

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΧΕΙΟΥ ΔΥΟ ΔΡΟΜΩΝ





**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Α.Τ.Ε.Ι ΡΕΘΥΜΝΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΧΕΙΟΥ ΔΥΟ ΔΡΟΜΩΝ.**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΑΚΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΚΑΡΑΔΕΛΟΓΛΟΥ ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ &
ΧΡΗΣΤΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ**

ΡΕΘΥΜΝΟ 2012

Ευχαριστίες

Πριν ξεκινήσω την παρουσίαση αυτής της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους έμμεσα και άμεσα με βοήθησαν ώστε να φέρω εις πέρας αυτή την πτυχιακή εργασία. Ιδιαίτερα τους : Επιβλέποντες καθηγητές μου Πρόδρομο Καραδελόγλου και Χρήστο Χρήστου καθώς και τους Καθηγητές Σπύρο Μπρέζα και Στέλιο Πιοτογιαννάκη για την βοήθεια τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Σχεδιασμός και κατασκευή ηχείου δυο δρόμων» εκπονήθηκε από τον Παναγιώτη Αποστολάκο , φοιτητή του ΠΤΘ εξαμήνου του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής Ρεθύμνου υπό την επίβλεψη των Καθηγητών Καραδελόγλου Πρόδρομο και Χρήστο Χρήστου και ολοκληρώθηκε τον μήνα Απρίλιο του έτους 2012.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η κατασκευή και η μελέτη ενός ηχείου δύο δρόμων. Στόχος ήταν να γίνει σαφής ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζεται ένα ηχείο, όλα τα στάδια μελέτης και κατασκευής του αναλυτικά, καθώς και μετέπειτα μελέτη για να δούμε πώς συμπεριφέρεται και το πώς εκπέμπει στο χώρο, αλλά και τις απαραίτητες διορθώσεις που χρειάζεται ώστε η συμπεριφορά του να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη. Ο κύριος άξονας που στηρίχθηκαν οι κατασκευαστικές επιλογές ήταν ο οικονομικός, στην προσπάθεια να κρατηθεί το κόστος της κατασκευής όσο το δυνατόν χαμηλότερο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Περιεχόμενα.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Πρόλογος- Εισαγωγή	
Πρόλογος.....	7
Εισαγωγή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ιστορική Αναδρομή	
2.1. Τα πρώτα μεγάφωνα.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Σχεδιασμός και ανάλυση crossover	
3.1. Φίλτρο διαχωρισμού συχνοτήτων (crossover)	21
3.2. Κατασκευή crossover.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.	
4.1 Τύποι μεγαφώνων.....	27
4.1.1 Ηλεκτροδυναμικά Μεγάφωνα.....	27
4.1.2 Ηλεκτροστατικά Μεγάφωνα.....	28
4.1.3 Μεγάφωνα ταινίας.....	29
4.1.4 Πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα.....	30
4.1.5 Μεγάφωνα Μετασχηματισμού κίνησης αέρα (AMT HEIL)....	31
4.1.6 Μεγάφωνα Ιονισμού.....	32
4.1.7 Μεγάφωνα μαγνητοστατικά.....	33
4.1.8 Μεγάφωνα NXT.....	34
4.2 Τα μεγάφωνα της κατασκευής.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Καμπίνες ηχείων.....	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Σχεδιασμός και κατασκευή της καμπίνας του ηχείου.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ηχείου.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Προοπτικές για την βελτίωση του ηχείου.	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Συμπεράσματα.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ10. Βιβλιογραφία.....	60

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι να σχεδιάσω και κατασκευάσω ένα ηχείο δύο δρόμων. Στη σχεδίαση αυτού του ηχείου προσπάθησα να πετύχω όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα με τα πιο φθηνά υλικά. Για την κατασκευή του ηχείου χρησιμοποίησα δύο μεγάφωνα: ένα μεγάφωνο για τις χαμηλομεσαίες συχνότητες και το άλλο μεγάφωνο για τις υψηλομεσαίες και υψηλές συχνότητες.

Η διαχώριση των συχνοτήτων θα γίνεται με την κατασκευή ενός φίλτρου διαχωρισμού συχνοτήτων (crossover) ώστε οι συχνότητες να διαχωρίζονται ανάλογα με τον τύπο του κάθε μεγαφώνου ώστε να μην υπάρξει καμία καταστροφή μεγαφώνου αλλά και να αποδώσει το κάθε μεγάφωνο το μέγιστο των δυνατοτήτων του.

Το ηχείο έχει όγκο 4,5 λίτρα και ο τύπος του είναι bass-reflex και έχει διάμετρο 40mm και συνδέεται σε σωλήνα PVC μήκους 150mm με πάχος τοιχωμάτων 3mm.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ηχείο ονομάζουμε ένα τύπο κουτιού το οποίο έχει κάποια μεγάφωνα τα οποία είναι ενσωματωμένα στο εσωτερικό του. Το μεγάφωνο (speaker) είναι ένας ηλεκτροακουστικός μετατροπέας που μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε ήχο. Το μεγάφωνο κινείται σύμφωνα με τις διακυμάνσεις του ηλεκτρικού σήματος που δέχεται στην είσοδο του και προκαλεί ηχητικά κύματα στην έξοδο του που διαδίδονται μέσω ενός μέσου όπως ο αέρας ή το νερό.

Τα βασικά μέρη ενός ηχείου για να λειτουργήσει είναι:

1. Το κουτί (καμπίνα).
2. Το μεγάφωνο χαμηλών συχνοτήτων το οποίο συντονίζεται με την καμπίνα για την σωστή λειτουργία και απόδοση των χαμηλών συχνοτήτων.
3. Το μεγάφωνο υψηλών συχνοτήτων το οποίο αναλαμβάνει την αναπαραγωγή των μέσω-υψηλών συχνοτήτων.
4. Το crossover (παθητικό συνήθως) για τον διαχωρισμό συχνοτήτων προς το μεγάφωνο χαμηλών συχνοτήτων και προς το μεγάφωνο μέσω-υψηλών.

Γενικά, αναφορικά με τα μεγάφωνα τα περισσότερα συστήματα ηχείων απασχολούν περισσότερα από ένα μεγάφωνα, με σκοπό την ακριβή αναπαραγωγή όλων των ακουστικών συχνοτήτων. Ανάλογα με τις αναπαραγόμενες συχνότητες μπορούμε να χωρίσουμε τα μεγάφωνα στις εξής γενικές κατηγορίες:

- i) Υπογούφερ (subwoofer), για τις πολύ χαμηλές συχνότητες από 30 Hz μέχρι 300 Hz .
- ii) Γούφερ (woofer), για τις χαμηλές συχνότητες από 30 Hz μέχρι 500 Hz.
- iii) Μιντ ρειντζ (mid-range), για τις μεσαίες συχνότητες από 500 Hz μέχρι 6000 Hz.
- iv) Τουίτερ (tweeter), για τις υψηλές συχνότητες από 1500 Hz μέχρι 6000-8000 Hz .

- v) Σούπερ τουίτερ (super tweeter), για τις υψηλότερες συχνότητες από 10000 Hz και πάνω .

Οι όροι για διαφορετικούς τύπους ηχείων διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή τους. Σε δίδρομα συστήματα δεν υπάρχει οδηγός mid-range, οπότε το έργο της αναπαραγωγής των μεσαίων συχνοτήτων βαρύνει το γούφερ και τουίτερ. Όταν σε ένα ηχείο υπάρχουν παραπάνω από ένα μεγάφωνο χρησιμοποιείται ένα φίλτρο (filter network), που ονομάζεται crossover, το οποίο χωρίζει το εισερχόμενο σήμα σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων ώστε να δρομολογηθεί στο κατάλληλο μεγάφωνο. Ένα σύστημα ηχείων με n ξεχωριστές ζώνες συχνοτήτων περιγράφεται ως “n δρόμων ηχείο” πχ. ένα δύο δρόμων ηχείο θα έχουν ένα woofer και ένα tweeter ενώ ένα τριών δρόμων ηχείο απασχολεί ένα woofer , ένα mid-range , και ένα tweeter. Στην επόμενη σελίδα φαίνονται κάποιες εικόνες μεγαφώνου και διαφόρων ηχείων.

Τα βασικά μέρη του ηχείου αυτής της πτυχιακής είναι:

1. Το κουτί (καμπίνα)
2. Το μεγάφωνο χαμηλών συχνοτήτων (woofer) το οποίο συντονίζεται με την καμπίνα για την σωστή λειτουργία και απόδοση των χαμηλών συχνοτήτων
3. Το μεγάφωνο υψηλών συχνοτήτων (tweeter) το οποίο αναλαμβάνει την αναπαραγωγή των μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων.
4. Το crossover (παθητικό συνήθως) για τον διαχωρισμό συχνοτήτων προς το woofer και προς το tweeter για τις αντίστοιχες συχνότητες.



Σχήμα 1.1. Ένα φθινό, χαμηλής πιστότητα 3 ½ ιντσών μεγάφωνο συνήθως βρίσκονται σε μικρά ραδιόφωνα.



Σχήμα 1.2 .Ένα δύο δρόμων ηχείο.



Σχήμα 1.3. Ένα τριών δρόμων ηχείο.

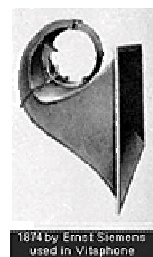
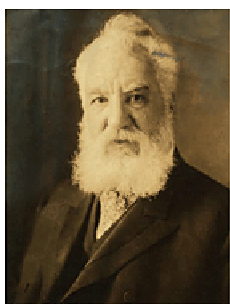


Σχήμα 1.4. Ένα τεσσάρων δρόμων ηχείο.

Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του μεγαφώνου ξεκινά στα τέλη του 19^{ου} αιώνα παράλληλα με τις μεγάλες εφευρέσεις και επιστημονικές ανακαλύψεις της εποχής. Αυτή η ιστορία, φυσικά, δεν σταματάει κάπου αλλά θα συνεχίζεται συνέχεια με νέες τεχνολογίες. Παρακάτω ακολουθεί ένα σύντομο ιστορικό.

1874: Ο Γερμανικός εφευρέτης και βιομήχανος Ernst Werner von Siemens ήταν ο πρώτος που περιέγραψε τη “δυναμική” της συσκευή με κινούμενο πηνίο χωρίς όμως να περιγράψει καμία χρήση του για ήχο.



Η κατασκευή του Siemens ήταν ένα κυκλικό πηνίο τυλιγμένο με ένα κομμάτι σύρματος μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο στηριγμένο ώστε να μπορεί να κινηθεί αξονικά. Είχε καταθέσει στις ΗΠΑ αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για μια «μαγνητο-ηλεκτρική συσκευή» με σκοπό «την μηχανική μετακίνηση ενός ηλεκτρικού πηνίου από ηλεκτρικά ρεύματα που μεταφέρονται μέσω αυτού» στις 20 Γενάρη 1874 και έλαβε αρ. ευρεσιτεχνίας 149.797 στις 14 Απριλίου.

1876: Ο Alexander Graham Bell εφεύρε την πατέντα του πρώτου ηλεκτρικού μεγάφωνου για την ηχητική μετάδοση (δυνατότητα αναπαραγωγής κατανοητής (intelligible) ομιλίας ως μέρος του τηλεφώνου του και κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1876 .

1877: Μετά τον Bell δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ηχείο χορηγήθηκε στον Siemens από την Γερμανία (Αρ. ευρεσιτεχνίας 2355) και καταχωρήθηκε στις 14 Δεκεμβρίου του 1877 για ένα μη-μαγνητικό διάφραγμα το οποίο προκαλεί απευθείας μετάδοση ήχου από ένα transducer κινητού πηνίου. Αυτό είναι το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το μεγάφωνο-κέρατο που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στους περισσότερους φωνογράφους εκείνης της εποχής.



Το Γερμανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του χορηγήθηκε στις 30 Ιουλίου 1878 και το Βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του με Αρ. 4685 χορηγήθηκε την 1 Φεβρουαρίου του 1878. Πιστεύεται ότι και ο Nikola Tesla είχε δημιουργήσει μια παρόμοια συσκευή το 1881.

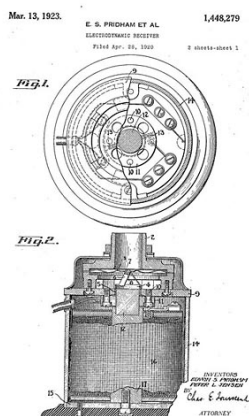


1877: Thomas Edison ο Αμερικανός εφευρέτης και επιχειρηματίας κάνει το ντεμπούτο του με το φωνογράφο του το 1878.

1898: Ο Άγγλος Sir Oliver Lodge, έκανε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις 27 Απριλίου 1898 με αριθμό 9712, για ένα βελτιωμένο μεγάφωνο με μη-μαγνητικούς αποστάτες για να κρατήσει το διάκενο μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών πόλων ενός transducer κινούμενου πηνίου. Την ίδια χρονιά έκανε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τον περίφημο δέκτη ραδιοφώνου του. Ένα μοντέλο του ηχείου του είναι στο Βρετανικό μουσείο επιστήμης στο South Kensington, και μια φωτογραφία δημοσιεύθηκε στο "wireless word" στις 21 Δεκεμβρίου του 1927.

1901: Ο Τζον Stroh περιέγραψε πρώτος το χάρτινο κωνικό διάφραγμα μεγαφώνου και κατέθεσε για το βρετανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμό 3393 στις 16 Φλεβάρη του 1901, το οποίο και του χορηγήθηκε στις 14 Δεκεμβρίου του 1901.

1908: Ο Άντον Pollak βελτίωσε το μεγάφωνο κινούμενου πηνίου χρησιμοποιώντας τη λεγόμενη 'αράχνη' για να κεντράρει το πηνίο φωνής και κατέθεσε για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ με αριθμό 939.625 στις 7 Αυγούστου 1908 και του χορηγήθηκε στις 9 Νοεμβρίου 1909.



1911: Ο Edwin S. Pridham και ο Peter L. Jensen στην Νάπα της Καλιφόρνιας εφεύραν ένα μεγάφωνο κινητού πηνίου το οποίο ονόμασαν Magnavox και το οποίο χρησιμοποιήθηκε από τον αμερικανό πρόεδρο Woodrow Wilson στο Σαν Ντιέγκο το 1919.



1915: Ο Harold Arnold άρχισε ένα πρόγραμμα στα εργαστήρια Bell για να βελτιώσει τη φωνογραφική ηχογράφηση. Η πρώτη προτεραιότητα του ήταν ο ηλεκτρονικός ενισχυτής με τη νέα, για την εποχή, λυχνία κενού, δεύτερο ήταν το μικρόφωνο, και το τρίτο ήταν το μεγάφωνο. Σκοπός ήταν η βελτίωση των μονάδων P.A. που ανέπτυξε η εταιρία. Μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, ο J.P. Maxfield ηγήθηκε αυτού του project, το οποίο έφερε στην παραγωγή το 1925 το μεγάφωνο κινητού πηνίου από τον E.C Wente, καθώς και τον φωνόγραφο Orthophonic.



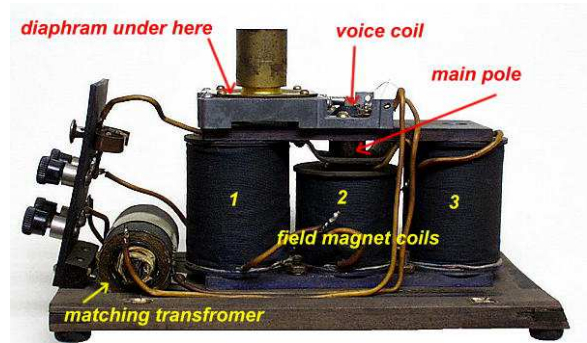
1916: Ο «Θεός του Σιδήρου», όπως ονομαζόταν ο Ιάπωνας φυσικός Kotaro Honda, κατασκευάζει τον πρώτο υψηλής αντοχής μόνιμο μαγνήτη.



