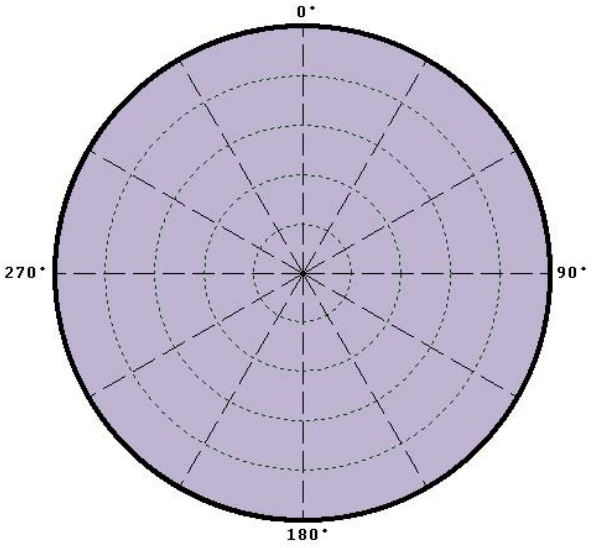
1. Την τάση
2. Τις απαιτήσεις του μικροφώνου για να τροφοδοτηθεί.

2.5 Χαρακτηριστικά κατευθυντικότητας

Για να μπορούμε να αντεπεξέλθουμε στις διάφορες συνθήκες ηχογράφησης έχουμε φροντίσει ώστε τα μικρόφωνα εκ κατασκευής να μην είναι πάντα το ίδιο ευαίσθητα ως προς όλες τις διευθύνσεις του χώρου. Παρουσιάζουν λοιπόν πολλά από αυτά κατευθυντικότητα.

Έστω λοιπόν ένα μικρόφωνο όπου μπροστά ακριβώς από το διάφραγμα του και στο ίδιο ύψος βρίσκεται μια σταθερή ηχητική πηγή. Με κάποιο μηχανισμό υποθέστε ότι θέτουμε το μικρόφωνο σε αργή περιστροφή γύρω από ένα κάθετο άξονα.

Επιτυγχάνουμε έτσι η ηχητική πηγή να βλέπει το διάφραγμα του μικροφώνου από διαφορετικές γωνίες. Κάνοντας μια πλήρη περιστροφή 360^0 το μικρόφωνο θα περάσει από όλες τις δυνατές διευθύνσεις επί ενός - οριζοντίου – επιπέδου. Εννοείτε ότι στην παραπάνω περιστροφή η απόσταση πηγής – μικροφώνου παραμένει πάντα η ίδια.



***Σχήμα 2.51**: Πολικό Διάγραμμα*

Το Σχήμα 2.51 δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένα έντυπο βαθμολογημένο σε σφαιρικές πολικές συντεταγμένες στο επίπεδο. Η μονή διαφορά με τα συνήθη είναι η τοποθέτηση των 0 μοιρών στο κατακόρυφο άξονα και το γράψιμο της θετικής γωνιάς ακολουθώντας τη φορά των δεικτών του ρολογιού

Φυσικά η απόσταση από το κέντρο Κ που δηλώνεται με τους συνεχώς μικρότερης ακτίνας ομόκεντρους κύκλους παριστάνει την τάση του σήματος του μικροφώνου.

Για το λόγω αυτό η γραμμή που θα βγάλει το αυτογραφικό όργανο για το μικρόφωνο θα λέγεται πολικό διάγραμμα. Δηλαδή πολικό διάγραμμα είναι η επίπεδη γραφική παράσταση σε πολικές συντεταγμένες του σήματος εξόδου του μικροφώνου συναρτήσει της διεύθυνσης (θ).

Το πολικό διάγραμμα δείχνει πόσο μεγαλύτερη η μικρότερη είναι η απόδοση (σήμα) της σύσκεψης στις διάφορες διευθύνσεις σε σχέση με την τιμή On axis (0^0)

Το πολικό διάγραμμα είναι ένα γενικότερο εργαλείο μελέτης της κατευθυντικότητας, δεν εφαρμόζεται δηλαδή μόνο στα μικρόφωνα αλλά επίσης και για όλες γενικά τις ηχητικές πηγές γενικότερα στην ακουστική.

2.5.1 Πολική Εξίσωση

Το πολικό διάγραμμα οποιοιδήποτε μικροφώνου μπορεί να βρεθεί και θεωρητικά με τη χρήση της πολικής εξίσωσης. Η εξίσωση αυτή δίνει την τάση εξόδου του μικροφώνου (E) συναρτήσει της γωνιάς πρόσπτωσης θ. Πρόκειται δηλαδή για μια E(θ) , η γραφική παράσταση της οποίας σε πολικές συντεταγμένες δίνει το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου.

Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η τάση εξόδου E(θ) για ήχο που συναντά το μικρόφωνο υπό γωνία θ δίνεται από τη σχέση :

$$E(\theta) = E(0) [A + B * \cos \theta] \qquad \textbf{(2.8)}$$

Οπού A και B σταθερές , και E(0) η τάση εξόδου για πρόπτωση On axis (0^0)

Αν τώρα θέσουμε S(θ) = E(θ) / E(0) , τότε προφανώς το s(θ) παριστάνει τη σχετική ευαισθησία του μικροφώνου στη διεύθυνση (θ) σε σύγκριση με τη διεύθυνση On – axis η με αλλά λόγια η s(θ) δίνει το σήμα στη διεύθυνση θ σαν ποσοστό του σήματος On – axis .

Είναι φανερό ότι όταν θ = 0 , πρέπει s(0) = 1

Συνεπώς :

$$s(0) = A + B * \cos (0) = 1 \rightarrow A + B = 1 \qquad \textbf{(2.9)}$$

Έχουμε λοιπόν :

$$s(\theta) = A + B * \cos \theta = 1 \ , \ 0 \leq \theta \leq 360$$

$$A + B = 1$$

$$\rightarrow s(\theta) = 1 - B * \cos \theta \qquad \textbf{(2.10)}$$

Η εξίσωση s(θ) αποτελείτε από δυο όρους. Ο πρώτος λέγεται όρος πίεσης και ο δεύτερος λέγεται όρος διαφοράς πίεσης.

Κάθε ειδική τιμή της B αντιστοιχεί σε διαφορετικό πολικό διάγραμμα

Όταν για κάποιες διευθύνσεις θ η s(θ) προκύπτει αρνητική , αυτό θα σημαίνει ότι σε αυτή την περιοχή του χώρου το σήμα του μικροφώνου είναι σε διαφορά φάσης 180^0 με σήμα των περιοχών όπου η s(θ) είναι θετική.

Αφού λοιπόν είναι $-1 \leq \cos\theta \leq 1$ και $A + B = 1$ προκύπτει ότι

$$-1 \leq s(\theta) \leq 1 \qquad \textbf{(2.11)}$$

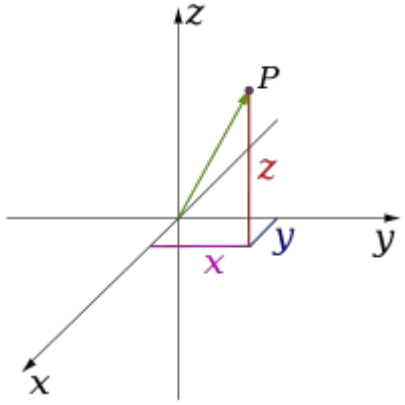
2.5.2 Παράμετροι απόκρισης μικροφώνων

Το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί ένα μικρόφωνο είναι ο χώρος στον οποίο υπάρχουν ήχοι από διάφορες ηχητικές πηγές. Ανεξάρτητα από το αν μας είναι χρήσιμοι μια δεδομένη χρονική στιγμή ή όχι, οι ήχοι αυτοί υπάρχουν και το μικρόφωνο τους συλλαμβάνει χωρίς φυσικά να μπορεί να χωρίσει τους χρησίμους

από τους άχρηστους. Αυτό λοιπόν το σύνθετο ηχητικό πεδίο έρχεται από όλες τις διευθύνσεις του χώρου και για το λόγω αυτό το ονομάζουμε διάχυτο πεδίο.
Σε κάθε ηχητική λήψη λοιπόν το θέμα δεν εξαντλείτε με την συγκέντρωση της προσοχής μας στα δυο αντικείμενα ηχητική πηγή και μικρόφωνο. Πρέπει να δούμε ακόμη ότι το μικρόφωνο βρίσκεται μέσα σε ένα διάχυτο πεδίο το οποίο καταγράφεται. Το διάχυτο πεδίο δεν είναι απριόρι καλό η κακό.
Η βαθύτερη συγκριτική μελέτη των διαφόρων πολικών τύπων μικροφώνων απαιτεί την εισαγωγή κάποιων παραμέτρων οι οποίες θα μας εφοδιάσουν με ποσοτικές εκτιμήσεις για τα παραπάνω

- ***Random Energy Response (RER) (Απόκριση διάχυτου πεδίου)***

Το πρώτο πράγμα που σε αυτή τη φάση επιβάλλεται ως απαραίτητο είναι βεβαία η επέκταση την έννοιας του πολικού διαγράμματος σε τρεις διαστάσεις. Διότι οι πηγές εκπέμπουν σε όλες τις διευθύνσεις του χώρου έτσι και τα μικρόφωνα λαμβάνουν σήμα από όλες αυτές.
Έτσι μπορούμε να πούμε ότι πολικό διάγραμμα είναι η γραφική στο χώρο παράσταση , σε πολικές συντεταγμένες του σήματος εξόδου του μικροφώνου συναρτήσει τις διεύθυνσης.



Σχήμα 2.52: *Πολικές συντεταγμένες*

Η ισχύς εξόδου ενός οποιοιδήποτε μικροφώνου είναι ευθέως ανάλογη του εμβαδού της επιφάνειας του τρισδιάστατου πολικού του διαγράμματος.
Ζητούμενο είναι λοιπόν το εμβαδόν μιας επιφάνειας που περιγράφει γενικά η εξίσωση

$$r = r(\theta) \qquad \textbf{(2.12)}$$

Το ζητούμενο εμβαδόν είναι :

$$E = 2\pi \int_0^{\pi} r^2(\theta)\sin\theta d\theta \qquad \textbf{(2.13)}$$

Θέτοντας r(θ) = s(θ) το εμβαδόν μετατρέπεται σε ακουστική παράμετρο , που είναι βεβαία ανάλογη της ηχητικής ισχύος που δέχεται το μικρόφωνο και επομένως μοιραία ανάλογη του σήματος εξόδου. Την ονομάζουμε απόκριση διάχυτου πεδίου (Random Energy Response , **RER**)

$$E = 2\pi \int_0^{\pi} s^2(\theta)\sin\theta d\theta \qquad \textbf{(2.14)}$$

- ***Random Energy Response (REE) (Συντελεστής απόδοσης διάχυτου πεδίου)***

Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως εξής :

$$REE = \frac{RER}{RER_0} \qquad \textbf{(2.15)}$$

Εκφράζει τι ποσοστό του διάχυτου πεδίου ενός omni μικροφώνου συλλαμβάνει το τυχαίο άλλο πολικό διάγραμμα. Αντικαθιστώντας την s(θ) στην παραπάνω εξίσωση έχουμε :

$$REE = \frac{4}{3}B^2 - 2B + 1 \qquad \textbf{(2.16)}$$

- ***Unidirectional index (UDI)(Δείκτης μονοκατευθυντικότητας)***

Ο δείκτης αυτός όπως λέει και το όνομα του , συγκρίνει τις ευαισθησίες του εμπρός(REF) και του πίσω(REB) ημισφαιρίου:

$$UDI = \frac{REF}{REB} \qquad \textbf{(2.17)}$$

Προφανώς : $REE = REF + REB$ **(2.18)**

Όπου: $REF = \frac{1}{2}(\frac{B^2}{3} - B + 1), REB = \frac{1}{2}(\frac{7B^2}{3} - 3B + 1)$ **(2.19)**

Οποτε :

$$UDI = \frac{\frac{B^2}{3} - B + 1}{\frac{7B^2}{3} - 3B + 1} \qquad \textbf{(2.20)}$$

- ***Distance factor (DSF)*** *(Παράγων απόστασης)*

Το μικρόφωνο πίεσης έχει συντελεστή απόδοσης διάχυτου πεδίου **REE = 1** , ενώ στους άλλους τύπους πολικών διαγραμμάτων το **REE** σταδιακά μειώνετε. Αυτό σημάνει ότι μπορούν να τοποθετηθούν μακρύτερα από ότι το μικρόφωνο πίεσης για το ίδιο ποσοστό λήψης διάχυτου πεδίου. Τη ακριβή ποσοτική σχέση αυτού του γεγονότος εκφράζει ο συντελεστής **DSF** :

$$DSF = \sqrt{\frac{1}{REE}} \qquad \textbf{(2.21)}$$

- **Τρόπος συλλογής ηχητικών κυμάτων από τα μικρόφωνα**

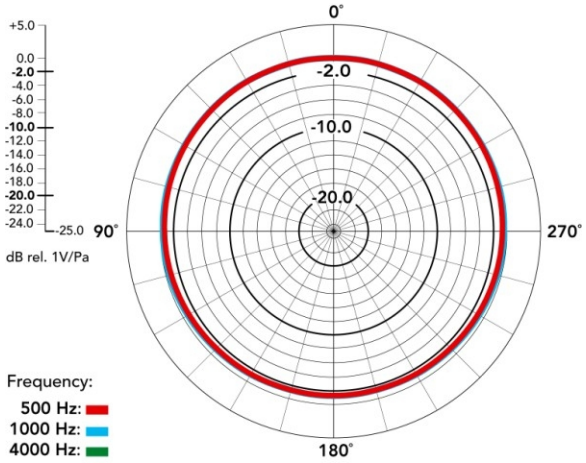
Σύμφωνα με το σχεδιασμό τους ένα μικρόφωνο μπορεί να ταξινομηθεί σε παντοκατευθυντικό , δικατευθυντικό , μονοκατευθυντικό. Με αυτούς λοιπόν τους όρους αναφερόμαστε στον τύπο ευαισθησίας κατευθυντικότητας των μικροφώνων.

2.5.3 Παντοκατευθυντικό Μικρόφωνο (Omni Directional)

Αν στην πολική εξίσωση που αναφέραμε παραπάνω θέσουμε $B = 0 \rightarrow A = 1$, τότε έχουμε

$$s(\theta) = 1 \qquad \textbf{(2.22)}$$

Δηλαδή για οποιαδήποτε διεύθυνση το σήμα του μικροφώνου είναι το ίδιο , σταθερό.



Σχήμα 2.53: *Πολικό διάγραμμα Omni μικροφώνου*

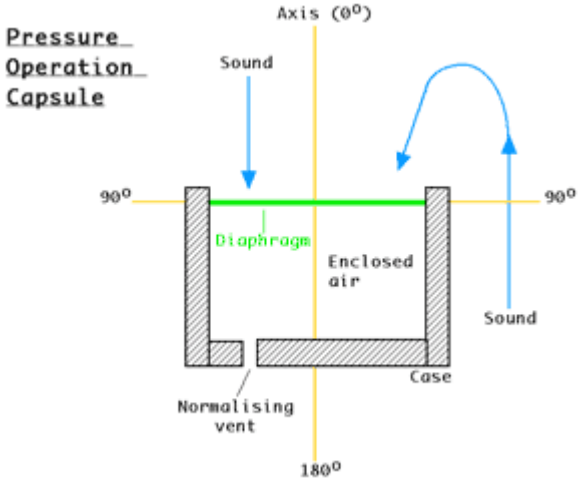
Η γραφική παράσταση δηλαδή το πολικό διάγραμμα είναι ένας τέλειος κύκλος με ακτίνα r = 1

- Αρχή λειτουργίας μικροφώνου: Στο Σχήμα 2.54 φαίνεται η κατασκευαστική αρχή του Omni Μικροφώνου.

Το διάφραγμα είναι προσαρμοσμένο σε ένα κουτί κλειστό και έτσι ο ήχος μπορεί να το προσεγγίσει μονό από τη μια πλευρά του , τη μπροστινή. Τίθεται το διάφραγμα σε κίνηση υπακούοντας στις τιμές της ακουστική πίεσης ακριβώς μπροστά του.

Η πίεση δεν είναι διανυσματικό μέγεθος, συνεπώς μετράει μόνο η τιμή που έχει αυτή στη συγκεκριμένη θέση στο χώρο, ανεξάρτητα από την κατεύθυνση που προέρχεται ο ήχος που τη δημιουργεί. Μοιραία το μικρόφωνο δεν μπορεί να αναγνωρίσει τη διεύθυνση προέλευσης του ήχου. Μεταφράζει απλώς σε ένα ηλεκτρικό σήμα τις μεταβολές πίεσης που αυτός προκαλεί στη θέση του διαφράγματος.

Λέμε λοιπόν ότι το Omni είναι ένα μικρόφωνο πίεσης, επειδή στην πολική εξίσωση του υπάρχει μόνο ο πρώτος όρος (A = 1)



Σχήμα 2.54: *Κατασκευαστική αρχή*



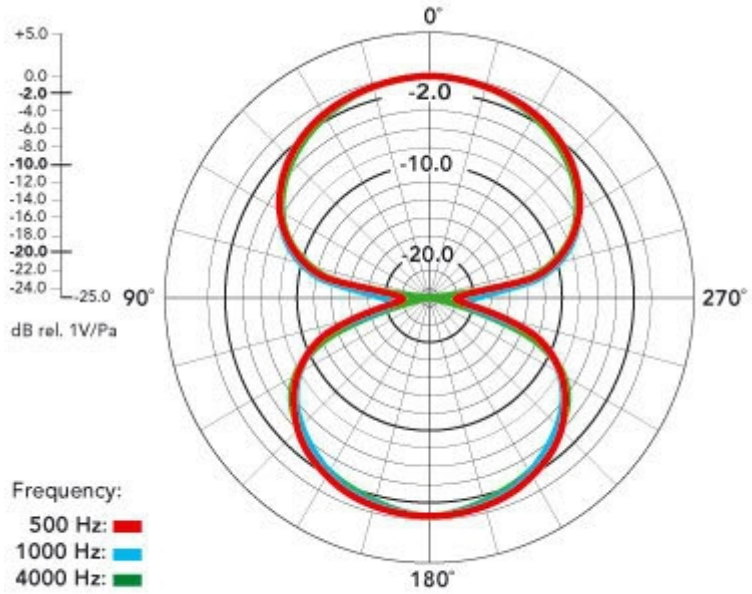
Σχήμα 2.55: *Earthworks QTC40 Matched Pair*

2.5.4 Δι-κατευθυντικό Μικρόφωνο (Bidirectional microphone)

Αν θέσουμε στην πολική εξίσωση B = 1 παίρνουμε :

$$s(\theta) = \cos(\theta) \qquad \textbf{(2.23)}$$

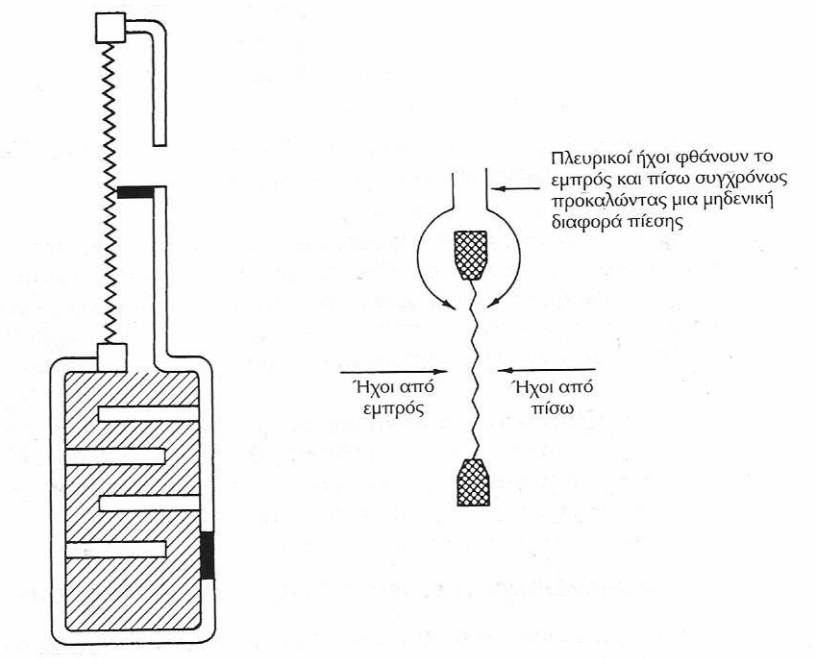
Το Σχήμα 2.56 δείχνει το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου αυτού.



Σχήμα 2.56: *Πολικό διάγραμμα " figure of 8 " μικροφώνου*



Σχήμα 2.57: *Beyer dynamic M 130 Dynamic Double Ribbon Microphone - Figure Eight Pattern*



Σχήμα 2.58: *Διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου*

Η ονομασία " figure of 8 " είναι προφανής, Πρόκειται για μικρόφωνο με μέγιστη ευαισθησία στις 0 και στις 180 και μηδενική στις $\pm 90^0$.

<u>- Αρχή λειτουργίας μικροφώνου</u> : Ο ήχος μπορεί αν προσεγγίσει το διάγραμμα και από τις δυο όψεις του. Μεταξύ των διαδρομών για προσέγγιση από 0 και 180 υπάρχει διαφορά δρόμου D της τάξης του 1cm , ανάλογα με την κατασκευή. Η διαφορά αυτή :

1. Δεν δημιουργεί στάθμη λόγω απόστασης στο βαθμό που η θέση της ηχητικής πηγής είναι μακριά σε σχέση με τι διαφορά D.

2. Δημιουργεί όμως διαφορά φάσης , κατ' επέκταση δε διαφορά πίεσης βάσει της οποίας μετατοπίζεται το διάφραγμα και παράγει ηλεκτρικό σήμα

Όταν η πηγή βρίσκεται στις 90^0 δεν υπάρχει διαφορά δρόμου (φάσης) και συνεπώς το μικρόφωνο δεν παρέχει σήμα. Αντίθετα στις διευθύνσεις 0 και 180 είναι θέση μέγιστης διαφοράς φάσης άρα και ευαισθησίας. Είναι πολύ σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι στο μικρόφωνο αυτό το εμπρός ημισφαίριο είναι εκτός φάσεως με το πίσω. Αυτό συμβαίνει για κάθε θετική μετατόπιση του διαφράγματος για το εμπρός ημισφαίριο αντιστοιχεί σε ίδιας τιμή αρνητική μετατόπιση για το πίσω. Τα figure of 8 μικρόφωνα ονομάζονται μικρόφωνα διαφοράς πίεσης (pressure gradient microphones) επειδή όπως είδαμε λειτουργούν με βάση τη διαφορά πίεσης μεταξύ εμπρός και πίσω μέρους. Από εδώ προκύπτει και η ονομασία για τον Β όρο της γενικής πολικής εξίσωσης.

2.5.5 Μικρόφωνο Unidirectional

Αν τοποθετήσουμε ένα Omni και ένα figure of 8 πρακτικά στην ιδία θέση και προσθέσουμε τα σήματα τους τότε θα συμβεί το εξής :

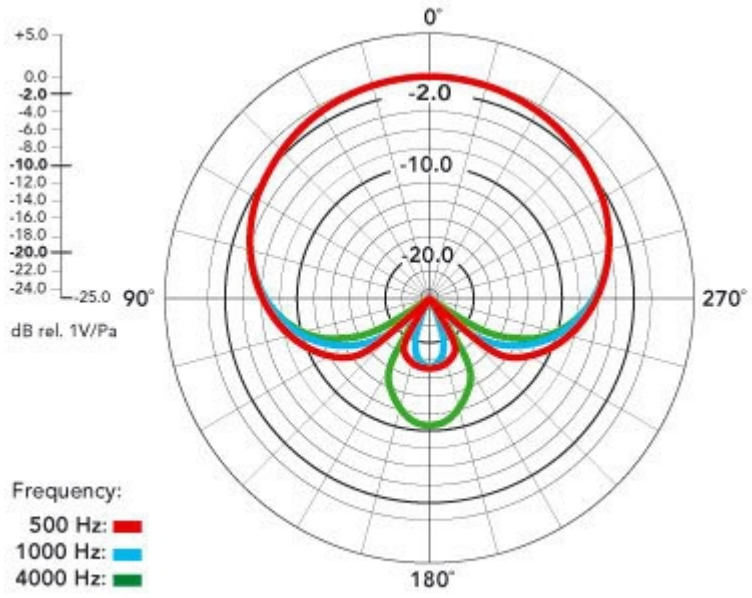
Γύρω από την διεύθυνση 0 θα έχουμε ένα έντονο σήμα λόγω της άθροισης των δυο. Γύρω όμως από τη διεύθυνση 180 λόγω της αντιστροφής της πολικότητας του figure of 8 , θα έχουμε αφαίρεση των σημάτων , η οποία θα είναι πλήρης στις 180 μοίρες δηλαδή σήμα μηδέν , στο βαθμό που οι ευαισθησίες των δυο μικροφώνων τεθούν ίδιες.

Προσθέτοντας :

$$s(\theta) = 1 \quad \text{και} \quad s(\theta) = \cos(\theta)$$

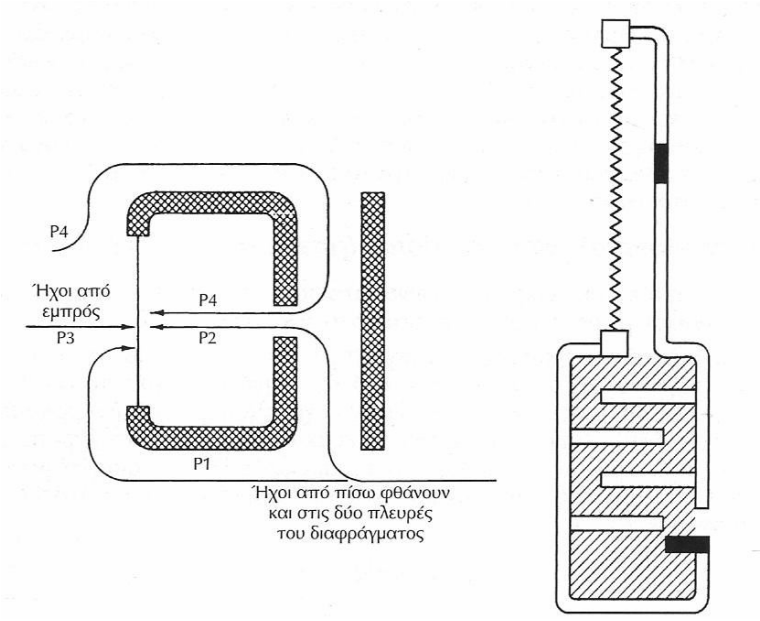
$$\text{έχουμε} \quad s(\theta) = 0.5 + 0.5\cos(\theta) \qquad \textbf{(2.24)}$$

Αυτή λοιπόν η πολική εξίσωση δηλώνει ότι ένα μικρόφωνο το οποίο είναι πρακτικά ευαίσθητο μόνο στη μπροστινή περιοχή , ενώ έχει θεωρητικά μηδενικό σήμα στις 180. Ονομάζεται επομένως για προφανείς λόγους **Unidirectional** , μονοκατευθυντικό.



Σχήμα 2.59: *Πολικό διάγραμμα cardioid Μικροφώνου*

- Αρχή λειτουργίας καρδιοειδούς μικροφώνου: (Σχήμα 2.60)



Σχήμα 2.60

Θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι κατασκευαστικά η ανάρτηση του διαφράγματος είναι τέτοια ώστε η διαφορά δρόμου για προσέγγιση και των δυο όψεων του διαφράγματος να εξαρτάται από την απόσταση D της οπής – διαφράγματος. Η θέση της οπής πίσω από το διάφραγμα δημιουργεί σε αντίθεση με την αρχή του figure of 8 ασυμμετρία κατά την πρόσπτωση των 90 μοιρών. Η διαφορά δρόμου στην περίπτωση αυτή είναι ακριβώς D , συνεπώς υπάρχει διαφορά φάσης Δφ ≠ 0 και το μικρόφωνο έχει σήμα στις 90^0.

Σε περίπτωση On axis 0^0, το κύμα πρέπει να διανύσει δυο φορές την απόσταση D για να προσεγγίσει την πίσω όψη του διαφράγματος. Στις ενδιάμεσες θέσεις , προστίθεται στην D η διαφορά D_e που είναι ποσοστό της D βάση της σχέσης

$$De = D\cos(\theta) \qquad \textbf{(2.25)}$$

Η μόνη θέση από την οποία οι δυο διαδρομές για την προσέγγιση των δυο όψεων δεν έχουν διαφορά εκείνη των 180 μοιρών of axis. Έτσι λόγω έλλειψης διαφοράς φάσης δεν υπάρχει σήμα για τη θέση αυτή.

2.5.6 Μικρόφωνο Supercardioid

Στο μικρόφωνο αυτό ο συντελεστής UDI παίρνει την μέγιστη τιμή του.

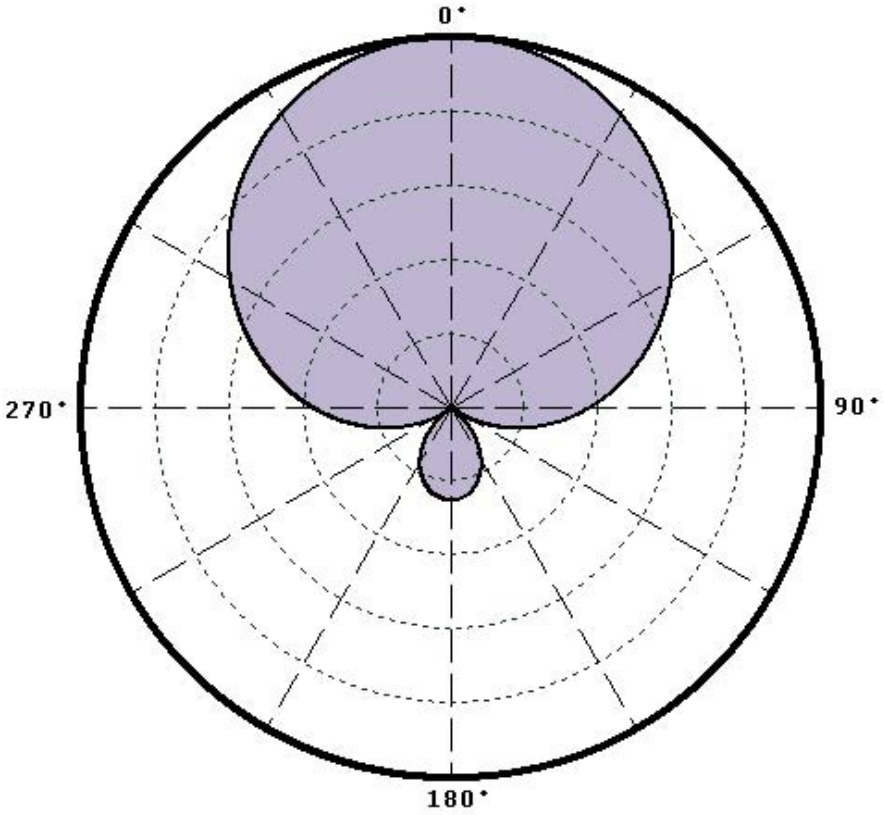
Ισχύει ότι :

$$B = \frac{3-\sqrt{3}}{2} = 0.634 \qquad \textbf{(2.26)}$$

Συνεπώς :

$$s(\theta) = \frac{\sqrt{3}-1}{2} + \frac{3-\sqrt{3}}{2}\cos\theta \qquad \textbf{(2.27)}$$

Στο Σχήμα 2.61 φαίνεται το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου.



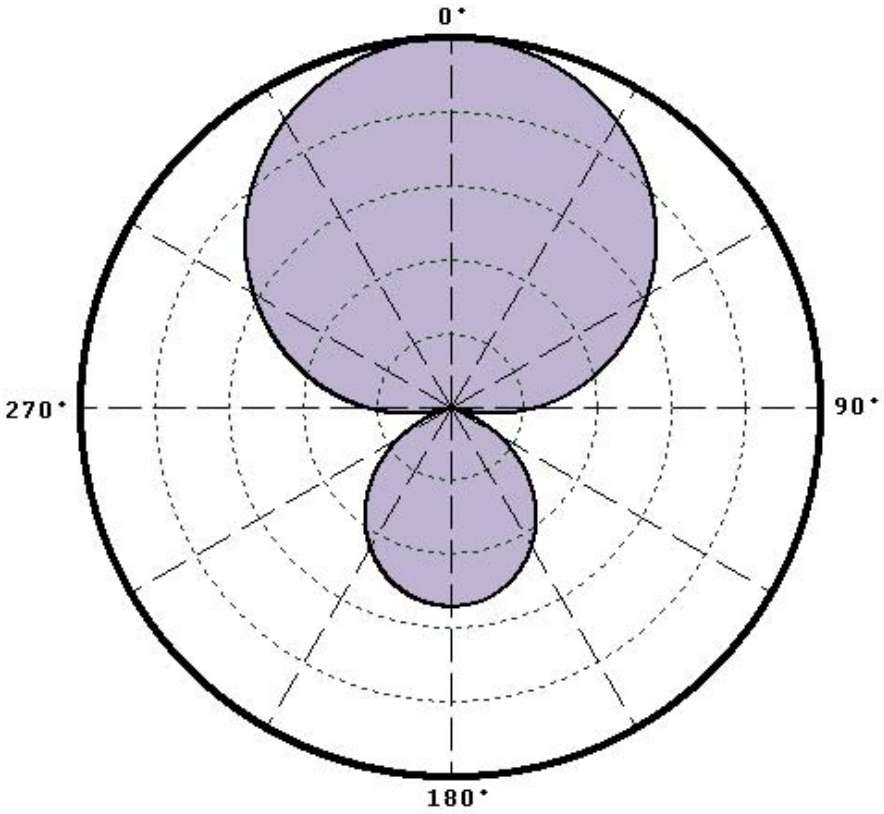
Σχήμα 2.61*: Πολικό διάγραμμα supercardioid Μικροφώνου*

2.5.7 Μικρόφωνο Hypercardioid

Αν επιδιώξουμε να βρούμε τον τύπο του μικροφώνου με την ελάχιστη δυνατή λήψη διάχυτου πεδίου, τότε θα πρέπει να βρούμε την τιμή του Β που καθιστά ελάχιστο το REE.