1921: Το Phonetron με αριθμό ευρεσιτεχνίας 1.847.935 που κατατεθεί στις 23 Απριλίου του 1921, από την Clair Loring Farrand, ήταν το πρώτο μεγάφωνο πηνίου με απευθείας μετάδοση ηχείου (σε σχέση με τις μεγάφωνα τύπου χοάνης) που πουλήθηκε στις ΗΠΑ.

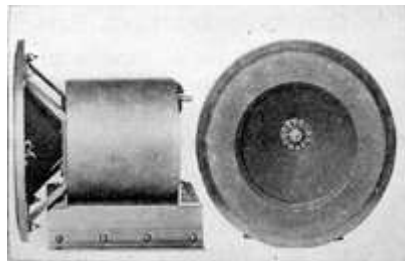


1923: Το Thorophone, ένα διάσημο μεγάφωνο της εποχής, με πηνίο φωνής .



1924: Η έρευνα των αμερικανών φυσικών Edward W. Kellogg και του συναδέλφου του Chester W. Rice παράγει ένα νέο ευρέως φάσματος μεγάφωνο άμεσης ακτινοβολίας. Δύο σημαντικές διαφορές σε σχέση με προηγούμενες υλοποιήσεις είναι ότι το μεγάφωνο των Rice -Kellogg έχει μια πιο ευέλικτη ανάρτηση και δεύτερον έχει μια «αράχνη» για κεντράρισμα. Προβλήματα με το μαγνητικό πεδίο εμπόδισαν ώστε να είναι εμπορικά βιώσιμο. Παρ' όλα αυτά, θα λάβουν Αμερικανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας με αριθμό 1.795.214 το 1931.

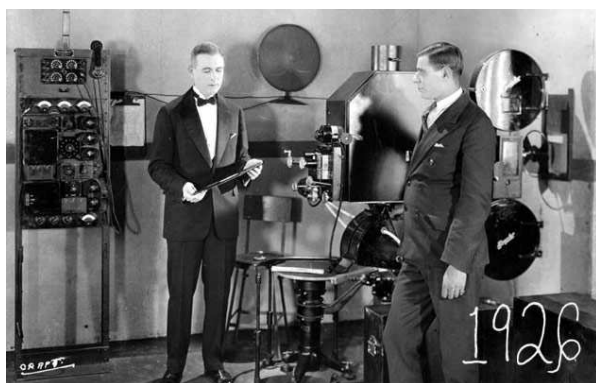
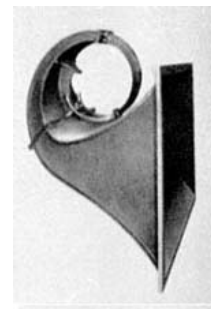
1925: Οι Kellogg και Rice δημοσιεύουν την ερευνητική εργασία τους για την ανάπτυξη ενός νέου τύπου μεγαφώνου, το οποίο είναι ο πρόδρομος των σημερινών υλοποιήσεων .Ο νέος σχεδιασμός τους, που επιλύει σχεδόν όλα τα προηγούμενα προβλήματα, είναι ένα μεγάφωνο άμεσης ακτινοβολίας με ένα διάφραγμα ελεγχόμενης μάζας το οποίο



οδηγείται από ένα μικρό πηνίο και το οποίο στηρίζεται πάνω σε μια μπάφα. Ο σχεδιασμός αυτός επιτυγχάνει ομοιόμορφη κατανομή και απόδοση ενός ευρέως φάσματος μεσαίων συχνοτήτων. Το 1926 η Radio Corporation of America (RCA) χρησιμοποιεί την εργασία των Kellogg και Rice στην κατασκευή της Radiola (δεξιά εικόνα). Η Radiola Μοντέλο 104 ήταν το πρώτο ραδιόφωνο με ηχείο ευρέως φάσματος που εμφανίζεται στην αγορά και περιλάμβανε δικό της ενισχυτή στο ένα βατ και τροφοδοτείται από εναλλασσόμενο ρεύμα οικιακής χρήσης αντί των μπαταριών.



1925: Ο Wente και Albert L. Thuras σχεδιάζουν το σύστημα μεγάφωνου Western Electric 555-W, με φασματική απόκριση 100 – 5000 Hz και συντελεστή απόδοσης 25%.



1926 : Ήταν η πρώτη φορά που στην κινηματογραφική εταιρεία Warner Bros το σύστημα Vitaphone χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό του ήχου στον κινηματογράφο. Αυτή η νέα τεχνολογία ήταν ένα σημαντικό βήμα για τον κινηματογράφο καθώς επέτρεψε τη χρήση της φωνής για να ακουστεί επί

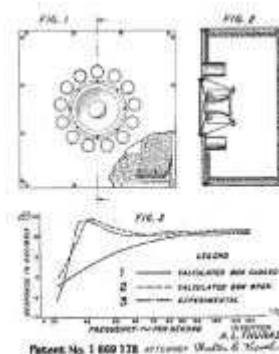
της οθόνης. Ο ήχος πιεζότανε πάνω σε τόνους δίσκου που θα αναπαρήγαγαν τον ήχο μόλις το βίντεο άρχισε. Αυτό επέτρεψε τη χρήση του ηχογραφημένου ήχου.

1928: Ο Herman I. Fanger εφεύρει αυτό που έγινε γνωστό ως το ομοαξονικό μεγάφωνο, που αποτελείται από μια μικρή κórνα για τις υψηλές συχνότητες με το δικό της διάφραγμα, ενσωματωμένη εντός ή μπροστά από ένα μεγάφωνο μεγάλου κώνου. Το σύστημα βασίζεται στην αρχή της «μεταβλητής περιοχής» που θεωρεί τον κεντρικό κώνο ελαφρύ και άκαμπτο για τις υψηλές συχνότητες και τον εξωτερικό κώνο εύκαμπτο και μεγάλης αποσβεστικής ικανότητας για τις χαμηλότερες συχνότητες.

1929: Ο E.W. Kellogg καταθέτει ευρεσιτεχνία με αριθμό 1.983.377 στις 17 Σεπτεμβρίου του 1929 που του χορηγήθηκε στις 4 του Δεκέμβρη 1934, η οποία περιγράφει ένα ηλεκτροστατικό μεγάφωνο που αποτελείται από πολλά μικρά τμήματα που εκπέμπουν ήχο χωρίς μαγνήτες ή κώνους ή διαφράγματα. Αυτό το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας καθώς και οι Βρετανικές πατέντες του 1932 του Hans Vogt, επηρέασαν τον Peter Walker για την κατασκευή του Quad ESL του πρώτου επίπεδου ηλεκτροστατικού μεγάφωνο το 1957.

1929: Ο JD Seabert της Westinghouse ανέπτυξε ένα ηχείο τύπου κórνας, το οποίο κατεύθυνε τους ήχους της ανθρώπινης ομιλίας προς το κοινό καλύτερα από τα μεγάφωνα κώνου. Αυτές οι κατευθυντικές κórνες είχαν άνοιγμα 3 επί 4 πόδια σε σχέση με τις μικρές κórνες που υπήρχαν τότε.

1930: Ο Albert L. Thuras καταθέτει ευρεσιτεχνία με αριθμό 1869178 στις 15 Αυγούστου του 1930 που του χορηγήθηκε στις 26 Ιουλίου του 1932, για την αρχή λειτουργίας της ανάκλασης χαμηλών συχνοτήτων (bass-reflex), ενώ εργάζεται στα Bell Labs. Με το bass-reflex περίβλημα οι χαμηλές συχνότητες του ήχου δεν χάνονται πλέον στο πίσω μέρος του διαφράγματος.



1931: Τα Bell Labs ανέπτυξαν το πρώτο ηχείο δύο δρόμων χρησιμοποιώντας ένα 12 ιντσών μεγάφωνο κώνου και ένα μεγάφωνο κόρνας. Οι υψηλές συχνότητες αναπαράγονται από ένα μικρό μεγάφωνο κόρνας με απόκριση συχνότητας 3000-13000 Hz, και οι χαμηλές συχνότητες από ένα 12 ιντσών δυναμικό μεγάφωνο κώνου επιτυγχάνοντας μια απόκριση συχνότητας 50-10000 Hz με διακύμανση 5dB.

1931: Η Western Electric, ο κατασκευαστικός κλάδος της Bell Labs, εισάγει ένα τριών δρόμων σύστημα.



1932: Η RCA εισήγαγε ένα δικό της σύστημα δύο δρόμων για θέατρα, χρησιμοποιώντας τρία 6 ιντσών διαφράγματα-κώνους με πηνία φωνής αλουμινίου με προσανατολισμό σε διαφορετικές κατευθύνσεις, με απόκριση συχνότητας 125 - 8000 Hz και κόρνες 10 ft με απόκριση συχνότητας 40 έως 125 Hz.

1933: «Η πρόοδος ήταν τέτοια ώστε μια επίδειξη του νέου συστήματος - που αποκαλείτο στερεοφωνικό λόγω της ικανότητάς της να δώσει μια αίσθηση του χώρου αντίστοιχη με την στερεοσκοπική όραση - δόθηκε από την Εθνική Ακαδημία Επιστημών Ουάσιγκτον την άνοιξη του 1933. Η μετάδοση έγινε με συρμάτινες γραμμές από την Ακαδημία Μουσικής στη Φιλαδέλφεια και χρησιμοποιήθηκαν τρία κανάλια με μικρόφωνα αντίστοιχα στα αριστερά, κέντρο και δεξιά της σκηνής της ορχήστρας και αντίστοιχα ηχεία σε αντίστοιχες θέσεις. Τα ηχεία αυτά αναπτύχθηκαν ειδικά για το σκοπό αυτό από τον Δρ Wenthe και τον A. L. Thuras. Οι στόχοι κατά το σχεδιασμό αυτών των ηχείων ήταν η ομοιόμορφη κατανομή σε όλο το συχνοτικό φάσμα της ορχήστρας, αυξημένη ηχητική ισχύς εξόδου χωρίς παραμόρφωση και ομοιόμορφη κατανομή του εκπεμπόμενου ήχου σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη γωνία εκπομπής για όλες τις συχνότητες.» (Bell Labs, 1953)

1935: Ο Daglas Shearer και ο John Hilliard της MGM ανέπτυξαν ένα τυποποιημένο σύστημα ηχείων για το θέατρο, ξεκινώντας από το 5000-θέσεων θέατρο Capitol στο Broadway. Ο James Lansing και ο Δρ John F. Blackburn της Cal Tech σχεδίασαν ένα δύο δρόμων ηχείο: το μεγάφωνο υψηλών συχνότητων είχε ένα 3 ιντσών διάφραγμα αλουμινίου με «λαιμό» μεγέθους 1,4 ίντσες ενώ για τις χαμηλές συχνότητες χρησιμοποιήθηκε ένα μεγάφωνο κώνου 15 ιντσών. Το σύστημα

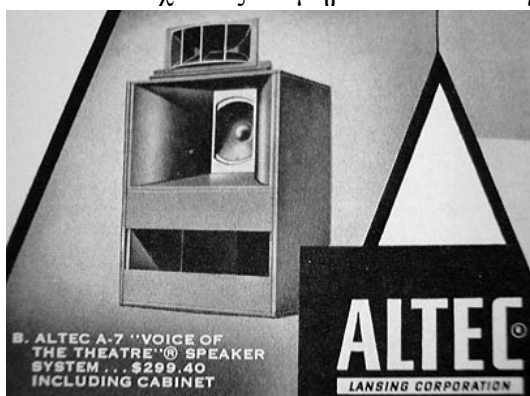


εγκαταστάθηκε σε 12 θέατρα για την πρεμιέρα της παράστασης «Ρωμαίος κ Ιουλιέτα» με την Norma Shearer.

1936: Ο Hilliard δημοσιεύει έγγραφο για ένα σχέδιο πίσω από το σύστημα Shearer Horn. Είναι η πρώτη φορά που το πρόβλημα της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ των οδηγών χαμηλής και υψηλής συχνότητας γίνεται αντικείμενο σχολιασμού.

1941: Ο John Hilliard περιέγραψε το μαθηματικό σχεδιασμό των κυκλωμάτων crossover τα οποία περιγράφονται στο άρθρο, "Loudspeaker Networks and Frequency Division," στο τεύχος Ιανουαρίου του Electronics . Οι υπολογισμοί αυτοί δείχνουν το αναμενόμενο φορτίο σε ένα ενισχυτή από κάθε κύκλωμα και το ποσό της μετατόπισης φάσης (χρόνος καθυστέρησης) κάθε κυκλώματος που επιβάλλει σε διαφορετικές συχνότητες. Σημειώνει ότι μόνο ένα κύκλωμα πρώτης τάξης δεν παράγει σχετική μετατόπιση φάσης (καθυστερήσεις), ανάμεσα σε ένα γούφερ και τούιτερ.

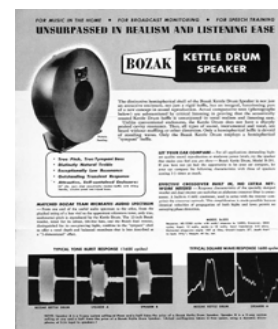
1945: Έχοντας τεκμηριώσει και αντιμετωπίσει τις αδυναμίες του συστήματος Shearer



Horn, οι Hilliard και Lansing εισάγουν ένα σύστημα για το θέατρο (ονομάζεται επίσης "VOTT") με τα μεγάφωνα A-4 και A-2. Το σύστημα αυτό αργότερα θα εκδοθεί ως βιομηχανικό πρότυπο για την αναπαραγωγή ταινιών από την Αμερικανική Ακαδημία Κινηματογραφικών Τεχνών και Επιστημών. Προσφέρει βελτιωμένα μεγάφωνα κόνρες και μαγνητικούς οδηγούς.

1948: Ο C.A. Ewaskio, της Research Laboratory, Πανεπιστημίου Harvard , αναλύει τις αιτίες της ηλεκτροακουστικής μετατόπιση φάσης στα ηχεία και εισάγει την πρώτη ακριβή μέθοδο για τη μέτρηση της μετατόπισης φάσης.

1950: Ο Bozak εισάγει το μοντέλο B-201, ένα 12ιντσο ηχείο δύο δρόμων με την ελάχιστη φάση-στροφή.



1952: Ο Bartholomew N. Locanthi II εφαρμόζει το ηλεκτρικό κύκλωμα για την επίλυση μηχανικών προβλημάτων του μεγάφωνου.



1954: Ο Αμερικανός εκπαιδευτικός Edgar Villchur, της Acoustis Research παρουσιάζει το μικρό AR-1 το πρώτο μεγάφωνο κορνίζα, το οποίο στηρίζεται στην αρχή της ακουστικής ανάρτησης (που αργότερα τελειοποιήθηκε από τον Richard H) . Αυτό ακολουθήθηκε σύντομα από το AR-2 και το AR-3 με βελτιωμένο θολωτό τούιτερ το 1958.



1954: Ο Αμερικανός ηλεκτρολόγος μηχανικός και επιστήμονας Leo A. Beranek δημοσιεύει την *Ακουστική*, στην οποία παρουσιάζει τα μαθηματικά που περιγράφουν την ακουστική του χώρου καθώς και την ακουστική του μέσα σε ένα ηχείο.

1956: Ο Murlan Σ. Corrington παρουσιάζει μια μέθοδο συσχετισμού παροδικών μετρήσεων για ηχεία με ακουστικές δοκιμές.

1956: Ο EJ ("Ted") Jordan δημοσιεύει στο *Wireless World* τα μαθηματικά για το σχεδιασμό woofer με περίβλημα για τη βέλτιστη απόδοση των μπάσων.