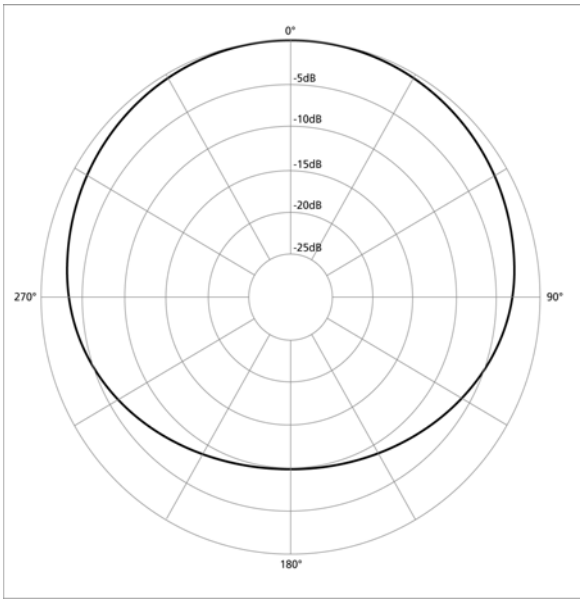
Συνεπώς Β = ¾ Άρα : $$s(\theta) = o.25 + 0.75\cos\theta \qquad \textbf{(2.28)}$$

Το μικρόφωνο αυτό το ονομάζουμε Hypercardioid Μικρόφωνο (Σχήμα 2.62)

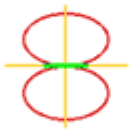


Σχήμα 2.62: Πολικό διάγραμμα Hypercardioid μικρόφωνου

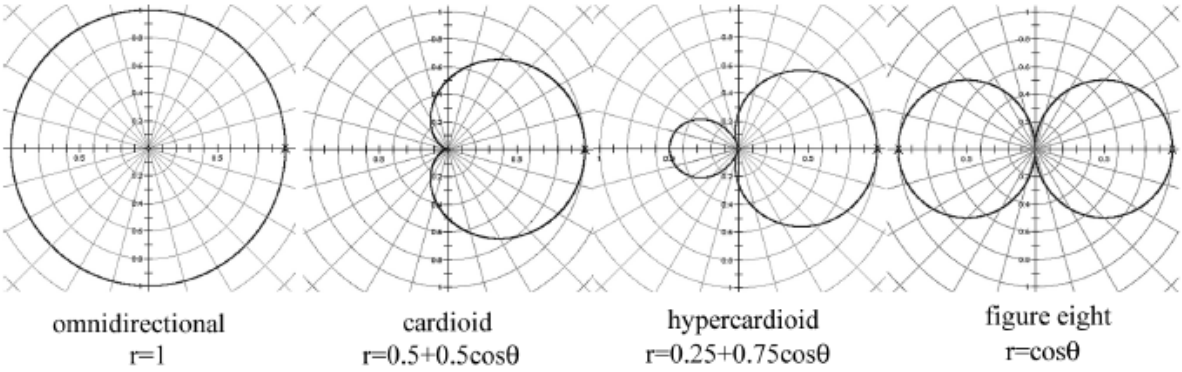
Είναι πολύ χρήσιμη η συγκριτική μελέτη των Πολικών διαγραμμάτων που παραθέσαμε νωρίτερα. Οι τιμές $0 < \mathrm{B} < 0.5$ δίνουν πολικά διαγράμματα κάτι μεταξύ Omni και Cardioid μικροφώνου. Όλη αυτή η περιοχή ονομάζεται περιοχή υποκαρδιοειδών μικροφώνων (Subcardioid microphones)



Σχήμα 2.63: *Πολικό διάγραμμα subcardioid Μικροφώνου*

CHARACTERISTIC	Omni-directional	Figure of Eight	Cardoid	Super-cardoid	Hyper-cardoid
Polar Response Pattern					
Angle at which output = 0	--	90° & 270°	180°	126° & 234°	110° & 250°
Distance factor	1	1.7	1.7	1.9	2

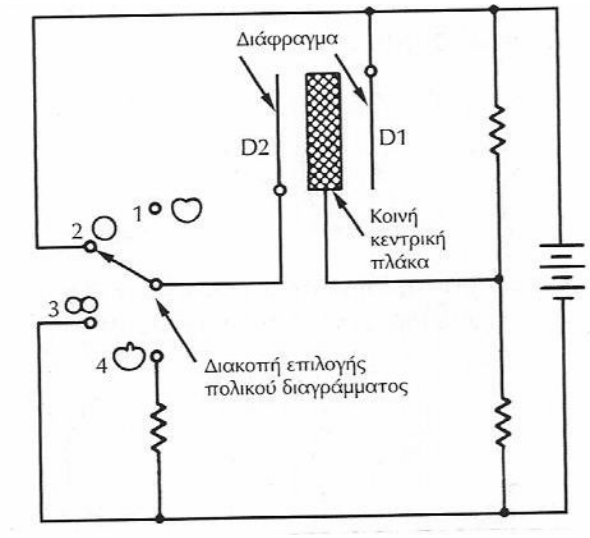
Σχήμα 2.64



Σχήμα 2.65:*Πολικά διαγράμματα και πολικές εξισώσεις*

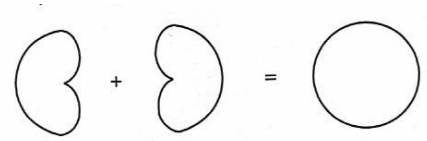
2.5.8 Μικρόφωνα με περισσότερο από ένα πολικό διάγραμμα

Ένας συχνός σχεδιασμός πυκνωτικών μικροφώνων χρησιμοποιεί δυο διαφράγματα για να μπορεί ο ηχολήπτης να επιλέγει τα πολικά διαγράμματα τους. Το σχεδιασμένο δυαδικό διάφραγμα επωφελείται από το γεγονός ότι δυο καρδιοειδή διαγράμματα μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να παράγουν είτε ένα δικατευθυντικό , είτε ένα παντοκατευθυντικό διάγραμμα (Σχήμα 2.66)

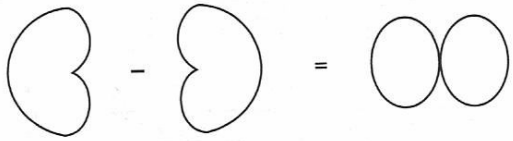


Σχήμα 2.66

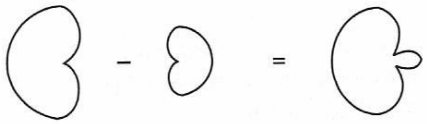
Τα διαφράγματα D_1, D_2 είναι στις δυο πλευρές μια κοινής πλάκας. Κάθε διάφραγμα χρησιμοποιούμενο μόνο του θα προμηθεύει ένα καρδιοειδές πολικό διάγραμμα. Με το διακόπτη επιλογής διαγράμματος στη θέση 1 μόνο ένα διάφραγμα D_1 είναι σε χρήση και η λειτουργία του μικροφώνου είναι σαν ένα απλό καρδιοειδές μικρόφωνο. Στη θέση 2 το δεύτερο διάφραγμα D_2 ενεργοποιείτε και τα δυο καρδιοειδή διαγράμματα συνδυάζονται και παράγουν το παντοκατευθυντικό διάγραμμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.67.Α



Σχήμα 5-24α. Δύο καρδιοειδη διαγράμματα προστίθονται για να δημιουργησουν ένα παντοκατευθυντικό διάγραμμα.



Σχήμα 5-24β. Δύο καρδιοειδή διαγράμματα αφαιρούνται για να δημιουργήσουν ένα δικατευθυντικό διάγραμμα.



Σχήμα 2.67:*(A) (B) (C)*

Στη θέση 3 η πολικότητα του διαφράγματος D_2 είναι αντεστραμμένη : Οι αντικρουόμενες πολικότητες δημιουργούνε μια αναίρεση στις περιοχές όπου τα καρδιοειδή διαγράμματα συμπίπτουν, το αποτέλεσμα είναι ένα δικατευθυντικό διάγραμμα που φαίνεται στο Σχήμα 2.67.Β

Όταν ο διακόπτης επιλογής είναι στη θέση 4 το δεύτερο διάφραγμα είναι ακόμη αρνητικά πολικό , ακόμη η αντίσταση R , ρίχνει την πολικότητα τάσης. Κατά συνέπεια αν και το D_2 ακόμη παράγει ένα καρδιοειδές διάγραμμα είναι κάπως

μικρότερο από το D_1 διάγραμμα και ο συνδυασμός τους παράγει ένα μέσο διάγραμμα όπως δείχνει το Σχήμα 2.67.C.

Το μέγεθος του πίσω λοβού εξαρτάται από την πραγματική τιμή της R. Παρατηρώντας μπορούμε να κατανοήσουμε ότι αν R=0 το διάγραμμα θα γινόταν ένα πλήρες δικατευθυντικό , το ισοδύναμο του διακόπτη θα ήταν στη θέση 3.Αν R = (Ανοιχτό Κύκλωμα) το πολικό διάγραμμα θα γίνει καρδιοειδές κύκλωμα.

Σε μερικά πυκνωτικά μικρόφωνα με πολυδιαγράμματα ο διακόπτης για τα διαγράμματα έχει αντικατασταθεί από ένα ποτενσιόμετρο , επιτρέποντας έτσι μια μεταβλητή πολική τάση να εφοδιάζεται στο πίσω διάφραγμα. Με αυτόν τον τρόπο το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου είναι συνεχώς μεταβλητό από δικατευθυντικό σε παντοκατευθυντικό με πολλά ενδιάμεσα διαγράμματα. Συχνά το συνεχές μεταβλητό ποτενσιόμετρο είναι τοποθετημένο στο τροφοδοτικό του μικροφώνου επιτρέποντας αλλαγές στο πολικό διάγραμμα χωρίς την αναγκαιότητα να το κάνει το μικρόφωνο. Αυτό είναι μεγάλη ευκολία όταν το μικρόφωνο είναι τοποθετημένο ψηλά στον αέρα στο τέλος ενός μακρύ δωματίου.

2.5.8.1 Πολυδιάγραμμα μικροφώνων με μονό διάφραγμα

Σε άλλη εκδοχή του πολυδιαγράμματος μικροφώνου , μεταβολές στο πολικό διάγραμμα πραγματοποιούνται μεταβάλλοντας το περίβολο γύρω από το διάφραγμα. Ένα παντοκατευθυντικό μικρόφωνο χρησιμοποιεί ένα σφραγισμένο περίβολο για να θέσει σε λειτουργία ένα μηχάνημα πίεσης .

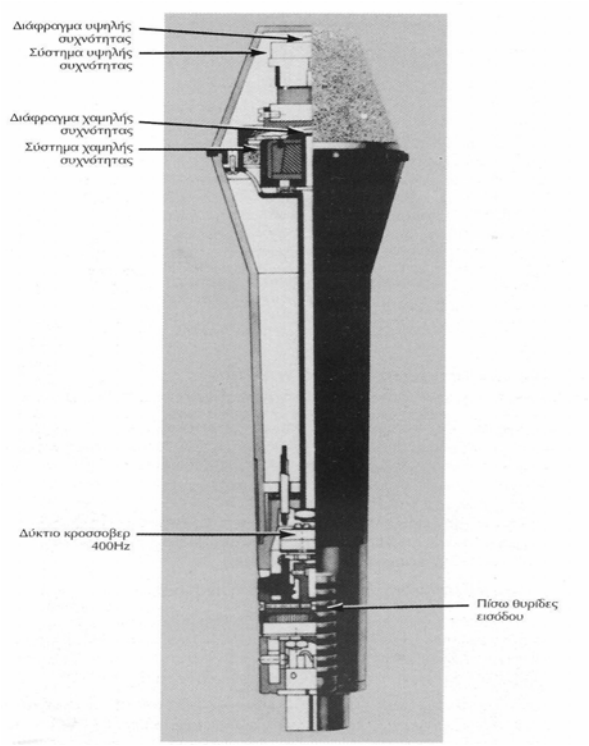
Στο πολυδιάγραμμα μια μηχανική σύνδεση ανοίγει το πίσω μέρος του περιβόλου του μικροφώνου για να εκθέσει το πίσω μέρος αυτού όταν ζητηθεί ένα δικατευθυντικό. Για μονοκατευθυντικό η ίδια μηχανική σύνδεση ανοίγει πλευρικές εισόδους.

2.5.8.2 Δυαδικό διάγραμμα μικροφώνου πίεσης

Καθώς δυο καρδιοειδή διαγράμματα μπορούν να συνδυαστούν για να παράγουν άλλα διαγράμματα ένα δικατευθυντικό και ένα παντοκατευθυντικό διάγραμμα μπορούν αν συνδυαστούν για να παράγουν ένα καρδιοειδές διάγραμμα .Ένα τυπικό παράδειγμα είναι ένα πυκνωτικό μικρόφωνο Ribbon διαφοράς πίεσης στο οποίο ένα πρόσθετο διάγραμμα πίεσης κινητού πηνίου έχει εγκατασταθεί. Η ταινία εφοδιάζει ένα τυπικό διάφραγμα πίεσης κλίσης – figure of 8 .Εντούτοις όταν η έξοδος του κινητού πηνίου είναι επίσης ανοικτή με διακόπτη το παντοκατευθυντικό διάφραγμα του συνδυαζόμενο με το figure of 8 παράγουν ένα καρδιοειδές διάγραμμα.

2.5.8.3 Απλό διάγραμμα μικροφώνου με δυο διαφράγματα

Σε μερικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται δυο διαφράγματα – το ένα για χαμηλές συχνότητες και το άλλο για υψηλές συχνότητες. Το μικρόφωνο αυτό φαίνεται στο Σχήμα 2.68



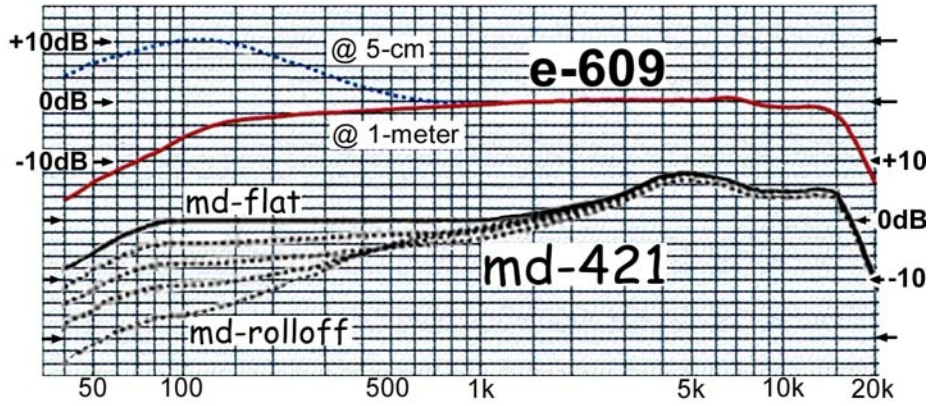
Σχήμα 2.68

Το σύστημα υψηλών συχνοτήτων είναι φυσιολογικά μικρό με ένα πίσω άνοιγμα εισόδου κοντά στο διάφραγμα. Ο σχεδιασμός αυτός ισχυρίζεται ένα καλό καρδιοειδές διάγραμμα στις υψηλές συχνότητες. Στο παράδειγμα που φαίνεται το σύστημα των χαμηλών συχνοτήτων είναι σχεδιασμένο για άριστη δυνατή εκτέλεση κάτω των 800 Hz και το μικρόφωνο περιέχει ένα σύστημα cross – over 400 Hz το οποίο διαχωρίζει τα δυο συστήματα.

2.5.9 Φαινόμενο Εγγύτητας (Proximity Effect)

Έτσι ονομάζεται το φαινόμενο της υπέρμετρης αύξησης των χαμηλών συχνοτήτων (Σχήμα 2.69), που συμβαίνει όταν η απόσταση ηχητικής πηγής – μικροφώνου είναι μικρή(< 50 cm) Το φαινόμενο αυτό είναι χαρακτηριστικό της αρχής λειτουργίας των μικροφώνων διαφοράς πίεσης συνεπώς το παρουσιάζουν όλοι οι τύποι μικροφώνων που έχουν στην πολική τους εξίσωση τον ορό “ $B\cos\theta$ ” , $B\neq0$. Η εν λόγω αύξηση των χαμηλών συχνοτήτων είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η απόσταση πηγής – μικροφώνου. Συνεπώς απομακρύνοντας το μικρόφωνο το φαινόμενο σταδιακά μειώνεται και εξαλείφεται πλήρως από 50 cm και πάνω.

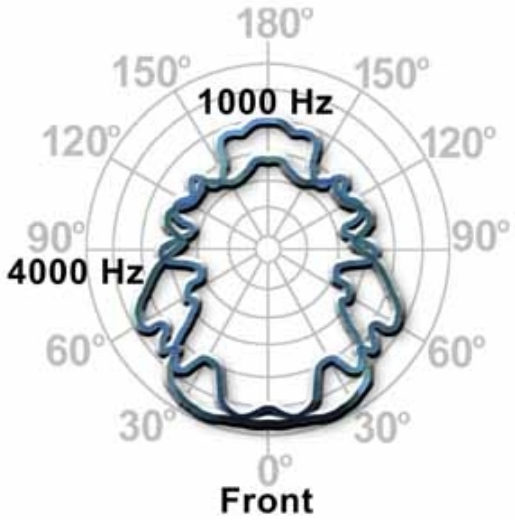
Το φαινόμενο αυτό πρέπει να θεωρηθεί σαν ένα αναγκαίο κακό για να μικρόφωνα διαφοράς πίεσης. Πολλά από αυτά διαθέτουν ηλεκτρικό roll-off για την αντιμετώπιση του. Από την άλλη όμως συχνά χρησιμοποιείτε σαν μέσω δημιουργίας όγκου στη χαμηλή περιοχή η για την επίτευξη συγκεκριμένου φάσματος στις χαμηλές συχνότητες σε συνδυασμό με το equalization.



Σχήμα 2.69: *Proximity Effect*

2.5.10 Off axis coloration

Μέχρι τώρα δεν εξετάσαμε καθόλου τη σχέση πολικών διαγραμμάτων με τη συχνότητα. Είναι δε προφανές ότι κάθε τέτοια εξάρτησης δηλαδή διαφορές στα πολικά διαγράμματα. Δυστυχώς είναι νόμος της φύσης ότι κάθε μικρόφωνο φυσιολογικά εμφανίζει προοδευτικά αύξησης της κατευθυντικότητας με την άνοδο της συχνότητας. Δηλαδή σε υψηλότερες συχνότητες τα διαγράμματα στενεύουν και το χρήσιμο τόξο τους επομένως μικραίνει. Το φαινόμενο ονομάζεται Off axis coloration, διότι απλούστατα σε μια Off axis λήψη οι υψηλές συχνότητες καταγράφονται σε μικρότερη ένταση με αποτέλεσμα χρωματισμό του ήχου της πηγής. Οι σοβαροί κατασκευαστές μικροφώνων έχουν καταφέρει με διάφορες κατασκευαστικές πατέντες να ελαχιστοποιήσουν το πρόβλημα. Αυτό όμως ανεβάζει πολύ το κόστος των μικροφώνων.



Σχήμα 2.70: *Off axis coloration*

2.6 Χαρακτηριστικά Μικροφώνων

2.6.1 Αντίσταση μικροφώνου

Η αντίσταση μετριέται σε **ohm** και συμβολίζεται με **Z**. Κάθε περιοχή αντίστασης έχει τα πλεονεκτήματα της. Στο παρελθόν για να χρησιμοποιηθούν μικρόφωνα με χαμηλή αντίσταση χρειαζόντουσαν ακριβούς μετασχηματιστές εισόδου. Όλα τα δυναμικά μικρόφωνα όμως είναι χαμηλής αντίστασης και εκείνα με την υψηλή αντίσταση λειτουργούν με την χρησιμοποίηση ενός ενσωματωμένου μετασχηματιστή αντίστασης.

Ένα μειονέκτημα της υψηλής αντίστασης των μικροφώνων είναι η αποδεκτικότητα της υψηλής αντίστασης της μικροφωνικής γραμμής τους όσο αναφορά τη συλλογή των ηλεκτροστατικών θορύβων, όμως αυτό το γεγονός προκαλείται από τα φθορίζοντα φώτα και τα μοτέρ. Αυτό κάνει αναγκαία τη χρήση ενός προστατευτικού καλωδίου.

Επιπλέον η χρήση ενός προστατευτικού αγωγού δημιουργεί ένα πυκνωτή ο οποίος πράγματι είναι συνδεμένος δια μέσου της εξόδου του μικροφώνου. Καθώς το μήκος του καλωδίου αυξάνει περίπου 6- 8 m μέχρι που η χωρητικότητα του καλωδίου αρχίζει να εξασθενεί, πολλές από τις πληροφορίες υψηλών συχνοτήτων που συλλέχθηκαν από το μικρόφωνο ελαττώνονται. Έτσι καλά αποτελέσματα σε μικρόφωνα μικρής αντίστασης είναι περιορισμένα για χρήση με καλώδιο μήκους 8m το λιγότερο.

Πολύς χαμηλής αντίστασης μικρόφωνα 50 Ohm έχουν το πλεονέκτημα ότι οι μικροφωνικές τους γραμμές παραμένουν ανεπηρέαστες στη συλλογή ηλεκτροστατικών θορύβων. Όμως είναι ευαίσθητα στον προκαλούμενο κόμβο ο οποίος συλλέγετε από ηλεκτρομαγνητικά πεδία καθώς εκείνα παράγονται από γραμμές συνεχούς ρεύματος. Αυτή η συλλογή μπορεί να απαλειφθεί με τη χρησιμοποίηση ενός ζευγαριού ελικοειδούς καλωδίου. Η κυκλοφορούσα ροή που που προκαλείται μαγνητικά σε αυτό το καλώδιο θα ρεύσει σε αντίθετες κατευθύνσεις και θα ακυρώσουν κάθε άλλη έξοδο μέσα στη είσοδο του μετασχηματιστή του προενισχυτή μικροφώνου. Οι γραμμές των 50 ohm δεν χρειάζονται προστασία και για αυτό είναι αποτελεσματικές μόνο κατά των ηλεκτροστατικών και όχι ηλεκτρομαγνητικών περισυλλογών .Τα μήκη των καλωδίων περιορίζονται μέχρι 30 – 35 m.

Αυτές οι απώλειες δεν επηρεάζουν όμως την απόκριση της συχνότητας απλώς και μονό την αναλογία σήματος προς θόρυβο. Αυτές μπορούν να ελαττωθούν με τη χρήση μακρύτερων αγωγών οι οποίοι έχουν μικρότερη αντίσταση. Οι 150 και 250 ohm μικροφωνικές γραμμές είναι λιγότερο επιδεκτικές στη περισυλλογή ηλεκτρομαγνητικού από ότι η γραμμές των 50 Ohm αλλά είναι περισσότερο επιδεκτικές από ότι η γραμμές υψηλής αντίστασης.

2.6.2 Ευαισθησία Μικροφώνου (Sensitivity)

Ο βαθμός ευαισθησίας μικροφώνου λέει στον χρήστη για τη σχετική ικανότητα του στο να μετατρέπει την ακουστική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ευαισθησία συνήθως εκφράζεται σε dB κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο αναφοράς και δυο τύποι βαθμών χρησιμοποιούνται :

1. Ανοιχτό κύκλωμα τάσης
2. Ο μεγαλύτερος βαθμός ισχύος

2.6.2.1 Ανοιχτό κύκλωμα τάσης

Σε αυτόν το τύπο βαθμίδας αν και το μικρόφωνο δεν είναι συνδεδεμένο με καμιά είσοδο η αντίσταση εισόδου στη οποία είναι συνδεδεμένο είναι περίπου 20 φορές ψηλότερη από ότι του μικροφώνου.

Η σχέση της ηχητικής πίεσης είναι 1 microbar($dyne/cm^2$)και η σχέση του αναφοράς μηδέν είναι 1 volt. Με άλλα λόγια αν μια ηχητική πίεση 1 ($dyne/cm^2$) καταλήξει σε μια έξοδο 1 volt η ευαισθησία του μικροφώνου θα μπορούσε να είναι 0 db. Στη πράξη χαμηλότερες τάσεις εξόδου παράγονται και τυπικοί βαθμοί τάσης ανοιχτού κυκλώματος είναι στην τάξη των -85 και -35 Db.

Για να αποφύγουμε σύγχυση με άλλες μεθόδους βαθμίδων ο λεπτομερής καθορισμός ευαισθησίας θα μπορούσε καθαρά να δηλώσει την χρησιμοποιούμενη αναφορά. Για παράδειγμα -60 βαθμοί ευαισθησίας μετρούνται κάτω από τη μέθοδο που περιγράψαμε , θα πρέπει να γραφτούν – 60 dB.

2.6.2.2 Κατάταξη μέγιστης ισχύος

Με αυτό τον τρόπο βαθμίδας το μικρόφωνο είναι συνδεδεμένο στο φορτίο RL το οποίο είναι ισοδύναμο με τη εσωτερική αντίσταση του μικροφώνου και η ευαισθησία είναι επακριβής στο όριο της ισχύος αντίθετα από τη τάση. Εδώ η σχέση της ηχητικής πίεσης είναι 10 Microbars και η μηδενική σχέση επιπέδου ισχύος είναι 1 mW. Κάτω από αυτές της συνθήκες αν το μικρόφωνο ελευθερώνει $10^{-6} mW$ στο RL , η ευαισθησία του θα ήταν :

$$NdB = -10\log(1/10^{-6} mW) = -10\log 10^{6} = -10 \square 6 = -60dB \qquad \textbf{(2.29)}$$

2.6.3 Μέγιστη ηχητική πίεση (SPL)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μικροφώνου είναι η Μέγιστη Ηχητική Πίεση (SPL).Ο πιο χαμηλός σε ένταση ήχος που μπορούμε να ακούσουμε είναι 0 dBspl. Μια κανονική συζήτηση σε απόσταση περίπου 30cm είναι 70dBspl και ένας πολύ δυνατός ήχος μπορεί να είναι πάνω από 120 dBspl.

Η μέγιστη ηχητική πίεση είναι η στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL)κατά τη οποία το μικρόφωνο αρχίζει να παραμορφώνει συνήθως εκεί που το μικρόφωνο παράγει 3% Ολική Αρμονική Παραμόρφωση(THD).Μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν 1% THD.

Ένα καλά σχεδιασμένο μικρόφωνο μπορεί να δεχθεί πολύ δυνατούς ήχους χωρίς να υπερφορτώνετε. Ακόμα και οι πιο δυνατές ηχητικές πιέσεις κινούν το διάφραγμα ανεπαίσθητα. Το πυκνωτικό μικρόφωνο έχει ηλεκτρονικά μέρη τα οποία μπορούν να υπερφορτωθούν από το δυνατό σήμα. Αν τοποθετηθεί ελλατωτής μεταξύ του μετατροπέα και των ηλεκτρονικών μερών του μικροφώνου ελαττώνεται η στάθμη και αποφεύγεται παραμόρφωση

2.6.4 Self Noise

Το self noise είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό των μικροφώνων. Είναι ο ηλεκτρικός θόρυβος που παράγει το μικρόφωνο .Τα χαρακτηριστικά του self noise των 20 dBspl η και λιγότερο είναι εξαιρετικά χαμηλό.

Εξαιτίας του φαινόμενου αυτού τα δυναμικά μικρόφωνα δεν έχουν ενεργά ηλεκτρονικά μέρη και έτσι έχουν πολύ χαμηλό self noise σε σχέση με τα πυκνωτικά.

2.6.5 Handling Noise

Αρκετά παλιά μικρόφωνα τα οποία προορίζονταν για δια χειρός λειτουργία ήταν αρκετά ευπαθή στο χειρισμό του θορύβου. Σήμερα οι κατασκευαστές έχουν λύσει του πρόβλημα αυτό με την προσαρμογή ενός roll-off μηχανισμού για τις χαμηλές συχνότητες στα μικρόφωνα που χρησιμοποιούνται για εγγύς πεδίου λειτουργίες. Δεν υπάρχουν κάποια πρότυπα για τη μέτρηση Handling – Noise.

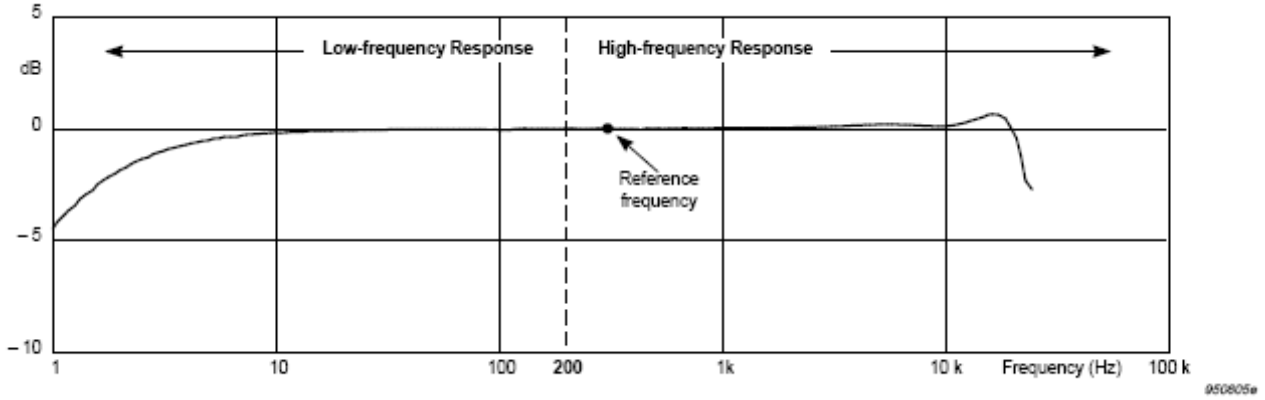
2.6.6 Frequency Response

Η συχνοτική απόκριση του μικροφώνου εξαρτάται από το ηχητικό πεδίο στο οποίο βρίσκεται μέσα το μικρόφωνο. Έτσι λοιπόν διακρίνουμε :

1. Free Field Response
2. Pressure Field Response
3. Diffuse Field Response

Το κάθε μικρόφωνο έχει βελτιστοποιηθεί έτσι ώστε να έχει μια επίπεδη απόκριση συχνότητας σε κάθε από τα παραπάνω ηχητικά πεδία. Αυτή η απόκριση ονομάζεται η βέλτιστη απόκριση (*optimised response*) Οι διαφορές στις αποκρίσεις της συναντούμε στις υψηλότερες συχνότητες. Κάτω από το 1KHz οι διαφορές είναι μεταξύ του 0.1 dB.

Όλα τα πειραματικά μικρόφωνα έχουν επίπεδη απόκριση στην περιοχή 200Hz – 1KHz.Σύμφωνα με τα στάνταρντ κάποια συχνότητα μεταξύ 200 KHz – 1 KHz έχει οριστεί σαν συχνότητα αναφοράς (Σχήμα 2.71)



Σχήμα 2.71

2.6.6.1 Free Field Response

Εδώ συναντούμε τα μικρόφωνα ελεύθερου πεδίου που έχουν επίπεδη συχνοτική απόκριση στα ηχητικά κύματα που είναι κάθετα προς το διάφραγμα.

2.6.6.2 Pressure Field Response

Αναφέρεται στην ομοιόμορφα κατανεμημένη πίεση στο διάφραγμα

2.6.6.3 Diffuse Field Response(random-incidence response)

Αναφέρεται στην απόκριση του μικροφώνου στο διάχυτο πεδίο.

Λόγω του μικρού χάσματος μεταξύ της κορδέλας και των polepieces, μπορεί να υπάρχουν σημαντικές παχύρρευστες ηχομονώσεις για την κορδέλα στην περιοχή του συντονισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηχογράφηση

3.1 Εισαγωγή

Ο ήχος μιας ζωντανής μουσικής εκτέλεσης που ακούμε είναι πολύ ζωντανός και γεμάτος αλλά όταν τον ηχογραφήσουμε και ακούσουμε την ίδια μουσική εκτέλεση από ένα σύστημα αναπαραγωγής απογοητευόμαστε με το τι "χάνουμε" στο τελικό αποτέλεσμα από αυτή τη διαδικασία. Ακόμη και με τις καλύτερες συσκευές αναπαραγωγής-ηχογράφησης όσον αφορά την ποιότητα, παρατηρούμε ότι η αναπαραγωγή της ηχογραφημένης μουσικής είναι διαφορετική από την ζωντανή εκτέλεση που ακούμε και αυτό γιατί ο ήχος που ακούμε πχ. σε ένα στούντιο ηχογραφήσεων όταν τοποθετούμε τα μικρόφωνα ενώ οι μουσικοί παίζουν δεν ακούγεται το ίδιο με αυτό που ακούμε από τα μεγάφωνα στο control room. Για αυτό δεν ευθύνονται οι συσκευές αναπαραγωγής ούτε οι συσκευές ηχογράφησης. Ο λόγος είναι πρώτον, ότι το μεγάφωνο ηχεί διαφορετικά από το όργανο που μιμείται και δεύτερον, ότι το μικρόφωνο δεν "ακούει" με τον ίδιο τρόπο που ακούνε τα αυτιά μας, "χάνει" κάτι από τη διαδικασία μετατροπής του ήχου σε σήμα.

Τοποθετώντας μικρόφωνα σε μια μουσική εκτέλεση είτε για την τροφοδότηση ενός συστήματος αναπαραγωγής ήχου (*Public Address System)*, είτε για την καταγραφή της και την αναπαραγωγή της αργότερα σε ένα οποιοδήποτε ηχοσύστημα το ζητούμενο είναι το ίδιο. Ο ηχολήπτης να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση η μουσική εκτέλεση που αναπαράγεται από τα μεγάφωνα για παράδειγμα του σπιτιού μας, να ακούγεται σαν οι μουσικοί να βρίσκονται στο σπίτι μας και παίζουν για μας. Για να συμβεί αυτό ο ηχολήπτης που θα ηχογραφήσει την μουσική εκτέλεση θα πρέπει να γνωρίζει τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα χαρακτηριστικά όλων των συσκευών που θα χρησιμοποιήσει όπως προενισχυτές μικροφώνων, δυναμικούς επεξεργαστές, ισοσταθμιστές σήματος, ψηφιακά εφέ για την δημιουργία ακουστικών φαινομένων "reverb, delays, chorus, flanger, κτλ.", ώσπου στο τέλος να καταλήξει στο δωμάτιο ελέγχου "control room" όπου και θα δημιουργήσει την ψευδαίσθηση αυτή χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες συσκευές και τεχνικές και θα "μιξάρει" τις ηχογραφημένες και επεξεργασμένες πηγές, προσθέτοντας τα ηλεκτρικά σήματα με τη βοήθεια μιας κονσόλας μίξης σύμφωνα με την αισθητική του κρίση. Η μελέτη όλων αυτών των συσκευών είναι μεγάλης σημασίας για την τέχνη της ηχοληψίας, εφόσον είναι τα εργαλεία που

θα χρησιμοποιήσει ο ηχολήπτης για να κατεργαστεί τον ήχο ώστε να δημιουργήσει το επιθυμητό ηχητικό αποτέλεσμα.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε και γνωρίσαμε τα χαρακτηριστικά στα βασικότερα εργαλεία του ηχολήπτη, τα μικρόφωνα ,τα “πινέλα” του ηχολήπτη όπως αναφέρει ο David Moulton στο βιβλίο του “Total Recording”. Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε πως θα χρησιμοποιήσουμε αυτά τα χαρακτηριστικά ώστε να κάνουμε την κατάλληλη επιλογή μικροφώνου για κάθε πηγή που καλούμαστε να ηχογραφήσουμε και επίσης θα δούμε τις διάφορες τεχνικές τοποθέτησης αυτών ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι στην ηχοληψία δεν υπάρχουν κανόνες για την σωστή επιλογή και σωστή τοποθέτηση και μια μέθοδο που εχθές λειτούργησε σωστά μπορεί σήμερα να μην λειτουργήσει, όπως επίσης μια μέθοδο που θεωρείται λάθος σε μερικά χρόνια μπορεί να προβεί σε στάνταρ τεχνική. Όπως προαναφέραμε και σε προηγούμενα κεφάλαια κατά την ηχογράφηση μιας ηχητικής πηγής εμπλέκονται πάρα πολλοί εξωτερικοί παράγοντες και ο τελικός κριτής θα είναι “τα αυτιά” του ηχολήπτη που θα τον βοηθήσουν να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις.

3.2 Αλυσίδα ηχογράφησης

Η ψηφιακή τεχνολογία που εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια έδωσε δυνατότητες και στην μουσική παραγωγή – βιομηχανία που ήταν αδύνατο να τις σκεφτούμε πριν περίπου δέκα χρόνια. Χάρη στη μετάβαση από αναλογική σε ψηφιακή τεχνολογία, η ηχοληψία πλέον είναι πλέον προσιτό “άθλημα” σε περισσότερο κόσμο αν αναλογιστούμε ότι χρειάζονταν ένα δωμάτιο γεμάτο από ακριβές συσκευές για μια ηχογράφηση μιας “καλής” μουσικής παραγωγής. Τώρα με τις φθηνότερες και μικρότερες ψηφιακές συσκευές ο καθένας μπορεί να έχει το δικό του προσωπικό στούντιο, γεγονός που είναι ολοφάνερο στις μέρες μας αν παρατηρήσουμε την πορεία των στούντιο ηχογραφήσεων ανά τον κόσμο, στα οποία έχει μειωθεί απειλητικά ο ετήσιος φόρτος εργασίας τους, αφού πολλοί μουσικοί ηχογραφούν και κάνουν οι ίδιοι τις μουσικές παραγωγές τους.

Ανάλογα με το είδος της μουσικής που πρόκειται να ηχογραφήσουμε, το χώρο που πρόκειται να γίνει η ηχογράφηση, την αισθητική που θέλουμε να δώσουμε και τέλος ανάλογα με το κόστος της μουσικής παραγωγής κάνουμε τις επιλογές μας στον τρόπο που θα ηχογραφήσουμε, στον εξοπλισμό και στις τεχνικές ηχογράφησης που θα χρησιμοποιήσουμε.

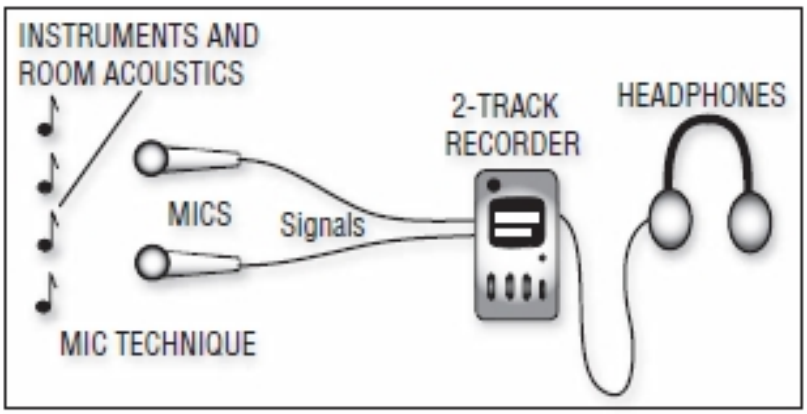
Εδώ θα εξετάσουμε τους συνηθέστερους τρόπους ηχογράφησης που συναντάμε στις σύγχρονες μουσικές παραγωγές:

- Ζωντανή stereo ηχογράφηση (Live stereo recording)
- *Ζωντανή πολυκάναλη ηχογράφηση (Live multitrack recording)*
- *Πολυκάναλη ηχογράφηση (Multitrack recording – Overdub)*

3.2.1 Ζωντανή stereo ηχογράφηση (Live stereo recording)

Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται για ηχογραφήσεις ορχήστρας, χορωδίας, συμφωνικής ορχήστρας, εκκλησιαστικού οργάνου, μικρών συνόλων, κουαρτέτων και σόλο οργάνων. Ένα stereo μικρόφωνο ή ένα ζευγάρι μικροφώνων συλλέγουν τον ήχο των οργάνων, σε συνδυασμό με ένα ποσοστό της αντήχησης του χώρου που ηχούν. Το ποσοστό του χώρου που θα ηχογραφηθεί εξαρτάται από την απόσταση που θα τοποθετηθούν τα μικρόφωνα σε σχέση με τα όργανα και εξαρτάται από την κρίση του ηχολήπτη. Ο συγκεκριμένος τρόπος ηχογράφησης σε αίθουσες με καλή ακουστική δίνει έναν ζωντανό και φυσικό ήχο που έχει ταυτιστεί με τα μουσικά είδη που αναφέραμε αλλά χρησιμοποιείται επίσης και για ηχογραφήσεις μικρών ομάδων παραδοσιακών οργάνων, ακόμη και σε ηχογραφήσεις rock και jazz συγκροτημάτων όταν διατίθεται χώρος καλής ακουστικής. Τις στέρεο τεχνικές ηχογράφησης θα τις αναλύσουμε σε παρακάτω κεφάλαιο. Πρέπει να αναφέρουμε ότι το υλικό που θα πάρουμε από μια τέτοια ηχογράφηση είναι ένα στέρεο κανάλι στο οποίο δεν θα μπορούμε να επέμβουμε σε μετέπειτα στάδιο αν για παράδειγμα χρειαστεί να αλλάξουμε την ισορροπία εντάσεων μεταξύ των οργάνων.