1957: Οι Peter J. Walker και D. Williamson, κατασκευάζουν το Quad ESL το πρώτο ευρέως φάσματος ηλεκτροστατικό ηχείο. Την ίδια χρονιά ο Villchur σχεδιάζει το πρώτο θόλο του tweeter.



1974: Η Universal Pictures κυκλοφορεί το surround ήχο για τον κινηματογράφο. Στο σύστημα αυτό ενισχύονται πολύ οι χαμηλές συχνότητες γεγονός που κατά τη διάρκεια της ταινίας το κοινό ένιωθε πολύ ζωντανά τις έντονες σκηνές.

Αυτό γίνεται με τέσσερα μεγάλα μεγάφωνα κόρνας χαμηλών συχνοτήτων που βρίσκονταν πίσω από την οθόνη, δύο σε κάθε γωνία. Τα μεγάφωνα σε κάθε γωνία ήταν 2,4 μέτρα μήκος, 1,2 μέτρα πλάτος και 1,2μέτρα ύψος.



1982: «Η Επιστροφή των Jedi» ήταν η πρώτη ταινία που χρησιμοποιείται το ηχητικό σύστημα THX σχεδιασμένο από τον George Lucas και τον Tomlinson Holman. Το THX είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα αναπαραγωγής ήχου με υψηλές και αυστηρές προδιαγραφές.

Φίλτρο διαχωρισμού συχνοτήτων (crossover)

Γενικά το crossover είναι μία πολύ σημαντική ηλεκτρονική διάταξη για τον διαχωρισμό των συχνοτήτων σε κάθε ένα από τα μεγάφωνα. Αυτά που χρησιμοποιούμε είναι φίλτρα διαχωρισμού συχνοτήτων(crossover filters) τα οποία διαχωρίζουν το ακουστικό φάσμα του σήματος εισόδου στις επιμέρους περιοχές και τις δρομολογούν στα αντίστοιχα μεγάφωνα. Υπάρχουν τριών ειδών φίλτρα τα χαμηλοπερατά (low pass filter), ζωνοπερατά (band pass filters) και υψιπερατά (high pass filters).

Τα χαμηλοπερατά φίλτρα επιτρέπουν τη διέλευση όλων των συχνοτήτων που είναι μικρότερες από μια συγκεκριμένη συχνότητα την συχνότητα αποκοπής f_c του φίλτρου

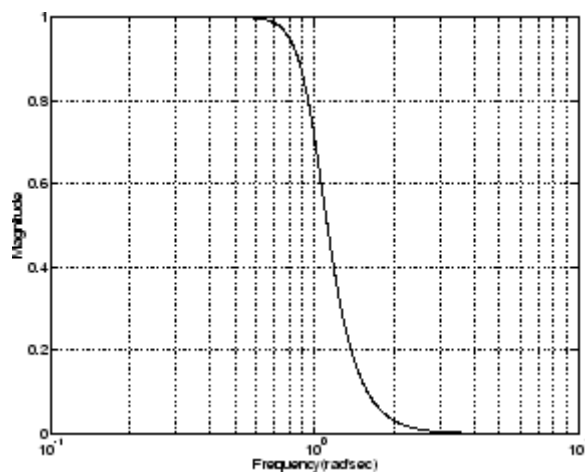
Τα ζωνοπερατά φίλτρα επιτρέπουν τη διέλευση συχνοτήτων που βρίσκονται σε μια ζώνη εύρους Δf γύρω από την κεντρική συχνότητα f_x του φίλτρου.

Τα υψιπερατά φίλτρα επιτρέπουν τη διέλευση όλων των συχνοτήτων που είναι μεγαλύτερες από μια συγκεκριμένη συχνότητα την συχνότητα αποκοπής f_c του φίλτρου.

Υπάρχουν διαφορετικά ήδη crossover ανάλογα με την καμπύλη στην συχνότητα αποκοπής. Τα είδη αυτά είναι butterworth, linkwitz riley, bessel, chebychev..

ΦΙΛΤΡΑ BUTTERWORTH

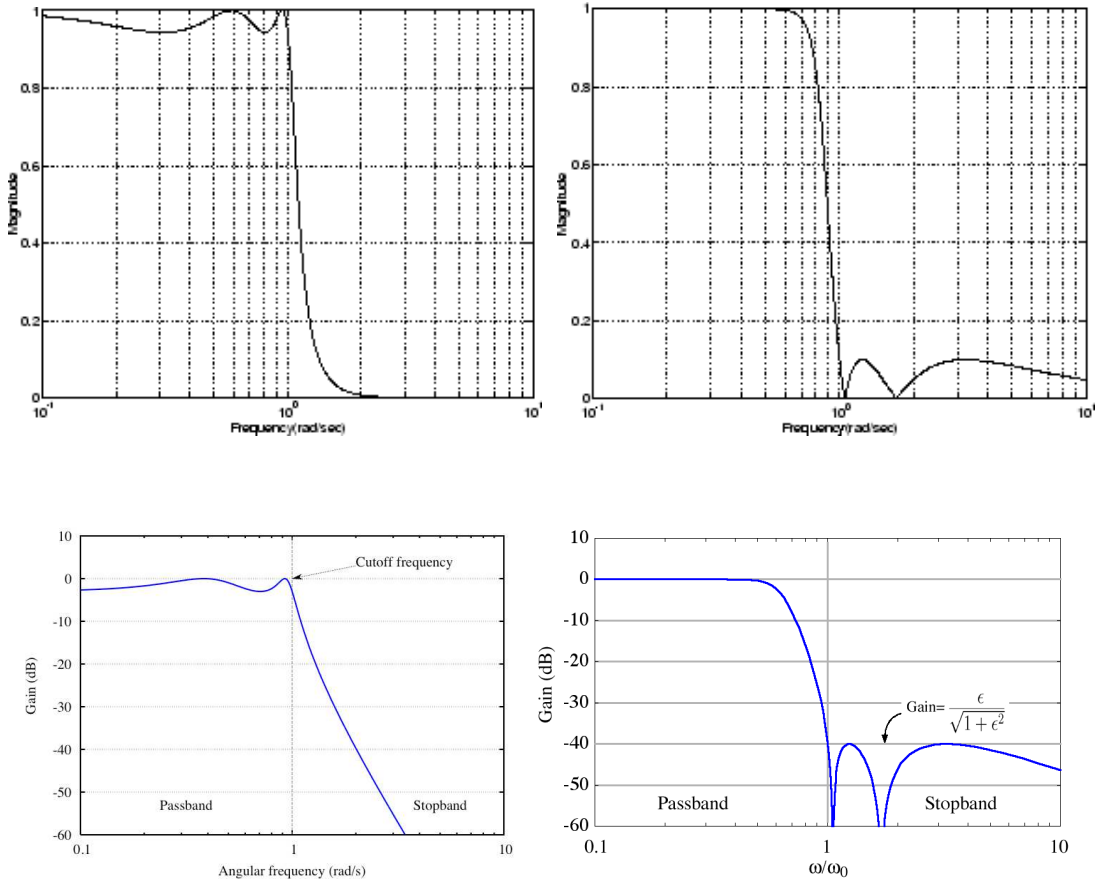
Το φίλτρο Butterworth είναι ένα είδος φίλτρου επεξεργασίας σήματος σχεδιασμένο



ώστε να έχει μια πιο επίπεδη ζώνη διέλευσης σε βάρος όμως της γρήγορης μετάβασης από τη ζώνη διέλευσης στη ζώνη αποκοπής . Περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1930 από το βρετανικό μηχανικό Stephen Butterworth στην εργασία του με τίτλο «Από τη Θεωρία του φίλτρου Ενισχυτές»

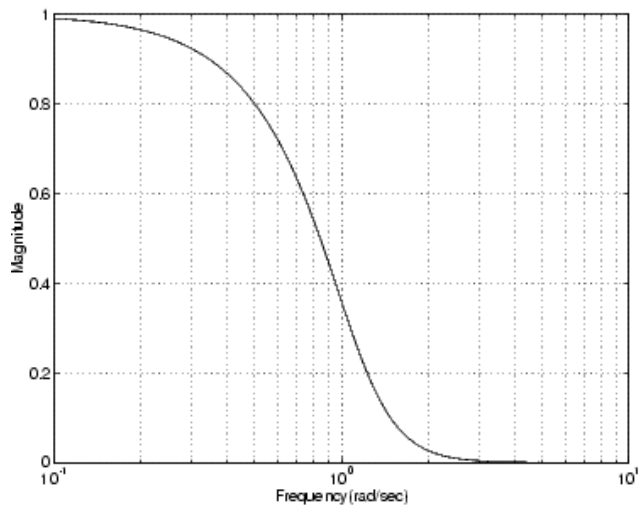
ΦΙΛΤΡΑ CHEBYSHEV

Τα φίλτρα Chebyshev επιτρέπουν κάποια διακύμανση στη ζώνη διέλευσης, η οποία τα καθιστά ακατάλληλα για τα ακουστικά συστήματα ωστόσο έχουν πολύ καλύτερη απόκριση στη μετάβαση από τη ζώνη διέλευσης στη ζώνη αποκοπής και γι' αυτό είναι καλύτερα για εφαρμογές στις οποίες η ζώνη συχνοτήτων περιλαμβάνει μόνο μια συχνότητα ενδιαφέροντος.



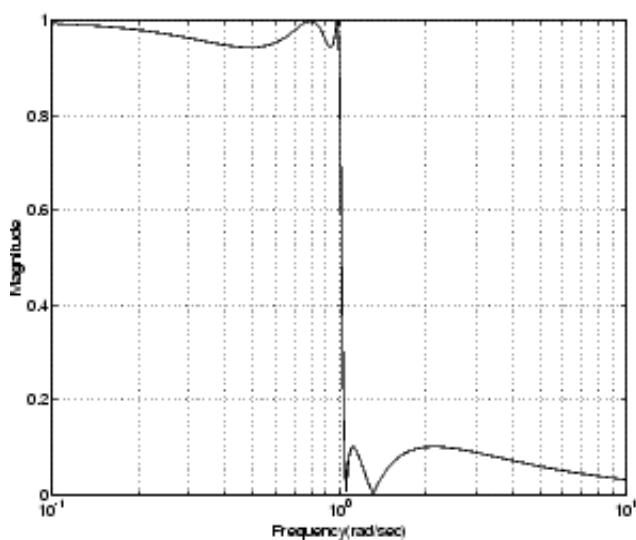
ΦΙΛΤΡΑ BESSEL

Το φίλτρο Bessel είναι ένας τύπος γραμμικού φίλτρου με μέγιστη επίπεδη καθυστέρηση χρόνου στη ζώνη διέλευσης αντίθετα με το Butterworth που έχει μέγιστη επίπεδη απόκριση πλάτους. Ένα φίλτρο Bessel δίνει μια σταθερή καθυστέρηση διάδοσης του φάσματος συχνότητας εισόδου. Επομένως, εφαρμόζοντας ένα τετραγωνικό κύμα, αποτελούμενο από μία θεμελιώδη και πολλές αρμονικές, στην είσοδο ενός φίλτρου Bessel παράγεται ένα τετραγωνικό κύμα χωρίς υπερανύψωση, δηλαδή, όλες οι συχνότητες καθυστερούν κατά την ίδια ποσότητα. Άλλοι τύποι φίλτρων, εξαιτίας της καθυστέρησης που εισάγουν σε σχέση με τη συχνότητα, καθυστερούν τις αρμονικές από διαφορετικές ποσότητες. Τα φίλτρα Bessel χρησιμοποιούνται συχνά σε crossover ήχου συστήματα. Το όνομα του φίλτρου είναι μια αναφορά στον Friedrich Bessel, έναν γερμανός μαθηματικός (1784-1846), ο οποίος ανέπτυξε την μαθηματική θεωρία στην οποία το φίλτρο βασίζεται. Τα φίλτρα που ονομάζεται επίσης Bessel-Thomson φίλτρα, σε αναγνώριση του Thomson, ο οποίος εργάστηκε από τον τρόπο εφαρμογής των Bessel λειτουργιών για το φιλτράρισμα του σχεδιασμού.



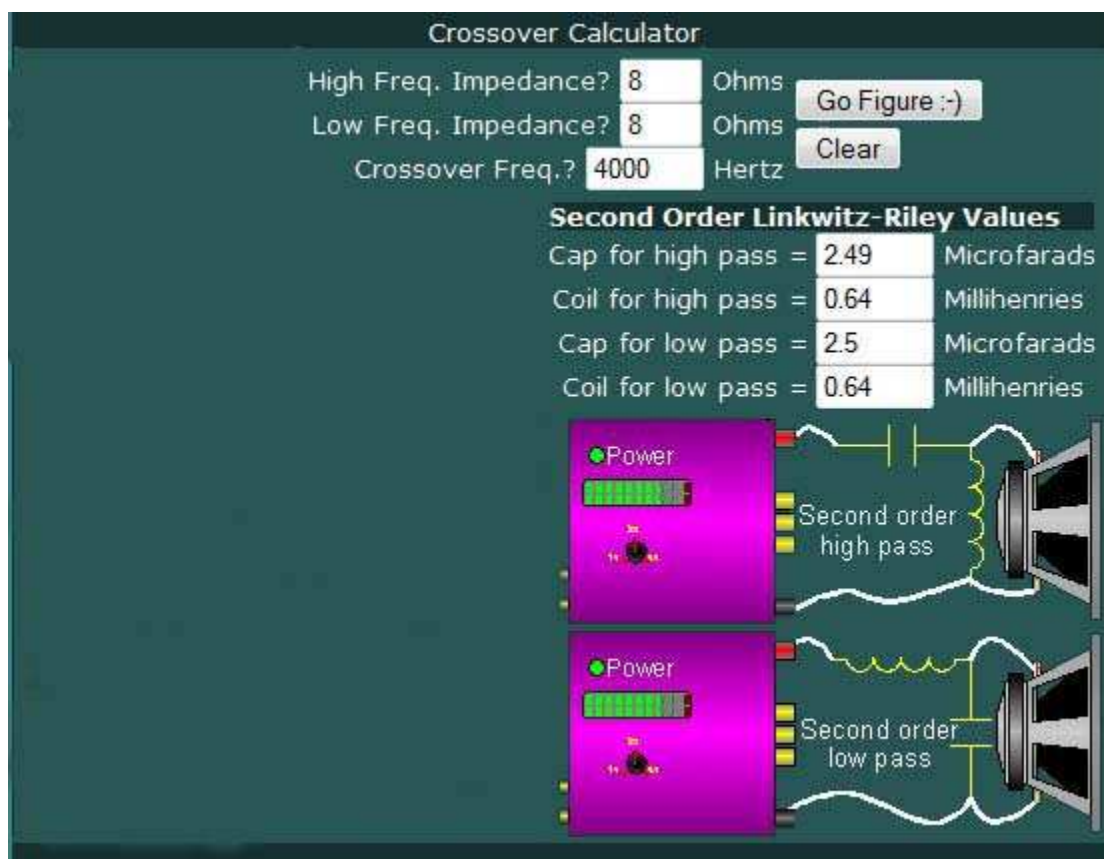
ΦΙΛΤΡΑ LINKWITZ-RILEY

Το φίλτρο Linkwitz-Riley είναι μια άπειρη κρουστική απόκριση φίλτρο που χρησιμοποιείται σε Linkwitz-Riley crossovers ήχου, το όνομά του από τους εφευρέτες του Siegfried Linkwitz και Russ Riley το 1978. Ένα crossover LR αποτελείται από ένα παράλληλο συνδυασμό ενός low-pass και ένα υπερπαρατό φίλτρο LR. Τα φίλτρα είναι συνήθως σχεδιασμένα από δύο διαδοχικές Butterworth φίλτρα, καθένα από τα οποία έχει -3 dB κέρδος σε οριακή συχνότητα. Η προκύπτουσα Linkwitz-Riley φίλτρο έχει ένα κέρδος -6 dB στη συχνότητα αποκοπής. Αυτό σημαίνει ότι η άθροιση των low-pass και high-pass εξόδους, το κέρδος, με τη συχνότητα crossover θα είναι 0 dB, οπότε η crossover συμπεριφέρεται σαν ένα all-pass φίλτρο.



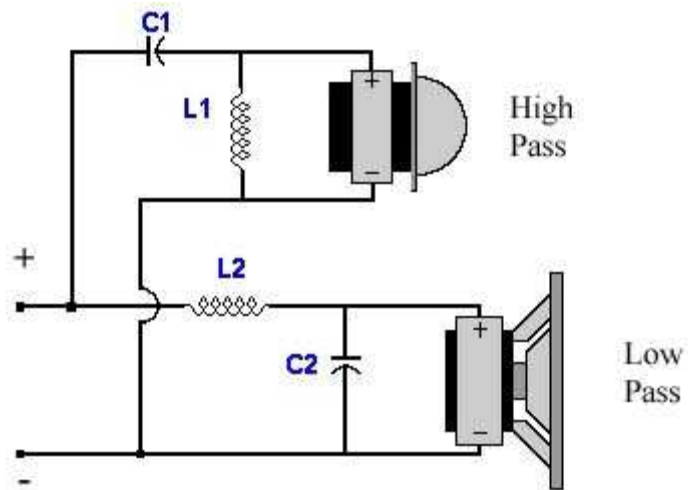
Κατασκευή του Crossover

Για την κατασκευή του crossover για το ηχείο της πτυχιακής εργασίας μου χρησιμοποίησα ένα παθητικό φίλτρο crossover τύπου Linkwitz Riley το οποίο να έχει crossover point στα 4000Hz και εξασθένιση 12dB/οκτάβα. Το crossover point προέκυψε αφού πρώτα μελέτησα τις περιοχές που μπορούν να αναπαράγουν τα μεγάφωνα μου ώστε να χρησιμοποιήσω το μέγιστο των δυνατοτήτων τους. Για την κατασκευή του φίλτρου χρησιμοποίησα δυο πυκνωτές και δύο πηνία τιμές για το πηνίο και για τους πυκνωτές προέκυψαν από τα αποτελέσματα ενός crossover calculator όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.1.

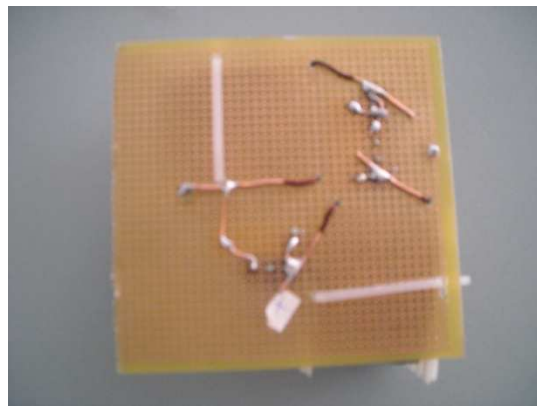


Σχήμα3.1

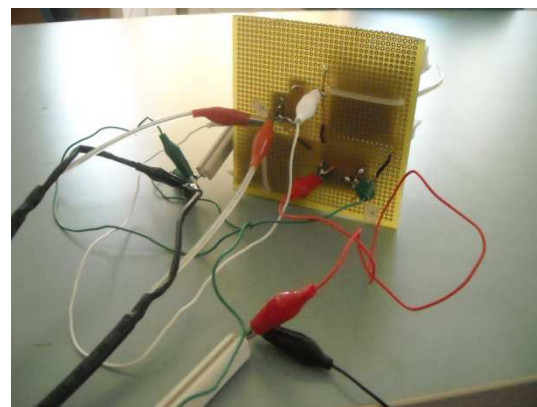
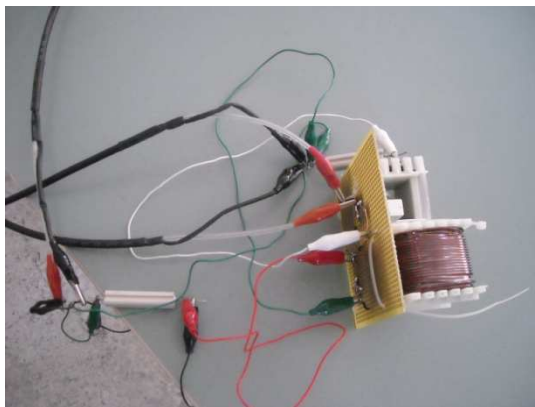
Οι πυκνωτές τοποθετούνται σε σειρά με το tweeter γιατί παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στις χαμηλές συχνότητες και επιτρέπουν να περάσουν μόνο οι υψηλές ενώ τα πηνία τοποθετούνται σε σειρά με το woofer γιατί παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στις υψηλές συχνότητες και αφήνουν να περάσουν ανεπηρέαστες οι χαμηλές συχνότητες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στην συνέχεια τοποθέτησα τους πυκνωτές μου και τα πηνία μου στην πλακέτα και τα κόλλησα. Παρακάτω βλέπουμε κάποιες φωτογραφίες από το crossover και από τις καλωδιώσεις του για τις μετρήσεις της συχνотικής απόκρισης.



Σχήμα3.2 .Το crossover από την επάνω μεριά Σχήμα3.3. Το crossover από την κάτω μεριά κολλημένο με καλάι.

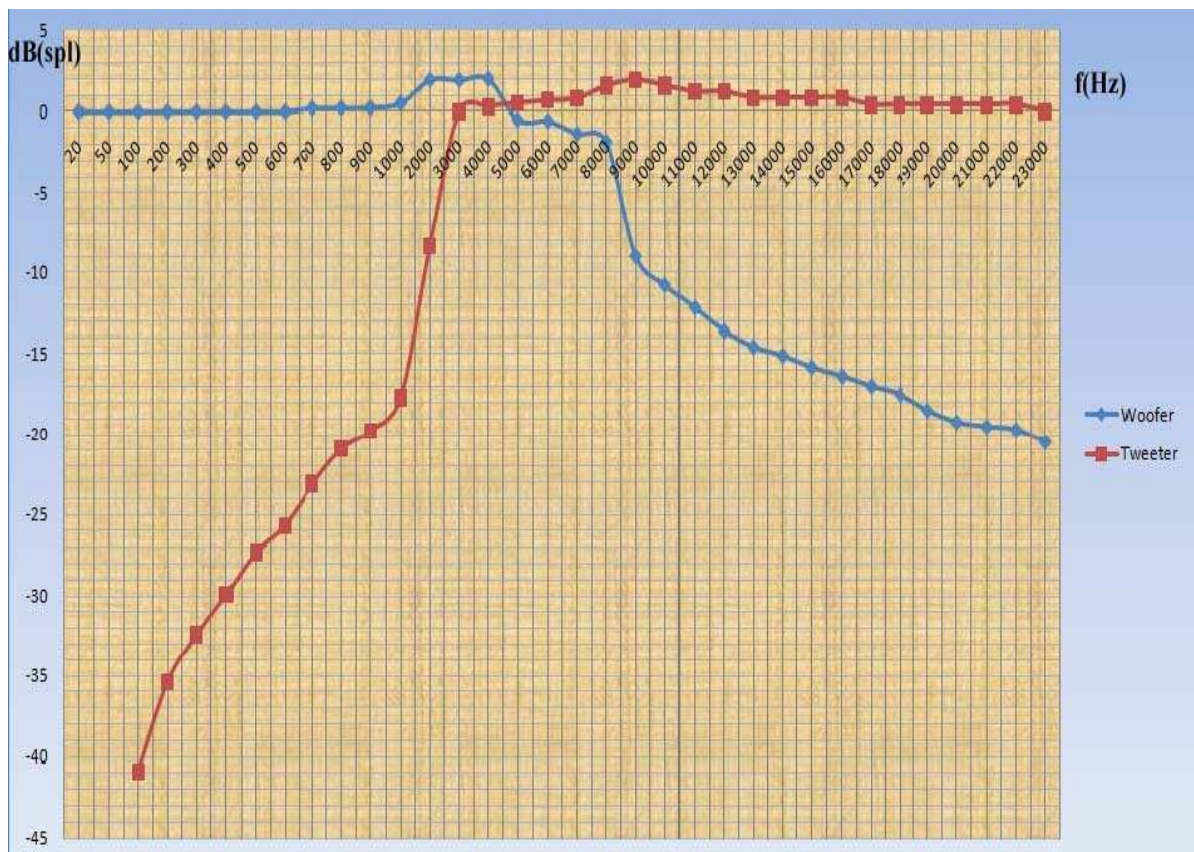


Σχήμα3.4,5..Καλωδίωση του crossover για την συχνотική απόκριση με την σύνδεση φορτίου 8Ω στην υποτιθέμενη θέση κάθε μεγαφώνου.



Σχήμα 3.5. Σύνδεση με την γεννήτρια ήχου και τον παλμογράφο.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την συχνοτική απόκριση του crossover.



Σχήμα 3.6

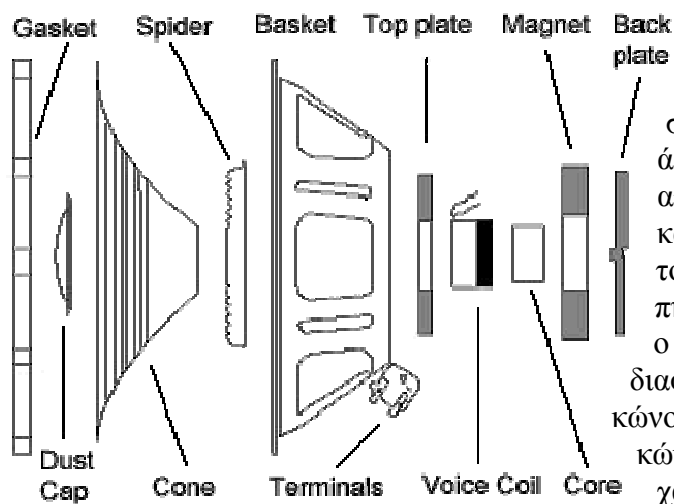
Οι τιμές πάρθηκαν με την βοήθεια της γεννήτριας ήχου και του παλμογράφου

Τύποι μεγαφώνων

Ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα

Ο πιο γνωστός και ο πιο διαδεδομένος τύπος μεγαφώνου είναι τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα. Η αρχή της λειτουργίας του ηλεκτροδυναμικού μεγαφώνου είναι το εξής: Όταν το πηνίο του μεγάφωνα διαρρέεται από ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, δηλαδή βασίζεται στις αρχές της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής σύμφωνα με την οποία μέσω του ρεύματος που το διαρρέει του ασκείται μαγνητική δύναμη (Laplace) η οποία είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος και έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό του και την εμφάνιση διαφοράς δυναμικού στα άκρα του.

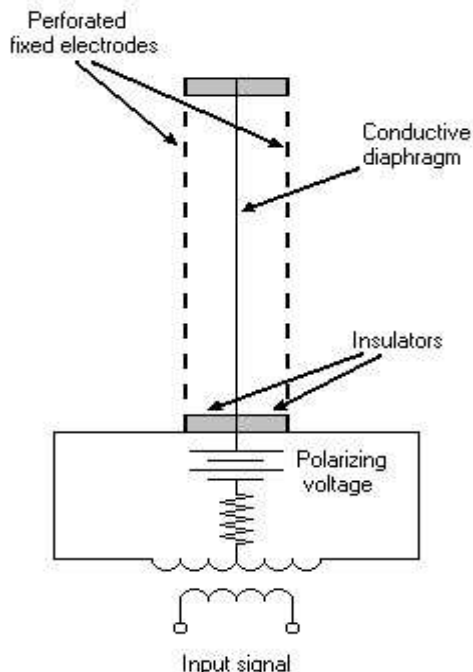
Στο πίσω μέρος του μεγαφώνου υπάρχει ένας μόνιμος μαγνήτης (magnet) κυλινδρικού σχήματος που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο και στο κέντρο του υπάρχει ο πόλος του μαγνήτη (pole magnet) σχήματος κυλινδρικής ράβδου. Ανάμεσα στο μαγνήτη και στον πόλο του μαγνήτη υπάρχει ένα διάκενο μέσα στο οποίο δημιουργείται ένα ισχυρό ομογενές σταθερής έντασης μαγνητικό πεδίο. Το πηνίο (voice coil) έχει και αυτό κυλινδρικό σχήμα και βρίσκεται γύρω από τον μαγνήτη τυλιγμένο σε σπείρες το οποίο κινείται γύρω από τον μαγνήτη τυλιγμένο σε σπείρες το οποίο κινείται ελεύθερα μέσα σε μαγνητικό πεδίο του διάκενου. Για να μπορεί όμως το διάφραγμα να ακολουθεί την κίνηση του πηνίου υποβοηθείται από μια εσωτερική ανάρτηση που ονομάζεται αράχνη (spider) έτσι ώστε το πηνίο να μην ακουμπά τον πόλο δηλαδή να βρίσκεται σε μια κατάσταση σαν να αιωρείται σε αυτήν την λειτουργία υποβοηθά και μια εξωτερική ανάρτηση (surround). Αυτές οι δύο ανάρτησης έχουν ένα δύσκολο



ρόλο δηλαδή να έχουν ένα μικρό δείκτη απόσβεσης ώστε να μην εμποδίζουν το πηνίο στην κίνηση του και από την άλλη έχουν αρκετά μεγάλη απόσβεση ώστε να σταματάνε τον κώνο μόλις σταματήσει η κίνηση του πηνίου. Μπροστά από το πηνίο υπάρχει ένα κάλυμμα και το ο κώνος είναι ένα είδος διαφράγματος που μπορεί εκτός από κώνο μπορεί να έχει σχήμα θόλου. Ο κώνος μπορεί να αποτελείτε από χαρτί (paper) και με ύαλόκραμα.

Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα

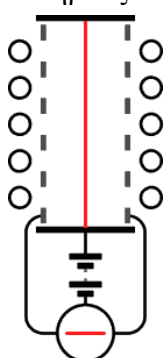
Τα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα δεν βασίζονται στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή όπως τα ηλεκτροδυναμικά ηχεία αλλά στηρίζεται στην αρχή των ηλεκτροστατικών πεδίων. Στην απλή μορφή του ένα ηλεκτροστατικό μεγάφωνο αποτελείται από δύο αγωγίμες και διάτρητες παράλληλες πλάκες ανάμεσα σε αυτές υπάρχει στο μέσο τους ένα πολύ λεπτό και ελαφρό συνθετικό πλαστικό (π.χ mylar) διάφραγμα υψηλής



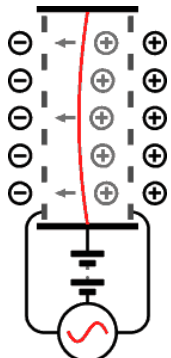
αντίστασης πάχους μόλις 5-30 εκατομμυριοστά του μέτρου. Όπως βλέπουμε στο διπλανό σχήμα υπάρχει ένας μετασχηματιστής ο οποίος είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένος και στις δύο μεταλλικές πλάκες. Όταν στην είσοδο του μετασχηματιστή εφαρμοστεί ένα σήμα θα έχει ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο πλάκες. Αν όμως δημιουργηθούν ισχυρά φορτία πόλωσης μεταξύ του διαφράγματος και των μεταλλικών πλακών τότε θα υπάρξει έλκη μεταξύ τους. Όσο οι διαφορές δυναμικού είναι ίσες μεταξύ διαφράγματος και πλακών τότε το διάφραγμα θα παραμείνει ακίνητο στην μέση μεταξύ των πλακών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 4.1. Στην περίπτωση όμως όπου οι διαφορές δυναμικού είναι άνισες μεταξύ διαφράγματος και των πλακών τότε το διάφραγμα θα έλκεται από

την πλάκα με τον υψηλότερο δυναμικό και έτσι θα αναγκαστεί να κινηθεί το διάφραγμα προς την

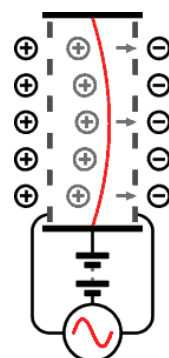
μεριά (σχήμα 4.2) συμπαρασύροντας και τον αέρα προς αυτή την κατεύθυνση δημιουργώντας έτσι πύκνωμα. Εάν το σήμα που εισέρχεται στον μετασχηματιστή αλλάξει τότε θα αλλάξει και η πολικότητα και έτσι το διάφραγμα θα κινηθεί προς την άλλη κατεύθυνση δημιουργώντας αραιώματα. Από την κίνηση (σχήμα 4.2,4.3) αυτή το διάφραγμα πάλει τα μόρια του αέρα γύρω του δημιουργώντας ήχο. Τα ηλεκτροστατικά ηχεία (σχήμα 4.4) λέγονται δίπολα γιατί έχουν την ικανότητα να κινούν τον αέρα δημιουργώντας ήχο και προς τις δυο επιφάνειες τους δίνοντας τους την ικανότητα να έχουν καταπληκτική στερεοφωνική εικόνα αν και τα τοποθετείς τουλάχιστον 1 μέτρο από τον πίσω τοίχο ενώ οι παιϊνοί δεν επηρεάζουν τον ήχο.