Παρακάτω παρουσιάζεται η αλυσίδα μιας ζωντανής stereo ηχογράφησης:



Σχήμα 3.1.

- Τα μουσικά όργανα-φωνές παράγουν ηχητικά κύματα.

- Τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν μέσω του αέρα, ανακλούνται από τις σκληρές επιφάνειες (πάτωμα, ταβάνι, τοίχους, κτλ.) της συναυλιακής αίθουσας δημιουργώντας αντήχηση, η οποία δίνει μια αίσθηση ζωντάνιας στον ήχο.

- Τα ηχητικά κύματα από τα όργανα και το χώρο φθάνουν στα μικρόφωνα, τα οποία με τη σειρά τους τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα.

- Η ηχητική ποιότητα είναι άμεση συνδεδεμένη με την επιλογή μικροφώνων και με την τεχνική τοποθέτησης τους.

- Τα σήματα από τα μικρόφωνα οδηγούνται σε ενισχυτική μονάδα και έπειτα σε μια συσκευή καταγραφής μέσω καλωδίων. Ανάλογα με τη συσκευή καταγραφής τα σήματα αποθηκεύονται στην κατάλληλη μορφή, αν για παράδειγμα πρόκειται για ψηφιακό εγγραφέα, τα σήματα αποθηκεύονται σε μορφή μαγνητικών ωθήσεων και κατά την αναπαραγωγή οι ωθήσεις αυτές μετατρέπονται ξανά πίσω σε σήματα.

- Για την ακρόαση των σημάτων που ηχογραφούνται, χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα ακρόασης “monitor”. Το σύστημα monitor είναι μεγάφωνα ή ακουστικά που μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα σε ηχητικά κύματα και βοηθούν τον ηχολήπτη να ελέγξει την τον ήχο που πρόκειται να ηχογραφήσει.

3.2.2 Ζωντανή πολυκάναλη ηχογράφηση (Live multitrack recording)

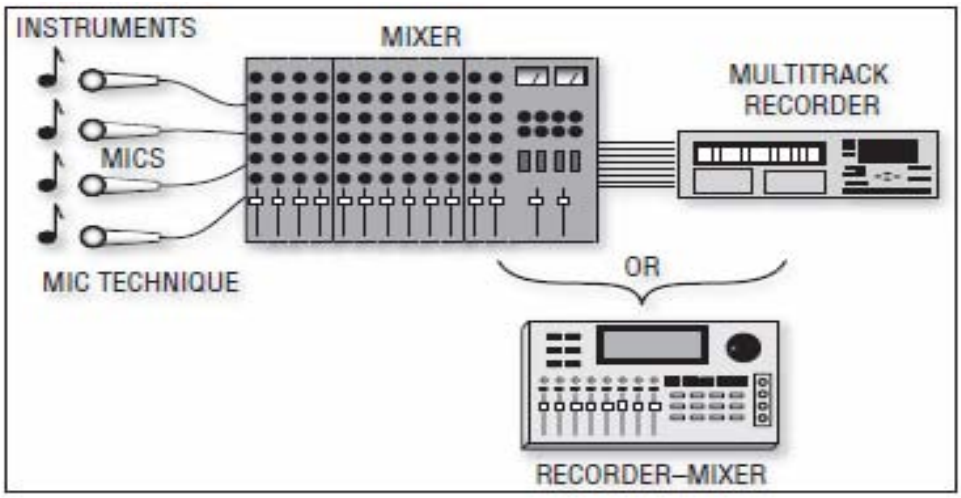
Ο συγκεκριμένος τρόπος χρησιμοποιείται περισσότερο για ηχογραφήσεις συναυλιών. Μικρόφωνα από κάθε όργανο που βρίσκεται στη σκηνή καταλήγουν σε μια κονσόλα μίξης. Η τεχνική ηχογράφησης “close miking” χρησιμοποιείται σε τέτοιες καταστάσεις όπου πολλά μικρόφωνα λαμβάνουν μέρος στον ίδιο χώρο, ενώ υπάρχει και η πιθανότητα ανάδρασης “feedback” από τα γύρω μεγάφωνα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε μικρόφωνο βρίσκεται στο εγγύς πεδίο με την πηγή που ηχογραφεί και τοποθετείτε με τέτοια κλίση ώστε να λαμβάνει το λιγότερο ποσοστό ήχου από τα γύρω μεγάφωνα για την αποφυγή ανάδρασης. Στο επόμενο κεφάλαιο που θα εξετάσουμε τις τεχνικές ηχογράφησης, θα δούμε αναλυτικά τις close miking τεχνικές. Το σήμα κάθε μικροφώνου ηχογραφείτε σε ξεχωριστό κανάλι, δίνοντας μας την επιλογή να επεξεργαστούμε το κάθε όργανο και να διαμορφώσουμε την μίξη μας όπως επιθυμούμε.

Η διαδικασία είναι όμοια με αυτή της ζωντανής stereo ηχογράφησης με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση ότι τα μικρόφωνα είναι περισσότερα, οπότε τα σήματα των μικροφώνων οδηγούνται πρώτα σε μια κονσόλα μίξης όπου λειτουργεί και σαν ενισχυτική μονάδα και έπειτα σε μια συσκευή πολυκάναλης ηχογράφησης. Η αλυσίδα ηχογράφησης είναι η ίδια με αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2. Το ενδιαφέρον σε αυτόν τον τρόπο ηχογράφησης είναι ότι σε μέτεπειτα στάδιο μπορούμε ακόμα και να προσθέσουμε κάποιο όργανο που αρχικά δεν υπήρχε, ηχογραφόντας το στο στούντιο με την μέθοδο τμηματικής ηχογράφησης "overdubbing", δηλαδή μπορούμε να αναπαράγουμε οποιαδήποτε ηχογραφημένη πηγή επιθυμούμε και στέλνοντας τις στα ακουστικά κάποιου μουσικού ή μουσικού συνόλου, μπορούμε να ηχογραφήσουμε τις δικές τους εκτελέσεις σε κάποια από τα μη δεσμευμένα κανάλια του πολυκάναλου εγγραφέα.

3.2.3 Πολυκάναλη ηχογράφηση (Multitrack recording – Overdubbing - τμηματική)

Σε αυτή την περίπτωση η κάθε πηγή ή το κάθε μουσικό σύνολο ηχογραφείτε σε ξεχωριστό κανάλι με όσο δυνατόν λιγότερη διαρροή από τις άλλες πηγές που ηχούν στον ίδιο χώρο κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης και πολλές φορές με όσο το δυνατόν λιγότερη λήψη χώρου από τα μικρόφωνα, δηλαδή με τεχνική “close miking” έτσι ώστε να μπορεί να γίνει οποιουδήποτε είδους επεξεργασία για κάθε ξεχωριστή πηγή μετά την ηχογράφηση. Επίσης μετά την ηχογράφηση εφαρμόζοντας τη μέθοδο τμηματικής ηχογράφησης (overdubbing).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αλυσίδα μιας πολυκάναλης ηχογράφησης:



Σχήμα 3.2

3.3 Επιλογή μικροφώνων

Η σωστή τοποθέτηση και η κατάλληλη επιλογή παίζει σπουδαίο ρόλο στην ποιότητα μιας ακουστικής ηχογράφησης. Πολλές φορές ο συνδυασμός ενός άρτιου μουσικού, με ένα ποιοτικό όργανο σωστά ηχογραφημένο προσδίδουν ιδανικότερο υλικό από ένα υλικό το οποίο έχει ηχογραφηθεί και έπειτα έχει υποστεί οποιουδήποτε είδους επεξεργασία προς βελτίωση του.

Ο ηχολήπτης για κάθε όργανο ή σύνολο οργάνων που θέλει να ηχογραφήσει, η επιλογή μικροφώνου και η τεχνική τοποθέτησης που θα χρησιμοποιήσει γίνεται ανάλογα με το είδος της μουσικής που ηχογραφεί, την τεχνική του μουσικού που ηχογραφεί, τα ακουστικά χαρακτηριστικά του οργάνου και επίσης ανάλογα με τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου μέσα στον οποίο ηχογραφεί.

Σε παραπάνω κεφάλαιο εξετάσαμε τους τύπους μικροφώνων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία είναι και ο λόγος που κάθε μικρόφωνο διαθέτει ένα ξεχωριστό “τονικό” χαρακτήρα. Για παράδειγμα σε έναν μουσικό ο οποίος παίζει το όργανο του με χαμηλές δυναμικές ο ηχολήπτης θα πρέπει να επιλέξει μικρόφωνο με μεγαλύτερη “ευαισθησία” σε αντίθεση με έναν μουσικό που παίζει το όργανο του με “υψηλές” δυναμικές. Στην δεύτερη περίπτωση που ο ηχολήπτης πρέπει να ηχογραφήσει υψηλές στάθμες σήματος όπως για παράδειγμα για την ηχογράφηση ροκ τυμπάνων εκτός από την επιλογή μικροφώνου μικρότερης ευαισθησίας, θα πρέπει να τοποθετήσει το μικρόφωνο σε μεγαλύτερη απόσταση από το όργανο. Αν είναι επιθυμητή η καταγραφή του χώρου σε μια ηχογράφηση είναι προτιμότερη η χρήση παντοκατευθυντικών “omnidirectional” μικροφώνων, ενώ στη αντίθετη περίπτωση και σε περιπτώσεις που ηχούν ταυτόχρονα διαφορετικές πηγές και το ζητούμενο είναι η απομόνωση είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται κατευθυντικά μικρόφωνα “directional”.

Παρακάτω αφού θα δούμε πρώτα την χρησιμότητα όλων αυτών των χαρακτηριστικών, ώστε να είμαστε σε θέση να κάνουμε πιο εύστοχα την επιλογή του κατάλληλου μικροφώνου για την καλύτερη λήψη της ηχητικής πηγής θα δούμε και τους δύο παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας αφού γίνει η επιλογή:

- Θέση τοποθέτησης μικροφώνου σε σχέση με την πηγή.
- Το ακουστικό περιβάλλον όπου πραγματοποιείται η ηχογράφηση.

3.3.1 Επιλογή βάσει του τύπου μικροφώνου

Πυκνωτικά μικρόφωνα:

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα είναι τα πιο ακριβή ως προς την ποιότητα απόδοση τους σε σχέση με τους άλλους τύπους μικροφώνων. Ανταποκρίνονται πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά από όλους τους τύπους μικροφώνων σε ήχους με γρήγορες ατάκες, όπως ήχους με κρουστικό χαρακτήρα. Επίσης προσθέτουν τον λιγότερο τονικό χρωματισμό στο σήμα που λαμβάνουν σε σχέση με τους άλλους τύπους μικροφώνων. Μπορούν να αποδώσουν στο μεγαλύτερο συχνοτικό εύρος μέχρι και 20 kHz και αυτό μας βοηθάει να χρησιμοποιούμε τα πυκνωτικά μικρόφωνα όποτε θέλουμε να λάβουμε τον πραγματικό ήχο μιας πηγής με ακρίβεια. Συνήθως για ηχογραφήσεις σε ακουστικές κιθάρες, ακουστικό πιάνο, φωνητικά, χάλκινα πνευστά, ξύλινα πνευστά, έγχορδα, κρουστά και για ηχογράφηση χώρου “ambience”.

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα με παντοκατευθυντικό πολικό διάγραμμα “omni” λαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων ακόμη και όταν τοποθετούνται σε μεγαλύτερη απόσταση από την ηχητική πηγή από μικρόφωνα άλλου τύπου. Αυτό το γεγονός είναι ένα από τα πλεονεκτήματα των πυκνωτικών μικροφώνων γιατί μας δίνουν τη δυνατότητα να ηχογραφήσουμε γεμάτο ήχο από μια πηγή, ενώ ταυτόχρονα ηχογραφούμε και τον φυσικό χώρο όπου βρίσκεται η πηγή δίνοντας έτσι περισσότερη ζωντάνια στον ήχο, πράγμα επιθυμητό σε πολλά είδη μουσικής.

Δυναμικά μικρόφωνα:

Τα δυναμικά μικρόφωνα είναι η συνήθης επιλογή για περιπτώσεις ζωντανών μουσικών εκτελέσεων, αλλά η ύπαρξη τους σε στούντιο ηχογραφήσεων είναι εξίσου σημαντική. Είναι τα πιο ανθεκτικά μικρόφωνα και αντέχουν μεγαλύτερα ποσά ηχητικής πίεσης χωρίς να παραμορφώνουν από όλους τους άλλους τύπους μικροφώνων. Επίσης χρωματίζουν τονικά περισσότερο από τα πυκνωτικά μικρόφωνα και αυτός ο χρωματισμός βρίσκεται συνήθως στην περιοχή 5 – 10 kHz. Τα δυναμικά μικρόφωνα λαμβάνουν λεπτό ήχο όταν τοποθετούνται πάνω από 30 cm από την πηγή, για αυτό και χρησιμοποιούνται περισσότερο σε close miking εφαρμογές όπου τοποθετούνται από 3 cm μέχρι και 30 cm απόσταση από την πηγή.

Επειδή προσθέτουν τον τονικό χρωματισμό στις συχνότητες από 5 – 10 kHz που δίνει στον ήχο πιο έντονο χαρακτήρα (edge, punch) χρησιμοποιούνται κυρίως για ηχογραφήσεις καμπίνας ηλεκτρικής κιθάρας, καμπίνα ηλεκτρικού μπάσου, bass drum, snare και toms τυμπάνων. Τα δυναμικά χρησιμοποιούνται σε live

καταστάσεις αφού λειτουργούν καλύτερα σε close miking τεχνικές αποφεύγοντας έτσι την διαρροή από άλλες πηγές που βρίσκονται στην σκηνή όπως επίσης και τις αναδράσεις από τα γύρω ηχεία.

Μικρόφωνα ταινίας:

Τα μικρόφωνα ταινίας είναι τα πιο εύθραυστα μικρόφωνα για αυτό το λόγο και δεν συναντούνται συχνά σε συναυλιακές εφαρμογές που το ζητούμενο είναι μικρόφωνα με ανοχές σε μεγάλες ηχητικές πιέσεις. Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας τα τελευταία 15 χρόνια έχουν κατασκευαστεί μικρόφωνα ταινίας με ελάσματα από πιο ανθεκτικά κράματα μετάλλου, έτσι συναντάμε κάποια από αυτά σε εφαρμογές που μέχρι πρόσφατα δεν μπορούσαμε να τα χρησιμοποιήσουμε, όπως π.χ. σε ηχογράφηση καμπίνας ηλεκτρικής κιθάρας, τρομπέτας, κ.α.

Τα μικρόφωνα ταινίας έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα δυναμικά μικρόφωνα, όπως το ότι χρωματίζουν στην περιοχή 5 - 10 kHz, λαμβάνουν και αυτά λεπτό και ασθενές συχνοτικά ήχο όταν τοποθετηθούν πάνω από 30 cm μακρυά από την πηγή, αλλά η ιδιαιτερότητα τους είναι ότι όταν χρησιμοποιηθούν σε τεχνικές close miking λαμβάνουν πιο πλούσιο και γεμάτο ήχο συχνοτικά από τα δυναμικά.

3.3.2 Επιλογή βάσει κατευθυντικότητας του μικροφώνου

Το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε υπέρ μας για την αποφυγή διαρροής από άλλες πηγές που βρίσκονται στο χώρο και για την επιλογή ποσοστού αντήχησης του χώρου που θέλουμε να λάβουμε.

Κατευθυντικά μικρόφωνα:

Τα κατευθυντικά μικρόφωνα έχουν το μειονέκτημα ότι μόνο στο εγγύς πεδίο της πηγής λαμβάνουν γεμάτο ήχο, παρόλα αυτά είναι η ιδανική περίπτωση για close miking περιπτώσεις που χρειαζόμαστε να πάρουμε απομονωμένα τον ήχο μιας πηγής και να αποφύγουμε την διαρροή (leakage). Για τον ίδιο λόγο είναι και σίγουρη επιλογή μας για σε ζωντανές εκτελέσεις όπου οι αναδράσεις είναι ο εχθρός μας.

Παντοκατευθυντικά μικρόφωνα:

Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα έχουν την καλύτερη λήψη πηγής από απόσταση. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται για την λήψη room ambience,

όπως επίσης για τον ίδιο λόγο αποφεύγεται η χρήση τους σε συναυλίες γιατί όπως καταλαβαίνουμε δημιουργούν πολύ εύκολα ανάδραση.

Δικατευθυντικά μικρόφωνα:

Τα δικατευθυντικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις που επιθυμούμε να ηχογραφήσουμε δύο ηχητικές πηγές σε ένα κανάλι λαμβάνοντας ποσοστό του χώρου στον οποίο βρίσκονται και την καλύτερη φασική αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

3.3.3 Επιλογή βάσει της συχνοτικής απόκρισης του μικροφώνου

Λαμβάνουμε υπόψη μας τη συχνοτική απόκριση ενός μικροφώνου για να καταλάβουμε πως θα συμπεριφέρεται το συγκεκριμένο μικρόφωνο στο ακουστικό φάσμα. Αν για παράδειγμα έχουμε ένα μικρόφωνο του οποίου η συχνοτική απόκριση μας δείχνει μια κορυφή στα 5 kHz, περιμένουμε ότι το μικρόφωνο χρωματίζει στις υψηλές συχνότητες και πιθανότατα να έχει πιο σκληρό ήχο από ένα μικρόφωνο με συχνοτική απόκριση flat. Αντιθέτως αν δούμε στη συχνοτική απόκριση του μικροφώνου μια πτώση στα 300 Hz περιμένουμε ότι το μικροφώνου θα έχει φτωχό εύρος στις χαμηλές συχνότητες έτσι ώστε να μην μπορεί να συλλάβει καλά ήχους με πλούσιο συχνοτικό περιεχόμενο σε χαμηλές συχνότητες. Επιλέγουμε ένα μικρόφωνο για την ηχογράφηση ενός συγκεκριμένου οργάνου ξέροντας πρώτα ότι το μικρόφωνο μπορεί να συλλάβει τουλάχιστον το συχνοτικό εύρος που παράγεται από το όργανο. Για παράδειγμα μια ακουστική κιθάρα παράγει θεμελιώδη συχνότητες στην περιοχή από 82 Hz μέχρι μέχρι και 1 kHz και αρμονικούς στην περιοχή από 1 kHz μέχρι και 15 kHz. Καταλαβαίνουμε ότι το μικρόφωνο που θα χρησιμοποιήσουμε για να ηχογραφήσουμε την ακουστική κιθάρα αντιπροσωπευτικά θα πρέπει να έχει συχνοτική απόκριση τουλάχιστον από 85 Hz μέχρι 15 kHz.

Instrument	Fundamentals (Hz)	Harmonics (kHz)
Flute	261–2349	3–8
Oboe	261–1568	2–12
Clarinet	165–1568	2–10
Bassoon	62–587	1–7
Trumpet	165–988	1–7.5
French horn	87–880	1–6
Trombone	73–587	1–7.5
Tuba	49–587	1–4
Snare drum	100–200	1–20
Kick drum	30–147	1–6
Cymbals	300–587	1–15
Violin	196–3136	4–15
Viola	131–1175	2–8.5
Cello	65–698	1–6.5
Acoustic bass	41–294	1–5
Electric bass	41–300	1–7
Acoustic guitar	82–988	1–15
Electric guitar	82–1319	1–3.5 (through amp)
Electric guitar	82–1319	1–15 (direct)
Piano	28–4196	5–8
Bass (voice)	87–392	1–12
Tenor (voice)	131–494	1–12
Alto (voice)	175–698	2–12
Soprano (voice)	247–1175	2–12

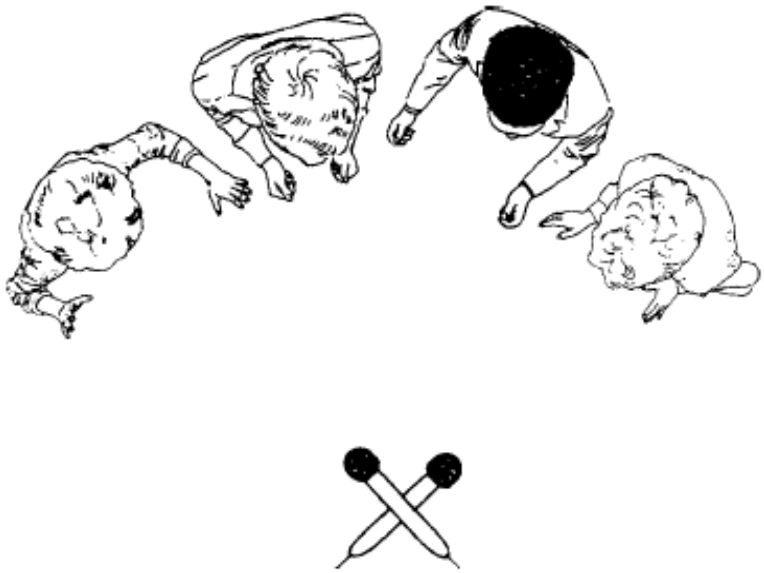
Σχήμα 3.3: *Πίνακας με τα συχνοτικά εύρη διαφόρων μουσικών οργάνων.*

3.4 Τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων

Αφού είδαμε πως κάνουμε την κατάλληλη επιλογή για κάθε διαφορετική περίπτωση, τα επόμενα ερωτήματα που καλούμαστε να λύσουμε τώρα είναι πόσα μικρόφωνα θα χρειαστούμε και από τι εξαρτάται, πόσο κοντά θα τα τοποθετήσουμε στις πήγες που θέλουμε να ηχογραφήσουμε και τέλος θα δούμε προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης μικροφώνων για την ηχογράφηση διαφόρων μουσικών οργάνων.

3.4.1 Αριθμός μικροφώνων ανά περίπτωση

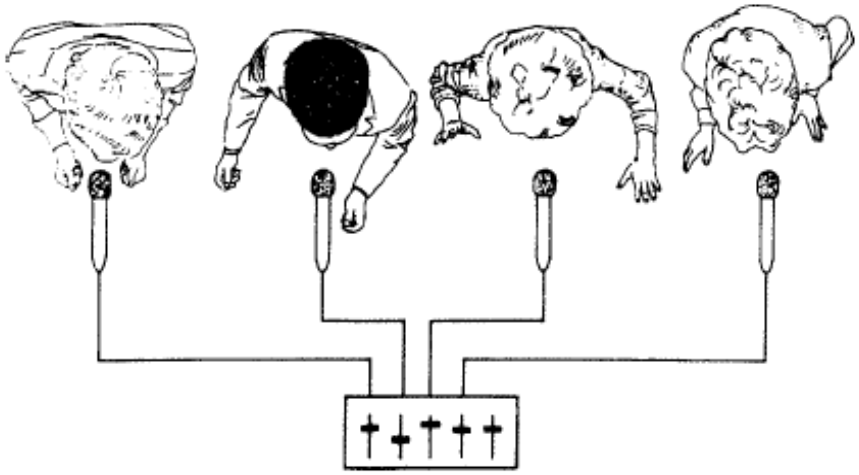
Ο αριθμός των μικροφώνων που θα χρησιμοποιήσουμε κάθε φορά εξαρτάται από το είδος και την αισθητική της μουσικής παραγωγής. Για παράδειγμα για την ηχογράφηση μιας κλασσικής εκτέλεσης σε μια αίθουσα συναυλιών θα ήταν παράλογο να εφαρμόσουμε πολυκάναλη μέθοδο ηχογράφησης με close miking τεχνική, δηλαδή να τοποθετήσουμε ένα μικρόφωνο σε κάθε μουσικό όργανο μιας συμφωνικής ορχήστρας. Θα ήταν μια πολύπλοκη παραγωγή, της οποίας το κόστος θα ήταν εξωφρενικό και το αποτέλεσμα δεν θα είχε την απήχηση από το κοινό που ενδιαφέρει το συγκεκριμένο είδος μουσικής. Αφού η δημιουργία της χωροτοποθέτησης και της ακουστικής του χώρου των ηχογραφημένων οργάνων με την χρήση τεχνιτών μέσων (reverb , delays, panning, κ.τ.λ) δεν μπορεί να αποδώσει την πιστή αναπαράσταση της πραγματικής ορχηστρικής εκτέλεσης που είναι συνηθισμένος να ακούει ο κόσμος που ακούει το συγκεκριμένο είδος μουσικής. Το παραπάνω παράδειγμα ίσως να είχε χρησιμότητα σε μουσική παραγωγή για μια κινηματογραφική ταινία που το ζητούμενο είναι ένα ηχητικό αποτέλεσμα πιο εντυπωσιακό από την πραγματικότητα. Οπότε τέτοιου είδους ηχογραφήσεις όπου θέλουμε να αποδώσουμε την πιστή αναπαράσταση της πραγματικής εκτέλεσης των πηγών και να συμπεριλάβουμε στην ηχογράφηση και τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου χρησιμοποιούνται συνήθως δύο έως το πολύ τρία μικρόφωνα ή ένα μικρόφωνο με στερεοφωνική λειτουργία.



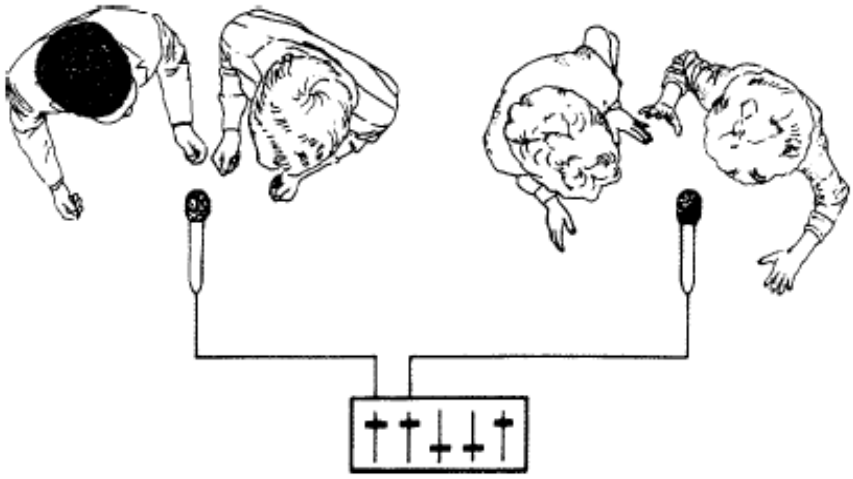
Σχήμα 3.4: *Ηχογράφηση χορωδίας με τη χρήση δύο μικροφώνων σε απόσταση*

Σε μουσικές παραγωγές σύγχρονης μουσικής (pop, rock, jazz, κτλ.) που το ζητούμενο είναι ήχος πιο εντυπωσιακός από τον ήχο που ακούς στην πραγματικότητα όταν βρίσκεσαι στο δωμάτιο που συμβαίνει η μουσική εκτέλεση πραγματοποιείται πολυκάναλη ηχογράφηση. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε όργανο τοποθετούμε ένα μικρόφωνο, με τεχνική close miking και στο τέλος μπορούμε να επεξεργαστούμε ξεχωριστά την κάθε πηγή.

Μπορούμε πολλές φορές να ηχογραφήσουμε δύο ή περισσότερες πηγές χρησιμοποιώντας ένα μόνο μικρόφωνο. Άλλα το πρόβλημα που θα αντιμετωπίσουμε σε μια τέτοια περίπτωση είναι ότι δεν θα μπορούμε να επεξεργαστούμε ξεχωριστά την κάθε πηγή αφού θα έχουν ηχογραφηθεί όλες στο ίδιο κανάλι.



Σχήμα 3.5: *Ηχογράφηση χορωδίας με τη χρήση ξεχωριστού μικροφώνου σε κάθε πηγή και μίξη αυτών.*

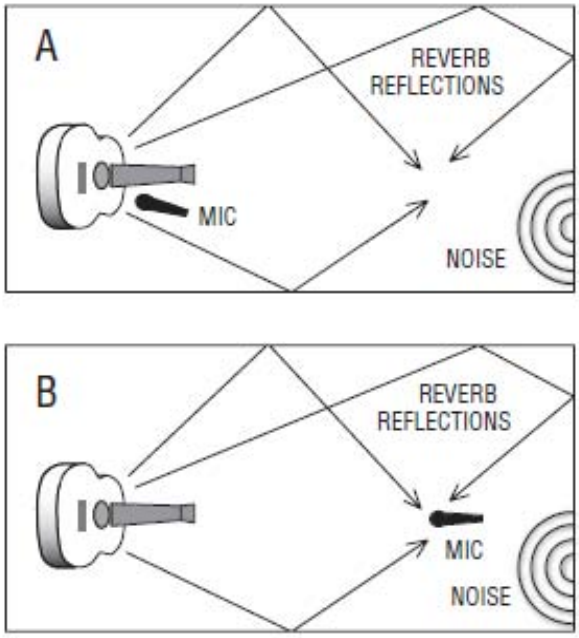


Σχήμα 3.6: *Ηχογράφηση συνόλων χορωδίας με τη χρήση δυο μικροφώνων και μίξη αυτών.*

3.4.2 Απόσταση μικροφώνου – Πηγής

Μετά την επιλογή του κατάλληλου μικροφώνου για την ηχογράφηση μιας πηγής, εξετάζοντας όλες τις συνθήκες που αναφέραμε παραπάνω, βρισκόμαστε στο ερώτημα, πόσο κοντά θα πρέπει να τοποθετηθεί το μικρόφωνο από την εν λόγω πηγή.

Όταν τοποθετούμε το μικρόφωνο στο εγγύς πεδίο μιας πηγής (close miking) ο κατευθείαν ήχος που φθάνει στο μικρόφωνο από την πηγή είναι σε υψηλά επίπεδα έντασης οπότε δεν χρειάζεται να δώσουμε πολύ ενίσχυση “gain” στην προενίσχυση του μικροφώνου για να πάρουμε μια καλή στάθμη ηχογράφησης. Για αυτό τον λόγο λαμβάνουμε πολύ μικρά ποσοστά αντήχησης, διαρροής και εξωτερικού θορύβου με την τεχνική close miking. Στην αντίθετη περίπτωση που το μικρόφωνο βρίσκεται σε μακρινή απόσταση από την πηγή που ηχογραφεί, ο απευθείας ήχος που φθάνει από την πηγή στο διάφραγμα του μικροφώνου είναι σε χαμηλά επίπεδα στάθμης, οπότε αναγκαζόμαστε να δώσουμε πολύ gain στην προενίσχυση για να πάρουμε ικανοποιητικές στάθμες ηχογράφησης, με αποτέλεσμα να ενισχύουμε και όλους τους ανεπιθύμητους ήχους που λαμβάνει το μικρόφωνο μαζί με τους επιθυμητούς.



Σχήμα 3.7: (*Α) Η ηχογράφηση πηγής με close miking τεχνική (Β) Η ηχογράφηση πηγής από απόσταση.*

Τοποθετώντας το μικρόφωνο από 3 cm μέχρι 1 m από την πηγή παίρνουμε ένα σφικτό - γεμάτο ήχο και στο εξής θα ονομάζουμε αυτή την τεχνική close miking. Ενώ τοποθετώντας το μικρόφωνο σε μεγαλύτερη απόσταση από 1 m λαμβάνουμε ένα μακρινό, βαθύτερο με χωρικά στοιχεία ήχο “distant, spacious”, την οποία τεχνική θα ονομάζουμε distant miking. Όσο πιο μακρυά τοποθετούμε το μικρόφωνο από την πηγή τόσο περισσότερη αντήχηση του χώρου (ambience) λαμβάνουμε, αλλά παράλληλα αυξάνουμε την πιθανότητα λήψης διαρροής από άλλες πηγές και εξωτερικού θορύβου. Χρησιμοποιούμε close miking τεχνικές αν θέλουμε να αποφύγουμε την λήψη ανεπιθύμητων ήχων, ενώ distant miking όταν θέλουμε να προσθέσουμε στην πηγή που ηχογραφούμε ζωντάνια και μια ευάερη αίσθηση. Στην περίπτωση που η απόσταση πηγής – μικροφώνου είναι μεγαλύτερη από 3 m τότε αυτό το μικρόφωνο ονομάζεται μικρόφωνο χώρου ή αλλιώς μικρόφωνο ambience, γιατί λαμβάνει μεγαλύτερο ποσοστό αντήχησης του χώρου παρά τον απευθείας ήχο από την πηγή. Στη μίξη χρησιμοποιούμε τη λήψη ambience σε συνδυασμό με τη λήψη του απευθείας ήχου της πηγής, βρίσκοντας την κατάλληλη ισορροπία στάθμης μεταξύ τους για να δώσουμε την ανάλογη αίσθηση χώρου που επιθυμούμε. Αυτή η μέθοδο εφαρμόζεται και με δύο μικρόφωνα ή ένα στερεοφωνικό όταν επιθυμείτε η στερεοφωνική λήψη ambience και χρησιμοποιείται κατά κόρον σε συναυλιακούς χώρους για να λαμβάνουν την ακουστική του χώρου που είναι επιθυμητό κομμάτι του ήχου για είδη μουσικής όπως η κλασσική, όπως επίσης και σε πολλές περιπτώσεις για να λαμβάνουν τις

αντιδράσεις του κόσμου που παρακολουθεί τη συναυλία μαζί με τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου.

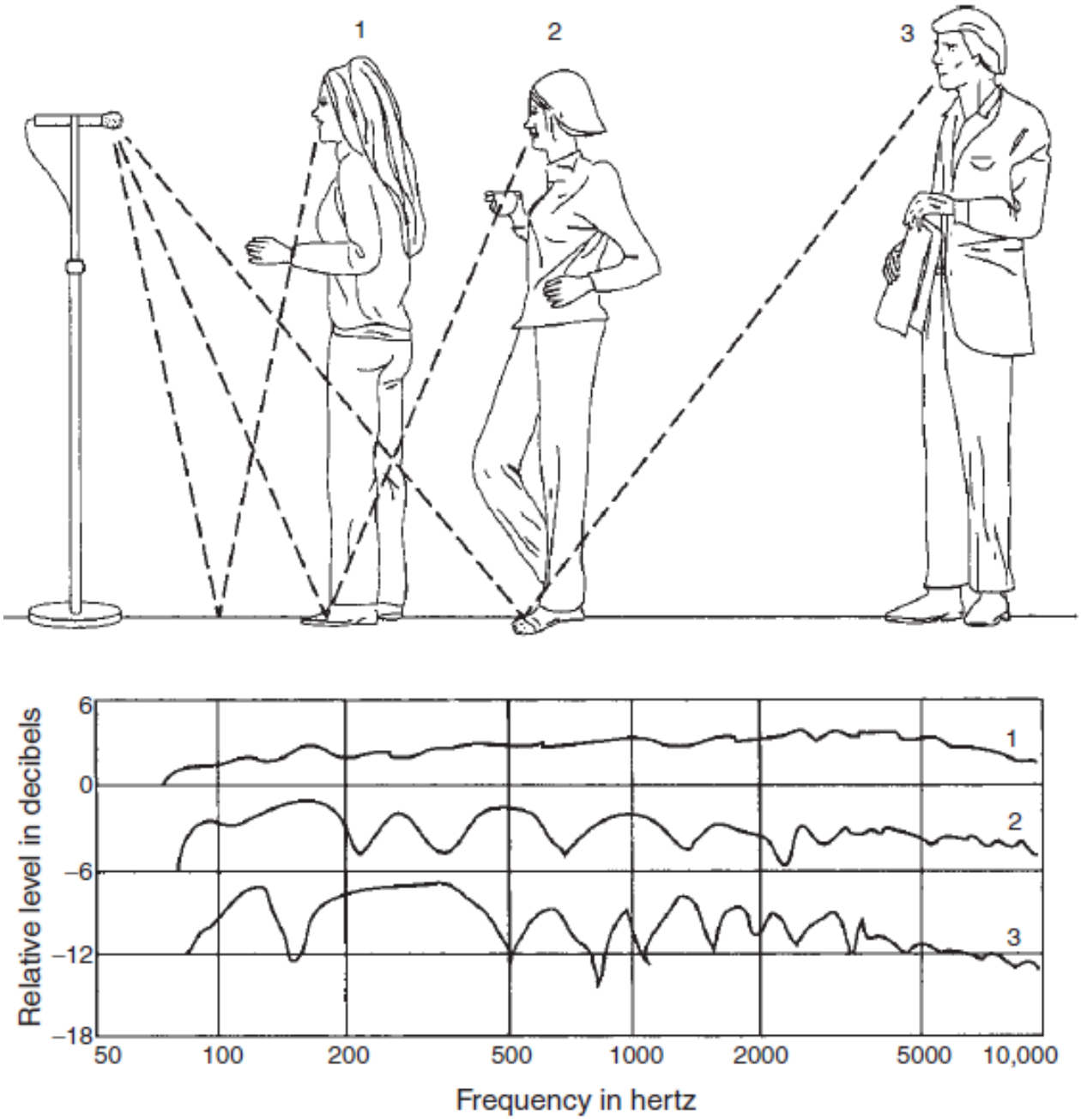
Αποφεύγεται η χρήση distant τεχνικής ηχογράφησης σε περιπτώσεις που η ακουστική του χώρου που λαμβάνει μέρος η ηχογράφηση είναι κακή.