Σχήμα. 4.1



Σχήμα. 4.2



Σχήμα. 4.3

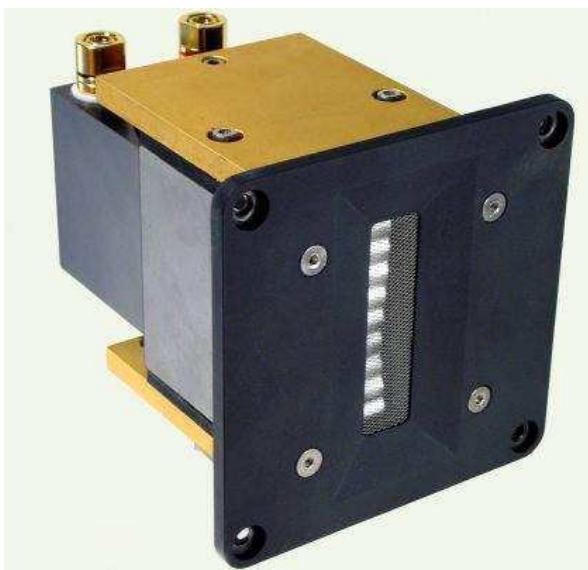


Σχήμα. 4.4 Τα ηχεία αυτά είναι τα Quad_ESL-2905

Επίσης μπορούν να παράγουν σχετικά εύκολα τις μεσαίες και υψηλές συχνότητες, παρουσιάζουν όμως πρόβλημα στην αναπαραγωγή των χαμηλών συχνοτήτων. Η διαφορά μεταξύ ηλεκτροδυναμικών μεγαφώνων και ηλεκτροστατικών μεγαφώνων ότι τα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα χρειάζονται πολύ μεγάλες επιφάνειες πολλαπλάσιες της επιφάνειας των συνηθισμένων ηλεκτροδυναμικών μεγαφώνων και υψηλό κόστος. Τα ηχεία αυτά παρουσιάζουν πολύ καλή ευκρίνεια στις υψηλές συχνότητες λόγω της μικρής μάζας του διαφράγματος έχουν λιγότερες παραμορφώσεις και πολύ περισσότερο ελεγχόμενη απόκριση συχνότητας.

Μεγάφωνα ταινίας

Τα μεγάφωνα ταινίας αντί για πηνίο χρησιμοποιούν μία μεταλλική κυματοειδής



ταινία συνήθως από αλουμίνιο ή πλαστικό, η οποία βρίσκεται ανάμεσα στους πόλους ενός μόνιμου μαγνήτη. Η ταινία αυτή είναι πολύ ελαφριά με αποτέλεσμα να κινείται πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα να διαλυθεί για αυτό χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις σε συνδυασμό με μια χοάνη για να είναι πιο σταθερή η ταινία αποφεύγοντας τον κίνδυνο να διαλυθεί. Λόγω της το τι η ταινία αυτή είναι από πολύ ελαφρύ υλικό μπορεί να απόδοση εκτεταμένη υψηλή απόκριση συχνότητας Επίσης η ταινία αυτή

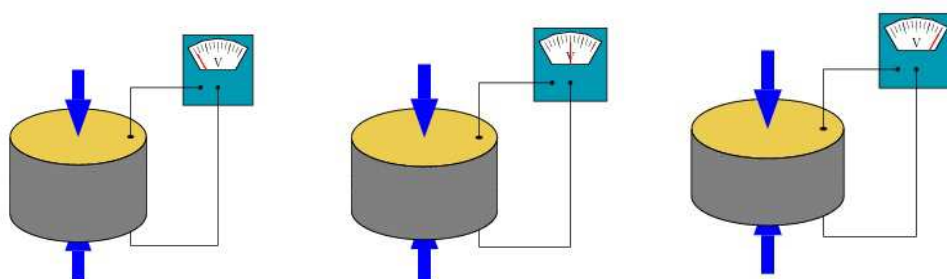
παρουσιάζει πολύ μικρή αντίσταση με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται μαζί με έναν μετασχηματιστή. Ένα τέτοιο μεγάφωνο ταινίας απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα. Τα μεγάφωνα χρησιμοποιούνται μόνο στα μεγάφωνα υψηλών συχνοτήτων και όχι στα μεγάφωνα χαμηλών συχνοτήτων για το λόγο ότι δεν έχουν την δυνατότητα να κινήσουν μεγάλες μάζες αέρα.

Πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα

Τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα βασίζονται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο παρατηρήθηκε το 1880 από τους αδελφούς Pierre και Jacques Curie. Παρατήρησαν ότι με την εφαρμογή μηχανικών πιέσεων πάνω σε ορισμένους κρυστάλλους παράγουν ηλεκτρική ενέργεια (σχήμα 4.5). Επίσης παρατήρησαν και το αντίστροφο φαινόμενο δηλαδή, με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου σε ένα κρύσταλλο παρατηρούνται ταλαντώσεις μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Έτσι τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα βασίζονται στην ιδιότητα κάποιων κρυσταλλικών υλικών αλλά και κάποιων κεραμικών υλικών να παράγουν ηλεκτρική τάση όταν δέχονται κάποια μηχανική τάση/πίεση ή ταλάντωση.

Ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος έχει την ιδιότητα όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα του να μεταβάλλει το σχήμα του. Μπορούμε να πούμε ότι μοιάζει με την λειτουργία του κώνου του μεγαφώνου που όταν εφαρμόζεται τάση στο μεγάφωνο ο κώνος κινείται. Το ίδιο συμβαίνει και στον κρύσταλλο αφού συστέλλεται και διαστέλλεται όταν βρίσκεται σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Η συστολή ή διαστολή αυτή εξαρτάται από την φορά του πεδίου και το σχήμα του κρυστάλλου. Στην περίπτωση όμως που το πεδίο όπου βρίσκεται ο κρύσταλλος δεν είναι σταθερό τότε αυτός τίθεται σε εξαναγκασμένη ταλάντωση.

Οι κρύσταλλοι στους οποίους εμφανίζεται το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο είναι οι κρύσταλλοι της τουρμαλίνης, του τιτανιούχου βαρίου, το συνθετικό πολυμερές PVDF, του άλατος Rochelle ή Seignette και του χαλαζία (SiO_2).



Σχήμα. 4.5

Τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα χρησιμοποιούνται συχνά ως βομβητές σε ρολόγια, σε tweeter σε φθίνα ηχεία υπολογιστών και ραδιοφώνων και σε πολλές ακόμα ηλεκτρονικές συσκευές. Τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα είναι ανθεκτικά στις υπερφορτώσεις σε σχέση με τα συμβατικά μεγάφωνα.

Μεγάφωνα μετασχηματισμού κίνησης αέρα (Heil AMT)

Τα μεγάφωνα μετασχηματισμού κίνησης αέρα (Heil AMT) εφευρέθηκαν πολλά χρόνια πριν από Dr Oscar Heil. Τα μεγάφωνα αυτά δεν μοιάζουν με τα μεγάφωνα όπου όταν περνά σήμα μέσα από το πηνίο όπου το μαγνητικό πεδίο κινεί το πηνίο που συνδέεται με διάφραγμα σχήματος κώνου ή θόλου το οποίο κινείται προς τα εμπρός και προς τα πίσω δημιουργώντας έτσι ένα ηχητικό κύμα πίεσης. Στα μεγάφωνα Heil AMT αντί ενός κώνου ή θόλου το διάφραγμα του είναι εξαιρετικά ελαφρύ, κυματοειδές πολυπτυχωτικό. Το διάφραγμα αυτό είναι διπλωμένο σε μία σειρά και έχει συνδεθεί με λωρίδες αλουμινίου σχηματίζοντας ένα ορθογώνιο φύλλο. Αυτές οι πτυχώσεις μοιάζουν σαν τη φυσούνα του αρκοντεόν. Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε ένα τέτοιο διάφραγμα.



Τα μεγάφωνα αυτά ονομάζονται και μεγάφωνα επίπεδου διαφράγματος. Αλλά όπως είδαμε το διάφραγμα του δεν είναι επίπεδο. Ο αγωγός του ακουστικού σήματος σχηματίζει ένα ζικ-ζακ πάνω σε ένα πτυχωτό διάφραγμα, το μήκος αυτού του αγωγού είναι αρκετά μεγάλο ώστε να σχηματιστεί η κατάλληλη αντίσταση ώστε να μην απαιτείται η χρήση μετασχηματιστή. Το πτυχωτικό διάφραγμα τοποθετείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν οι μόνιμοι μαγνήτες και στις δύο άκρες του με διεύθυνση κάθετη ως προς την διεύθυνση του διαφράγματος. Εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων τα οποία προκαλούν στο πτυχωτό διάφραγμα την επίδραση να ανοιγοκλείνει τις πτυχές του και έτσι προκαλούνται αραιώσεις και πυκνώσεις του αέρα δημιουργώντας ηχητικά κύματα. Τα μεγάφωνα αυτά λόγω αυτής της κίνησης του αέρα έχουν πάρει την ονομασία AMT (Air Motion Transformers, μετασχηματιστές κίνησης αέρα).

Το μοναδικό όριο που υπάρχει στην χρήση ενός τέτοιων μεγαφώνων είναι ότι οι πλευρικές μετατοπίσεις πτυχών του διαφράγματος δεν είναι απόλυτα ελεύθερες. Έτσι σήμερα αυτά τα μεγάφωνα χρησιμοποιούνται μόνο για μεσαίες και υψηλές συχνότητες (από 800 Hz και πάνω).

Μεγάφωνα ιονισμού ή αλλιώς πλάσματος

Τα μεγάφωνα ιονισμού έχουν εμφανιστεί στην αγορά τα τελευταία πενήντα χρόνια.

Η ιδέα κατασκευής προήρθε πριν από πολλά χρόνια όταν οι ηλεκτρονικοί σπινθήρες κάνανε ένα χαρακτηριστικό θόρυβο που άλλαζε ανάλογα με την διαφορά δυναμικού που προκαλούσε τους σπινθήρες. Γνώριζαν ότι όσο πιο ελαφρά είναι τα κινούμενα μέρη ενός μεγαφώνου τόσο υψηλότερη ήταν η απόδοσή του. Η ιδιότητα των σπινθήρων οδήγησε στο ιδανικό μεγάφωνο, δηλαδή χωρίς καθόλου κινούμενα μέρη αλλά με τον ίδιο τον αέρα να κινείται σε παλμική κίνηση. Η ένταση των σπινθήρων ήταν πολύ μικρή με αποτέλεσμα να χρειάζεται την χρήση χοάνης για να ενισχυθεί.

Το πρώτο μεγάφωνο ιονισμού ήταν γαλλική εφεύρεση το Ionophone της Plessey το 1950. Αργότερα κατασκευάστηκε κάτι παρόμοιο και στην Αγγλία από την Fane Acoustics με την ονομασία Ionofane (1960). Στο Ionophone αντί για ηλεκτρικούς σπινθήρες χρησιμοποιούνταν για τον ιονισμό του αέρα ένα σήμα ραδιοφωνικής συχνότητας που τροφοδοτούσε ένα τύλιγμα (πηνίο) γύρω από ένα κύτταρο χαλαζία. Το κύτταρο αυτό είχε διπλά τοιχώματα και το εσωτερικό υπήρχε ένα κενό από αέρα για να μην υπάρχει διαρροή θερμότητας από το κύτταρο. Στο εσωτερικό του κυττάρου υπήρχε ένα ηλεκτρόδιο από πλατίνα που είχε ικανότητες ιονισμού. Το ηλεκτρόδιο αυτό θερμαινόταν από το ραδιοφωνικό σήμα και εξέπεμπε ιόντα από την επιφάνειά του. Μεταβάλλοντας την ραδιοφωνική συχνότητα του ρεύματος θέρμανσης του ηλεκτροδίου άλλαζε ανάλογα και ο ρυθμός ιονισμού μέσα στο κύτταρο και άρα και η συχνότητα του παραγόμενου ηχητικού σήματος. Έτσι είχαμε μεγάφωνα χωρίς καθόλου κινούμενα μέρη που σύμφωνα με τους κατασκευαστές είχε ιδανική απόδοση.

Τέλος η κατασκευή τέτοιων μεγαφώνων δεν κράτησε πολύ χωρίς να γνωρίζουμε την ακριβή αιτία. Ίσως να έφταιγε η πολύπλοκη κατασκευή τους ή συχνή αλλαγή του ηλεκτροδίου της πλατίνας ή τα παράσιτα που προκαλούσε στις ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές.

Μαγνητοστατικά μεγάφωνα

Τα μαγνητοστατικά μεγάφωνα συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των ηλεκτροδυναμικών και των ηλεκτροστατικών μεγαφώνων. Τα μαγνητοστατικά μεγάφωνα συνδυάζουν την χρήση ενός μεγάλου επίπεδου πλαστικού διαφράγματος το οποίο διατρέχεται σε όλη του την επιφάνεια από μεταλλικούς αγωγούς και βρίσκεται στο μέσο ανάμεσα σε δύο μαγνητικές ράβδους οι οποίες είναι η μία απέναντι από την άλλη. Έτσι το χαμηλής μάζας διάφραγμα είναι ταυτόχρονα και πηγίο φωνής (μεταλλικοί αγωγοί), κάτι που μειώνει την αδράνεια και αυξάνει εντυπωσιακά την απόδοση του ηχείου. Με αυτόν τον τρόπο όπως γίνεται και στα ηλεκτροστατικά μεγάφωνα δημιουργούνται δυνάμεις έλξης και απώσεις μεταξύ διαφράγματος και των δυο μαγνητικών ράβδων εξαιτίας τις ρεύματος που διαρρέεται από τους μεταλλικούς αγωγούς με αποτέλεσμα οι κινήσεις του διαφράγματος έχει ως συνέπεια την κίνηση των μορίων του αέρα γύρω από το διάγραμμα δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ήχους. Το διάφραγμα των μαγνητοστατικών μεγαφώνων είναι βαρύτερο σε σχέση με των ηλεκτροστατικών εξαιτίας των μεταλλικών αγωγών. Επίσης μια ακόμα διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μεγάλων είναι και το κόστος όπου το μικρότερο κόστος έχουν τα μαγνητοστατικά μεγάφωνα.