Σε μια εφαρμογή distant miking όπου το μικρόφωνο τοποθετείτε σε τυχαίο ύψος για τη λήψη ενός μέρους του ήχου του δωματίου, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τροποποίησης της συχνοτικής απόκρισης του μικροφώνου λόγω των διαφορών φάσεων της συμβολής των ανακλάσεων που προκαλούνται από το πάτωμα και τις κοντινές ανακλαστικές επιφάνειες που καταφθάνουν στο μικρόφωνο με καθυστέρηση μικρότερη από 7 – 10 ms, με τον απευθείας ήχο από την πηγή. Οι ανακλάσεις διανύουν μεγαλύτερη απόσταση ώσπου να φθάσουν στο διάφραγμα του μικροφώνου σε σχέση με τον απευθείας ήχο. Για συχνότητες που το μισό μήκος κύματος τους ισούται με αυτή την παραπάνω διαδρομή ή είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής φθάνουν στο διάφραγμα του μικροφώνου με διαφορά φάσης 180° από τον απευθείας ήχο. Το αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι βυθίσματα στη συχνοτική απόκριση του σήματος εξόδου του μικροφώνου και το φαινόμενο ονομάζεται comb filtering.

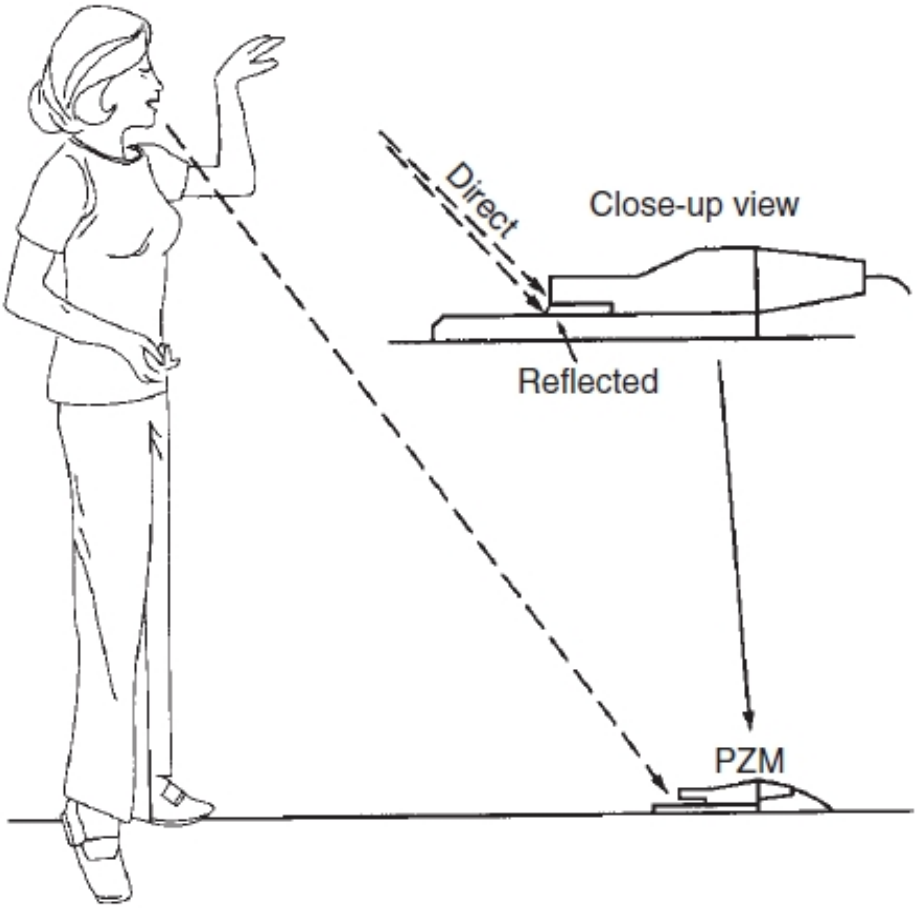
Η αύξηση του ύψους του μικροφώνου, αυξάνει την διαδρομή που πρέπει να διανύσουν τα ανακλώμενα κύματα και μειώνει την πιθανότητα του φαινομένου, ενώ χαμηλώνοντας το ύψος πιο κοντά στο πάτωμα, μειώνουμε τη διαδρομή και αυξάνουμε το εύρος συχνοτήτων που μπορεί να συμβεί καταστρεπτική συμβολή. Θεωρητικά μια διαδρομή από 1.5 - 3 mm φέρει καταστρεπτικές συμβολές σε συχνότητες από 10 kHz και πάνω. Το πιεζοηλεκτρικό μικρόφωνο γνωστό και ως “boundary” είναι το κατάλληλο μικρόφωνο για τοποθέτηση σε δάπεδο, τοίχο και μεγάλες επίπεδες επιφάνειες επειδή είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε το electret – πυκνωτικό του διάφραγμα να δημιουργεί μια διαδρομή έως 3 mm έτσι ώστε να εφαρμόζει την παραπάνω συνθήκη.

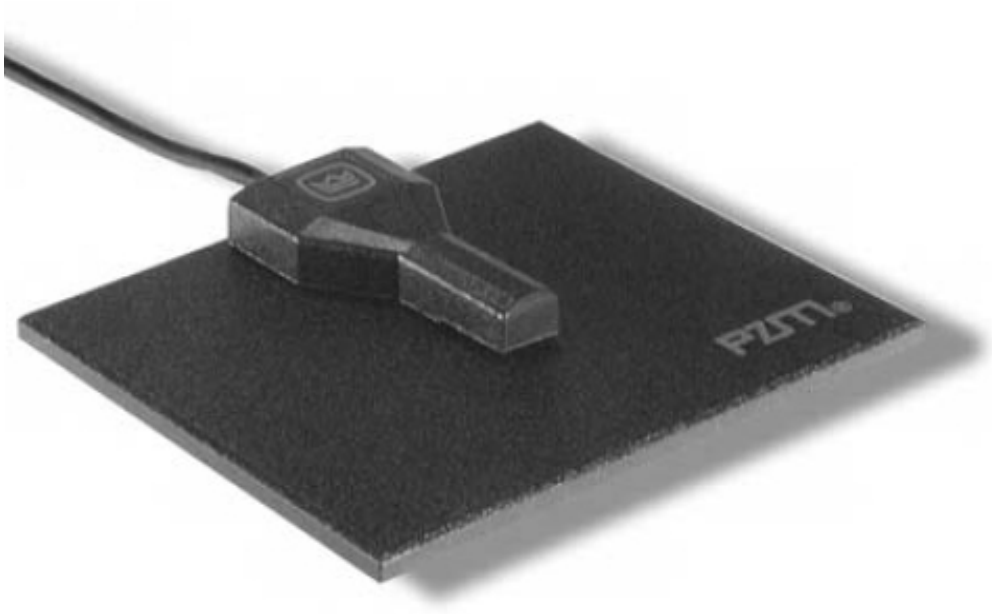
Κάποια μικρόφωνα λόγω κατασκευής τους, χρωματίζουν το σήμα για ηχητικά κύματα που καταφθάνουν εκτός ακτίνας του διαφράγματος. Για αυτό το λόγο σημαδεύουμε με το μικρόφωνο όταν πρόκειται να ηχογραφήσουμε πηγές που εκπέμπουν ήχους με περιεχόμενο υψηλών συχνοτήτων, όπως πχ. πιατίνια. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει επειδή τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων εμφανίζουν προοδευτικά αύξηση κατευθυντικότητας όσο αυξάνεται η συχνότητα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται off axis coloration (χρωματισμός σε εκτός άξονα θέσεις) γιατί οι υψηλές συχνότητες σε μια off axis λήψη

καταγράφονται σε μικρότερη ένταση με αποτέλεσμα τον “χρωματισμό” του ήχου της πηγής. Σε περιπτώσεις που θέλουμε να ηχογραφήσουμε μια μεγάλη πηγή που διαθέτει ευρύ ηχητικό φάσμα είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε μικρόφωνα που έχουν την ίδια απόκριση μεγάλο εύρος γωνίας λήψης. Τα περισσότερα μικρόφωνα μεγάλου διαφράγματος εμφανίζουν περισσότερο off axis coloration από μικρόφωνα μικρότερου διαφράγματος (μικρότερα της 1 ίντσας).



Σχήμα 3.8: *Το φαινόμενο comb filtering*

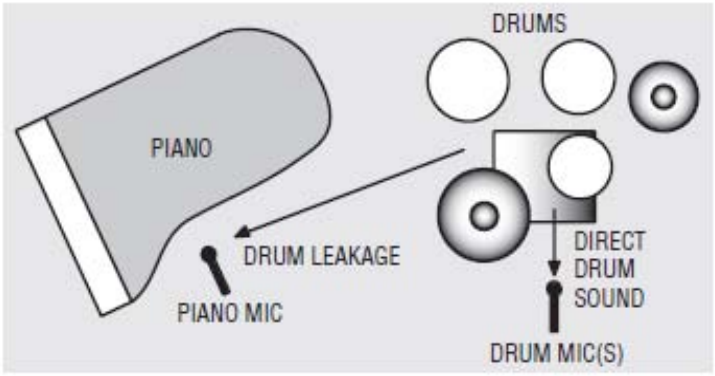




Σχήμα 3.9: *Το πιεζοηλεκτρικό (boundary) μικρόφωνο.*

3.4.3 Διαρροή

Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε τεχνική close miking για την ηχογράφηση ενός σετ τυμπάνων και ενός ακουστικού πιάνου στον ίδιο χώρο. Όταν ακούσουμε τα ηχογραφημένα σήματα των τυμπάνων, θα ακούσουμε έναν καθαρό, γεμάτο και κοντινό ήχο τυμπάνων, αλλά όταν ανοίξουμε να ακούμε και το κανάλι του πιάνου ταυτόχρονα, ο ήχος των τυμπάνων θολώνει και ακούγεται πιο μακρινός. Αυτό είναι ένα συχνό παράδειγμα που συμβαίνει σε περιπτώσεις που το μικρόφωνο μιας πηγής λαμβάνει κάποιο ποσοστό άλλης πηγής που ηχεί στο ίδιο ηχητικό πεδίο και ονομάζεται διαρροή (leakage, bleed, spill). Αυτή η διαρροή μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες στον ήχο λόγω ακυρώσεων της φάσης του ίδιου σήματος που έχουν συλλάβει τα δύο ή περισσότερα μικρόφωνα όταν προστεθούν (μιξαριστούν) μεταξύ τους.



Σχήμα 3.10: *Το φαινόμενο της διαρροής σε μια τυπική εφαρμογή.*

Για την αποφυγή διαρροής συνιστάται:

– Το μικρόφωνο να τοποθετείται κοντά στην ηχητική πηγή.

– Να χρησιμοποιούνται ηχοαπορροφητικά χωρίσματα (gobos) μεταξύ των ηχητικών πηγών που βρίσκονται στο ίδιο ηχητικό πεδίο.

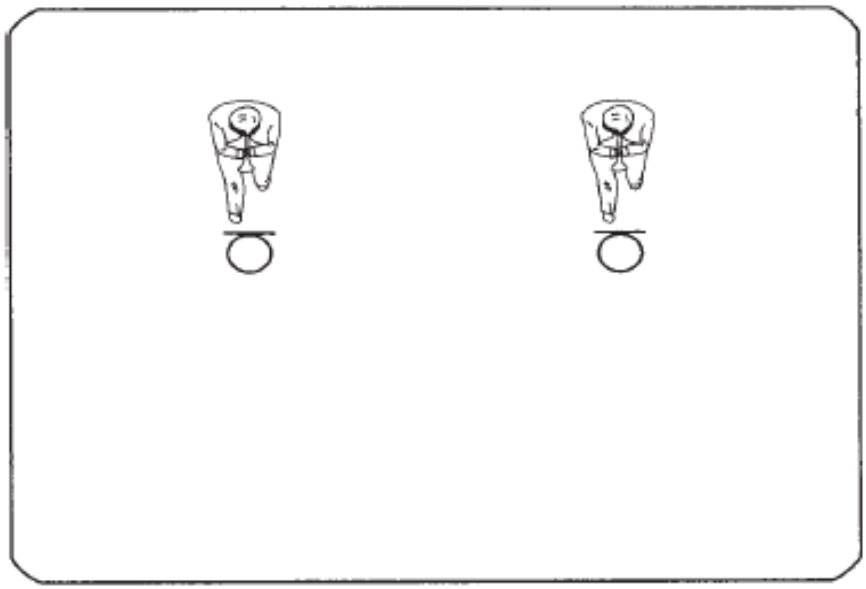
– Να χρησιμοποιούνται κατευθυντικά μικρόφωνα.

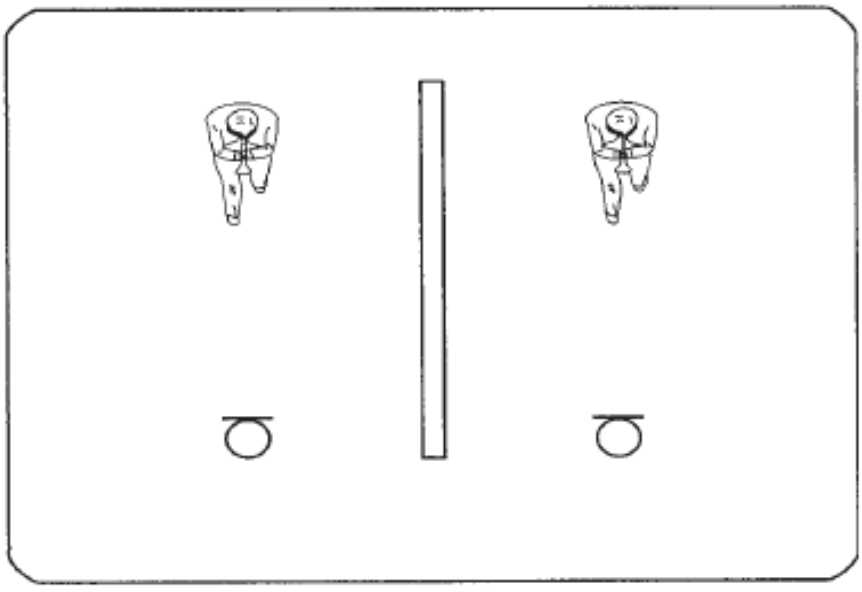
– Να τοποθετούμε τις ηχητικές πηγές διατηρώντας μεταξύ τους όσο το δυνατόν μεγαλύτερες αποστάσεις μπορούμε.

– Να ηχογραφούμε το όργανο απευθείας αν αυτό διαθέτει τέτοιο μηχανισμό π.χ ηλεκτρική κιθάρα μέσω μαγνητών, κατά τη διαδικασία tracking και μετά μπορούμε είτε να την ξαναγράψουμε με overdubbing μέθοδο είτε να τροφοδοτήσουμε το απευθείας σήμα που καταγράψαμε στον ενισχυτή κιθάρας (reamping) και να ηχογραφήσουμε με μικρόφωνο τον ήχο της καμπίνας.

– Να εκμεταλλευτούμε τα μονωμένα δωμάτια αν υπάρχουν διαθέσιμα στο στούντιο που γίνεται η ηχογράφηση. Για παράδειγμα οι ενισχυτές οργάνων π.χ του μπάσου, της κιθάρας και ενός οργάνου hammond, να βρίσκονται σε τρία διαφορετικά ηχομονωμένα δωμάτια όπου αντίστοιχα και τα μικρόφωνα για να συλλάβουν την κάθε πηγή και το σετ των τυμπάνων σε άλλο δωμάτιο με τα αντίστοιχα μικρόφωνα του και να ηχογραφούνται όλα ταυτόχρονα με τεχνική πολυκάναλης ηχογράφησης.

(A)

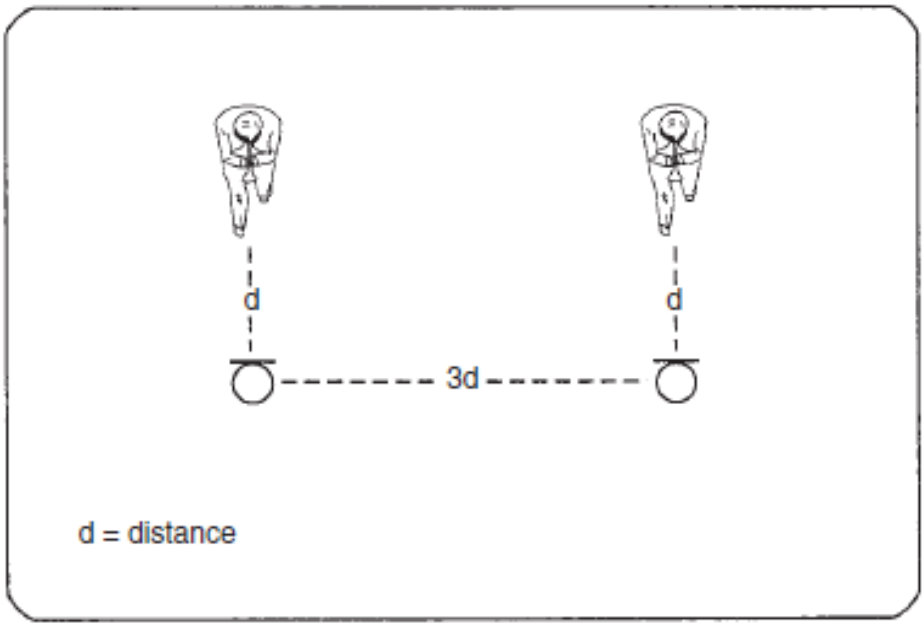




(B)

Σχήμα 3.11: *Δυο μέθοδοι για την αποφυγή διαρροής (Α) Τοποθετώντας το κάθε μικρόφωνο κοντά στην πηγή που λαμβάνει, (Β) Χρησιμοποιώντας ηχοαπορροφητικά χωρίσματα μεταξύ των πηγών.*

Έχει διαμορφωθεί ο εμπειρικός κανόνας 3:1 για την αποφυγή διαρροής όταν παραπάνω από ένα μικρόφωνο λειτουργούν σε ένα ηχητικό πεδίο, που αναφέρει ότι η απόσταση δύο μικροφώνων μεταξύ τους που βρίσκονται στο ίδιο πεδίο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τρεις φορές η απόσταση που έχει το κάθε μικρόφωνο από την πηγή που λαμβάνει.



Σχήμα 3.12: *Ο κανόνας 3:1.*

3.4.4 Τεχνικές ηχογράφησης

3.4.4.1 Τεχνικές stereo ηχογραφήσεων

Η στερεοφωνία είναι η τεχνική που τείνει προς κατάργηση της μονοφωνίας. Αντικαθιστώντας λοιπόν τα δυο αυτιά ενός ακροατή από δυο μονοφωνικά συστήματα ανεξάρτητα μεταξύ τους και βάζοντας στο κανάλι τα μικροφωνικά ρεύματα από δυο ανεξάρτητες αλυσίδες καταφέρνουμε ένα είδος στερεοφωνίας. Στην τακτική αυτής της τεχνικής συναντάμε κάποιες δυσκολίες οι οποίες είναι : η απουσία της όρασης που μειώνει την ευκολία της νοητικής ακρόασης. Η μη πιστότητα των συστημάτων ακρόασης (μηχανημάτων) που μειώνει την ακρίβεια της διακουστικής αντίληψης.

Το άκουσμα σε ακουστικά διαφορετικά στο ένα αυτί από το άλλο μπορεί να εξασφαλίσει μια ικανοποιητική κατανομή των ακουστικών πιέσεων, ενώ τα δυο ηχεία σωστά τοποθετημένα σε ένα χώρο κάνουν την ακουστική του τόπου

ακρόασης να επέμβει, πράγμα που κάνει επίσης πιο αισθητή την προσέγγιση μιας στέρεο ηχογράφησης.

Η στερεοφωνία είναι για να πούμε την αλήθεια μια περίπλοκη και παλιά (από τον Blumlein) διαδικασία και επιτρέπει μια καινούργια ερμηνεία της ηχητικής ύλης δίνοντας την αίσθηση του τρισδιάστατου χώρου όπως και πολλά άλλα που θα αναλύσουμε παρακάτω. Είναι και μια πραγματικότητα αφού κι εμείς από τα δικά μας αυτιά έτσι αντιλαμβανόμαστε τον ήχο γύρω μας, αλλά το αυτί έχει την τάση να συγχωνεύει τους υπό συνήχηση ήχους (Αρχή της Αρμονίας).

Όλα αυτά έχουν ως σκοπό και κοινό σημείο ,την διακουστική ακρόαση.

Οι στερεοφωνικές τεχνικές ηχογράφησης προσπαθούν να μιμηθούν (σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό) τον τρόπο με τον οποίο συλλέγει τις ηχητικές πληροφορίες ο ανθρώπινος μηχανισμός ακοής, και γενικότερα την πρακτική της ταυτόχρονης λήψης δυο αντιτύπων για κάθε σήμα, τα οποία μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους σε ένταση, χρόνο άφιξης, χροιά και φάση.

Κάθε τεχνική λαμβάνει μια ή περισσότερες από τις διάφορες αυτές και

έτσι, αν είναι κατανοητός και αποσαφηνισμένος ο μηχανισμός της στερεοφωνικής λειτουργίας της ακοής μας, η αναφορά στα επιμέρους είδη των στερεοφωνικών τεχνικών δεν αποτελεί παρά μια απαρίθμηση των διατάξεων που έχουν εξαχθεί μέσα από τις γνώσεις, την πείρα και τον πολυετή πειραματισμό μιας μεγάλης σειράς ανθρώπων του ήχου. Εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, τα μικρόφωνα πρέπει απαραιτήτως να είναι ίδια και πυκνωτικά (γιατί τοποθετούνται σε απόσταση) ή δυναμικά ταινίας (ribbon)-όχι μόνο ίδιου τύπου, αλλά ίδιο μοντέλο και με όσο πιο ταιριαστά χαρακτηριστικά γίνεται.

Μάλιστα, όλες οι μεγάλες εταιρίες βγάζουν τα καλά τους μοντέλα ή αυτά που

θεωρούν ιδανικά για τέτοιου είδους υλοποιήσεις σε ζευγάρια που έχουν ταυτόσημες μετρήσεις στο εργαστήριο (matched pairs). Σε κάθε άλλη περίπτωση, αντί να λαμβάνουμε διαφορές των ήχων, θα λαμβάνουμε διαφορές μεταξύ των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των μικροφώνων. Γιατί μην ξεχνάμε ότι οι διαφορές για τις οποίες συζητάμε είναι απειροελάχιστες. Οι στερεοφωνικές τεχνικές χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα μεταξύ των μικρόφωνων και με τα είδη των διαφορών που λαμβάνουν:τις Coincident (συμπτωτικές), Near-Coincident Stereo (στερεοφωνία σχετιζόμενη με το κεφάλι) και Spaced (απομακρυσμένες).

3.4.4.1.1 Coincident (Συμπτωτικές)

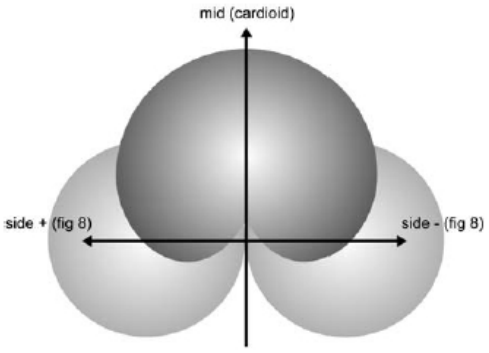
Ως συμπτωτικές αναφέρονται όλες οι περιπτώσεις όπου τα διαφράγματα των δυο μικρόφωνων βρίσκονται στην ίδια θέση ή όσο πιο κοντά είναι πρακτικά δυνατόν. Γι’αυτό συνηθίζεται να βάζουμε την κάψα του ενός μικρόφωνου πάνω από την άλλη, έτσι ώστε τα κέντρα τους να είναι στο ίδιο <<ύψος>> του οριζόντιου επιπέδου. Το αποτέλεσμα είναι να μην εμφανίζονται διαφορές στους χρόνους άφιξης, στις χροιές και στις φάσεις των δυο σημάτων, παρά μόνο διαφορές έντασης, οι οποίες προκύπτουν αποκλειστικά και μόνο από τις κατευθυντικές πολικές αποκρίσεις των μικροφώνων. Γι'αυτό και η κατηγορία αυτή αναφέρεται και ως intensity stereo (στερεοφωνία έντασης).Υλοποιείται μέσω κατευθυντικων μικρόφωνων τα οποία τοποθετούνται υπό γωνία (εκτός από το κεντρικό της M/S) σε σχέση με την ηχητική πηγή και συμμετρικά ως προς τον άξονα που ενώνει τα μικρόφωνα με την πηγή. Έτσι, λόγω του ότι τα κατευθυντικά μικρόφωνα έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία στον άξονα τους και μικρότερη στα πλάγια, το μικρόφωνο που είναι στραμμένο προς τα αριστερά θα λαμβάνει πιο δυνατά το αριστερό τμήμα της ορχήστρας και πιο σιγά το δεξί, και το αντίθετο. Επειδή τα σήματα είναι απόλυτα συμφασικά, έχουμε τη δημιουργία του πιο σταθερού και συμπαγούς ειδώλου σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές, καθώς και πλήρη συμβατότητα με τη μονοφωνική αναπαραγωγή. Από την άλλη, όμως, στην πλειονότητα τους εμφανίζουν τη λιγότερο εντυπωσιακή εικόνα από άποψη πλάτους της ορχήστρας, ενώ λόγω της κλίσης τους(με εξαίρεση την M/S) τα μικρόφωνα δεν κοιτούν την ηχητική και είναι καλό να προτιμούνται μοντέλα που εμφανίζουν καλή συμπεριφορά εκτός άξονα.

Τρεις είναι οι επιμέρους συμπτωτικές τεχνικές:

- ***M/S (Mid-Side)***

Η M/S (Mid-Side) είναι χωρίς αμφιβολία μια από τις καλύτερες τεχνικές. Συνδυάζει την ευκολία τοποθέτησης και τη μεγάλη ευελιξία με τη μονοφωνική συμβατότητα και την κάλυψη όλων των παραμέτρων του κυρίως ήχου, αλλά και των πληροφοριών του χώρου. Είναι όμως και μια από τις ιδιαίτερες περιπτώσεις των συμβατικών τεχνικών, αφού απαιτεί δυο διαφορετικά μικρόφωνα. Το ένα (Mid) κοιτάει ακριβώς στο κέντρο της ηχητικής πηγής και μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου πολικής απόκρισης(κατευθυντικότητας) αν και συνήθως είναι καρδιοειδούς. Το δεύτερο (Side)είναι δικατευθυντικό (figure-8) με τους δυο του λοβούς να εστιάζουν στα πλάγια, στις θέσεις +90° και –90° σε σχέση με τον άξονα, ο οποίος βρίσκεται στο σημείο μηδενικής λήψης του μικρόφωνου. Έτσι το

Mid αναλαμβάνει να λάβει τα κύρια χαρακτηριστικά του ήχου μας, ενώ το Side αυτά του χώρου και γενικότερα τις πληροφορίες όγκου, πλάτους και διεύθυνσης. Αυτό είναι και το θετικό της M/S, διότι, μολονότι είναι στερεοφωνική, λειτουργεί πρακτικά ως τεχνική πολλαπλών μικροφώνων. Αυξομειώνοντας τη σχέση έντασης των δυο σημάτων, κάτι που μπορεί να γίνει ακόμη και στο στάδιο της μίξης, μεταβάλλουμε τη σχέση απευθείας και ανακλώμενου ήχου. Παράλληλα αλλάζοντας πολική απόκριση στο μικρόφωνο Mid οδηγούμαστε σε μια σειρά από διάφορες τελικές αποκρίσεις. Παρέχει την πιο σταθερή και σίγουρη πληροφόρηση του ήχου (μέσω Mid) ενώ εμφανίζει μεγάλο ποσοστό των στοιχείων του χώρου και διευρυμένη εικόνα σε σχέση με την X/Y, διατηρώντας όμως παράλληλα και την συμβατότητα με την μονοφωνία. Αυτό χρειάζεται όμως κάποια διευκρίνηση, αφού για να ακουστεί το αποτέλεσμα της MS απαιτείται αποκωδικοποίηση του σήματος Side ώστε να εξαχθούν οι δυο λοβοί του figure of 8 (οκταριού), δημιουργούμε ένα αντίγραφο του και το εισάγουμε σε ένα τρίτο κανάλι κονσόλας αντιστρέφοντας όμως τη φάση του κατά 180°. Έτσι έχουμε την εμφάνιση των δυο λοβών του οκταριού που βρίσκονται όμως ανεξάρτητα το καθένα στο δικό του κανάλι, μέσω των Pan Pot τα στέλνουμε σε διαφορετικά ηχεία. Και ρυθμίζουμε τις στάθμες τους ώστε να είναι ακριβώς ίσες. Για να το ελέγξουμε αυτό γυρίζουμε το σύστημα ακρόασης σε μονοφωνική λειτουργία και μεταβάλλουμε το κέρδος του προενισχυτή του καναλιού που έχει το αντιγραμμένο σήμα μέχρι να πετύχουμε τη μέγιστη ακύρωση. Όπως γίνεται αντιληπτό αν ακούσουμε μονοφωνικά το σήμα Side εξαφανίζεται και παραμένει μόνο το Mid. Ένα θετικό είναι ότι το σήμα του δικατευθυντικού μικροφώνου μπορούμε να το γράψουμε σε ένα κανάλι και να κάνουμε την αποκωδικοποίηση στη μίξη.

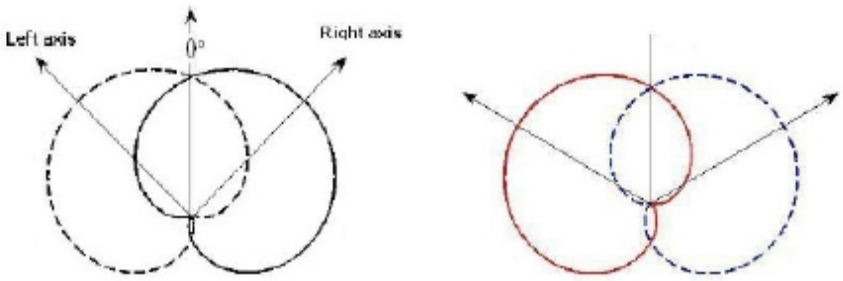


Σχήμα 3.13: *Η τεχνική M-S*

- ***X/Y***

Η πιο γνωστή, απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική. Τα μικρόφωνα είναι κατά κανόνα καρδιοειδή και η μεταξύ τους γωνία κυμαίνεται από 60° έως 135°, με πιο συνηθισμένη αυτή των 90°. Η λήψη των πληροφοριών του χώρου είναι μηδαμινή, με συνέπεια να προκύπτει μεγάλη καθαρότητα και σαφήνεια στο ηχητικό αποτέλεσμα. Έτσι η απόσταση από την πηγή μπορεί να αυξηθεί διατηρώντας μια καλή σχέση μεταξύ απευθείας και ανακλώμενου ήχου.

Η γωνία, καθώς και η απόσταση από την πηγή είναι τα στοιχεία που καθορίζουν το άνοιγμα (πλάτος) της στερεοφωνικής εικόνας. Προσοχή επίσης απαιτείται και στο γεγονός ότι τα κατευθυντικά και κυρίως τα μικρόφωνα πίεσης παρουσιάζουν το φαινόμενο εγγύτητας (proximity), με συνέπεια να μειώνεται και η απόκριση τους στις χαμηλές συχνότητες όσο απομακρύνονται από την πηγή. Η X/Y όμως έχει περιορισμένες δυνατότητες και σπανίως χρησιμοποιείται μόνη της για απαιτητικές λήψεις, όπως οι ορχήστρες.



(A) (B)

Σχήμα 3.14: *Τεχνικές X-Y : (A) Cardioids, θ = 90°, (B) Cardioids, θ = 120°*



Σχήμα 3.15: *Τεχνική X-Y σε ηχογράφηση ακουστικής κιθάρας*.

3.4.4.1.2 Near coincident (Σχεδόν Συμπτωτικές)

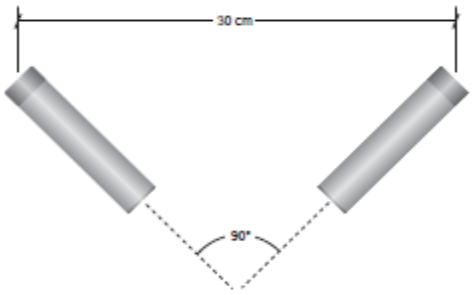
- ***ORTF***

Σε αυτή την τεχνική η κυρίαρχη λογική είναι να απομακρύνουμε τα διαφράγματα των μικροφώνων μεταξύ τους και να απέχουν περίπου όσο και τα δυο μας αυτιά. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται "σχεδόν συμπτωτικές" ή NEAR COINCIDENT και με αυτές εισάγουμε και τις διαφορές χρόνου αλλά και φάσεις. Η επικρατέστερη από αυτές είναι ORTF και σε αυτή την τεχνική η λήψη αποκτά μεγαλύτερη φυσικότητα, λαμπρότητα αλλά και μικρότερη συμβατότητα με την μονοφωνία. Παρόλα αυτά η στερεοφωνική εικόνα είναι πιο ανοιχτή και εντυπωσιακή με αποτέλεσμα να είναι πιο κατάλληλη για την λήψη συνόρων μεγάλου πλάτους όπως μια συμφωνική ορχήστρα. Οι παραλλαγές που μπορούμε να επιτύχουμε συνδυάζοντας διαφορετικές αποστάσεις, γωνίες και κατευθυντικότητες μικροφώνων είναι άπειρες ανάλογα πάντα με τι θέλουμε να επιτύχουμε. Η ORTF (Office De Radiodiffusion Television Francaise) είναι μια υλοποίηση του γαλλικού ραδιοφώνου και χρησιμοποιεί δυο καρδιοειδή μικρόφωνα σε απόσταση 17cm και άνοιγμα 110° μεταξύ τους. Οι τιμές αυτές είναι όμοιες με αυτές των αυτιών του ανθρώπου και δεν δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα φάσης στις χαμηλές συχνότητες. Τα φίλτρα χτένας (comb filters) που αναπτύσσονται στις υψηλές συχνότητες (από 1KHZ και πάνω) παραμένουν σε ανοιχτό επίπεδο και οδηγούν σε μια ευχάριστη αίσθηση ανοίγματος της στερεοφωνικής εικόνας που καθιστά την ORTF πολύ δημοφιλή.

- ***NOS***

Αντίστοιχη τοποθέτηση χρησιμοποιούσαν και οι μηχανικοί ήχου του ολλανδικού ραδιοφώνου. Η NOS (Nederlandsche Omroep Stitching) αποτελεί από δυο καρδιοειδή μικρόφωνα με μικρότερη γωνία 90μοιρων, αλλά μεγαλύτερη μεταξύ τους απόσταση (30 εκατοστά). Εδώ οι ακυρώσεις λόγω διαφορών φάσης ξεκινούν από τα 250Hz και είναι πιο έντονες, με συνέπεια να προκύπτουν μεγαλύτερα και πιο ουσιαστικά προβλήματα κατά τη μετάβαση στη μονοφωνία.

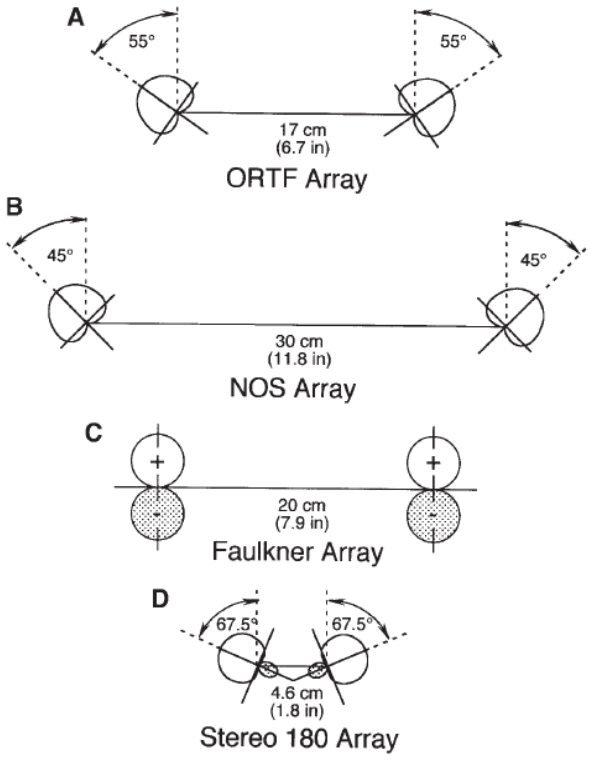
Παραλλαγή της NOS είναι και η μέθοδος DIN, στην οποία η απόσταση έχει μειωθεί στα 20 εκατοστά.



Σχήμα 3.16: Τεχνική NOS

- ***Faulkner***

Ο Βρετανός μηχανικός ήχου Tony Faulkner, διάσημος για τις πρότυπες ηχογραφήσεις κλασικής μουσικής, έχει αναπτύξει μια διάταξη που έχει πολλά κοινά με την Blumlein. Χρησιμοποιεί δυο δικατευθυντικά μικρόφωνα (figure-8), αλλά αυτή τη φορά απομακρυσμένα κατά 20 εκατοστά και χωρίς κλίση. Είναι παράλληλα δηλαδή και κοιτούν την ηχητική πηγή ή το μουσικό σύνολο. Διατηρεί έτσι ένα μεγάλο μέρος της λογικής και της πρακτικής της Blumlein, αλλά προσθέτει διαφορές χρόνου και φάσης. Με αποτέλεσμα το τελικό ηχητικό είδωλο αποκτά περισσότερο όγκο, ενώ ισχύει και εδώ το πλεονέκτημα του ότι μπορούμε να ρυθμίσουμε το βαθμό της παρουσίας των περιφερειακών πληροφοριών κατά το στάδιο της μείξης.



Σχήμα 3.17: *Παρουσίαση τριών near coincident τεχνικών (A) ORTF (B) NOS (C) Faulkner*

- ***A - B***

Αν στην προηγούμενη περίπτωση αντικαταστήσουμε τα δυο figure-8 με δυο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα (omni), έχουμε την κύρια διάταξη της ιδιαίτερα γνωστής τεχνικής A-B (Spaced Omnis), την οποία και συναντάμε σε πολλές παραλλαγές - ανάλογα με την απόσταση και την κατευθυντικότητα των μικροφώνων. Έτσι, πολλές φορές παρατηρείται το λάθος να χρησιμοποιούμε τον όρο A-B πιο γενικά και υπονοώντας κάθε ζευγάρι απομακρυσμένων μικροφώνων που δεν ακολουθεί κάποια από τις προηγούμενες συγκεκριμένες και απόλυτες διατάξεις-ακόμη και αν αυτό αποτελείται από μικρόφωνα κατευθυντικά ή με κλίση. Να τονίσουμε πάντως ξανά ότι η χρήση δικατευθυντικών (figure-8) και παντοκατευθυντικών (omni) μικροφώνων οδηγεί σε αυξημένη λήψη των περιφερειακών πληροφοριών και κατά συνέπεια των επιμέρους ανακλάσεων και της αντήχησης του χώρου. Το γεγονός αυτό το καθιστά απαγορευτικά σε περιπτώσεις όπου έχουμε μικρούς χώρους ή αίθουσες με κακή ακουστική.

3.4.4.1.3 Head-Related Stereo (Στερεοφωνία σχετιζόμενη με το κεφάλι)

Πρόκειται για υποκατηγορία ή προέκταση των “σχεδόν συμπτωματικών” τεχνικών, καθώς πάμε ένα βήμα πιο πέρα την πρακτική της προσομοίωσης του ανθρώπινου μηχανισμού ακοής. Ο σκοπός μας είναι να διατηρήσουμε τις διαφορές τις έντασης, χρόνου και φάσης που πετυχαίνουμε με τις “σχεδόν συμπτωματικές τεχνικές” αλλά να προσθέσουμε σε αυτές τόσο τις διαφορές χροιάς που προκαλούνται από τον όγκο του κεφαλιού όσο και τις αλλοιώσεις τύπου HRTF που δημιουργούνται από τα πτερύγια των αφτιών μας. Οι τεχνικές αυτού του τύπου υλοποιούνται είτε με τον συνδυασμό συμβατικών μικροφώνων και απλών βοηθητικών διατάξεων είτε με ειδικές και σε ένα βαθμό περίεργες και ιδιαίτερες κατασκευές με δυο ενσωματωμένα μικρόφωνα, οι οποίες φτάνουν την έννοια της προσομοίωσης στα άκρα.

- ***<u>OSS: (Jecklin Disk)</u>***

Ο πιο απλός τρόπος για να αρχίσουμε να λαμβάνουμε διαφορές χροιάς είναι να τοποθετήσουμε ένα διαχωριστικό ανάμεσα στα δυο μικρόφωνα των τεχνικών ORTF ή A-B. Έτσι, έχουμε την επιπλέον δυνατότητα να αναπαραστήσουμε και την ακουστική σκιά που δημιουργείται λόγω της ύπαρξης του κεφαλιού και μάλιστα χωρίς να χρειάζεται να καταφύγουμε σε πολύπλοκες κατασκευές ή να χάσουμε τη συμβατότητα με τα στερεοφωνικά συστήματα αναπαραγωγής μέσω ηχείων. Την τεχνική αυτή εισήγαγε επίσημα και με συγκεκριμένη κατασκευή ο Jurg Jecklin

του Ελβετικού Οργανισμού Ραδιοφώνου, ο οποίος την ονόμασε OSS (Optimal Stereo signal-Βέλτιστο στερεοφωνικό σήμα). Η κατασκευή του βαφτίστηκε Jecklin Disk (δίσκος Jecklin) και πρόκειται για ένα στρογγυλό δίσκο διαμέτρου 28-30 εκατοστών και πάχους 8 χιλιοστών, ο οποίος είναι επικαλυμμένος και στις δυο πλευρές του με απορροφητικό υλικό πάχους χιλιοστών. Χρησιμοποιεί δυο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα, τα οποία τοποθετούνται σε δυο στηρίγματα που είναι μόνιμα προσαρμοσμένα στις άκρες του δίσκου και με τέτοιο τρόπο ώστε οι κάψες τους να βρίσκονται στον άξονα που περνά από το κέντρο του δίσκου και να απέχουν μεταξύ τους 16,5 εκατοστά. Οι δυο κάψες κοιτούν μπροστά και ο δίσκος μπαίνει συνήθως σε τέτοια απόσταση από την ηχητική πηγή ώστε η ένταση του απευθείας ήχου να είναι περίπου ίση με εκείνη της αντήχησης. Από τα 200Hz και κάτω δεν προκύπτουν διαφορές στις χροιές που λαμβάνουν τα δυο μικρόφωνα. Από εκεί και πάνω όμως, οι αποκρίσεις που λαμβάνουν τα μικρόφωνα αρχίζουν να διαφέρουν ολοένα και περισσότερο και ανάλογα με την γωνία πρόσπτωσης του ήχου. Την τεχνική OSS μπορούμε να την υλοποιήσουμε και με δίσκο δική μας κατασκευής, αν και η γερμανική εταιρεία μικροφώνων MBHO (www.mbho.de) διαθέτει στην αγορά τρεις παραλλαγές του:τον Jecklin disk που είναι ένα ακριβές αντίγραφο της πρωτότυπης κατασκευής του Jecklin, τον Schneider disk που φέρει μια σφαιρική ενίσχυση με απορροφητικό υλικό στο κέντρο της για επιπλέον διαχωρισμό στις υψηλές συχνότητες, και το μοντέλο MBNM 622, μια PZM έκδοση της OSS με ενσωματωμένα μικρόφωνα τύπου electret.



Σχήμα 3.18: *Η τεχνική Jecklin Disk*

- ***SASS***

Μια αντίστοιχη λογική ακολουθεί και η Crown, η εταιρεία που ανέπτυξε την τεχνολογία PZM (Pressure Zone Microphone)- με το σύστημα SASS (Stereo Ambient Sampling System), μια κατασκευή που θυμίζει αμόνι και χρησιμοποιεί δυο μικρόφωνα PZM απομακρυσμένα κατά 17 εκατοστά. Δημιουργήθηκε από τον Michael Billingsley, είναι συμβατή με την μονοφωνία και προσφέρει ένα πολύ φυσικό και ευρύ στερεοφωνικό πεδίο χωρίς κενά στο κέντρο της εικόνας.



Σχήμα 3.19: *Η τεχνική SASS*

- ***SPERES STEREO***

Το 1990 έκανε την εμφάνιση της μια από τις πιο ιδιαίτερες και αποτελεσματικές στερεοφωνικές υλοποιήσεις, η οποία αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στις προαναφερθείσες OSS και SASS και στην Binaural που θα εξετάσουμε στη συνεχεία. Ο λόγος για το μικρόφωνο KFM 6 ή αλλιώς τη <<σφαίρα>> (Sphere) της Schoeps (www.schoeps.de), μια εφεύρεση του Dr. Gunter Theile που δημιουργήθηκε για να λύσει τα προβλήματα συμβατότητας κατά την ακρόαση μέσω ηχείων που εμφανίζουν οι τεχνικές Binaural και αμέσως δημιούργησε σχολή. Είναι ενδεικτικό ότι η πρώτη εταιρεία που έσπευσε να υποστηρίξει την πρόταση του Theile ήταν η Neumann. (www.neumann.com), η δημιουργός του απόλυτου μικρόφωνου Binaural (του Dummy Head KU 100), η οποία έβγαλε το 1992 το σφαιρικό KFM 100. Τα δυο μικρόφωνα σφαίρας στηρίζονται στη διαμετρική τοποθέτηση δυο παντοκατευθυντικών μικροφώνων στα άκρα μιας συμπαγούς σφαίρας διαμέτρου 20 εκατοστών και δημιουργούν ένα πολύ ισχυρό και φυσικό είδωλο, το οποίο διατηρεί όλα τα στερεοφωνικά του χαρακτηριστικά κατά την ακρόαση τόσο μέσω ακουστικών όσο και μέσω ηχείων. Οι <<σφαίρες>> επανέρχονται στο προσκήνιο στην εποχή των τεχνικών surround

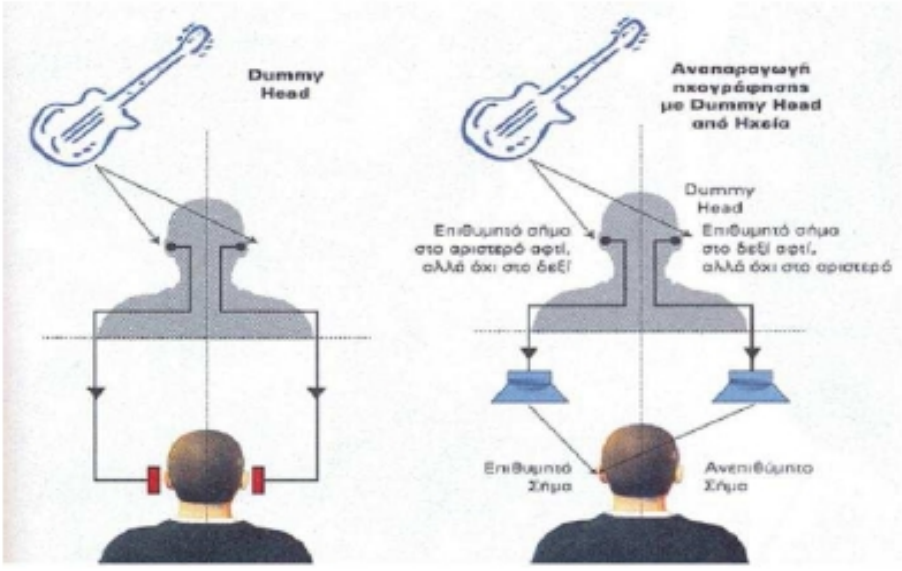
και απόδειξη είναι το BS-3D, μια καινούργια υλοποίηση της αμερικανικής THE (www.theaudio.com), η οποία είναι κατασκευασμένη από ξύλο και έχει μικρότερη διάμετρο (16 εκατοστά) με σκοπό την αύξηση της γωνίας στερεοφωνικής ηχογράφησης.

- ***BINAURAL***

Η αμφιωτική (binaular) είναι η πιο ακραία, αλλά και η πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση στερεοφωνικής τεχνικής. Είναι κατά βάση ένα ολοκληρωμένο σύστημα λήψης και αναπαραγωγής, με την έννοια ότι για να αποκαλύψει τις πλήρεις δυνατότητες της απαιτεί ειδικές κατασκευές μικροφώνων και συγκεκριμένο τρόπο ακρόασης. Η λήψη γίνεται μέσω μιας κατασκευής που προσπαθεί να έρθει όσο πιο κοντά γίνεται στον ανθρώπινο μηχανισμό λήψης των ήχων. Έτσι, λαμβάνει υπόψη της όχι μόνο τις θέσεις των αφτιών και την επίδραση του κεφαλιού, αλλά ακόμη και τον καταλυτικό ρόλο που παίζουν τα πτερύγια, ενώ δεν λείπουν και οι υλοποιήσεις που περιλαμβάνουν μέχρι και τους ώμους ή το θώρακα του ανθρώπου. Φτάνει στο σημείο μάλιστα να έχει και την εμφάνιση του κεφαλιού και για αυτό ονομάζεται και <<Dummy Head>>(ψεύτικο κεφάλι). Αποτελεί, κατά γενική ομολογία την καλύτερη, πιο πίστη και φυσικότερη μέθοδο λήψης των ήχων, αλλά αναπαράγεται σωστά μόνο μέσω ακουστικών. Μέσω ηχείων έχουμε ακυρώσεις, αφού πλέον το σήμα που εξάγεται από το αριστερό ηχείο και πρέπει να οδηγηθεί μόνο στο αριστερό αφτί κατευθύνεται και στο δεξί. Επιπλέον, τα πτερύγια του Dummy Head έχουν λάβει τα σωστά δεδομένα HRTF που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην αποσαφήνιση της διεύθυνσης των ήχων. Ο ήχος που φτάνει σε εμάς μέσω των ηχείων είναι αναγκασμένος να περάσει και από τα δικά μας πτερύγια. Έτσι, θα υποστεί νέες αλλοιώσεις HRTF, οι οποίες αντιστοιχούν στις θέσεις των ηχείων και είναι διαφορετικές και αλληλοσυγκρουόμενες από εκείνες των αυθεντικών ήχων. Dummy Head κατασκευάζουν αρκετές εταιρείες, με πιο γνωστές τις Bruel Kjaer (www.dpa.com) και HEAD acoustics (www.head-acoustics.de), οι οποίες ειδικεύονται στους χώρους των ακουστικών μετρήσεων και των ψυχοακουστικών ερευνών. Ωστόσο, το πιο γνωστό, διάσημο και ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο είναι το KU 100 της Neumann,που είναι και το μόνο που σχεδιάστηκε και βελτιστοποιήθηκε για μουσικές εφαρμογές.



Σχήμα 3.20: *Dummy Head KU 100 Neumann*



Σχήμα 3.21: *Τεχνική Binaural όπου ο ακροατής αποτελεί προέκταση του D**ummy Head.***

3.4.4.1.4 Spaced (Απομακρυσμένες)

Οι “σχεδόν συμπτωματικές” και ακόμη περισσότερο οι συμπτωτικές τεχνικές αποδεικνύονται ολοένα και πιο αναποτελεσματικές όσο αυξάνει το πλάτος της ορχήστρας , με αποτέλεσμα να αδυνατούν να ανταποκριθούν στην κάλυψη του πλήρους εύρους της στερεοφωνικής τους εικόνας. Σ αυτές τις περιπτώσεις αναγκαζόμαστε να μεγαλώσουμε ακόμα πιο πολύ την απόσταση μεταξύ των μικρόφωνων δημιουργώντας έτσι τις πιο απομακρυσμένες τεχνικές (Spaced) οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στις ηχογραφήσεις κλασσικής μουσικής.

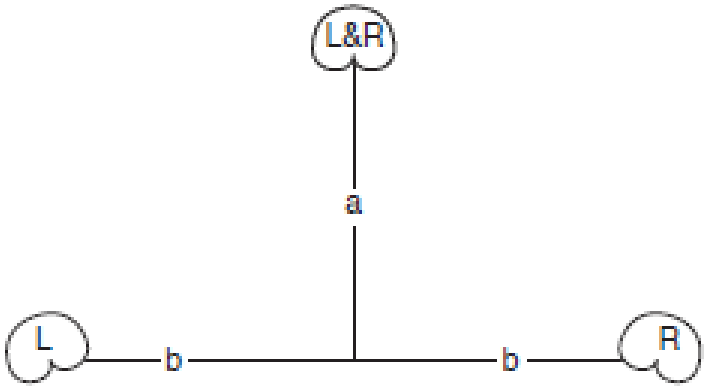
- ***SPACED A - B***

Παραλλαγή της τεχνικής A-B όπου τα δυο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα απέχουν περισσότερο από 20 εκατοστά. Εδώ αρχίζει να γίνεται όλο και πιο αισθητό το φαινόμενο “hole in the middle” (οπής στο κέντρο) της αποκόλλησης δηλαδή του ειδώλου και της εμφάνισης δυο αντιγράφων του στα δυο άκρα δεξιά και αριστερά. Ακόμη πιο έντονες είναι και οι διαφορές φάσης μεταξύ των μικροφώνων. Για την πιο σωστή και απροβλημάτιστη χρήση της A-B ακολουθούνται δυο βασικοί κανόνες. Πρώτον , αν η απόσταση μεταξύ των μικροφώνων είναι αντίστοιχη με αυτή των ηχείων του μέσου οικιακού συστήματος , τότε τα προβλήματα διατηρούνται σε ένα επίπεδο όχι ενοχλητικό. Σε κάθε άλλη περίπτωση απαιτείται συμπλήρωση και από ένα τρίτο μικρόφωνο στο μέσο της απόστασης . Δεύτερον όταν χρησιμοποιούμε δυο ή περισσότερα μικρόφωνα για την λήψη ενός ήχου η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή μεταξύ της ηχητικής πηγής και των μικροφώνων (κανόνας 3:1).

- ***Decca Tree***

Η απόλυτη τεχνική ηχογράφησης μεγάλων μουσικών συνόλων και γενικότερα κλασικής μουσικής και μουσικής για κινηματογράφο. Το “δέντρο της Decca” είναι υλοποίηση των μηχανικών ήχου της αγγλικής δισκογραφικής εταιρείας Decca Recording Company και άρχισε την ιστορική του πορεία στα μέσα της δεκαετίας του 50'. Χρησιμοποιεί τρία παντοκατευθυντικά μικρόφωνα, τοποθετημένα στα άκρα μιας διάταξης σχήματος <<T>> και μπορεί να παρομοιαστεί με μια ανοιχτή M/S. Η απόσταση ανάμεσα στο δεξί και το αριστερό μικρόφωνο είναι δυο μέτρα και το κεντρικό μπαίνει γύρω στο ενάμισι μέτρο πιο μπροστά. Τα πλαϊνά μικρόφωνα παλιότερα κοιτούσαν 100% προς τα πλάγια, αλλά τα τελευταία χρόνια συνηθίζεται να στρέφονται ελαφρά προς τα μπροστά, ενώ η στάθμη του κεντρικού μειώνεται κατά 4 έως 5dB και μοιράζεται εξίσου

στα δυο κανάλια της στερεοφωνικής μείξης. Για παρά πολλά χρόνια, σε όλα τα στούντιο του κόσμου χρησιμοποιούσαν σχεδόν αποκλειστικά τρία Neumann M50, αλλά πλέον υλοποιείται με οποιαδήποτε καλά πυκνωτικά μικρόφωνα omni. Συνήθως μπαίνει πάνω από το μαέστρο και ίσως και λίγο πιο πίσω του, σε ύψος δυόμισι περίπου μέτρων. Μετά τα χρόνια, η μεγάλη επιτυχία της τεχνικής αυτής έχει οδηγήσει στη δημιουργία ειδικών στηριγμάτων για την άμεση προσαρμογή των μικροφώνων στις σωστές θέσεις, καθώς και στην ανάπτυξη δεκάδων παραλλαγών της. Η Decca Tree θεωρείται η πλέον ιδανική για την λήψη των ακουστικών χαρακτηριστικών της αίθουσας ηχογράφησης και της γενικής στερεοφωνικής εικόνας της ορχήστρας, στοιχεία που αποδεικνύονται εξίσου αποτελεσματικά και στην εποχή του surround, όπου πολύ συχνά χρησιμοποιείται για την λήψη του μπροστινού πεδίου. Συχνά όμως κριτικάρεται για την έλλειψη ευκρίνειας του κεντρικού ειδώλου και για τη μη σαφή αναπαραγωγή της θέσης των επιμέρους οργάνων της ορχήστρας. Γι'αυτό ο διάσημος μηχανικός ήχου Ron Streicher έχει αντικαταστήσει το κεντρικό μικρόφωνο με μια τεχνική M/S, ενώ έχει δημιουργήσει και μια πολυκάναλη εκδοχή της, όπου τα δυο πλαϊνά μικρόφωνα στρέφονται ελαφρά προς τα πίσω, ανάμεσα τους τοποθετούνται δυο μικρόφωνα wide cardioid που κοιτούν μπροστά, και στη θέση του κεντρικού μικρόφωνου μπαίνει ένα Ambisonic μικρόφωνο Soundfield. Από αυτή τη διάταξη και ανάλογα με τα ποια ζευγάρια ή τριάδες μικροφώνων επιλέγουμε, μπορούμε να δημιουργήσουμε πέντε διαφορετικές στερεοφωνικές τεχνικές.



Σχήμα 3.22: *Η Τεχνική Decca Tree*

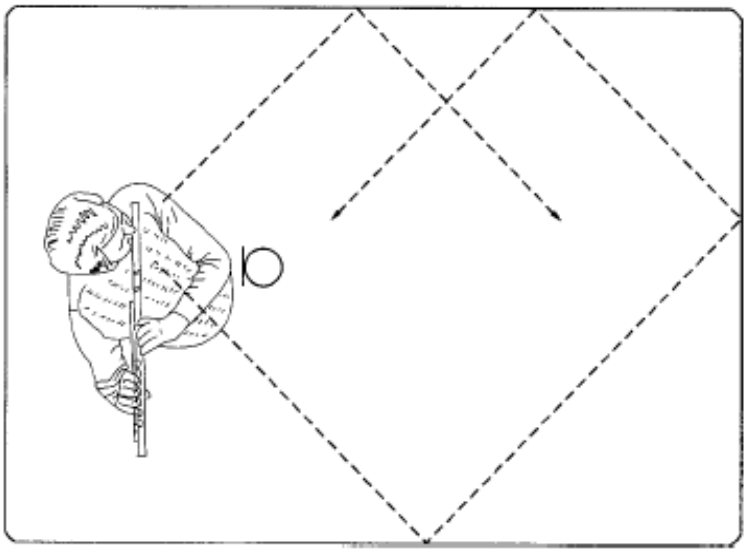
3.4.4.2 Close miking τεχνική ηχογράφησης

Πριν προβούμε σε προτεινόμενες θέσεις τοποθέτησης μικροφώνων για κάθε όργανο, πρέπει να τονίσουμε ότι η τοποθέτηση ενός μικροφώνου στο πολύ εγγύς πεδίο ενός οργάνου μπορεί να χρωματίσει την απόκριση στον ήχο λήψης του οργάνου. Θα πρέπει να γνωρίζουμε πως εκπέμπει στο χώρο η μουσική πηγή ή αλλιώς το πολικό της διάγραμμα. Τα μουσικά όργανα έχουν πολύπλοκα πολικά διαγράμματα και είναι λογικό εφόσον τα περισσότερα από αυτά είναι σύνθετα παλλόμενα συστήματα από ακουστικής άποψης. Στο σχήμα 3.24 βλέπουμε ενδεικτικά το πολικό διάγραμμα για ένα βιολοντσέλο για τις κύριες περιοχές εκπομπής και συμφωνεί σε γενικές γραμμές για το πως εκπέμπουν τα έγχορδα του ίδιου σχήματος (βιολί, βιόλα και κοντραμπάσο) με κάποιες συχνοτικές αλλαγές λόγω των διαστάσεων του κάθε οργάνου. Στα πνευστά είναι πιο απλά τα πράγματα, στις χαμηλές συχνότητες εκπέμπουν με παντοκατευθυντικό χαρακτήρα ο οποίος οδηγείται σταδιακά σε κατευθυντικό όσο ανεβαίνει η συχνότητα.

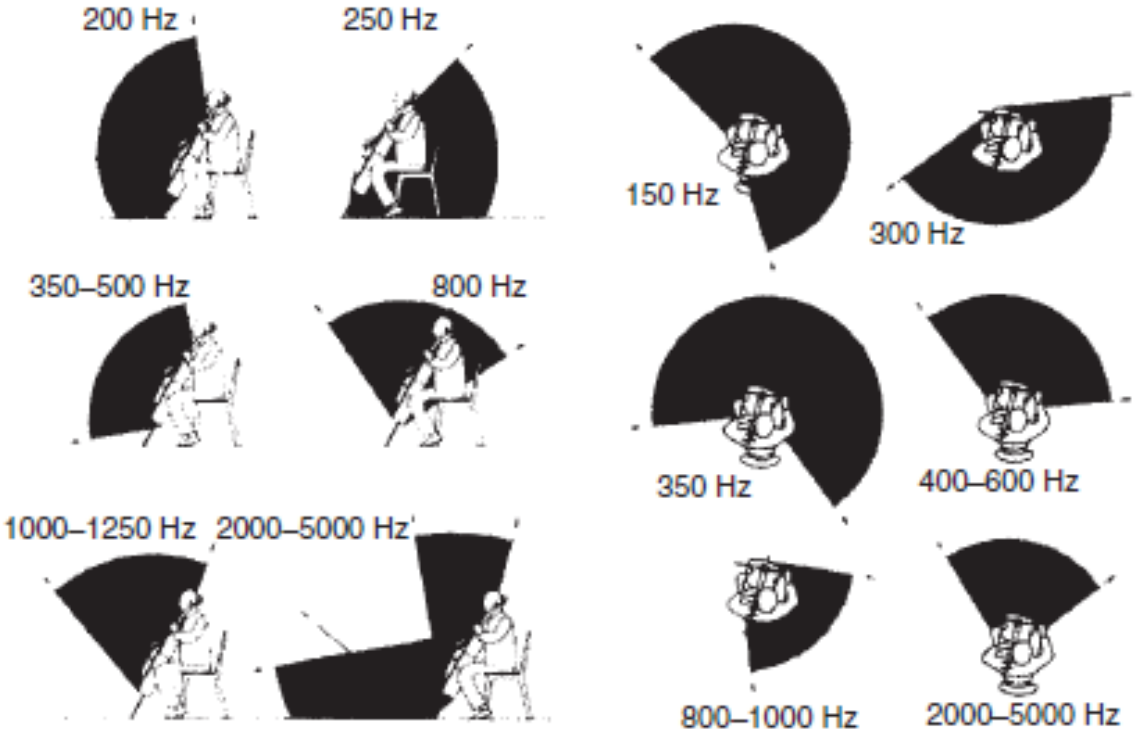
Τα περισσότερα μουσικά όργανα έχουν κατασκευαστεί να ακούγονται καλύτερα από κάποια απόσταση περίπου 30 – 35 cm και αυτό γιατί ο ήχος του οργάνου χρειάζεται λίγο χώρο για να αναπτυχθεί. Επομένως ένα μικρόφωνο που τοποθετείτε 30 – 60 cm από μια πηγή λαμβάνει έναν ισορροπημένο ήχο του οργάνου που φέρει όλα τα ακουστικά χαρακτηριστικά που συμβάλουν στην καθιέρωση της χροιάς του.

Με την τεχνική close miking τείνουμε να λαμβάνουμε περισσότερο το μέρος του οργάνου στο οποίο είναι πιο κοντά το μικρόφωνο από ότι τον συνολικό ήχο του οργάνου. Για παράδειγμα αν ηχογραφούμε μια ακουστική κιθάρα τοποθετώντας το μικρόφωνο κοντά στην τρύπα του αντηχείου της που συντονίζει στα 80 – 100 Hz, θα πάρουμε ένα μπάσο ήχο που δεν είναι ο ήχος που ακούμε από κάποια απόσταση την συγκεκριμένη κιθάρα να παίζει σε ένα δωμάτιο. Αντίστοιχα παραδείγματα συμβαίνουν για άλλα όργανα όπως για παράδειγμα σε ένα σαξόφωνο, από του οποίου την καμπάνα εκπέμπονται οι υψηλές του συχνότητες ενώ από τα πλήκτρα οι χαμηλές και οι μεσαίες. Τοποθετώντας ένα μικρόφωνο κοντά στην καμπάνα λαμβάνουμε έναν υψίσυχνο ήχο σαξοφώνου που σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι λειτουργικός. Βέβαια όπως προαναφέραμε η close miking τεχνική συνηθίζεται για περιπτώσεις που δεν επιθυμούμε τη λήψη της αντήχησης του χώρου, όπως επίσης για περιπτώσεις αποφυγής διαρροής από άλλες πηγές. Το σημαντικότερο σε αυτό το σημείο είναι να τονίσουμε ότι δεν

υπάρχουν ούτε κανόνες, ούτε και σωστοί ή λάθος μέθοδοι για οποιαδήποτε περίπτωση για την ηχογράφηση μιας πηγής. Οπότε η επιλογή τεχνικής και μεθόδου έρχεται στην κρίση και στην εμπειρία του ηχολήπτη και τις ανάγκες της μουσικής παραγωγής που έρχεται αντιμέτωπος.



Σχήμα 3.23: *Η close miking τεχνική μειώνει τη λήψη αντηχητικού πεδίου.*



Σχήμα 3.24: *Χαρακτηριστικά εκπομπής έγχορδου (A) Cello σε κατακόρυφο επίπεδο (B) Cello σε οριζόντιο επίπεδο*

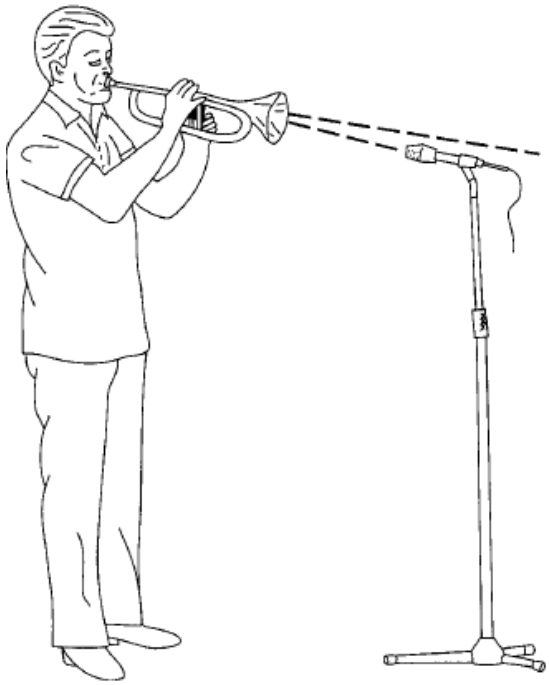
3.4.4.3 Προτεινόμενες τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων

Παρατηρώντας το σχήμα 3.24, βλέπουμε τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά ενός βιολοντσέλου για διάφορες βασικές συχνότητες. Βάσει όλων των κατασκευαστικών ιδιαιτεροτήτων των οργάνων που διαμορφώνουν την συχνοτική τους απόκριση και τα κατευθυντικά τους χαρακτηριστικά εκπομπής, θα παραθέσουμε προτεινόμενες τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων για τα πιο συνήθη μουσικά όργανα που συναντάμε στη σύγχρονη δισκογραφία.

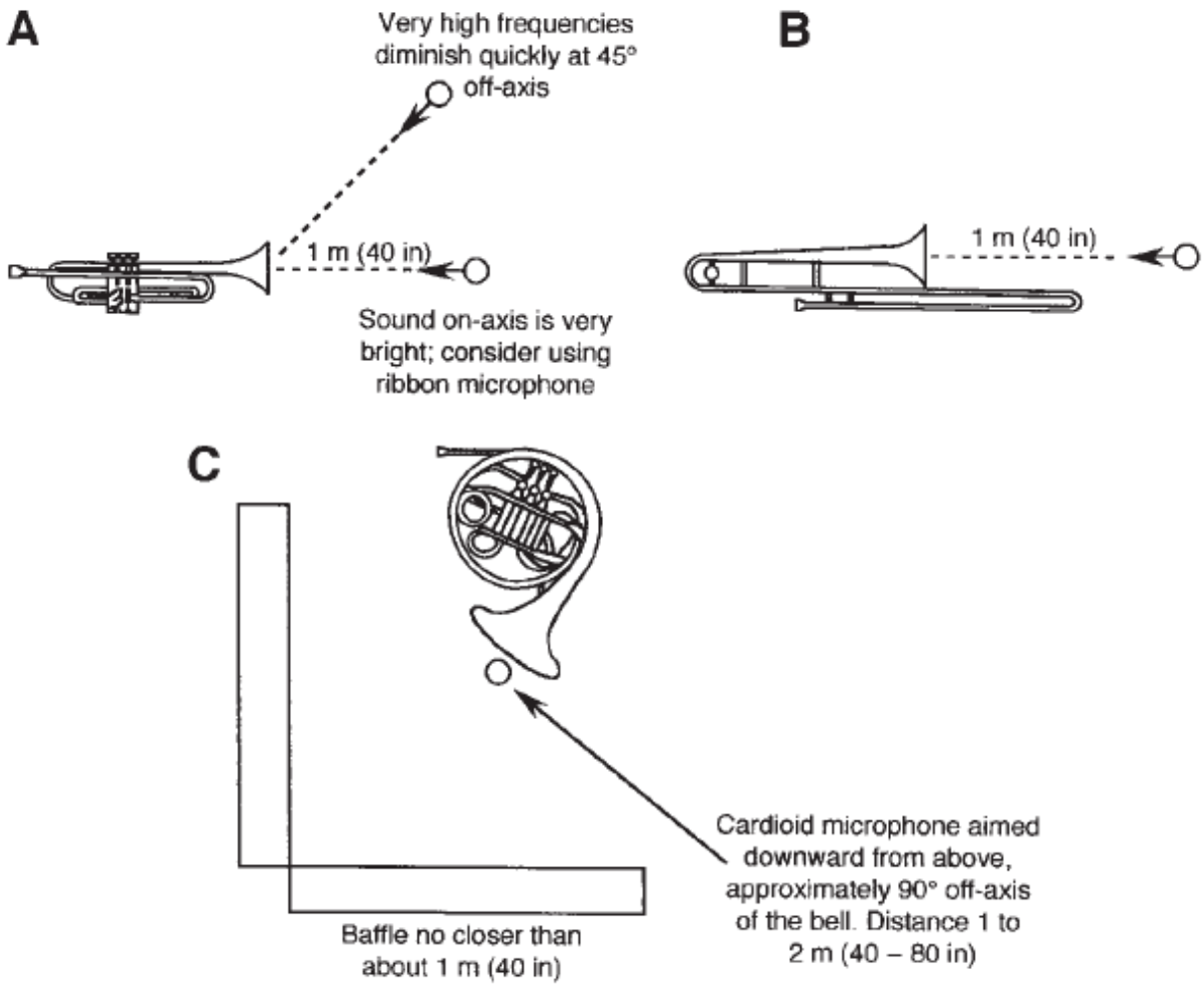
- ***Πνευστά:***

Χάλκινα:

Ο τόνος τους μπορεί να αλλάξει με τη χρήση σιγαστήρων που τοποθετούνται στην καμπάνα τους. Ο σιγαστήρας τείνει να περικόπτει από κάποια συγκεκριμένη συχνότητα και κάτω ανάλογα με το όργανο, ενθαρρύνοντας παράλληλα κάποιες άλλες στο υψηλότερο εύρος. Λόγω των υψηλών επιπέδων ακουστικής πίεσης που μπορεί να παραχθεί από τα χάλκινα πνευστά, για παράδειγμα από μια τρομπέτα (μέχρι 130 dB SPL), είναι καλύτερα το μικρόφωνο να τοποθετείται ελαφρώς εκτός άξονα από το κέντρο της καμπάνας της και σε μια απόσταση πάνω από 30 cm. Στην περίπτωση που χρειαστεί πιο κοντινή απόσταση για πιο τραχύ ήχο, συνιστάται η χρήση διακόπτη 10 ή 20 dB εξασθένησης (pad) στο μικρόφωνο για την πρόληψη υπερφόρτωσης εισόδου του μικροφώνου και προτείνεται χρήση αντιανεμίου (windscreen) για την προστασία του διαφράγματος από απότομες εκβολές μεγάλης πίεσης αέρα.