Τα πρώτα μαγνητοστατικά μεγάφωνα κατασκευάστηκαν από τον Klangfilm Blatthaller το 1920 (σχήμα 4.6) ενώ σήμερα είναι όπως απεικονίζεται στην παρακάτω δεξιά σχήμα (σχήμα 4.7) .



Σχήμα. 4.6



Σχήμα. 4.7

Μια άλλη κατηγορία μαγνητοστατικών μεγαφώνων είναι τα μεγάφωνα ταινίας (ribbon) στα οποία μια μεταλλική λωρίδα αναρτάται ανάμεσα στους αντίθετους πόλους δύο μαγνητών. Τα ribbon είναι πολύ πιο ευαίσθητα και έτσι χρησιμοποιούνται για αναπαραγωγή υψηλών συχνοτήτων.

Μεγάφωνα τύπου NXT

Τα μεγάφωνα τύπου NXT είναι ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα που χρησιμοποιούν επίπεδο διάφραγμα και είναι η πιο καινούρια τεχνολογικά καινοτομία για τον τρόπο λειτουργίας των μεγαφώνων (σχήμα).



Η NXT τεχνολογία εφευρέθηκε στην έρευνα της Verity's η οποία βασίστηκε στην πατέντα του Βρετανικού Υπουργείου Αμύνης. Η λειτουργία αυτών των μεγαφώνων βασίζεται στον ηλεκτροδυναμικό μετατροπέα που βρίσκεται στο πίσω μέρος του πάνελ. Ο μετατροπέας αυτό μετατρέπει τον ήχο εισόδου σε μηχανικές δονήσεις ώστε να δονεί το διάφραγμα ώστε να δημιουργεί δονήσεις σε ολόκληρη την

επιφάνεια του πάνελ και όχι σε ένα σημείο όπως κάνουν τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα (σχήμα 4.8).



Δονήσεις μεγαφώνου NXT



Δονήσεις κωνικού μεγαφώνου

Σχήμα. 4.8

Το διάφραγμα έχει επίπεδο σχήμα και είναι λεπτό, ελαφρύ και το υλικό από το οποίο αποτελείται είναι άκαμπτο.

Τα μεγάφωνα της κατασκευής

Τα μεγάφωνα όπως αναφέραμε μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική ενέργεια και είναι η τελευταία βαθμίδα ενός συστήματος ηχείου. Στην πτυχιακή μου εργασία τοποθέτησα δύο ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα ένα για τις χαμηλές συχνότητες και ένα για τις υψηλές. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησα ένα μεγάφωνο tweeter το οποίο αναπαράγει υψηλές συχνότητες από 3000Hz μέχρι 22000 Hz και ένα μεγάφωνο woofer που αναπαράγει χαμηλομεσαίες συχνότητες από 55 Hz μέχρι 45000 Hz . Οι συχνοτικές αποκρίσεις και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τα βλέπουμε στα παρακάτω σχήματα.



©GEMINI

PAPER WOOFER

**GEM 60W 4
WOOFER 4"**

SPECIFICATIONS	GEM 60W 4
Nominal Diameter	100mm (4")
Nominal Impedance	8 & 4 ohm
Nominal Power	60 watt
Continuous pink	120 watt
Resonance Frequency	55-4500 Hz
Magnett Weight	360 gr
Sensitivity @ 1w,1m	92 db
THIELLE AND SMALL PARAMETERS	
Fs	55 Hz
Re	7,2 & 3,3 Ohm
Qts	0,41
Qms	5,45
Qes	0,55
Vas	2,1
MOUNTING AND SHIPPING INFORMATIONS	
Net weight	870 gr
Shipping weight	970 gr
Bold Circle Diameter	92 mm

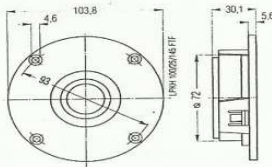
Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το woofer το οποίο τοποθετήθηκε στο ηχείο και είναι 60 W και 4 ίντσες το οποίο θα αναπαράγει τις χαμηλομεσαίες συχνότητες.



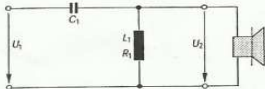
HiFi-Kalotten-Hochtonlautsprecher
HiFi Dome Tweeter



LPKH 100/25/145 FTF



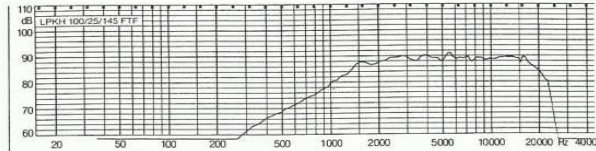
LPKH 100/25/145 FTF
Schallöffnung · Sound aperture \varnothing 82 mm.



* Frequenzweiche zur Ermittlung der Nennbelastbarkeit nach DIN 45 573.
Cross-over network for power handling test according to DIN 45 573.

Z_n Ω	L_1 mH	R_1 Ω	C_1 μ F	U_1 V	U_2 V	P_2 W
8	0,22	4,2	(8,0 ¹⁾)	20	8	8

¹⁾ MKT



Schalldruckkurve · Frequency response
 $P = 1 \text{ Wsin}$; $a = 1 \text{ m}$.

Technische Daten	Technical Data		
Nennimpedanz	Rated impedance	Z_n	8 Ω
Übertragungsbereich	Frequency range	—	3000–22000 Hz
Nennbelastbarkeit*	Rated power*	P_n	50 W
Mittlerer Kennschalldruckpegel	Characteristic sound pressure level	L_m	90 dB
Gleichstromwiderstand	DC resistance	R_E	6,1 Ω
Nennresonanzfrequenz	Nominal resonance frequency	f_e	1800 Hz
Schwingspulenbreite	Voice coil height	b	1,7 mm
Effektive Membranfläche	Effective diaphragm area	S_D	8 cm ²
Magnetkurzdaten	Magnetic datas	—	25 / 2,5 / 145–0,6
Magnetischer Fluß	Total flux	Φ_L	290 μ Wb
Magnetische Luftspaltenenergie	Magnetic air gap energy	W_L	101 mWs
Gewicht des Lautsprechers	Weight of the speaker	—	525 g

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το tweeter το οποίο τοποθετήθηκε στο ηχείο και είναι 50 W το οποίο θα αναπαράγει τις υψηλομεσαίες συχνότητες.

Καμπίνες Ηχείων

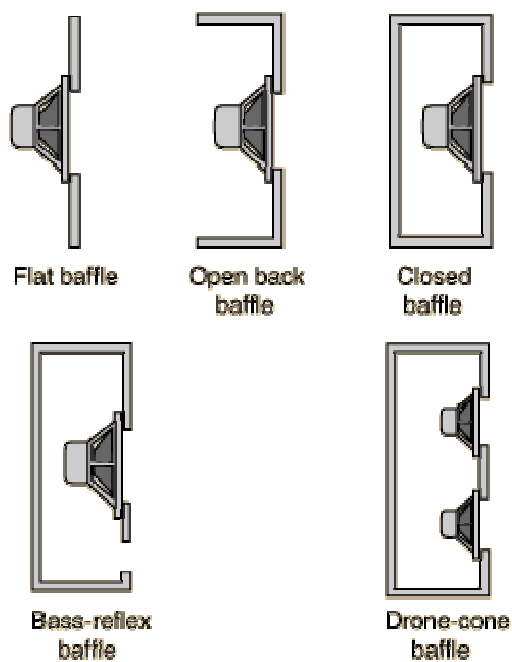
Με τον όρο καμπίνα ονομάζουμε την κατασκευή μέσα στην οποία είναι ενσωματωμένα τα μεγάφωνα .Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι καμπινών για την τοποθέτηση μεγαφώνων και είναι οι εξής:

1.Κλειστού τύπου που μέσα στο εσωτερικό της καμπίνας υπάρχει εγκλωβισμένη μια μάζα αέρα η οποία δέχεται τις μεταβολές πίεσης λόγω της κίνησης του μεγαφώνου η οποία είναι κλειστή με αεροστεγή τρόπο.

2. Ανοικτού τύπου όπου ο αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό της καμπίνας και δέχεται τις μεταβολές της κίνησης του μεγαφώνου και τις αντιδράσεις των τοιχωμάτων της καμπίνας μπορεί να εκτονωθεί μέσω ενός ειδικά μελετημένου ανοίγματος της καμπίνας .

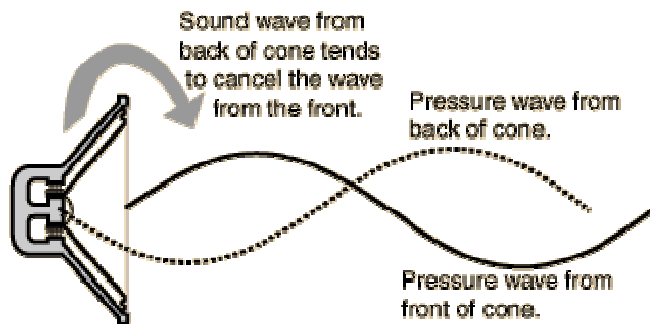
3.Τύπου μετάδοσης χοάνης όπου η καμπίνα είναι ουσιαστικά ανοικτή και χρησιμοποιείται ως προσαρμογέας εμπέδησης για την ακτινοβολία του πίσω μέρους του κώνου.

Υπάρχουν πάρα πολλά είδη καμπινών. Κάποια από αυτά τα είδη τα βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα 5.1



Σχήμα.5.1

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε καμπίνες είναι ότι όταν ένα μεγάφωνο είναι εκτός καμπίνας δεν μπορεί να αποδώσει χαμηλές συχνότητες. Αντίθετα βάζοντας το σε καμπίνα αυτόματα αλλάζει η συμπεριφορά και ήχο διότι τα πίσω κύματα δεν ακυρώνουν τα μπροστά. Δηλαδή τα δύο ηχητικά κύματα θα πρέπει να είναι σε φάση (συμφασικά) για την αποφυγή της αλληλοαναιρέσης.



Σχήμα.5.2

Καμπίνες κλειστού τύπου

Στις καμπίνες κλειστού τύπου όταν τοποθετήσουμε κάποιο μεγάφωνο έχει ως αποτέλεσμα λόγω της κίνησης του μεγαφώνου έχει ως συνέπεια την αλλαγή απόκρισης του μεγαφώνου και την δημιουργία στάσιμων κυμάτων και των εσωτερικών ανακλάσεων για αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε και πορώδεις ηχοαπορροφητικά υλικά.

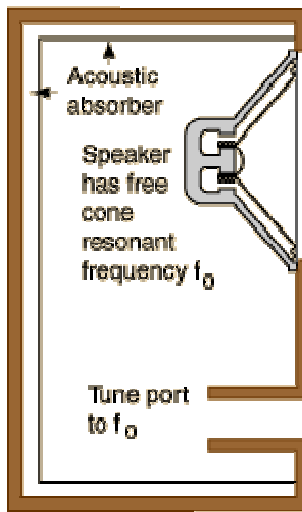
Καμπίνες ανοιχτού τύπου(bass-reflex)

Είναι το πιο συνηθισμένο και καλύτερο σε απόδοση ηχείο καθώς συνδυάζει και προσθέτει τα πίσω ηχητικά κύματα με τα μπροστά για την καλύτερη απόδοση. Αυτός ο τύπος καμπίνας αποτελείται από μια καμπίνα που σε ένα τοίχωμα της έχει ανοιχτή ένα κυκλικό άνοιγμα ώστε ο ήχος από το εσωτερικό της καμπίνας να μπορεί να διαφύγει και να συνδυαστεί με την ακτινοβολία από το μεγάφωνο. Όλος αυτός ο τρόπος βασίζεται στον συνηχητή Helmholtz .Η συχνότητα συντονισμού του συνηχητή Helmholtz υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$F_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{Vl}}$$

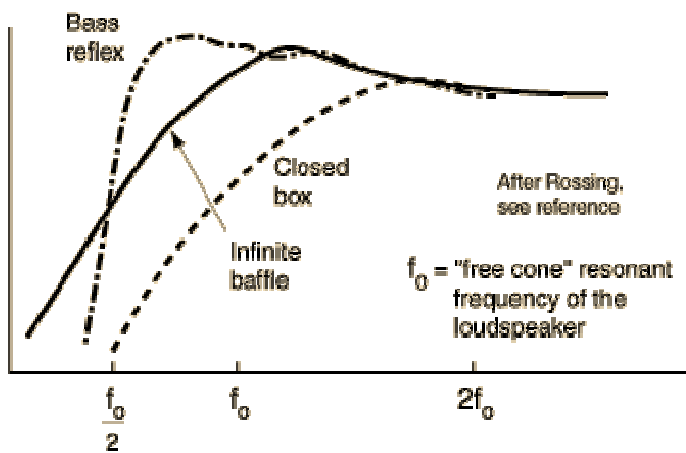
όπου c είναι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα, V ο όγκος του συντονιστή, s η επιφάνεια του λαιμού, l το μήκος του λαιμού του συντονιστή.

Κάθε μεγάφωνο έχει μία συχνότητα συντονισμού τη λεγόμενη F_s η οποία θα πρέπει να συνδυαστεί σωστά με την συχνότητα συντονισμού της οπής F_0 για τον σωστό συγχρονισμό των πίσω κυμάτων με τα μπροστά.



Σχήμα.5.3

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πως το bass-reflex έχει καλύτερη απόδοση στις χαμηλές συχνότητες.



Σχήμα.5.4

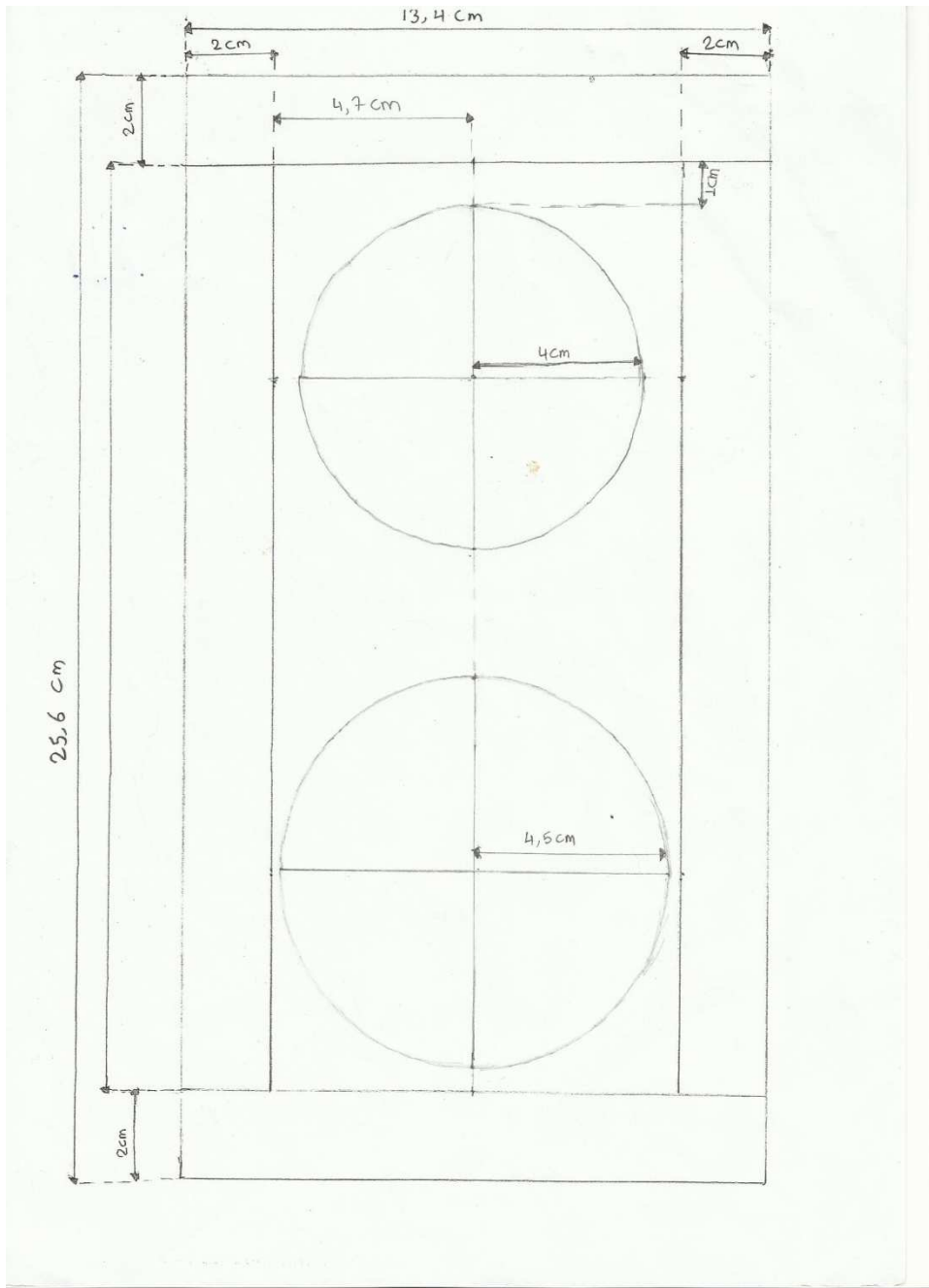
Σχεδιασμός και κατασκευή της καμπίνας του ηχείου της πτυχιακής

Για την κατασκευή της καμπίνας του ηχείου ήταν απαραίτητες οι διαστάσεις και ο τύπος καμπίνας που θα χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσει η κατασκευή του. Οι διαστάσεις που χρησιμοποίησα πάρθηκαν από το περιοδικό 'κατασκευές' όπου έδινε τις διαστάσεις και τον τύπο ηχείου (bass reflex) καθώς επίσης έδινε και πόσο πρέπει να είναι το μήκος της σωλήνας pnv ανάλογα με το πάχος που θα έχει ο σωλήνας για το bass-reflex.