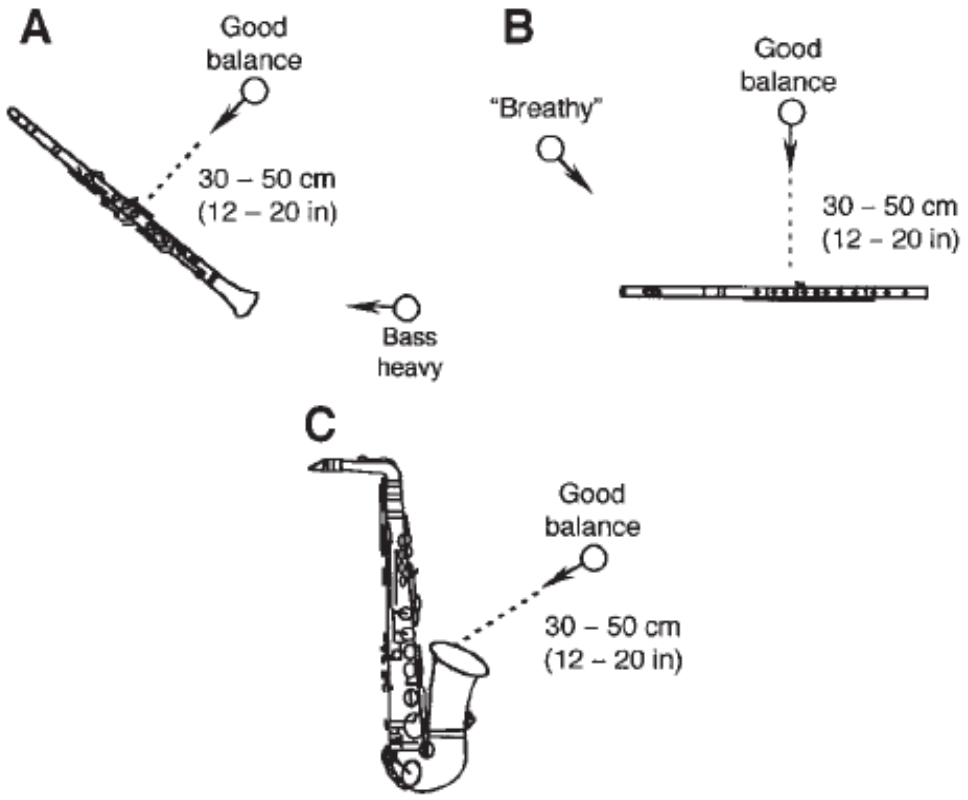
Σχήμα 3.25: *Τοποθέτηση μικροφώνου σε τρομπέτα σημαδεύοντας λίγο εκτός από το κέντρο της καμπάνας του οργάνου.*



Σχήμα 3.26: *Τυπικές θέσεις για τοποθέτηση μικροφώνου σε διάφορα όργανα της ομάδας των χάλκινων πνευστών, (Α) Για τρομπέτα, (Β) Για τρομπόνι, (C) Για κόρνο.*

<u>Ξύλινα</u>:

Τα ξύλινα πνευστά (κλαρινέτο, όμποε, αγγλικό κόρνο, σαξόφωνο, κτλ.), όσον αφορά την κατευθυντικότητα τους είναι πιο μειωμένη από αυτή των χάλκινων πνευστών. Οι υψηλές συχνότητες εκπέμπονται κυρίως από την καμπάνα, αλλά η σημασία τους δεν είναι πρωτεύον για αυτή την ομάδα οργάνων. Οπότε κάποιες ενδεικτικές θέσεις τοποθέτησης για τη λήψη με καλή ισορροπία του συχνοτικού περιεχομένου των οργάνων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



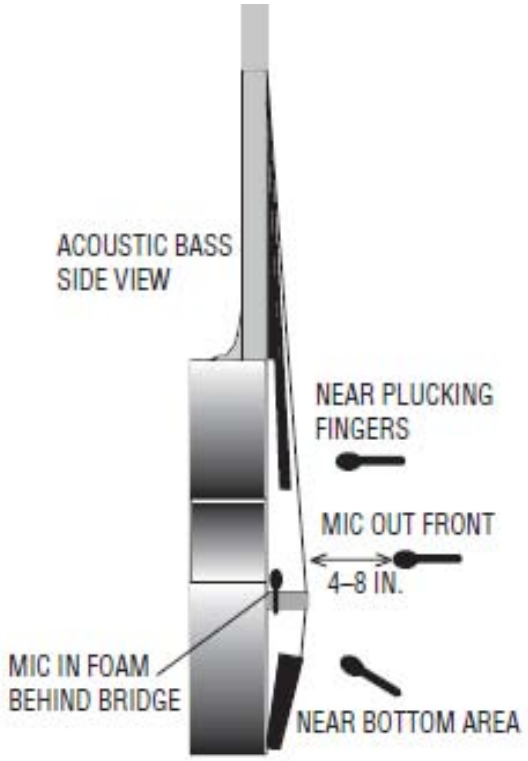
Σχήμα 3.26: *Τυπικές θέσεις για τοποθέτηση μικροφώνου σε διάφορα όργανα της ομάδας των ξύλινων πνευστών, (Α) Για κλαρίνο - κλαρινέτο, (Β) Για φλάουτο, (C) Για σαξόφωνο.*

- ***Έγχορδα:***

Έχοντας λάβει υπόψιν τα προηγούμενα περί κατευθυντικότητας για τα έγχορδα παρουσιάζουμε κάποιους τρόπους ηχογράφησης εγχόρδων. Για το βιολί είναι προτιμότερο η απόσταση του μικροφώνου να κυμαίνεται στο 1m. Για το κοντραμπάσο προτείνονται διαφορετικές τεχνικές που προτιμούνται ανάλογα με το είδος της μουσικής που ηχογραφείται. Για jazz και είδη μουσικής τα οποία διακρίνονται από δεξιοτεχνία η θέση που στοχεύει τα δάκτυλα του μουσικού προτιμάται, ενώ η μεσαία θέση που στοχεύει στο κέντρο το ηχείου του οργάνου λειτουργεί για τις περισσότερες μουσικές μορφές. Η τελευταία θέση που είναι χαμηλότερα από τον καβαλάρη του οργάνου εξυπηρετεί μουσικές μορφές με λιτές ρυθμικές γραμμές.



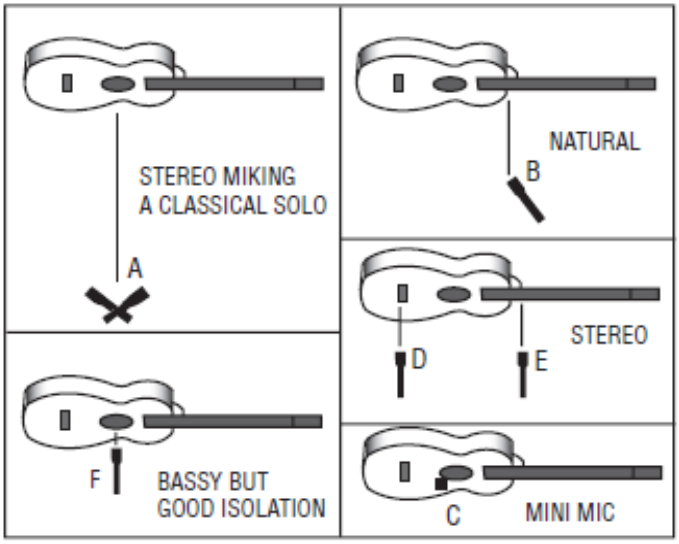
Σχήμα 3.27: *Τυπική θέση για λήψη βιολί ή βιόλα*



Σχήμα 3.28: *Προτάσεις για λήψη κοντραμπάσου*

- ***Νυκτά έγχορδα όργανα:***

Η πιο συνηθισμένη τεχνική για την ηχογράφηση έγχορδων οργάνων όπως κιθάρα (ακουστική, κλασσική), μπουζούκι, λαούτο, μαντολίνο, κ.τ.λ, είναι να τοποθετούμε το μικρόφωνο σε απόσταση 15 – 20 cm στοχεύοντας την περιοχή μεταξύ του λαιμού και της οπής του οργάνου. Στο σχήμα 3.29 παρακάτω παρουσιάζεται η παραπάνω τεχνική, αλλά επίσης στα σχήματα 3.29, 3.30 και 3.31 μερικές προτάσεις για stereo ηχογραφήσεις, στην περίπτωση που επιθυμούμε καλύτερη απεικόνιση του οργάνου στη στέρεο εικόνα.



Σχήμα 3.29: *Προτεινόμενες για λήψη νυκτών εγχόρδων*



Σχήμα 3.30: *X-Y Stereo ηχογράφηση κιθάρας.*

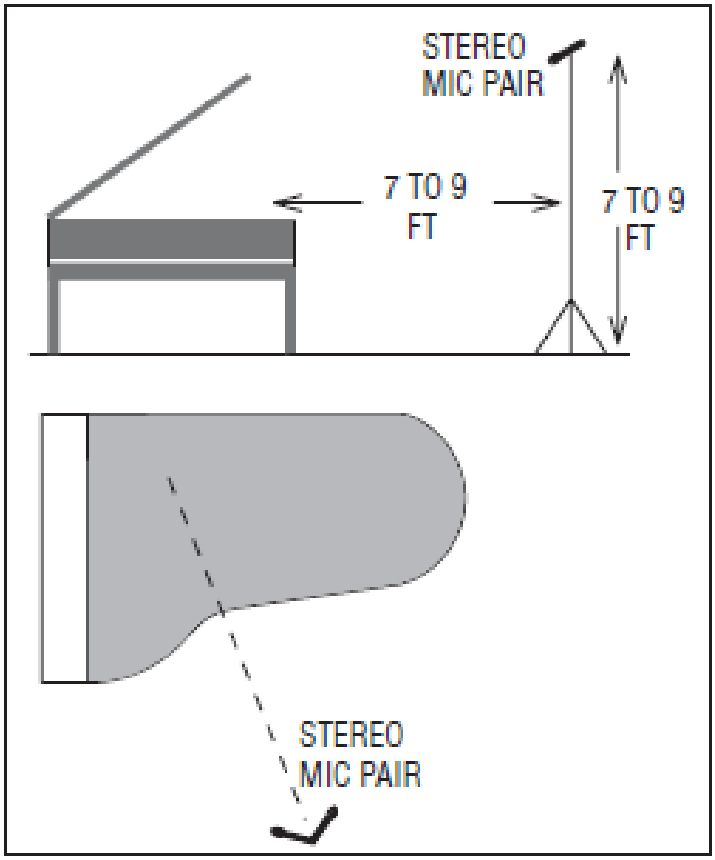


Σχήμα 3.31: *Spaced A-B Stereo ηχογράφηση κιθάρας.*

- **Πληκτροφόρα όργανα:**

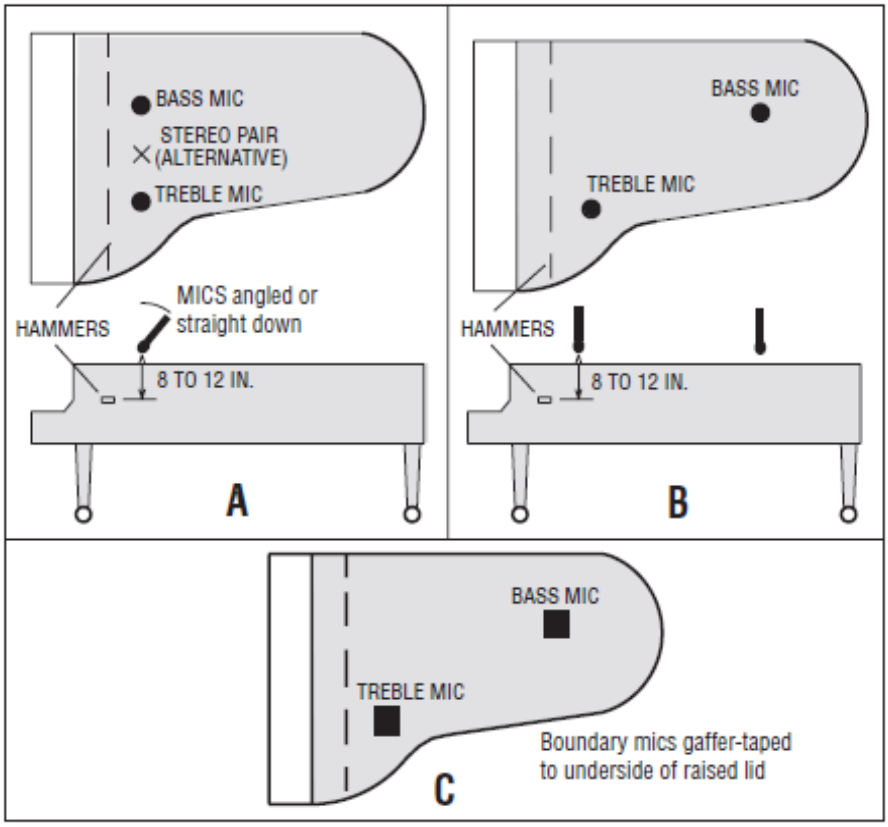
Piano:

Για κλασσική μουσική, προτείνεται η ηχογράφηση να γίνεται σε ένα χώρο καλή ακουστική (μουσικό μέγαρο, αίθουσα συναυλιών), εφόσον η αντήχηση αποτελεί κομμάτι του ήχου του οργάνου για τέτοιες μουσικές μορφές. Χρησιμοποιούνται πυκνωτικά μικρόφωνα με flat συχνοτική απόκριση και μια προτεινόμενη θέση για stereo ηχογράφηση πιάνου κλασσικής μουσικής με καρδιοειδή μικρόφωνα είναι 2 -3 m από το πιάνο και στο ίδιο περίπου ύψος (2 – 3m) όπως παρουσιάζεται στο σχήμα. Για omni μικρόφωνα προτείνεται η απόσταση 50 – 70 cm μεταξύ τους, 1 – 2 m απόσταση από το πιάνο και ύψος 1 – 1,5 m. Μπορούμε να πλησιάσουμε τα μικρόφωνα στο πιάνο για λιγότερη αντήχηση.

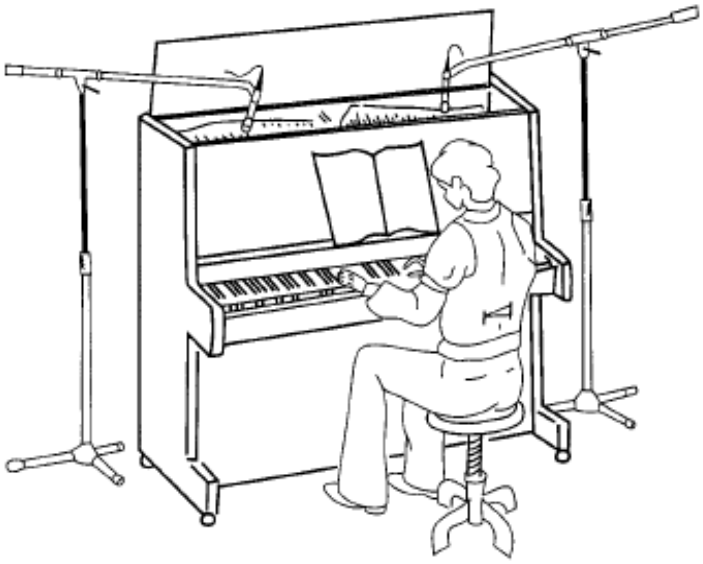


Σχήμα 3.31: *Near Coincident Stereo ηχογράφηση piano.*

Η ηχογράφηση πιάνο για popular είδη μουσική γίνεται με close miking, για να έχουμε μικρότερο ποσοστό λήψης χώρου και διαρροής ούτως ώστε να είναι περνάει πιο εύκολα ο ήχος του σε μια μίξη με άλλα όργανα.



Σχήμα 3.32: *Προτάσεις για ηχογράφηση piano για popular μουσική.*



Σχήμα 3.32: *Spaced A-B Stereo τεχνική για upright piano..*

- ***Φωνή:***

Η φωνή είναι το πιο σημαντικό όργανο για τα περισσότερα μουσικά είδη. Πρέπει να προσέξουμε το proximity effect όταν ηχογραφούμε από πολύ κοντινές αποστάσεις, με χρήση κατευθυντικών μικροφώνων, γιατί ενισχύει τις χαμηλές συχνότητες του τραγουδιστή, φαινόμενο που καμιά φορά το επιδιώκουμε και το χρησιμοποιούμε προς όφελος μας. Μια καλή επιλογή για ηχογράφηση φωνής είναι πυκνωτικό μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος με flat συχνοτική απόκριση και σε απόσταση όπως αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.33. Πολλές φορές είναι η αναγκαία η χρήση pop filter ή αντιαναίμιο για την προστασία του διαφράγματος του μικροφώνου από απότομες εκβολές αέρα.

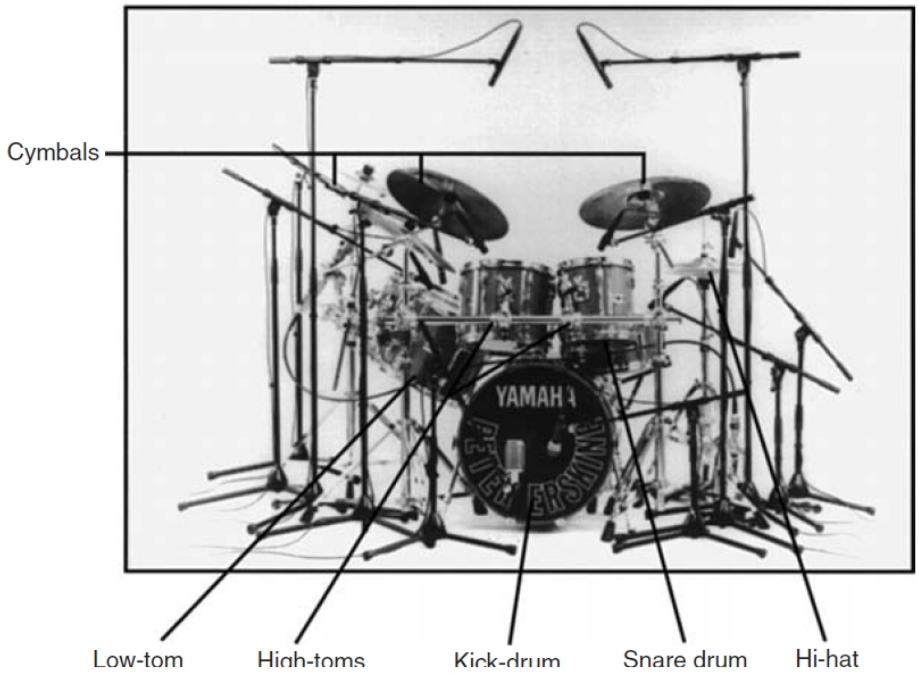


Σχήμα 3.33: *Τυπική απόσταση για ηχογράφηση φωνής.*

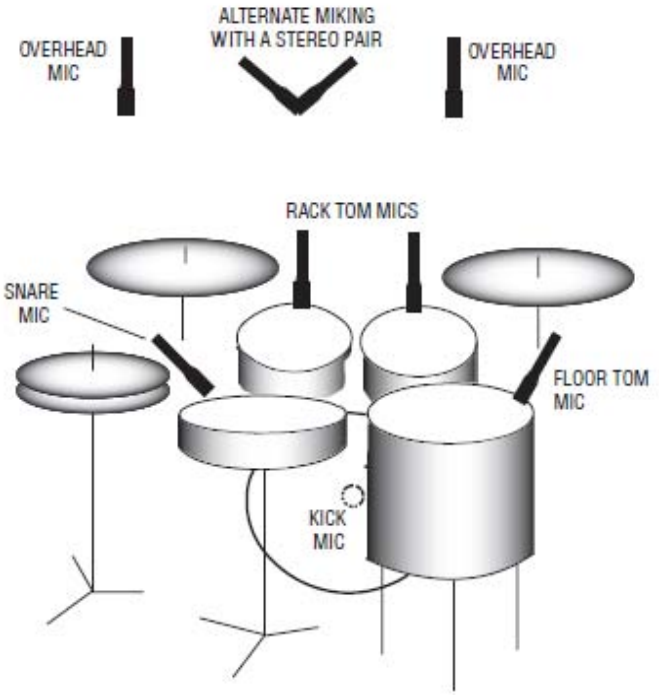
- **Κρουστά:**

Drum Set:

Για σύγχρονα είδη μουσικής το drum set ηχογραφείται με ένα μικρόφωνο σε κάθε τύμπανο σε απόσταση 2 – 3 cm από την μεμβράνη και με κλίση περίπου 45°. Τα overhead mics ενδεικνύεται να είναι πυκνωτικά πρώτης ποιότητας μικρόφωνα γιατί είναι αυτά που καταγράφουν πέρα από τα πιατίνια, όλα τα στοιχεία του set ακόμα και σε τεχνικές close miking, όπως επίσης και κάποιο ποσοστό του χώρου, πράγμα που πολλές φορές επιδιώκεται για να ακούγονται τα τύμπανα πιο ζωντανά. Οπότε σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να σταθμιστούν συγχρόνως η ποιότητα του set, η ενδεχόμενη ιδιορρυθμία της τοποθέτησης του από τον drummer, το παίξιμο του drummer, το μουσικό είδος και η ακουστική ποιότητα του χώρου. Κρίνοντας από όλα αυτά τα overheads είτε θα τοποθετηθούν σε κάποια απόσταση <30cm ώστε να λειτουργούν περισσότερο για τη λήψη των πιατινιών (cymbals) και λιγότερο το σύνολο ή για την αντίθετη περίπτωση να τοποθετηθούν σε κάποια απόσταση >30cm. Για την αποφυγή comb filtering σε υψηλές συχνότητες σε περίπτωση τοποθέτησης των overhead μικροφώνων σε μεγάλη απόσταση από τα πιατίνια που μπορεί να δημιουργήσει ασάφεια στην στερεοφωνική εικόνα (mono compatibility), προτείνεται η χρήση ενός stereo coincident ζεύγους καρδιοειδών μικροφώνων σε τεχνική x-y, παρουσιάζεται στο σχήμα 3.35.



Σχήμα 3.34: *Λήψη Drum set.*



Σχήμα 3.35: *Λήψη Drum set με εναλλακτική πρόταση X-Y stereo ζεύγους για overhead.*



(A) (B)

Σχήμα 3.36: *Τυπική τοποθέτηση για λήψη (A) Bass drum (B) Snare drum.*

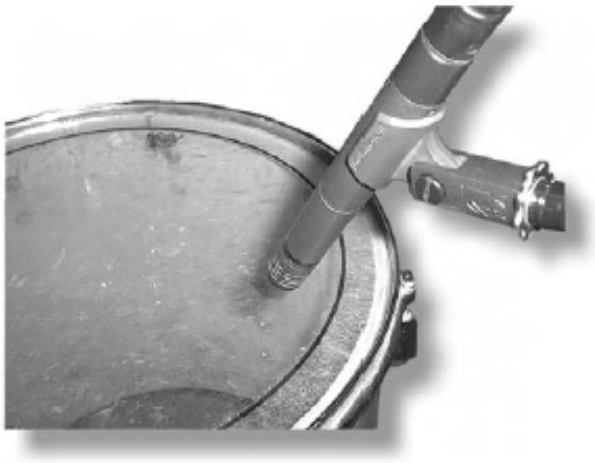
(A)



(B)



Σχήμα 3.37: *Τυπική τοποθέτηση για λήψη (A) tom (B) δύο tom με χρήση ενός μικροφώνου.*

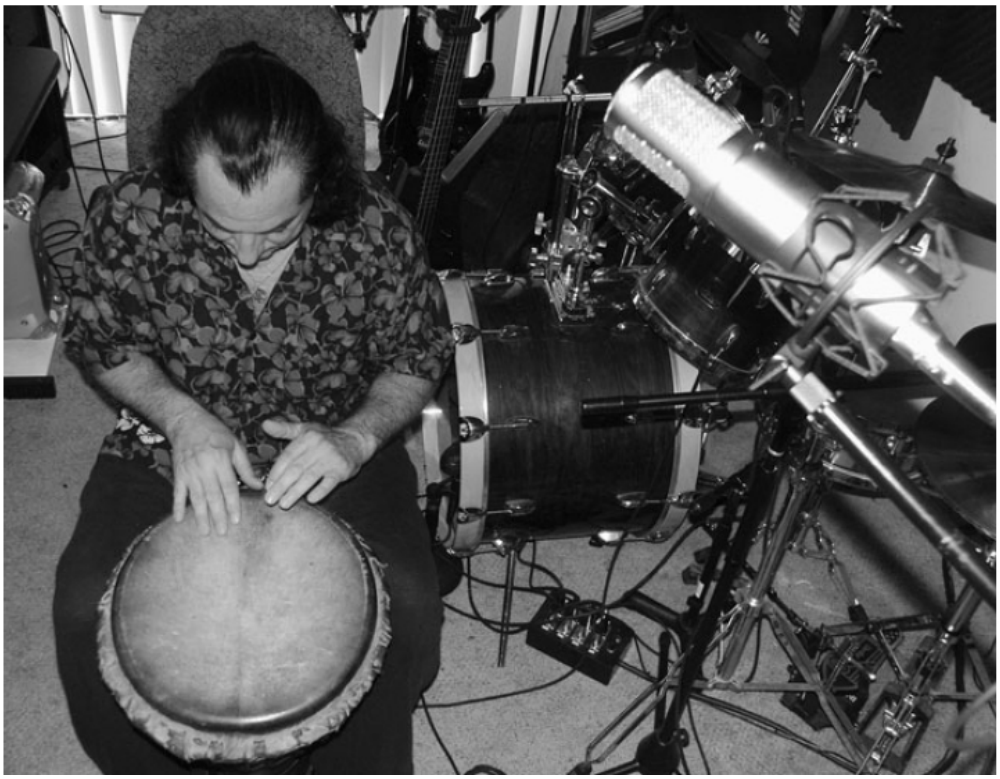


Σχήμα 3.38: *Τυπική τοποθέτηση για λήψη floor tom.*

Για παραδοσιακά κρουστά όργανα (percussion) όταν επιθυμούμε τον τονισμό στις ατάκες του οργάνου προτείνεται το μικρόφωνο να στοχεύει τα δάκτυλα του μουσικού.



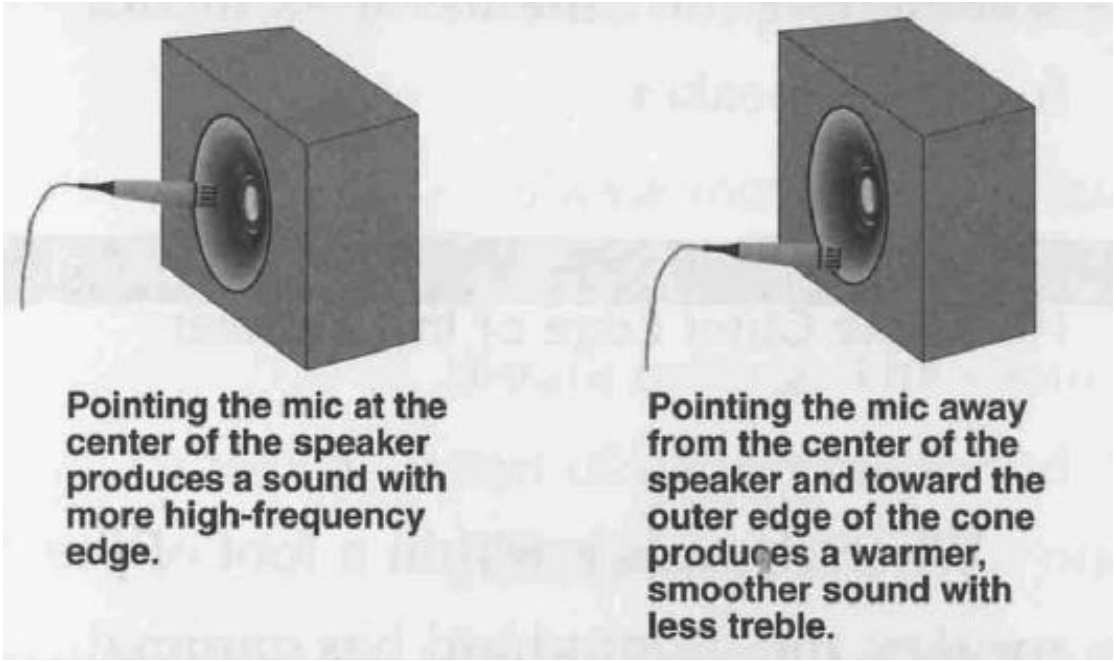
Σχήμα 3.39: *Τυπική τοποθέτηση για λήψη congas.*



Σχήμα 3.40: *Λήψη djembe.*

- ***Καμπίνα οργάνου (κιθάρας, μπάσου, hammond):***

Για την ηχογράφηση καμπίνας κιθάρας, μπάσου προτείνεται ανύψωση της καμπίνας σε κάποια βάση (π.χ καρέκλα) για την αποφυγή τη λήψη ανακλάσεων από κοντινές επιφάνειες. Το μικρόφωνο λήψης θα πρέπει να έχει μεγάλη ανοχή στις υψηλές στάθμες ηχητικής πίεσης που να στοχεύει στο μεγάφωνο της καμπίνας μεταξύ του κώνου και της άκρης του, με μια ελαφριά κλίση σε απόσταση 3 – 150 cm. Όσο πιο μικρή η απόσταση μεταξύ μικροφώνου – μεγαφώνου, τόσο πιο έντονος στις χαμηλές συχνότητες γίνεται ο ήχος. Επίσης στοχεύοντας προς το κέντρο του ηχείου (κώνο) λαμβάνουμε ήχο με πλούσιο περιεχόμενο σε υψηλές συχνότητες, ενώ απομακρύνοντας το μικρόφωνο προς την εξωτερική άκρη του ηχείου παίρνουμε πιο ζεστό ήχο. Για ηχογράφηση καμπίνα ενισχυτή κιθάρας χρησιμοποιούνται δυναμικό ή σύγχρονο ribbon μικρόφωνα σε απόσταση 3 – 5 cm από το μεγάφωνο, σε συνδυασμό με ένα πυκνωτικό που βρίσκεται σε απόσταση 0,5 – 1,5 m που λαμβάνει τον ήχο του ενισχυτή του οργάνου στον χώρο. Για μπάσο είναι προτιμότερο να επιλεχθεί μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος.

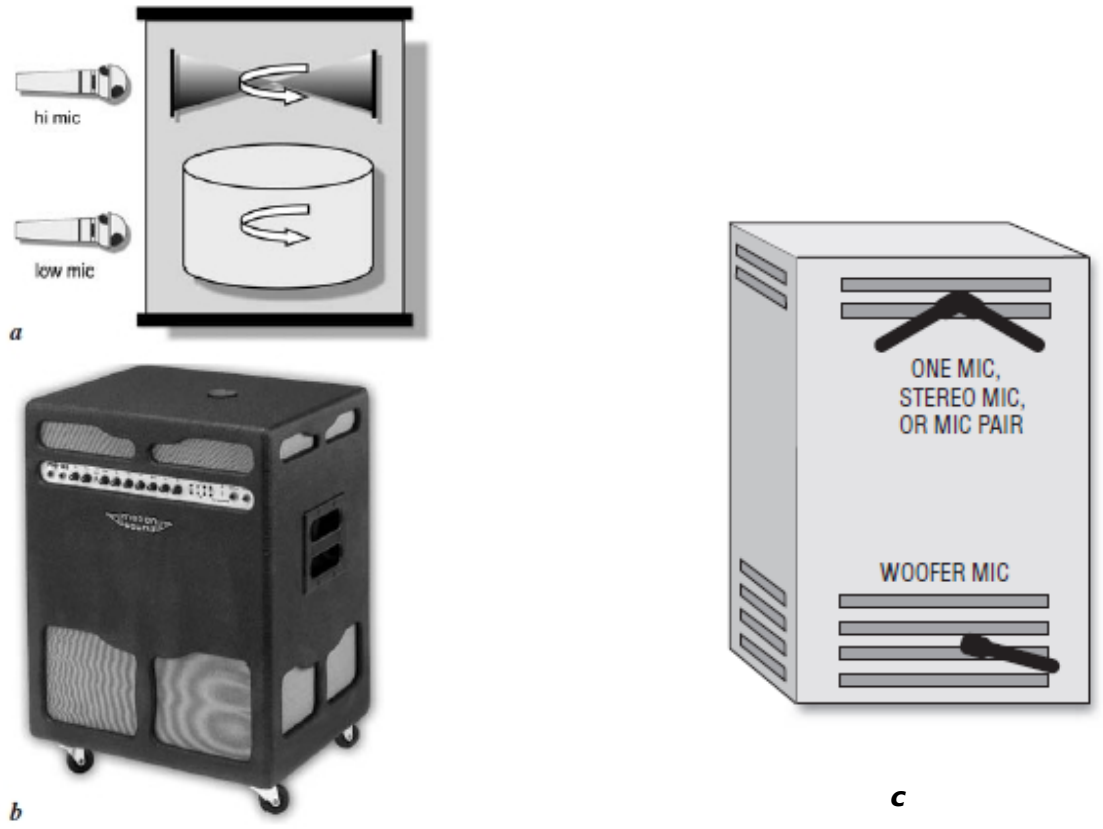


Σχήμα 3.41: *Τοποθέτηση για λήψη καμπίνας μπάσου – κιθάρας.*



Σχήμα 3.42: *Ηχογράφηση καμπίνας ενισχυτή κιθάρας με συνδυασμό δυο δυναμικών και ενός μικροφώνου ribbon.*

Η καμπίνα leslie διαθέτει 2 περιστρεφόμενα μεγάφωνα, ένα στο πάνω μέρος της για τις υψηλές συχνότητες και ένα woofer στο κάτω μέρος της καμπίνας για της χαμηλές συχνότητες. Οπότε μια τεχνική για καλή ισορροπία είναι δύο μικρόφωνα με close miking τεχνική να ηχογραφεί το καθένα ένα από τα δύο μεγάφωνα αντίστοιχα όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.43: *Ηχογράφηση καμπίνας leslie organ.*

Μια εναλλακτική λύση για καλύτερη αποτύπωση στη στερεοφωνική εικόνα είναι η ηχογράφηση του πάνω μεγαφώνου των υψηλών συχνοτήτων με τεχνική stereo x-y ηχογράφησης και ένα μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος στο woofer της καμπίνας όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.43.c

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Πειραματικό μέρος

4.1 Πολυμεσική Εφαρμογή

Ο όρος πολυμεσικές εφαρμογές (multimedia) χαρακτηρίζει την δημιουργία και τον συνδυασμό πολλαπλών μορφών περιεχομένου σε ένα CD/DVD. Περιέχοντας ήχο, κείμενο, animation, γραφικά και video με στόχο την ψυχαγωγία ή την πληροφόρηση.
Επιλέγοντας μια πολυμεσική εφαρμογή επιτυγχάνετε έναν εντυπωσιακό, δυναμικό και αποτελεσματικό τρόπο παρουσίασης, προώθησης προϊόντων, δραστηριοτήτων και υπηρεσιών. Στις πολυμεσικές εφαρμογές υπάρχουν δυο κατηγορίες επιλογής, γραμμικές και μη γραμμικές.
Οι γραμμικές πολυμεσικές εφαρμογές δεν επιτρέπουν στον θεατή να παρέμβει στην κινηματογραφική παρουσίαση.
Αντίθετα στις μη γραμμικές πολυμεσικές εφαρμογές επιτρέπετε ο θεατής να παρέμβει στον έλεγχο της εναλλαγής του περιεχομένου μέσω της αλληλεπίδρασης του με διάφορα διαδραστικά στοιχειά.

4.1.1 HTML

Η ***HTML*** είναι το ακρωνύμιο των λέξεων ***HyperText Markup Language*** (γλώσσα μορφοποίηση υπερκειμένου) και είναι η βασική γλώσσα δόμηση σελίδων του *World Wide Web* (ή απλά ιστού: Web). Είναι μία γλώσσα προγραμματισμού. Χρησιμοποιείται για να σημαίνει ένα τμήμα κειμένου και να το κάνει να εμφανίζεται καλύτερα. Επιτρέπει την ενσωμάτωση ήχου και εικόνων στις web σελίδες. Αρχικά είχε κατασκευασθεί με σκοπό μόνο την μορφοποίηση κειμένου, αλλά μεγάλωσε και ενσωμάτωσε σχεδιαστικές τεχνικές κ.α.
Η γλώσσα χρησιμοποιεί ένα αριθμό από ***tags*** για την μορφοποίηση κειμένου, για την δημιουργία συνδέσμων *(links)* μετάβασης ανάμεσα των σελίδα, για την εισαγωγή εικόνων, ήχου κ.α. Όταν ένας Web Browser ανοίγει ένα αρχείο HTML τα στοιχεία *(tags)* μεταφράζονται σε κατάλληλα χαρακτηριστικά με αποτελέσματα στην εμφάνιση και στην λειτουργικότητα της συγκεκριμένης σελίδας.

Το 1990 ο Tim Berners-Lee από το Cern, το εργαστήριο φυσικής της Γενεύης, δημιούργησε ένα νέο πρωτόκολλο με το οποίο θα μπορούσαν να μεταφέρονται κάθε είδος αρχείων και αντικειμένων μέσα από το Internet. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάστηκε HTTP (HyperText Transfer Protocol) και σηματοδότησε την αρχή του WWW όπως το ξέρουμε σήμερα. Οι σελίδες που ήταν η βάση του WWW ήτας γραμμένες στην πρώτη έκδοση της γλώσσα HTML. Το 1994 αναπτύσσεται το πρότυπο HTML 2.0 από ένα διεθνή οργανισμό (Internet Engineering Task Forse). Η επόμενη έκδοση η 3.0 δεν έγινε αποδεκτή από τις Microsoft και Netscape οπότε γρήγορα αντικαταστάθηκε από την έκδοση 3.2 (1996). Η τελευταία περιελάμβανε πολλές από τις σημάνσεις (tags) που είχαν εισάγει οι δύο εταιρίες. Η έκδοση 4.0 παρουσιάστηκε τον Ιούνιο του 1997.

4.1.2 Γλώσσες Προγραμματισμού στο Internet

Οι ενδογενείς αδυναμίες της HTML, μιας κατεξοχήν γλώσσας μορφοποίησης υπερκειμένου, σύντομα οδήγησαν στην ανάπτυξη γλωσσών προγραμματισμού στο Internet. Η χρήση των γλωσσών προγραμματισμού κρίθηκε απαραίτητη αφού η εξάπλωση του Internet και η χρήση των σελίδων HTML για αλληλεπίδραση με τους χρήστες (δυναμική αποστολή και λήψη δεδομένων) δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω της HTML. Αρχικά, αναπτύχθηκε από την εταιρεία Netscape η γλώσσα **JavaScript** η οποία, όπως και η HTML μεταφράζεται από τον Web Browser κατά την εμφάνιση της σελίδας. Η Microsoft ανέπτυξε απ' την πλευρά της μια δική της έκδοση της γλώσσας JavaScript την οποία ονόμασε **JScript** και μια έκδοση της γλώσσας Basic ειδικά για το Internet που ονόμασε **VBScript**.Έτσι πλέον με την χρήση των παραπάνω γλωσσών είναι δυνατό να ελεγχθούν και να προγραμματιστούν όλα σχεδόν τα αντικείμενα που μπορεί να περιέχει μία ιστοσελίδα και με τη χρήση είτε εντολών διαδικαστικού χαρακτήρα, είτε εντολών διακλάδωσης, όπως για παράδειγμα η δομή [if … then… else…]. Η χρήση τέτοιου είδους "προγραμμάτων" ή όπως ονομάζονται "scripts" είναι διαδικασία που έχει μεγάλες απαιτήσεις σε προγραμματισμό και απευθύνεται σε προγραμματιστές και μόνο.

4.1.3 Δημιουργία της πολυμεσικής εφαρμογής

Δημιουργήσαμε μια πολυμεσική εφαρμογή που εμπεριέχονται φωτογραφίες για τις τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων σε διάφορα όργανα, σε διαφορετικές θέσεις και με διαφορετικά μικρόφωνα, τα αντίστοιχα ηχητικά δείγματα και εικόνες που παρουσιάζουν την φασματική ανάλυση που δημιουργήσαμε με χρήση software (Steinberg Cubase 5) για κάθε περίπτωση. Σημειώνεται ενδεικτικά κάποια σημαντική συχνότητα σε κάθε ομάδα εικόνων των φασμάτων για να έχουμε καλύτερο μέτρο σύγκρισης. Εκτελώντας την πολυμεσική εφαρμογή μπορούμε να δούμε τις ίδιες φωτογραφίες που παρουσιάζονται παρακάτω πιο αναλυτικά (σε μεγαλύτερα μεγέθη), να ακούσουμε τα ηχητικά δείγματα των ηχογραφήσεων και να παρατηρήσουμε τις φωτογραφίες που απεικονίζουν τα φάσματα αυτών έτσι ώστε να έχουμε μια πιο σαφή εικόνα σύγκρισης. Η σύγκριση αυτή μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες στον κάθε ενδιαφερόμενο (π.χ συμφοιτητές του τμήματος), για το πως συμπεριφέρεται το ένα μικρόφωνο σε σχέση ένα άλλο στην ίδια θέση σε σχέση με μια πηγή, ή τι διαφορά θα έχει μια τεχνική ηχογράφησης οργάνου με κάποια άλλη αντίστοιχα σε πραγματικές συνθήκες ηχογράφησης χρησιμοποιώντας τα μικρόφωνα που διαθέτει το τμήμα της σχολής μας. Η επεξεργασία των φωτογραφιών έγινε με χρήση του προγράμματος Adobe Photoshop CS3 και η δημιουργία της εφαρμογής με τη χρήση του Adobe Dreamweaver CS3.

4.2 Ηχογραφήσεις - Συμπεράσματα

Για την διεκπεραίωση της εργασίας και για να συνειδητοποιήσουμε σε πραγματικές συνθήκες τις διαφορές μικροφώνων – τεχνικών ηχογραφήσεων, πραγματοποιήσαμε ένα πλήθος ηχογραφήσεων για διάφορα μουσικά όργανα στους χώρους του Τ.Ε.Ι Ρεθύμνου χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του τμήματος.

Σημειώνουμε ότι για να μπορούμε να έχουμε μια σχετική σύγκριση μεταξύ των μικροφώνων - ηχογραφήσεων, τα μικρόφωνα που εξετάζονται σε κάθε περίπτωση ηχογραφούσαν ταυτόχρονα την ίδια μουσική εκτέλεση από κάθε πηγή και αυτό πραγματοποιήθηκε φέροντας όσο πιο κοντά ήταν δυνατό μεταξύ τους τις κάψες των μικροφώνων (σαν να ήταν φαινομενικά τοποθετημένα στην ίδια θέση) Συνειδητοποιούμε ότι αυτό ήταν αδύνατο πρακτικά να συμβεί λόγω των διαστάσεων των μικροφώνων με αποτέλεσμα κάποια από αυτά να αποκλίνουν από την πραγματική θέση που έπρεπε να λαμβάνουν. Σε καμία περίπτωση δεν θεωρούμε τη συγκριτική μελέτη μας απόλυτα τεχνικά τεκμηριωμένη, γιατί σε μια τέτοια περίπτωση θα ήταν διαφορετική η προσέγγιση μας για την πραγματοποίηση των μετρήσεων (σε ανηχοϊκό θάλαμο με χρήση impulse responses, test tones, κ.τ.λ).

Οι ηχογραφήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Studio και στο Αμφιθέατρο του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας Και Ακουστικής είναι οι εξής :

- Close – Distant Miking :

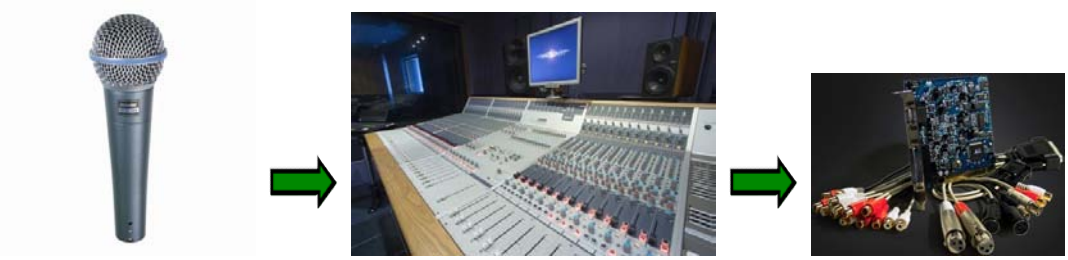
1. Drums - Set
2. Ακουστική Κιθάρα
3. Ηλεκτρική Κιθάρα
4. Σαξόφωνο
5. Φωνητικά
6. Μπάσο
7. Κρητική Λύρα

- Stereo Recordings :

1. Drum – Set
2. Πιάνο
3. Ακουστική Κιθάρα

Η αλυσίδα ηχογράφησης που ακολουθήθηκε στο Studio και στο Αμφιθέατρο ξεχωριστά είναι :

Studio



(Μικρόφωνο) (Audient ASP8024) (M-audio Delta 1010)

Αμφιθέατρο



(Μικρόφωνο) (*MOTU traveler* Audio Interface) (Laptop)

Παρακάτω παρουσιάζουμε αναλυτικά μόνο τις φωτογραφίες που δείχνουν την τεχνική τοποθέτησης για κάθε ηχογράφηση που πραγματοποιήσαμε ξεχωριστά για κάθε διαφορετική πηγή, με κάθε μικρόφωνο, σε κάθε διαφορετική θέση, έτσι ώστε να παραθέσουμε κάποια συμπεράσματα που διαπιστώσαμε σύμφωνα με όλα όσα αναφέραμε στη συγκεκριμένη εργασία και σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων και των συσκευών που χρησιμοποιήσαμε, τα όποια παραθέτονται στο τελευταίο κεφάλαιο.

- CLOSE – DISTANT MIKING:

Γενικά επαληθεύεται σε όλες τις ηχογραφήσεις το γεγονός ότι τα κατευθυντικά μικρόφωνα (cardioid, hyper-cardioid, super-cardioid) έχουν αυξημένη απόκριση στις χαμηλές συχνότητες όταν τοποθετούνται σε κοντινές αποστάσεις (<50 cm) από τις πηγές λόγω του proximity effect.

1. Drums - set

α) Bd

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(AKG D112)



(Beyer Dynamic M88)

- Δέυτερη θέση μικροφώνου :



(AKG D112)



(Beyer Dynamic M88)

- Τρίτη θέση μικροφώνου :



(AKG D112) *(Beyer Dynamic M88)*




(Seinheiser MD 441) *(Shure SM 58)*

Είναι πολύ εύκολο να παρατηρήσουμε το proximity effect ακούγοντας τις παραπάνω ηχογραφήσεις και βλέποντας τα φάσματα από αυτές, παρατηρούμε ότι οι περιοχές από 30 – 150 Hz είναι έχουν περισσότερη ενέργεια όσο το μικρόφωνο πλησιάζει στην πηγή, στην περίπτωση μας στις θέσεις 1 και 2 σε αντίθεση με τη θέση 3. Το φαινόμενο είναι πιο έντονο για το μικρόφωνο Beyer Dynamic M88 αφού έχει πολικό διάγραμμα hyper-cardioid. Επίσης παρατηρούμε ότι για την δεύτερη θέση ηχογράφησης έχουμε πιο πλούσιο περιεχόμενο σε χαμηλές συχνότητες για όλα τα μικρόφωνα σε σχέση με την πρώτη θέση γιατί στην πρώτη θέση παίρνουμε πιο πολύ την ατάκα από τον κόπανο , ενώ στη δεύτερη θέση ο ήχος έχει αναπτυχθεί και έχει λάβει τα χαρακτηριστικά του τυμπάνου (που λειτουργεί όπως το δοχείο helmholtz ώστε να συντονίζει σε κάποια θεμελιώδη χαμηλή συχνότητα). Στην τρίτη θέση τοποθέτησης παρατηρούμε ότι τα μικρόφωνα Seinheiser MD 441 και Shure SM58 έχουν πιο “μεσαίο” ήχο.

β) Snare

- Πρώτη θέση μικροφώνου :




(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 58)



(Shure SM 57)

- Δέυτερη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 58)



(Shure SM 57)

- Τρίτη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 58)



(Shure SM 57)

Το Seinheiser MD441 έχει λιγότερη ενέργεια στις μεσαίες και υψηλές περιοχές σε σχέση με το Shure SM57 και το Shure SM58. Το Shure SM58 με το SM57 έχουν πολύ μικρές διαφορές στη συχνοτική τους απόκριση, όπως θα δούμε και παρακάτω που παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά όλων των μικροφώνων αλλά ακόμη και αυτή η μικρή διαφορά είναι ολοφάνερη σε όλες τις ηχογραφήσεις αφού το SM57 έχει το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας υψηλών συχνοτήτων. Η θέση 1 μας δίνει έναν ισορροπημένο ήχο για το snare για όλα τα μικρόφωνα, ενώ η θέση 2 μας δίνει ένα πιο πρίμο ήχο περνώντας περισσότερο τις αρμονικές από τους τρόπους ταλάντωσης που δημιουργούνται στο στεφάνι του snare. Τέλος στη θέση 3 παίρνουμε ένα πιο μεσαίο ήχο του τυμπάνου με έντονο ring από το κέντρο της μεμβράνης και περισσότερο ήχο από την ατάκα της μπακέτας.

γ) High Hat

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(AKG C1000 cardioid)



(SHURE PG81)



(AKG C480/CK61)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :



(AKG C1000 cardioid)



(AKG C480/ CK61)



(Shure PG81)

Παρατηρούμε ότι όλα τα μικρόφωνα στη θέση 1 έχουν πιο σκληρό ήχο σε σχέση με τη θέση 2 που ο ήχος λαμβάνετε υπό γωνία. Το μικρόφωνο AKG c1000s λαμβάνει περισσότερες χαμηλές συχνότητες από τα άλλα δύο που έχουν μικρότερη κάψα. Τέλος το μικρόφωνο Shure PG81 δεν έχει τόσο καλή ευκρίνεια, ακούγεται λίγο θαμπό σε όλες τις ηχογραφήσεις και το ίδιο διαπιστώνεται αν παρατηρήσουμε τα φάσματα αφού έχει την λιγότερη απόκριση σε όλο το συχνοτικό εύρος.

δ) Tom A

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)




(Shure SM 57)




(Shure SM 58)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :




(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 57)



(Shure SM 57)

- Τρίτη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 57)



(Shure SM 57)

ε) Floor Tom

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 57)



(Shure SM 58)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :



(Seinheiser MD 441)




(Shure SM 57)




(Shure SM 58)

- Τρίτη θέση μικροφώνου :




(Seinheiser MD 441)



(Shure SM 57)



(Shure SM 58)

Στις ηχογραφήσεις Tom και Floor Tom στη θέση 3 που είναι σχεδόν παράλληλη με τη μεμβράνη των τυμπάνων, τα μικρόφωνα λαμβάνουν περισσότερες χαμηλές συχνότητες και λιγότερο την ατάκα. Στη θέση 2 έχουμε ένα πιο ισορροπημένο ήχο με καλή αναλογία χαμηλών και της ατάκας των τυμπάνων. Αντίθετα στη θέση 1 παίρνουμε περισσότερο την ατάκα από τις χαμηλές συχνότητες συντονισμού, αφού το μικρόφωνο είναι σχεδόν κάθετο (direct) με την μεμβράνη του τυμπάνου και η διαδρομή κάψας – μεμβράνης που είναι πολύ μικρή, μην αφήνοντας τον ήχο να αναπτυχθεί και έτσι δεν υποστηρίζει μεγάλα μήκη κύματος. Και σε αυτές τις ηχογραφήσεις ξεχωρίζουμε το proximity effect που είναι πιο έντονο στο μικρόφωνο Seinheiser MD441 που έχει super-cardioid πολικό διάγραμμα, το οποίο λειτουργεί προς όφελος μας στην προκειμένη περίπτωση. Επίσης διακρίνουμε πιο έντονη την διαφορά στην απόκριση των μικροφώνων Shure SM58 και Shure SM57 από ότι στην ηχογράφηση του snare, με το SM58 να λαμβάνει πιο πολύ ενέργεια σε χαμηλές συχνότητες από ότι το SM57.

2. Ηλετρικό Μπάσο (καμπίνα ενισχυτή)

- Πρώτη θέση μικροφώνου :




(Beyer Dynamic M88) *(AKG D112)*



(Shure SM 58)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :





(Beyer Dynamic M88) *(AKG D112)* *(Shure SM 58)*

- Τρίτη θέση μικροφώνου :



(Beyer Dynamic M88)



(AKG D112)



(Shure SM 58)

Οι ηχογραφήσεις στη θέση 1 δίνουν ένα ζεστό ήχο με καλή συχνοτική ισορροπία, πλησιάζοντας προς στον κώνο (θέση 2) έχουμε μια μικρή αύξηση στις υψηλές, ενώ στοχεύοντας τον κώνο του μεγαφώνου έχουμε έντονη αύξηση στην λήψη υψηλών συχνοτήτων. Ενδιαφέρον έχουν και σε αυτές τις ηχογραφήσεις οι συχνοτικές διαφορές των μικροφώνων, με το AKG D112 με το μεγάλο διάφραγμα να λαμβάνει αντιπροσωπευτικά το συχνοτικό εύρος της καμπίνας, το Beyer M88 να έχει μια αυξημένη ευαισθησία στις χαμηλές συχνότητες λόγω του έντονου proximity effect από το πολικού του διάγραμμα (Hyper-Cardioid) και τέλος το Shure SM58 να έχει χαμηλότερη ευαισθησία στις χαμηλές συχνότητες από τα άλλα μικρόφωνα.

3. <u>Ηλεκτρική κιθάρα (καμπίνα ενισχυτή)</u>

- Πρώτη θέση μικροφώνου (clean – distortion sound):





(Seinheiser MD 441) *(Shure SM 57)* *(Shure SM 58)*

- Πρώτη θέση μικροφώνου “distant miking” (clean - distortion sound):



(Neumann U89i cardioid, AKG solidtube, AKG C414 cardioid)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου (clean - distortion sound):




(Shure SM 58) *(Seinheiser MD 441)*



(Shure SM 57)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου “distant miking” (clean - distortion sound):



(AKG C414 cardioid)



(AKG Solid tube)



(Neumann u89i cardioid)

- Τρίτη θέση μικροφώνου “distant miking” (distortion sound):





(AKG C414 cardioid) *(AKG Solid tube)* *(Neumann u89i cardioid)*

Στις close miking τεχνικές της ηχογράφησης της καμπίνας κιθάρας (θέσεις 1 και 2 για τα μικρόφωνα Shure SM57, SM58 και Seinheiser MD441) για clean και distortion ήχο παίρνουμε αξιόλογο ήχο καμπίνας, ενώ στη δεύτερη θέση distant miking για τα u89, C414 και Solidtube παίρνουμε ένα πιο ζωντανό ήχο, λαμβάνοντας κάποιο ποσοστό της αντήχησης του χώρου. Οι distant ηχογραφήσεις στις θέσεις 1 και 3 λειτουργούν περισσότερο ως λήψης ambience και δίνουν περισσότερο την αντήχηση του χώρου για την πηγή παρά τον απευθείας ήχο της πηγής. Οι συγκεκριμένες ηχογραφήσεις είναι αρκετά χρήσιμες όταν τις μιξάρουμε με μια close ηχογράφηση της πηγής. Φυσικά οι συχνοτικές διαφορές λόγω των χαρακτηριστικών των μικροφώνων είναι αισθητές σε όλες τις ηχογραφήσεις.

4. <u>Σαξόφωνο</u>

- Πρώτη θέση μικροφώνου :




(AKG C414 cardioid) *(AKG C480/ CK61)*



(Neumann u89i cardioid)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :





(AKG C414 cardioid) *(AKG C480/ CK61)* *(Neumann u89i cardioid)*

- Τρίτη θέση μικροφώνου :




(AKG C414 cardioid) *(AKG C480/ CK61)*



(Neumann u89i cardioid)

Στις ηχογραφήσεις του σαξοφώνου παρατηρούμε ότι στη θέση 1 έχουμε περισσότερη λήψη υψηλών συχνοτήτων αφού τα μικρόφωνα στοχεύουν σχεδόν την καμπάνα του οργάνου, στη θέση 2 έχουμε μια πιο ισορροπημένη συχνοτικά λήψη στοχεύοντας περίπου στα κλειδιά του οργάνου όπου λαμβάνονται οι χαμηλές και μεσαίες συχνότητες του οργάνου, ενώ στη θέση 3 που τα μικρόφωνα βρίσκονται στην ίδια θέση με αυτή της θέσης 2 αλλά έχουν πιο απότομη γωνία κλίσης προς την καμπάνα του οργάνου έχουμε ένα ενδιάμεσο ηχόχρωμα που μοιάζει με αυτό της θέσης 2 αλλά έχει μια ελαφριά έμφαση σε υψηλές συχνότητες. Παρατηρούμε επίσης ότι το μικρόφωνο AKG C480 έχει χαμηλότερη ευαισθησία σε χαμηλές συχνότητες από τα άλλα δύο μικρόφωνα λόγω της μικρής κάψας που διαθέτει.

5. **Κρητική Λύρα**

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(AKG C414 cardioid) , (AKG C480/ CK61) , (Neumann u89i cardioid)

- Δεύτερη θέση μικροφώνου :



(AKG C414 cardioid) , (AKG C480/ CK61) , (Neumann u89i cardioid)

- Τρίτη θέση μικροφώνου :



(AKG C414 cardioid) , (AKG C480/ CK61) , (Neumann u89i cardioid)

Στη λήψη της κρητικής λύρας παρατηρούμε ότι στη θέση 1 τα μικρόφωνα λαμβάνουν έναν ισορροπημένο ήχο του οργάνου, ενώ στη θέση 2 παίρνουμε μεγαλύτερο ποσοστό υψηλών συχνοτήτων του οργάνου με αποτέλεσμα σε κάποιες νότες να “ξίνει” (να ακούγεται τραχύ), ενώ στη θέση 3 λαμβάνουμε πιο λεπτό τον ήχο του οργάνου και περισσότερο ήχο από το δοξάρι του εκτελεστή από τις άλλες θέσεις. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείτε ότι το μικρόφωνο AKG C480 έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στις υψηλές συχνότητες από τα άλλα δύο και αυτό οφείλεται στην μικρή κάψα που διαθέτει.

6. **Φωνητικά**

- Πρώτη θέση μικροφώνου :



(AKG C414 cardioid)



(AKG C480/CK61)



(Shure SM58 BETA)



(AKG Solid Tube cardioid)



(Neumann u89i cardioid)

Για την ηχογράφηση των φωνητικών δεν μπορούσαμε να στήσουμε τα μικρόφωνα έτσι ώστε οι κάψες τους να βρίσκονται στην κοντινότερη επιθυμητή θέση, έτσι ηχογραφήσαμε τη φωνητική εκτέλεση ξεχωριστά για κάθε μικρόφωνο. Λογικό είναι η εκτέλεση να μην ήταν ποτέ ίδια ακριβώς με την προηγούμενη λόγω του ανθρώπινου παράγοντα (καλλιτέχνη). Παρόλα αυτά προσπαθήσαμε να είναι όσο το δυνατόν όμοιες και τα μικρόφωνα να τοποθετηθούν περίπου στην ίδια θέση για κάθε ηχογράφηση αντίστοιχα. Έτσι μπορούμε να συγκρίνουμε σε γενικές γραμμές και να παρατηρούμε τις έντονες διαφορές στη συχνοτική απόκριση των μικροφώνων. Είναι φανερό ότι το δυναμικό μικρόφωνο Shure SM58 Beta έχει το πιο περιορισμένο συχνοτικό εύρος από τα άλλα μικρόφωνα δίνοντας και μια έμφαση στα 8 kHz. Τα C141, u89 και solidtube δίνουν μια καλή απεικόνιση της πηγής με το καθένα να ξεχωρίζει για τα διαφορετικά του χαρακτηριστικά λόγω απόκρισης, ενώ το C480 έχει τον πιο λεπτό ήχο από όλα αφού διαθέτει μικρή κάψα που δεν μπορεί να υποστηρίξει αντιπροσωπευτικά το εύρος της ανθρώπινης φωνής.

- STEREO RECORDINGS:

1. **Drum Set**

- Πρώτη ηχογράφηση :



M-S (AKG C414) , X/Y (AKG C1000 cardioid) , A-B Spaced (Neumann u89i cardioid)

- Δεύτερη ηχογράφηση :



M-S (Neumann u89i) , X/Y (AKG C414 cardioid) , A–B Spaced (AKG C1000s cardioid)

2. <u>Acoustic Guitar</u>

- Πρώτη ηχογράφηση :



A-B(Head Neck) – (AKG C414 cardioid) | A-B(Head Neck) –(AKG C1000s cardioid)



A-B(Head Neck) – (Neumann u89i cardioid)

- Δεύτερη ηχογράφηση :



A-B – (AKG C414 cardioid)



A-B – (AKG C1000s cardioid)



A-B spaced – (Neumann u89i cardioid)

3. Piano

- Πρώτη ηχογράφηση :



A-B spaced (AKG C414 cardioid, Neumann u89i cardioid)



A-B spaced (Earthworks - TC 30K)

Στις στέρεο ηχογραφήσεις πέρα από τις συχνοτικές διαφορές λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών των μικροφώνων που παρατηρήσαμε και στις close – distant miking τεχνικές, που σε γενικές γραμμές ισχύουν και εδώ, αξίζει να αναφέρουμε τις διαφορές στη στερεοφωνική εικόνα που παρατηρούμε. Ακούγοντας όλες τις στέρεο ηχογραφήσεις (drums, ακουστική κιθάρα, πιάνο) παρατηρούμε ότι η τεχνική spaced A-B δίνει την αίσθηση μεγαλύτερης στερεοφωνικής εικόνας (απλωμένη) αλλά αυτό πιθανόν να έχει φασικά προβλήματα σε αναπαραγωγή mono. Η τεχνική X-Y στα drums έχει καλύτερη απεικόνιση της πραγματικής χωροτοποθέτησης των πηγών σε σχέση με την spaced A-B, ενώ η M-S στα drums μας δίνει ακόμη καλύτερη άποψη της χωροτοποθέτησης, αφού διακρίνεται καλύτερα και το κέντρο της στερεοφωνικής εικόνας που στις άλλες δύο τεχνικές η έμφαση δίνεται περισσότερο στα άκρα (Left – Right). Επίσης αξίζει να αναφέρουμε ότι ενδιαφέρουσα είναι η τεχνική A-B Head Neck στην κιθάρα και η ηχογράφηση του πιάνου με το πιεζοηλεκτρικό μικρόφωνο PZM που ήταν κολλημένο στο καπάκι του πιάνου. Αυτή η ηχογράφηση βέβαια δεν συγκαταλέγεται στις στέρεο ηχογραφήσεις άλλα δεν είχαμε ξεχωριστή φωτογραφία που να το αποτυπώνει καλύτερα ώστε να την παρουσιάζαμε στις close – distant τεχνικές ηχογράφησης.

4.3 Χαρακτηριστικά Συσκευών

Τα μικρόφωνα που χρησιμοποιήθηκαν για τις ηχογραφήσεις είναι :

Shure - SM 57

Shure - SM 58

Shure – SM58 BETA

Shure – PG81

AKG - C 480B/CK61

AKG - Solid tube

AKG - D112

AKG – C 1000s

AKG - C 414 B-XLS

Neumann – U 89 i

Sennheiser - MD 441

Earthworks - TC 30K matched pair omnis

Beyer dynamic - M 88 TG

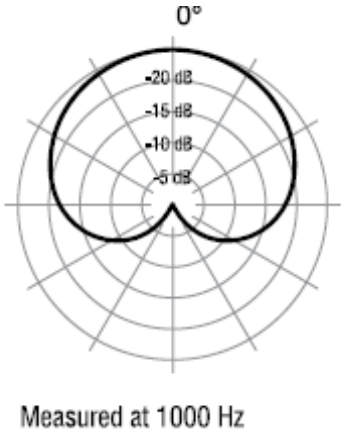
Crown – PZM-6 D

Παρακάτω παραθέτουμε τις προδιαγραφές του κάθε μικροφώνου βάση της κατασκευαστικής εταιρίας.

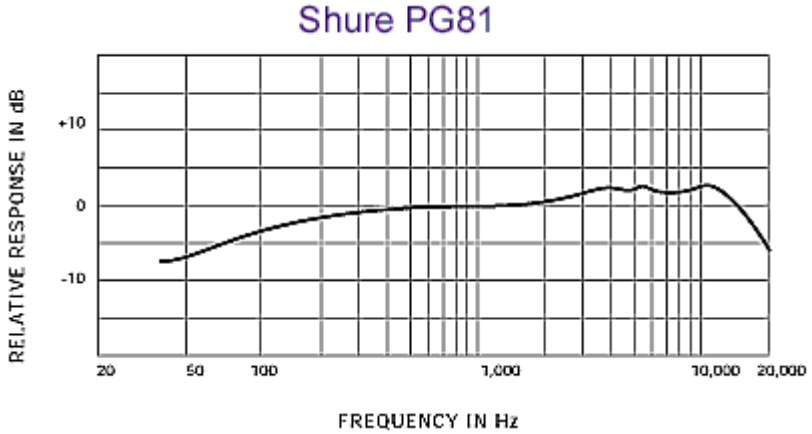
- ## Shure PG81

Microphone Type Condenser (electret bias)

Polar Pattern Cardioid (unidirectional), symmetrical about axis



Frequency Response 40 to 18,000 Hz



Polarity Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 relative to pin 3 of microphone output connector
Output Impedance (at 1000 Hz) 600 ohms
Sensitivity (at 1000 Hz) -48 dBV/Pa, (4.0 mV), 1 Pascal = 94 dB SPL
Electromagnetic Hum Sensitivity -7 dB equivalent SPL in a 1 millioersted field (60 Hz)
Switch Built-in On/Off switch
Recommended Input Load Impedance 800 ohms minimum
Output Clipping Level (1 kHz, 1 % THD) 2000 ohm load -13 dBV (0.22 V) (phantom)-17 dBV (0.14 V) (battery)

Maximum SPL 2000 ohm load: 131 dB (phantom), 127 dB (battery)

Self-Noise (Equivalent SPL) 20 dB typical, A-weighted

Dynamic Range (maximum SPL, 2k ohm load, to A-weighted noise level) 111 dB (phantom); 107 dB (battery)
Signal-to-Noise Ratio 68 dB (IEC 651)* at 94 dB SPL
Power Phantom Power
Supply Voltage: 11 to 52 Vdc

Current Drain: 2.0 mA max at 52 Vdc

Maximum External Voltage Applied to Pins 2 and 3 with respect to Pin 1: +52 Vdc

Reverse polarity protected to: 100 Vdc

Battery Power Recommended: 1.5 V alkaline AA size (NEDA 15A) Life: up to 10,000 hours

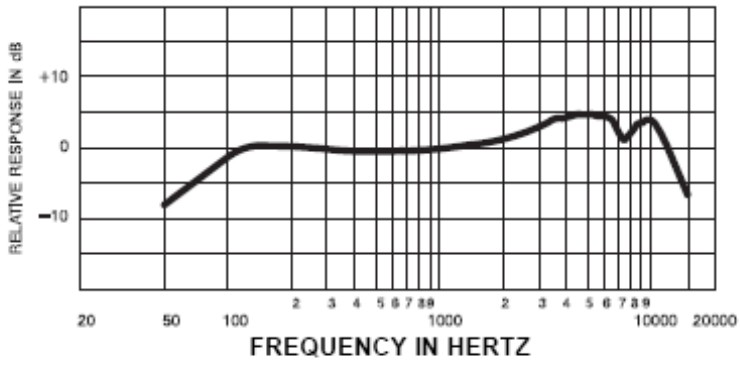
Connector Three pin professional audio connector (male XLR type)

Case Steel and brass construction with black painted finish
Environmental Conditions This microphone operates over a temperature range of -29 to 57 degrees Celsius (-20 to 135 degrees Fahrenheit), and at a relative humidity of 0 to 95%.
Weight Net: 250 g (8.8 oz) less battery
Packaged: 880 g (1 lb 15 oz)

- ## Shure Model SM57 Unidirectional Dynamic Microphone

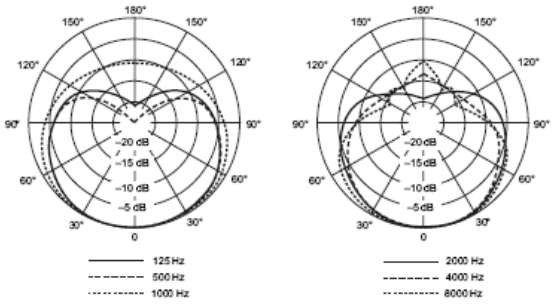


Type : Dynamic
Frequency Response : 40 to 15,000 Hz



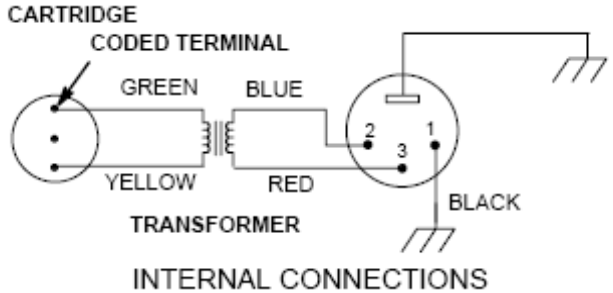
TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

Polar Pattern : Cardioid



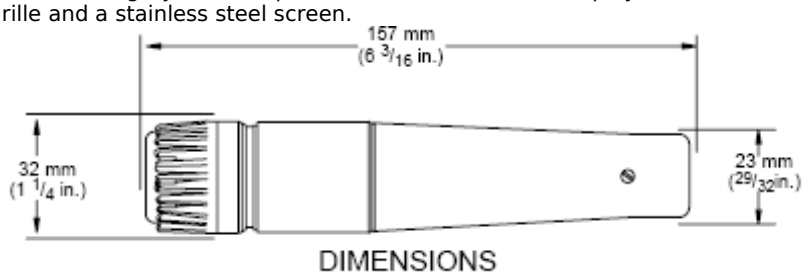
TYPICAL POLAR PATTERNS

Sensitivity (at 1,000 Hz) : Open Circuit Voltage: -56.0 dBV/Pa* (1.6 mV)
*(1 Pa = 94 dB SPL)
Impedance : Rated impedance is 150Ω (310Ω actual) for connection to microphone inputs rated low impedance.
Polarity : Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3.



INTERNAL CONNECTIONS

Connector : Three-pin professional audio connector (male XLR type)
Net Weight (without cable) : 284 grams (10 oz)
Case : Dark gray, enamel-painted, die-cast steel with a polycarbonate grille and a stainless steel screen.



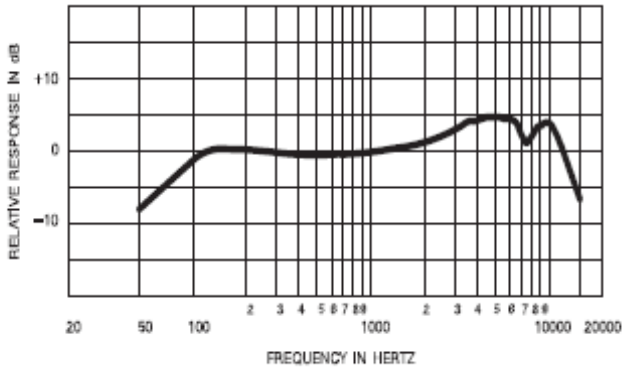
DIMENSIONS

- **Shure Model SM58 Unidirectional dynamic microphone**



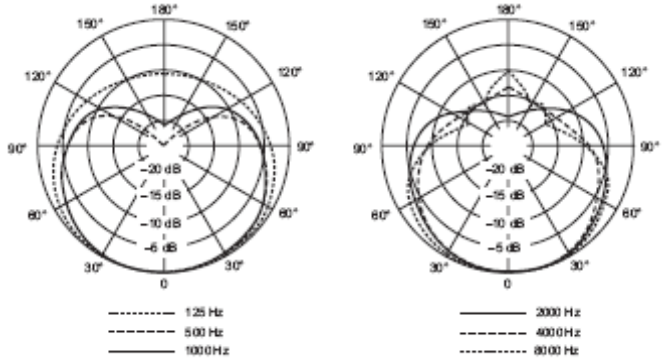
Type : Dynamic (moving coil)

Frequency Response : 50 to 15,000 Hz



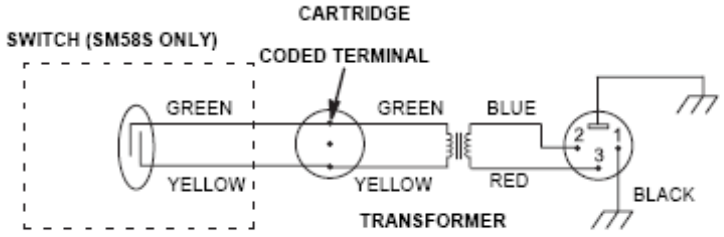
TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

Polar Pattern : Unidirectional (cardioid), rotationally symmetrical about microphone axis, uniform with frequency



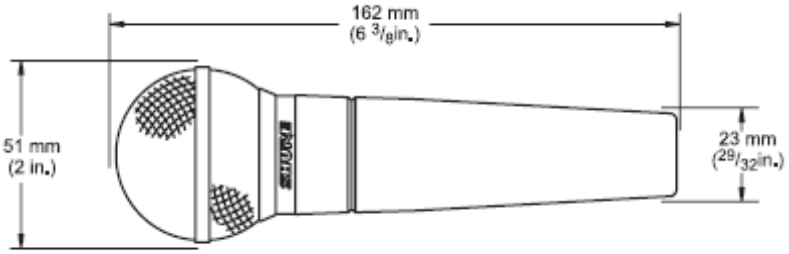
TYPICAL POLAR PATTERNS

Sensitivity (at 1,000 Hz Open Circuit Voltage) : –54.5 dBV/Pa (1.85 mV)
1 Pa = 94 dB SPL
Impedance : Rated impedance is 150Ω (300Ω actual) for connection to microphone inputs rated low impedance
Polarity : Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3
Internal Connections :



INTERNAL CONNECTIONS

Connector : Three-pin professional audio connector (male XLR type)
Case : Dark gray, enamel-painted, die cast metal; matte-finished, silver colored, spherical steel mesh grille



OVERALL DIMENSIONS

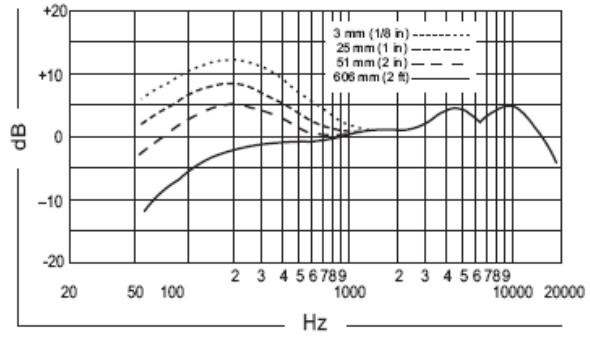
Net Weight : 298 grams (10.5 oz)

- **Shure Model BETA 58A Dynamic Microphone**



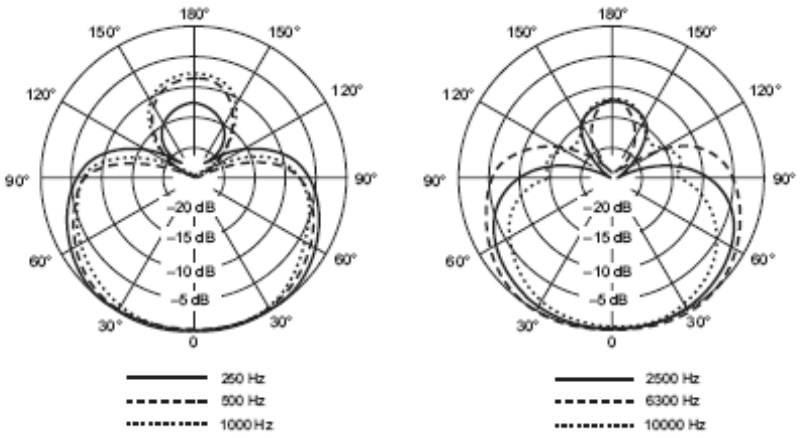
Type : Dynamic (moving coil)

Frequency Response : 50 to 16,000 Hz
NOTE: The curve below shows on-axis response at a distance of 2 feet from a uniform sound source. Your response may vary, depending on microphone position.