Στην συνέχεια αυτό που έπρεπε να καθοριστεί ήταν τι ξύλο θα χρησιμοποιηθεί από διαφορές πληροφορίες που μελέτησα κατέληξα στο MDF γιατί διάβασα ότι χρησιμοποιείτε σε αρκετά ηχεία έχει καλή και γρήγορη αποσβεστική ικανότητα αλλά είναι και φθινό υλικό που ήθελα να αντιπροσωπεύει την εργασία αυτής καθώς προσπάθησα με φθηνά υλικά να βγάλω ένα όσον το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα. Μια άλλη καλή λύση ήταν το κόντρα πλακέ θαλάσσης πιο ακριβό μεν αλλά χρησιμοποιείται συχνά. Τα ξύλα συνδέθηκαν μεταξύ τους με ξυλόβιδες και ξυλόκολλα. Για να μην υπάρξει κάποιο άνοιγμα στο MDF κατασκεύασα πρώτα μια βάση στήριξης. Παρακάτω ακολουθεί ένα φωτογραφικό άλμπουμ με όλα τα στάδια κατασκευής του και μικρή περιγραφή της κάθε φωτογραφίας.



Σχήμα 6.1. Τα ξύλινα υλικά που χρησιμοποίησα για την καμπίνα του ηχείου.



Σχήμα 6.2. Βλέπουμε το σχέδιο για την κατασκευή του ηχείου .



Σχήμα 6.3. Το μπροστά και πίσω μέρος του ηχείου.



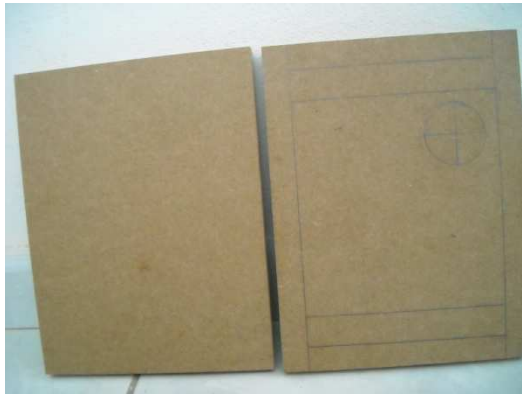
Σχήμα.6.4 Το μπροστά μέρος είναι σχεδιασμένο.



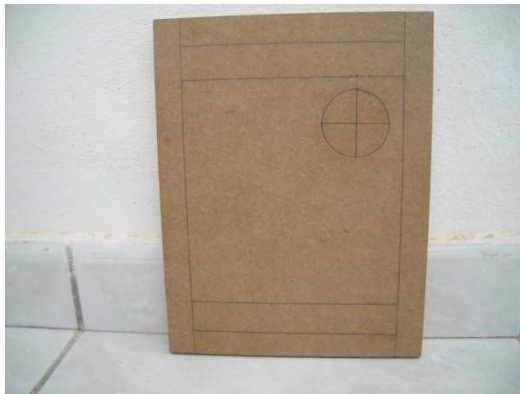
Σχήμα.6.5 Το μπροστινό κομμάτι έτοιμο για κόψιμο.



Σχήμα.6. Στο μπροστινό κομμάτι ανοίχτηκαν οι τρύπες.



Σχήμα 6.7 .Η βάση και το επάνω μέρος του ηχείου το οποίο να είναι σχεδιασμένο.



Σχήμα.6.8 Το επάνω κομμάτι είναι έτοιμο για κόψιμο.



Σχήμα 6.9. Στο επάνω κομμάτι ανοίχτηκε η τρύπα για το bass reflex.



Σχήμα 6.10. Τα πλαϊνά κομμάτια της καμπίνας.



Σχήμα 6.11. Τα ξύλα για την εσωτερική βάση έτοιμα να κοπούν .



Σχήμα 6.12. Τα ξύλα της εσωτερικής βάσης κόπηκαν σε συγκεκριμένες διαστάσεις.



Σχήμα 6.13. Τα ξύλα της εσωτερικής βάσεις ενώνονται.



Σχήμα 6.14. Με την ίδια διαδικασία έγινε και η άλλη βάση.



Σχήμα 6.15. Η πρώτη εσωτερική βάση τοποθετείται στην βάση της καμπίνα με κόλλα και με ξυλόβιδες.



Σχήμα 6.16. Τοποθετήστε το επάνω μέρος της εσωτερικής βάσης.



Σχήμα 6.17. Προετοιμασία για την δεύτερη βάση.



Σχήμα 6.18. Τοποθέτηση της δεύτερης βάσης πάλι με τον ίδιο τρόπο με κόλλα και ξυλόβιδες.



Σχήμα 6.19 Τοποθετείτε το επάνω μέρος της δεύτερης εσωτερικής βάσης .



Σχήμα 6.20. Προετοιμασία για το πλευρικό μέρος.



Σχήμα 6.21. Τοποθέτηση του πλευρικού μέρους



Σχήμα 6.22. Βίδωμα με ξυλόβιδες του πλευρικού μέρους.



Σχήμα 6.23. Προετοιμασία με κόλλα για την τοποθέτηση του δεύτερου πλαϊνού μέρους.



Σχήμα 6.24. Ολοκλήρωση του δεύτερου πλαϊνού μέρους



Σχήμα 6.25. Η σωλήνα για το bass reflex.



Σχήμα 6.26. Κόψιμο της σωλήνας στο μήκος που θέλουμε.



Σχήμα 6.27.Ολοκλήρωση της διαδικασίας κοψίματος.



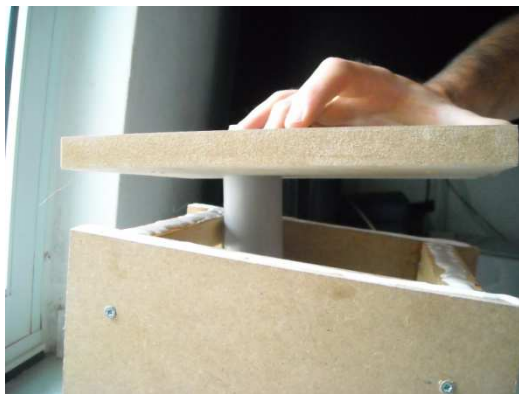
Σχήμα 6.28.Τοποθέτηση του στο επάνω μέρος της καμπίνα



Σχήμα 6.29.Ολοκλήρωση του πάνω μέρους με τον σωλήνα.



Σχήμα 6.30.Προετοιμασία για την κόλληση του πάνω μέρους της καμπίνας.



Σχήμα 6.31.Τοποθέτηση του επάνω μέρους της καμπίνας.



Σχήμα 6.32.Ολοκλήρωση της τοποθέτησης.



Σχήμα 6.33.Βίδωμα του επάνω μέρους για καλύτερη επαφή.



Σχήμα 6.34.Βίδες και στην άλλη μεριά.



Σχήμα 6.35. Πέρασμα ολόκληρης της κατασκευής με κόλλα ώστε να κολλήσουν καλύτερα τα ξύλα με την εσωτερική βάση.



Σχήμα 6.36.Τρυπάμε για να μπουν οι βίδες πιο μέσα.



Σχήμα 6.37.Αυτό έγινε σε όλες τις πλευρές.



Σχήμα 6.38.Αποτέλεσμα της διαδικασίας.



Σχήμα 6.39.Προετοιμασία για το άνοιγμα της πίσω τρύπας



Σχήμα 6.40Αποτέλεσμα της διαδικασίας .



Σχήμα 6.41 Το τερματικό του ηχείου όπου συνδέονται οι ακροδέκτες από το crossover.



Σχήμα 6.42,3.Γίνεται στοκάρισμα σε όλο το ηχείο για να κλείσουν οι τρύπες





Σχήμα 6.44,45,46.Στα σχήματα αυτά βλέπουμε το στοκάρισμα του ηχείου πριν το βάνιμο.



Σχήμα 6.46



Σχήμα 6.47,48Περάστηκε ένα χέρι με βελατούρα για να βαφή ομοιόμορφα η καμπίνα.



Σχήμα 6.49. Μετά το βάψιμο πήρε την παραπάνω μορφή και αφού τοποθετήθηκαν και τα μεγάφωνα επάνω του.

Μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ηχείου

Θεωρητικό υπόβαθρο

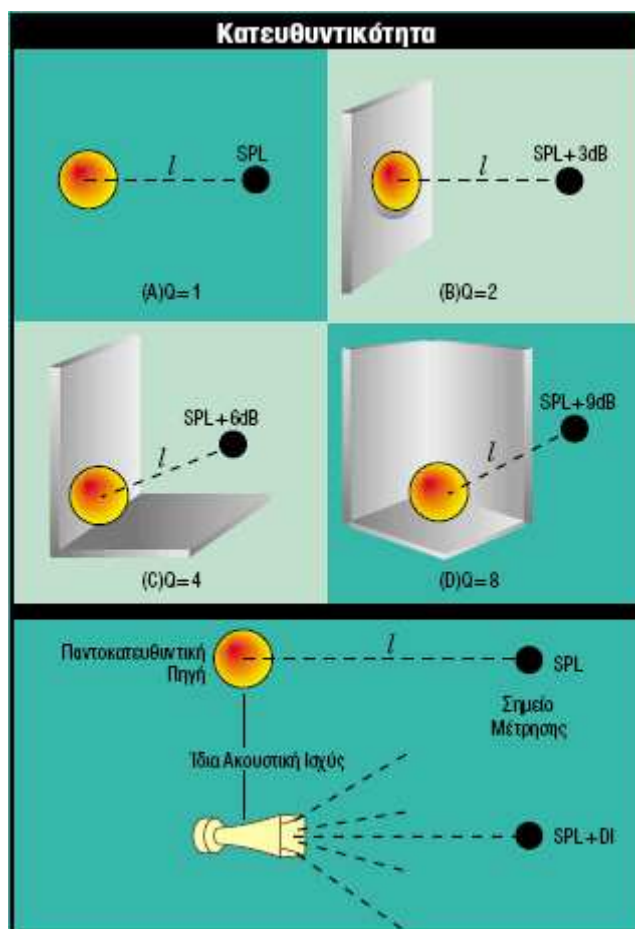
Ευαισθησία

Η ευαισθησία (*sensitivity*) ορίζεται ως η ακουστική ένταση σε dB που παράγει ένα ηχείο σε απόσταση 1 m, όταν το τροφοδοτήσουμε με ηλεκτρική ισχύ 1W rms. Επομένως, κατά κάποιο τρόπο εκφράζει το βαθμό απόδοσης του ηχείου, δηλαδή κατά πόσο αποδοτικά μετατρέπει τη λαμβανόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική. Μεταξύ δύο διαφορετικών ηχείων, αυτό με την υψηλότερη ευαισθησία (dB) "κανονικά" αναπαράγει υψηλότερη ηχητική στάθμη. Πρακτικά όμως, η παρεχόμενη τιμή ευαισθησίας από τους κατασκευαστές ηχείων μπορεί να είναι αρκετά παραπλανητική, καθώς συνήθως αναφέρεται μόνο στη συχνότητα του 1 kHz, ενώ δεν παρέχονται τιμές πχ. στις πολύ χαμηλές συχνότητες στις οποίες υπάρχει και η μεγαλύτερη δυσκολία ορθής αναπαραγωγής. Πολλές φορές στο εμπόριο τα ηχεία χωρίζονται από άποψη ευαισθησίας σε χαμηλής και υψηλής ευαισθησίας. Το όριο μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών δεν είναι αυστηρά καθορισμένο, αλλά γενικά θεωρείται η τιμή των 90dB/w/m.

Κατευθυντικότητα

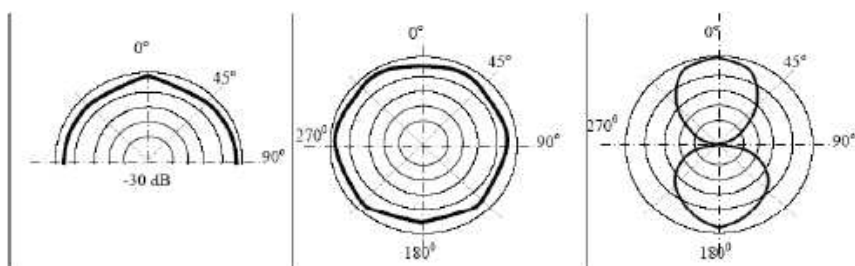
Με τον όρο «κατευθυντικότητα» εκφράζουμε πόσο πολύ μια πηγή κατευθύνει μέσα σε συγκεκριμένα όρια τη δέσμη των ηχητικών κυμάτων που φεύγουν από αυτήν. Είναι χαρακτηριστικό όλων των ηχητικών πηγών και αποτελεί συνάρτηση της κατασκευής, της τοποθέτησης τους αλλά και της συχνότητας των ήχων που εκπέμπονται. Μετριέται είτε σε μοίρες (0 – 360°) είτε με τον παράγοντα Q (quality factor) είτε, συνηθέστερα, με τον δείκτη κατευθυντικότητας $DI=10*\log Q$ (directivity index) ο οποίος μετριέται σε dB. Πιο συγκεκριμένα ο δείκτης κατευθυντικότητας περιγράφει τη διαφορά στάθμης της εκπεμπόμενης από το μεγάφωνο έντασης (πάνω σε μία διεύθυνση και σε μία συγκεκριμένη απόσταση) σε σχέση με την εκπεμπόμενη ένταση από μία παντοκατευθυντική πηγή ίδιας ισχύος και στην ίδια απόσταση (βλ. το παρακάτω σχήμα).