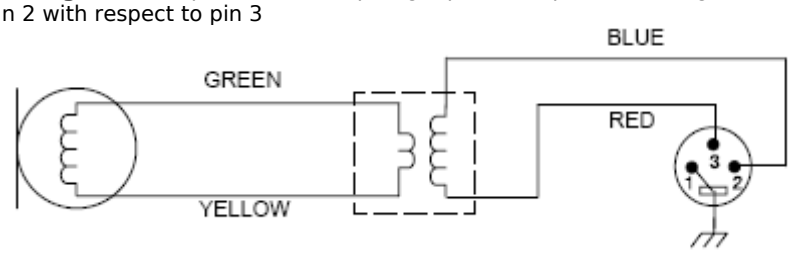
TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

Polar Pattern : Supercardioid, rotationally symmetrical about microphone axis, uniform with frequency



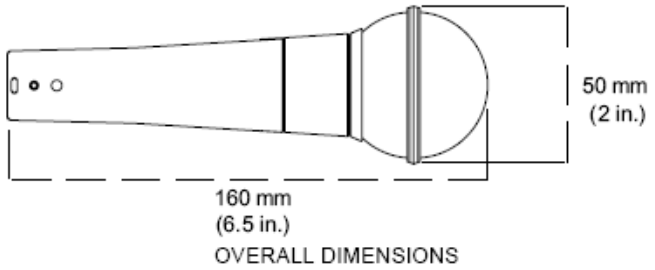
TYPICAL POLAR PATTERNS

Output Level (at 1,000 Hz) : Open Circuit Voltage: -51.5 dBV/Pa* (2.6 mV)
*1 Pa = 94 dB SPL
Impedance : Rated impedance is 150 Ω (290 Ω actual) for connection to microphone inputs rated low Z
Phasing : Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3



INTERNAL WIRING

Case : Silver blue enamel-painted die cast metal with hardened, mattefinished, spherical steel mesh grille
Adjustable, Stand Adapter : Slip-in microphone mounting, unbreakable, adjustable through 180° with standard 5/8"-27 thread, black finish
Dimensions :



OVERALL DIMENSIONS

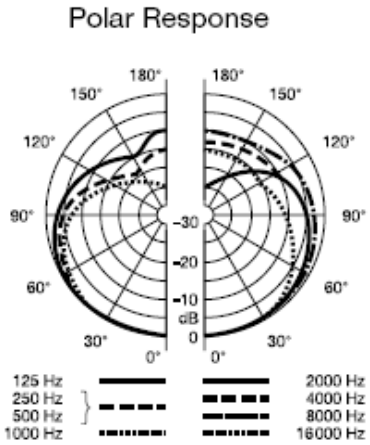
Net Weight : 278 grams (9.92 oz)

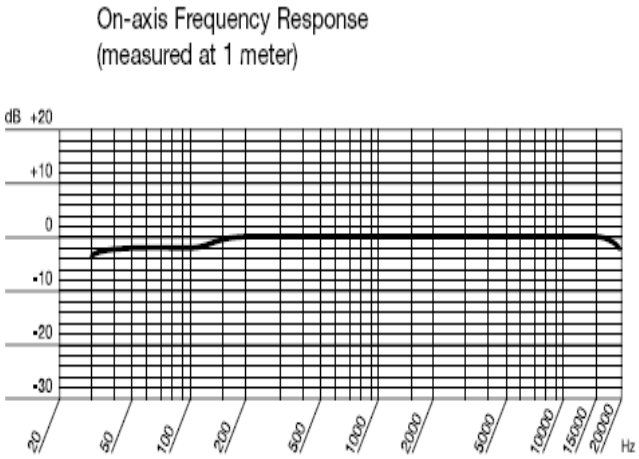
- **AKG C 480 B CK61**



Polar pattern: Hypercardioid/Directional

Frequency range: 20–20,000 Hz





Sensitivity: 25 mV/Pa (-32 dBV)

Max. SPL for 1 % THD: 124/134 dB

Equivalent noise level: 17 dB-A

Signal/noise ratio (A weighted): 77 dB

Preattenuation pad: -10 dB, switchable

Bass cut filter: 12 dB/octave at 75 Hz

Electrical impedance: 200 Ohms

Recommended load impedance: >1,000 Ohms

Power requirement: 9 to 52 V phantom power to DIN 45 596

Current consumption: <2 mA

Connector: bayonet mount

Finish: dark gray

Size: dia.: 19 mm (0.75 in.); length: 260 mm (10.2 in.)

Net/Shipping weight: 80/500 g (2.8 oz./1.1 lb.)

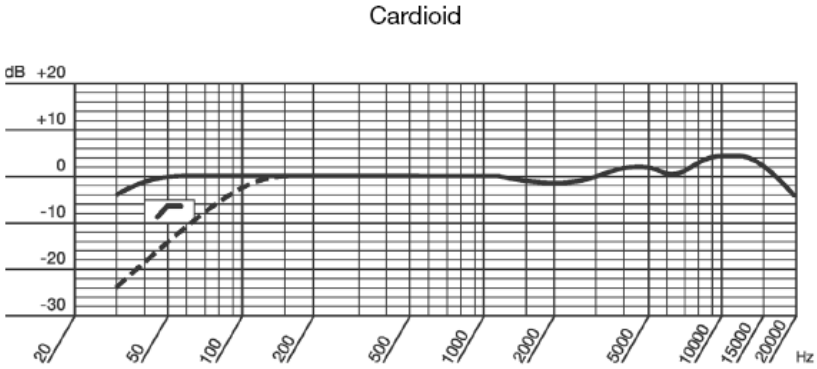
Standard accessory: W 98

Optional accessories: H 30, H 38, SA 38/H

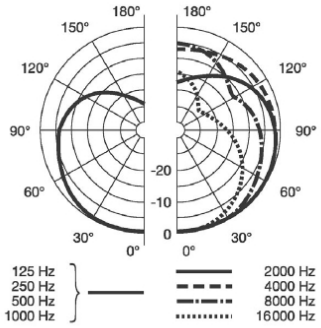
- **AKG Solitude Condenser Microphone**



Transducer type : 1 in. (25 mm) diaphragm pressure gradient
Diaphragm material: Gold-sputtered mylar foil
Tube type: ECC 83 (12AX7)
Frequency response: 20 Hz - 20 kHz



Polar pattern: Cardioid



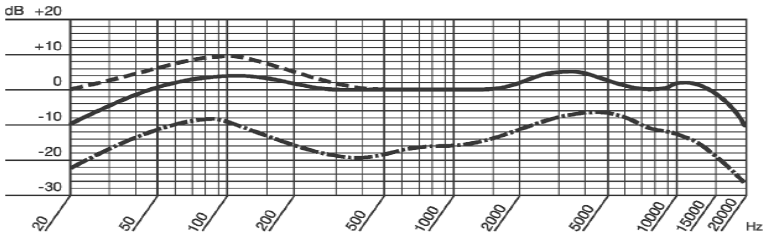
Impedance: 200 ohms ±25%
Recommended load impedance: greater than 600 ohms
Sensitivity at 1 kHz: 20 mV/Pa; -34 dB (dB re 1 V)
Equivalent noise level (A-weighted): 20 dB-A (DIN 45412)
Sound pressure level for 3% THD: 130 dB (145 dB SPL with -20 dB pre-attenuation)
Dynamic Range: 110 dB
S/N ratio re 1 Pa (A-weighted): 74 dB
Pre-attenuation switch: -20 dB
Low frequency roll-off: 12 dB/octave below 100 Hz
Current consumption: less than 2 mA
Microphone size: 2.5” (63.5 mm) diameter , 8.6” (219 mm) length
Microphone net weight: 2 lb. (0.92 kg)

- **AKG D 112 Bass Dynamic Microphone**

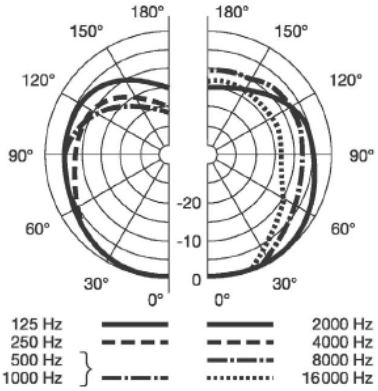


Transducer type: Dynamic pressure gradient

Frequency response: 20 Hz-17 kHz



Polar pattern: Cardioid

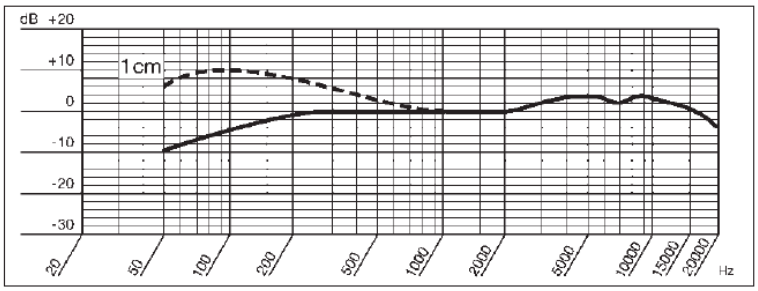


Impedance: 210 ohms
Output connector: XLR-M
Sensitivity: 1.8 mV/Pa; -55 dB (re 1 V)
Sound pressure level for 1% /3% THD: virtually unmeasurable
Size: 5.9” x 2.8” x 4.5”(150 mm x 70 mm x 115 mm)
Net weight: 11.3 oz. (320 g)
Shipping weight: 2.2 lb. (990 g)

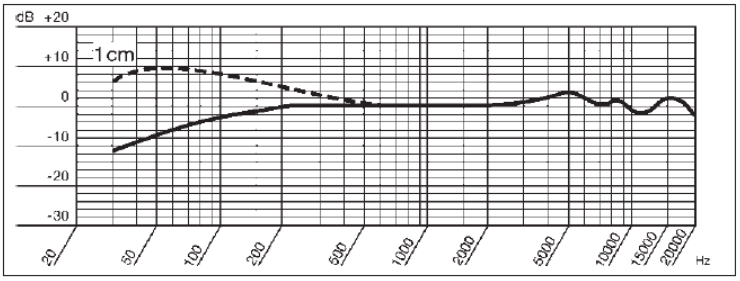
- **AKG C1000S**



Frequency Range: 50 Hz to 20 kHz

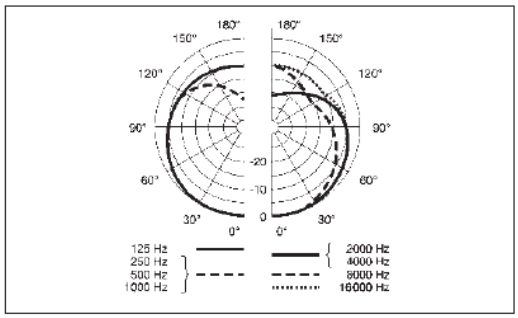


(Cardioid)

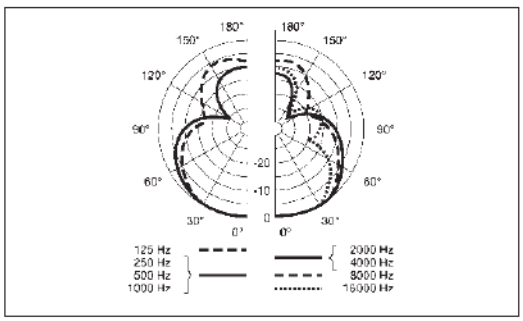


(Hyper– Cardioid)

Pickup Patterns: cardioid , hypercardioid with PPC1000S polar adapter Sensitivity: 6 mV/Pa



(Cardioid)



(Hyper – Cardioid)

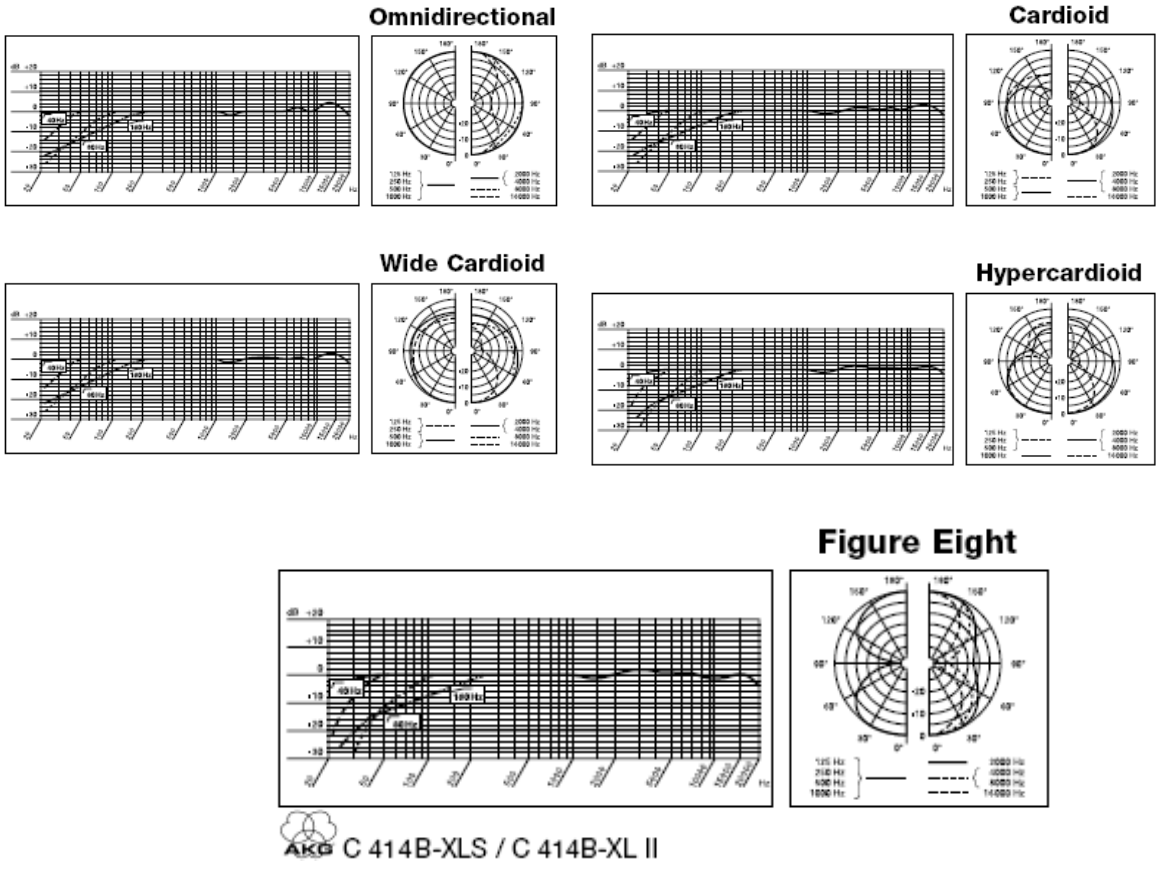
Impedance: 200 ohms
Equivalent Noise Level: 19 dB(A)
Maximum SPL for 0.5% THD: 137 Db
Power Requirement: 9 to 52 Vdc/9V Battery
Size: 1.3" diameter x 8.7"
Net/Shipping Weight: 9.7 oz/1.8 lbs

- ## AKG C 414 B-XLS



Polar pattern : cardioid, hypercardioid, omnidirectional, figure-eight

Frequency range : 20 to 20,000 Hz



Sensitivity : 12.5 mV/Pa (-38 dBV)

Max. SPL : 140/150/160 dB (THD=0.5%)

Equivalent noise level (CCIR 468-3) : 25 dB

Equivalent noise level : 14 dB-A

Signal/noise ratio (A-weighted) : 14 dB-A

Preattenuation pad : 10 dB, 20 dB, selectable

Bass filter : 12 dB/octave at 75 or 150 Hz

Impedance : 180 ohms

Recommended load impedance : >1000 ohms

Supply voltage : 9 to 52 V phantom power to DIN 45596

Powering : <2 mA

Connector : 3-pin XLR

Finish : matte black/silver

Dimensions : 141 x 45 x 35 mm / 5.6 x 1.8 x 1.4 in.

Net weight : 320 g / 11.3 oz.

Shipping weight : 920g / 2 lbs.

Patent(s) : Electrostatic transducer (Patent no. AT 395.225, DE 4.103.784, JP 2.815.488)

- ## Neumann – U 89 i



Variable large diaphragm microphone

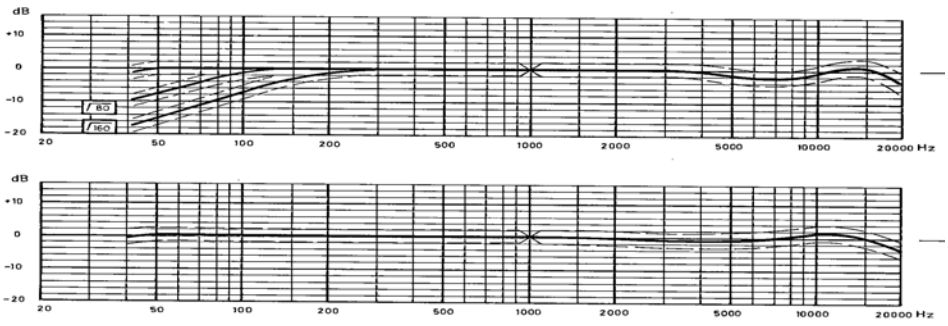
Pressure-gradient transducer with double membrane capsule

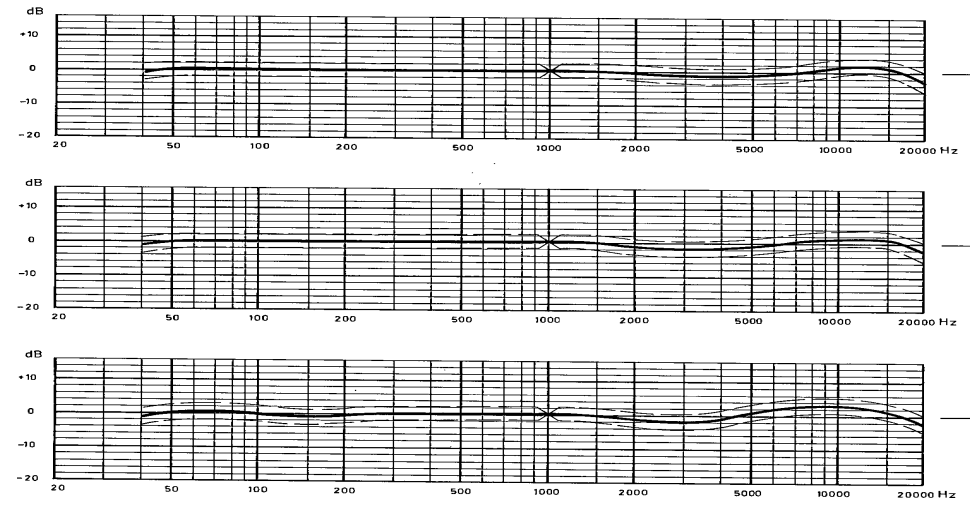
Five directional characteristics: omni, wide angle cardioid, cardioid, hypercardioid, figure-8 Thereby most versatile in all recording situations

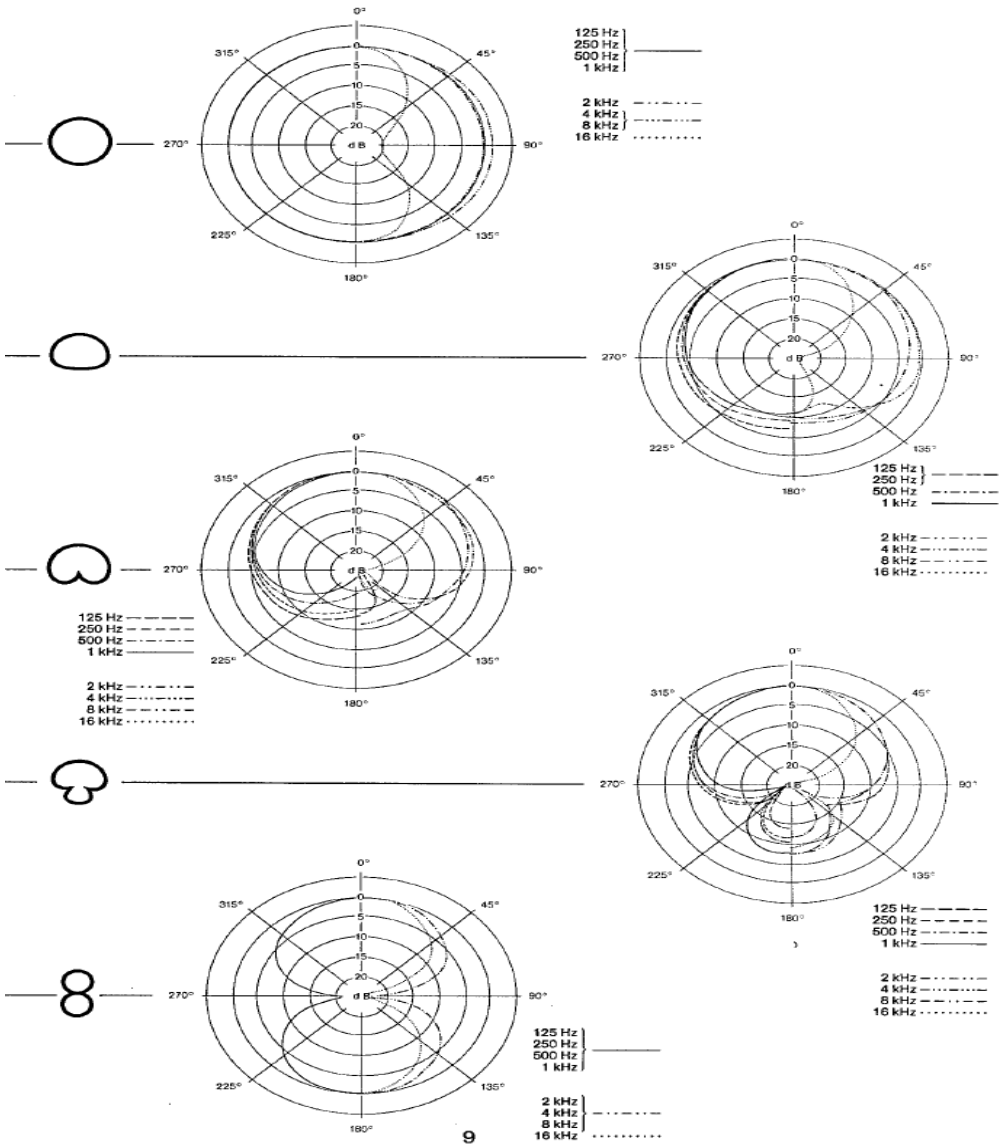
Two-stage roll-off filter

Switchable 10 dB pre-attenuation

Extended frequency range in comparison to U 87 Ai




dB
+10
0
−10
−20
20
50
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000 Hz


0°
45°
90°
135°
180°
225°
270°
315°
d B
125 Hz
250 Hz
500 Hz
1 kHz
2 kHz
4 kHz
8 kHz
16 kHz

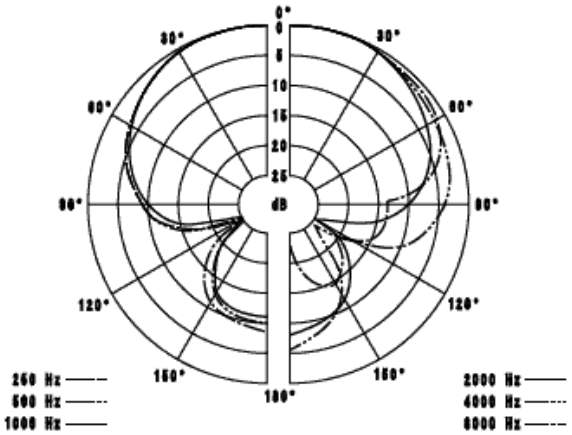
9

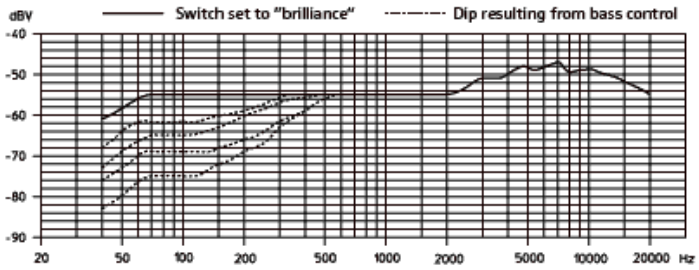
- **Sennheiser - MD 441**



Technical Data

Pick-up pattern .....super-cardioid
Frequency response .....30 – 20,000 Hz
Sensitivity (free field, no load, 1 kHz).....1.8 mV/Pa ± 2 dB
Nominal impedance ..... 200 Ω
Min. terminating impedance..... 1 kΩ
Dimensions .....270 x 33 x 36 mm
Weight .....approx. 450 g

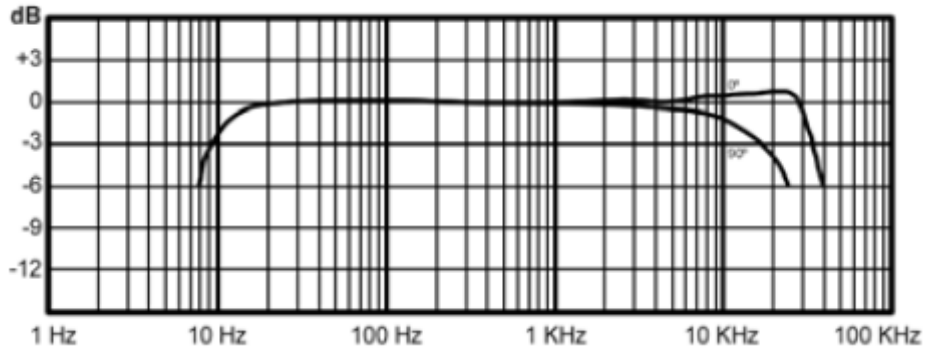




- **TC30 Omnidirectional Microphone**



Frequency response : 9Hz to 30kHz +1/-3dB



Polar Pattern : Omnidirectional (Fig. 4)

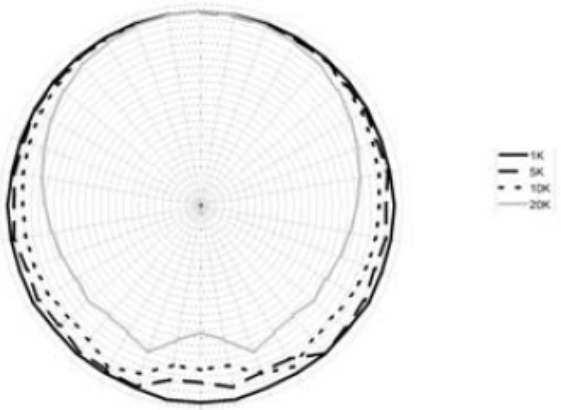


Fig. 4. Polar Response (Typical) of TC30, 1dB/div.

Sensitivity : 8mV/Pa (Typical)

Power Requirements : 48V Phantom, 10mA

Peak Acoustic Input : 150dB SPL

Output : XLR (Fig. 1)

Output Impedance : 100Ω, balanced (50Ω ea. pin 2 & 3)

Minimum Load : 600Ω btw. pins 2 & 3

Noise : 27dBA equivalent

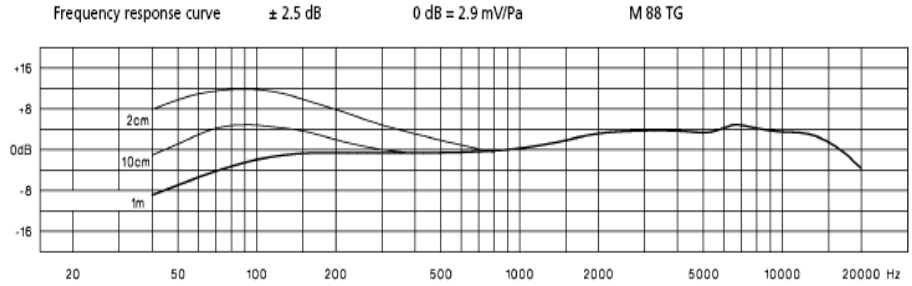
Dimensions : L x D 229 x 22 mm (9 x .860 in.)

Weight: 225g (.5lb)

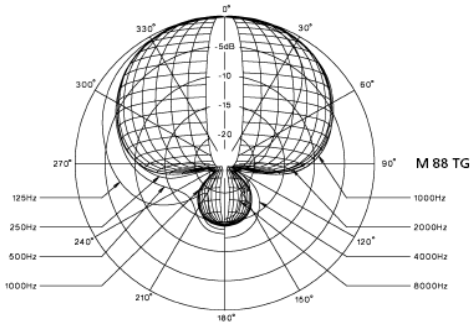
- **Beyer dynamic - M88 TG**



Transducer type : Dynamic
Operating principle : Pressure gradient
Frequency response : 30 - 20,000 Hz



Polar pattern : Hypercardioid



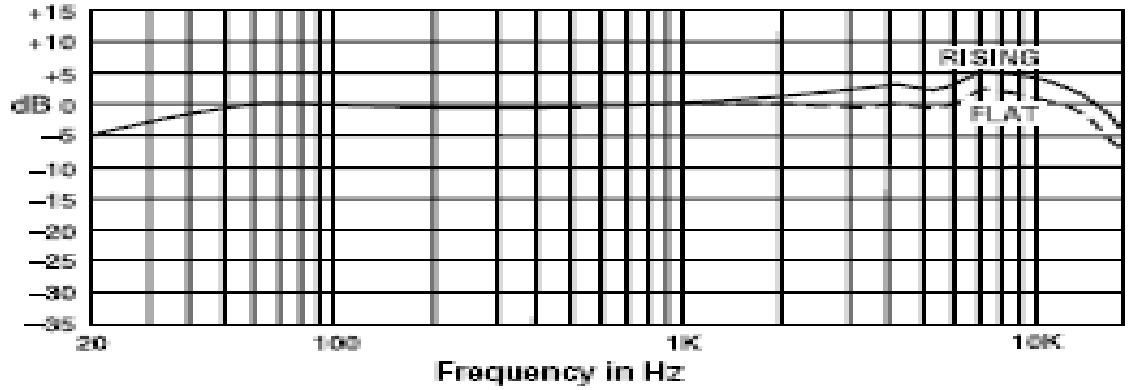
Rear attenuation at 1 kHz : > 23 dB at 120°
Open circuit voltage at 1 kHz(0 dB = 1 V/Pa) . . . . . 2.9 mV/Pa
Magnetic field suppression : > 20 dB at 50 Hz
Nominal impedance : 200 Ω
Load impedance : ≥ 1000 Ω
Diaphragm : Hostaphan®
Casing : Brass
Connection : 3-pin XLR male
Dimensions : Length: 181 mm
Weight (without cable) : 320 g

- **Crown – PZM-6 D**

Type: Pressure Zone Microphone.

Transducer: Electret condenser.

Frequency response: 20 Hz to 20 kHz. See Fig. 1.



Polar pattern: Hemispherical when used on a floor,wall or ceiling.
Open circuit sensitivity: 7 mV/Pa* (–43 dB re 1volt/Pa).
Power sensitivity: –43 dB re 1 mW/Pa. EIA sensitivity–135 dBm.
Impedance: 240 ohms, balanced. Recommended minimum load impedance 1000 ohms.
Self-noise: 20 dB equivalent sound pressure level,A-weighted.
S/N ratio: 74 dB at 94 dB SPL.
Maximum Sound Pressure Level: 150 dB SPL at the microphone produces 3% THD.
Polarity: Positive pressure on the diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3 of the output connector.
Operating voltage: Phantom power, 12 to 48 volts DC, positive voltage on pins 2 and 3 with respect to pin 1 of the output connector.
Current drain: 1.1 mA.
Connector: Male 3-pin XLR-type.
Cable:PZM-6D: Permanently attached 15-foot (4.58-m) black cable with XLRM connector. Model
Switch: Frequency-response select switch for rising or fl at response.
Color: Black.
Weight: 6.5 ounces (184 grams).
Dimensions:
PZM-6D: 3 in x 2.5 in. x .375 in. (7.62 cm x 6.35cm x .95 cm).
Included accessories: PZM windscreen, carrying pouch.
Optional accessories: PH-1A phantom power supply
(1 channel, battery or AC-adapter powered).

Οι συσκευές που χρησιμοποιήσαμε για τις ηχογραφήσεις μας:

- **M-AUDIO DELTA 1010**



10 x 10 24-bit/96kHz full-duplex recording interface.
8 x 8 analog I/O on balanced/unbalanced 1/4” TRS.
S/PDIF digital I/O (coaxial) with 2-channel PCM.
Digital I/O supports surround-encoded AC-3 and DTS pass-through.
Up to 24-bit/96kHz fidelity.
1 x 1 MIDI I/O.
Analog outs can directly drive up to 7.1 surround.
+4dBu/-10dBV operation individually switched on rack-mount unit .
Word clock I/O for sample-accurate device synchronization.
Zero-latency monitoring.

- ***Audient ASP 8024***



FREQUENCY RESPONSE:
Mic input to Mix output <+0,-0.3dB 20Hz-20kHz @ 6-40dB gain.

Line input to Mix output <+0,-0.3dB 20Hz-20kHz @ 0dB gain.

THD AND NOISE AT +20dB OUTPUT:
Mic XLR input to any output <0.005% at 1kHz

Line input to any output <0.005% at 1kHz

Tape input to any output <0.003% at 1kHz

NOISE:

Mic EIN (20-20kHz, 150R source) <-127.5dBu

Bus noise (no inputs routed) <-93dBu

Bus noise (36 inputs routed) <-78dBu

MIC CMRR *:*
70dB (Min gain) 75dB (Max gain)

CROSSTALK AND MUTE ATTENUATION AT 1kHz:
Short fader Mute >90dB

Long fader Mute >90Db

Mix assign >90dB

Bus assign >90dB

MAXIMUM INPUT :
Mic >+21dBu (min gain)

Line >+30dBu (min gain)

Insert return >+21dBu

MAXIMUM OUTPUT INTO 2k OHMS:
Mix output >+26dBu

Bus output >+26dBu

Aux output >+26dBu

Insert send >+21dBu

Monitor, Studio,

F/B outputs >+21dBu

DIMENSIONS (mm):
ASP8024-48PB 48 channel console with patchbay 2850 x 1065 x 990

- ***MOTU Traveler Firewire Audio Interface****



Τα χαρακτηριστικά δεν είναι διαθέσιμα από την κατασκευάστρια εταιρία στο διαδίκτυο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bryce R. "**Music Engineering.**" Newnes Publications, 2nd Edition, 2001.

- Everest F. Alton | Pohlmann C. Ken "**Master Handbook of Acoustics.**" McGraw-Hill, 5th Edition, 2009.

- Davis Gary | Jones Ralph. "**YAMAHA Sound Reinforcement Handbook.**" Hal Leonard Corporation, 2nd Edition, 1989.

- Owsinski, B. "**The Recording Engineer's Handbook**." Hal Leonard Corporation, 2005.

- Gibson, B. "**Advice on Microphone Techniques**." Pro Audio Press, 2002.

- Huber, M. David | Runstein, E. Robert. "**Modern Recording Techniques.**" Focal Press, 6th Edition, 2005.

- Eargle J. "**The Microphone Book.**" Focal Press, 2nd Edition, 2005.

- Moulton D. "**Total Recording**". KIQ Productions, 2000.

- Σκαρλάτος Δ. "**Εφαρμοσμένη Ακουστική.**" Εκδόσεις ΦΙΛΟΜΑΘΕΙΑ, 2η Έκδοση, 2003.

- Δώδης Δ. "**Ηχοληψία.**" Εκδόσεις ΙΩΝ, 3η Έκδοση, 2001.

- Eargle, M. John. "**Μουσική Ακουστική Τεχνολογία.**" Εκδόσεις ΙΩΝ, 2η Έκδοση, 1999.

- Gerhart Boré | Stephan Peus "**Microphones for Studio and Home-Recording Applications.**" Georg Neumann GmbH, 1999.

- Douglas McKinnie "**Coincident Microphone Techniques for Three-Channel Stereophonic Reproduction**" The Institute of Sound Recording papers, University of Surrey, 1997.

- Ville P. "**Microphone techniques and directional quality of sound reproduction**" Audio Engineering Society, 112th Convention, 2002.

- Williams M. "**Unified Theory of Microphone Systems for Stereophonic Sound Recording**" 82nd AES Convention, 1987.

- Cotton j. "**Ribbon Microphones On Test**" Sound on Sound Magazine, Issue November 2007.

- White P. " **The Art Of Miking Acoustic Instruments**" Sound on Sound Magazine, Issue September 1995.

- Ξενικάκις Δ. "Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, **Ηχοληψία Ι**" 2004.

- Ξενικάκις Δ. "Σημειώσεις του Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής,**Ηχοληψία ΙΙ.**" 2005.

- Λιανδράκης Σ. | Μάμος Α. "Πτυχιακή εργασία για το Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής (**Τεχνικές Stereo Ηχογράφησης μεγάλου μουσικού συνόλου σε κλειστό χώρο)**. "

- Μπακάλης Γ. "Πτυχιακή εργασία για το Τ.Ε.Ι Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής (**Στερεοφωνικά ζεύγη μικροφώνων – Συκγριτική παρουσίαση και αξιολόγηση τους)**." 2007

ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ:

http://www.wikipedia.org

http://www.wikirecording.org

http://www.wikimusician.org

http://www.doghousenyc.com

http://www.dpamicrophones.com/en/Download/miking-a-grand-piano.aspx

http://www.dpamicrophones.com/en/Download/Stereo%20Recording.aspx

http://www.soundonsound.com/sos/aug99/articles/micfaq.htm

http://old.hfm-detmold.de/eti/projekte/semesterarbeiten/semesterarbeiten.html