Μια πηγή που εκπέμπει ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις και δημιουργεί σφαιρικά κύματα ονομάζεται ισοτοπική ή παντοκατευθυντική. Σε αυτήν την

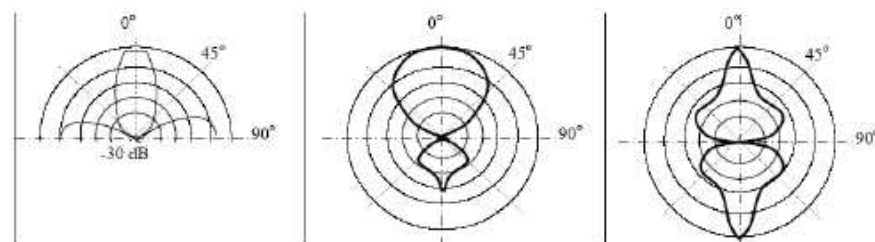


περίπτωση, οι μοίρες εκπομπής θα είναι 360° , ο παράγοντας $Q=1$ και ο δείκτης κατευθυντικότητας θα είναι $DI=0$. Όταν οι μοίρες εκπομπής μειωθούν στο μισό (180°), δηλαδή αν, για παράδειγμα, εντοιχίσουμε ένα μεγάφωνο, τότε θα έχουμε $Q=2$, αφού διπλασιάζεται η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας. Άρα, θα έχουμε και αύξηση της έντασης, η οποία δίνεται από τον δείκτη DI οπότε θα έχουμε δείκτη κατευθυντικότητας $DI=10 \cdot \log 2=3$. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε διπλασιασμό του Q , θα προκύπτει και αύξηση της ακουστικής πίεσης σε ένα δεδομένο σημείο κατά 3 dB. Σχετικά με την εξάρτηση της κατευθυντικότητας με την συχνότητα των ήχων που εκπέμπονται μπορούμε να δούμε στα παρακάτω διαγράμματα πως όσο αυξάνεται η συχνότητα τόσο μεγαλώνει και η κατευθυντικότητα.

- Χαμηλές συχνότητες



- Υψηλές συχνότητες



Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα μετρήσεων Melissa και με τη βοήθεια υπολογιστικού και σχεδιαστικού λογισμικού πήραμε τα παρακάτω διαγράμματα όπου βλέπουμε την κατευθυντικότητα, την ευαισθησία και το sound power του ηχείου με και χωρίς απορροφητικό (υαλοβάμβακας). Να σημειωθεί ότι σε όλα τα διαγράμματα η στάθμη dB είναι κανονικοποιημένη (normalized).

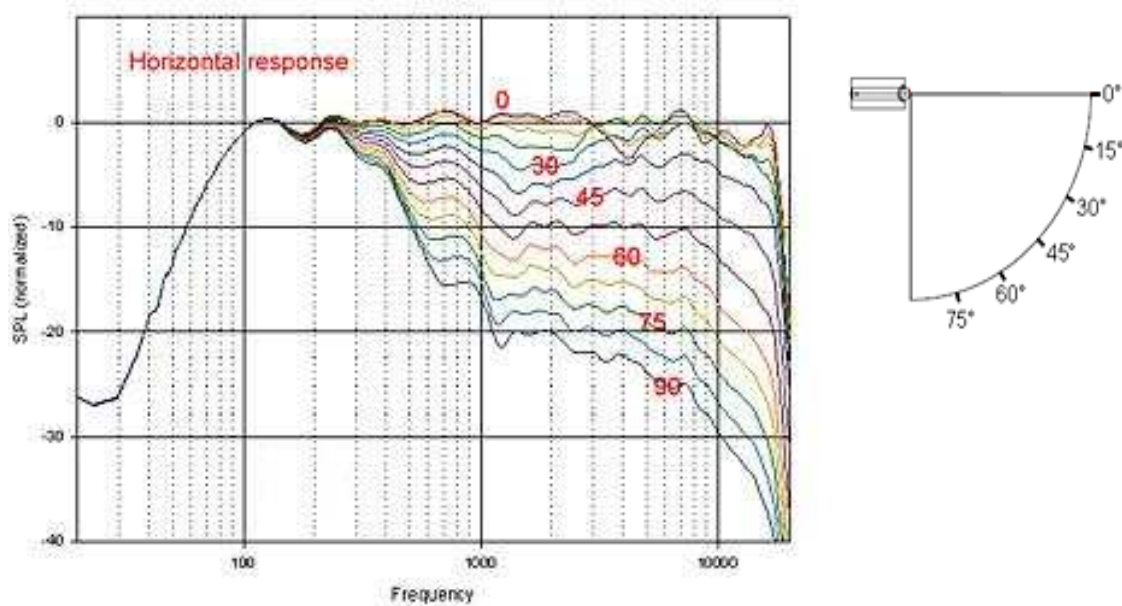
Ηχείο χωρίς απορροφητικό

Κατευθυντικότητα (Horizontal off-axis frequency response)

Η μέτρηση αυτή είναι ουσιαστικά μέτρηση της συχνотικής απόκρισης του ηχείου σε διάφορες γωνίες στο οριζόντιο επίπεδο. Συγκεκριμένα η μέτρηση έγινε με μικρόφωνο earthworks σε απόσταση 1 m από το ηχείο σε 12 διαφορετικές γωνίες από 0° ως 90° ,

όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο διάγραμμα που ακολουθεί έχουν σημειωθεί με κόκκινο οι γωνίες 0, 30, 45, 60, 75 και 90° για εποπτικό σκοπό.

Όπως ήταν αναμενόμενο βλέπουμε μια αρκετά ομοιόμορφη κατανομή στο σύνολο των ακουστικών συχνοτήτων για μέτρηση στις 0 μοίρες (δηλαδή, πάνω στον άξονα του ηχείου), ενώ όσο απομακρυνόμαστε από τον άξονα αρχίζει και πέφτει η στάθμη στις συχνότητες από 500 Hz και πάνω. Το γεγονός αυτό μας δείχνει και πειραματικά ότι οι υψηλές συχνότητες είναι κατευθυντικές ενώ οι χαμηλές ($f < 200$ Hz) διαδίδονται ομοιόμορφα στον χώρο.



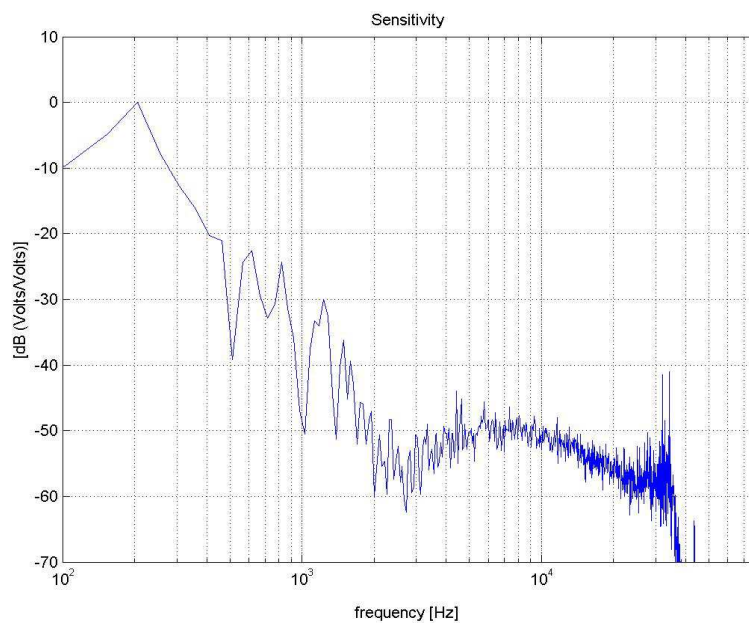
Σχήμα 7.1

Ευαισθησία

Η μέτρηση έγινε με μικρόφωνο earthworks σε απόσταση 1 m από το ηχείο και με την βοήθεια του λογισμικού melissa.

Στο παρακάτω (σχήμα 7.2) βλέπουμε το διάγραμμα της ευαισθησία του ηχείου χωρίς ηχοαπορροφητικό υλικό (υαλοβάμβακα). Στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη πτώση της κανονικοποιημένης στάθμης dB από τα 800 Hz και πάνω η οποία φτάνει (στα 2 – 3 KHz) μέχρι και τα 50 dB. Το γεγονός αυτό μας δείχνει ότι το ηχείο

μας παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά την



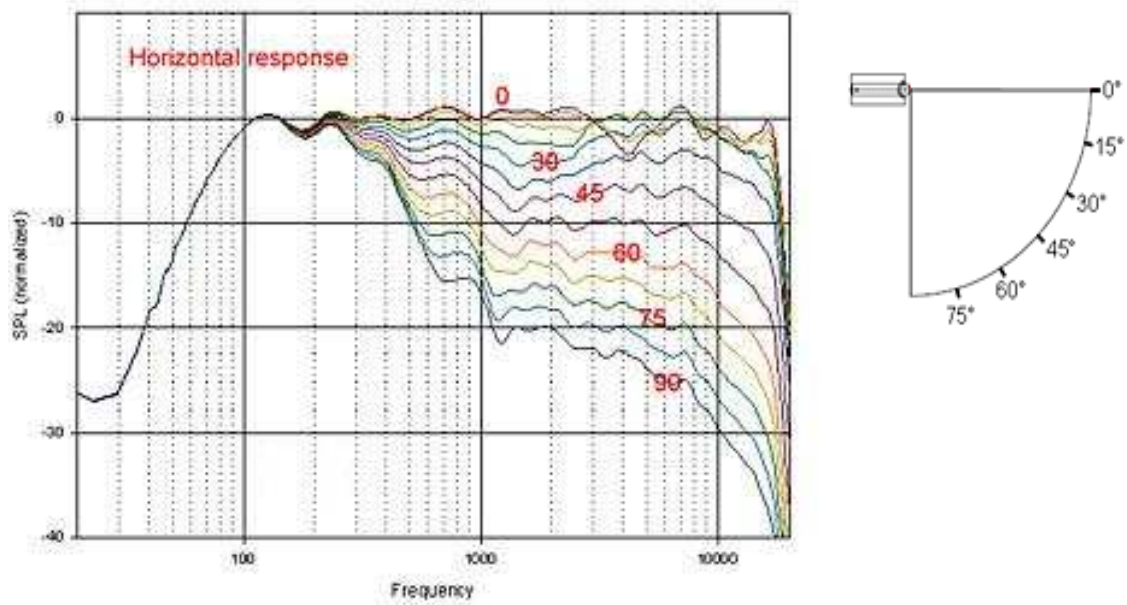
Σχήμα 7.2

Ηχητική στάθμη σε χαμηλές κυρίως συχνότητες (100 – 800 Hz), ενώ σε υψηλότερες συχνότητες η αποδιδόμενη ηχητική στάθμη πέφτει αρκετά με χειρότερο σημείο την περιοχή 2 – 3 KHz. Όπως θα δούμε στη συνέχεια το πρόβλημα αυτό λύθηκε σε μεγάλο βαθμό με την προσθήκη ηχοαπορροφητικού υλικού μέσα στην καμπίνα του ηχείου.

Ηχείο με απορροφητικό (υαλοβάμβακας)

Κατευθυντικότητα (Horizontal off-axis frequency response)

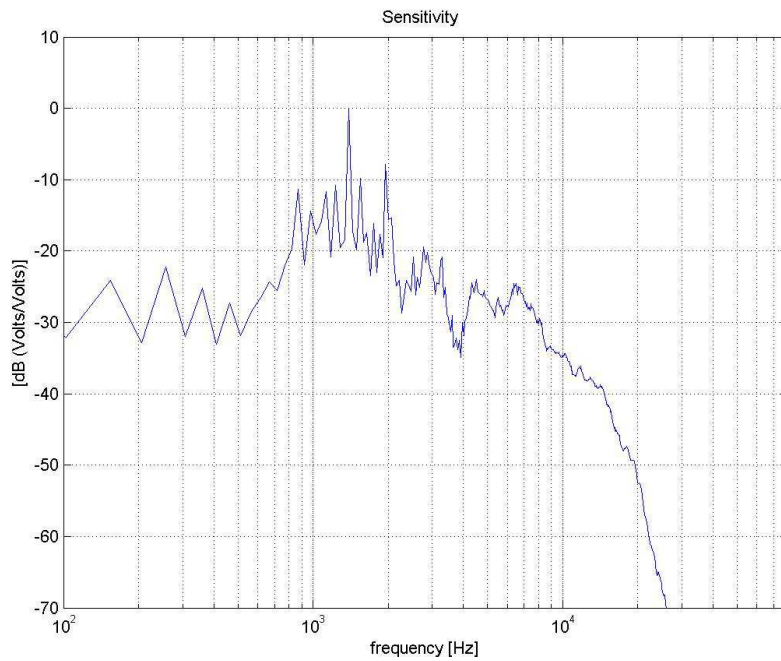
Στη μέτρηση της κατευθυντικότητας, όπως βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα, δεν παρατηρούμε ιδιαίτερες αλλαγές με τη χρήση του υαλοβάμβακα.



Σχήμα 7.3

Ευαισθησία

Οι αλλαγές στην ευαισθησία του ηχείου με τη χρήση του ηχοαπορροφητικού είναι αισθητή όπως βλέπουμε στο παρακάτω (σχήμα 7.4) σε σχέση την ευαισθησία (σχήμα 7.2) έχουμε ενίσχυση σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων και η καμπύλη παίρνει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στην εσωτερική εμπέδηση της καμπίνας με ηχοαπορροφητικό υλικό υαλοβάμβακα.



Σχήμα 7.4

Τα αποτελέσματα τα πήραμε με την βοήθεια ενός PC, των προγραμμάτων Melissa & matlab και ενός παντοκατευθυντικού μικροφώνου earthworks audio.



Σχήμα 7.5 Διάταξη των μετρήσεων.

Ακολουθεί μια περίληψη των χαρακτηριστικών του ηχείου

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ :

- Ένα 1/4" tweeter
- Ένα 4" Midrange - Woofer
- Απόκριση συχνοτήτων : 75Hz-20kHz
- SPL: 110 dB 1W/1m
- Αντίσταση: 8 Ohms
- Διαστάσεις: 21,5cm x 16,6cm x 29cm
- Βάρος: 2.2 kg

Προοπτικές για την βελτίωση του ηχείου

Οι προοπτικές για την βελτίωση του ηχείου είναι πολλές. Μερικές από τις βελτιώσεις είναι να πειραματιστούμε με άλλα απορροφητικά υλικά, π.χ βάτα , πετροβάμβακα και άλλα παρόμοια υλικά. Επίσης μία άλλη βελτίωση θα μπορούσε να ήταν η αγορά καλύτερων μεγαφώνων και ο σχεδιασμός ενός καλύτερου crossover.

Συμπεράσματα

Γενικά Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν ύστερα από την πολύμηνη διάρκεια μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι αρκετά. Η μελέτη και κατασκευή ενός ηχείου είναι μια δύσκολη υπόθεση στην οποία πρέπει να περάσεις από πολλά στάδια. Στο να ξεκινήσεις από την αρχή την σχεδίαση του ηχείου χρειάζεται αρκετή γνώση, μελέτη καθώς και πολύ χρόνο, κατάλληλα μηχανήματα και συγκεκριμένο χώρο (ηχομονωμένο) για να μπορεί να σχεδιαστεί η κατάλληλη καμπίνα. Σε αυτό το στάδιο, αποφεύχθηκε η σχεδίαση, διότι χρησιμοποίησα την σχεδίαση ενός υπάρχοντος ηχείου. Μετά την σχεδίαση ξεκινούν αρκετά προβλήματα και απορίες για το τι υλικό θα χρησιμοποιήσω για την καμπίνα του ηχείου. Η επιλογή μου ήταν MDF ξύλο γιατί ήταν το πιο φθηνό υλικό (ηχοαπορροφητικό) και υλικό στο οποίο δεν χρειαζόταν ιδιαίτερα μηχανήματα για την κατασκευή της καμπίνας. Ένα πρόβλημα που αντιμετώπισα στην καμπίνα ήταν το ότι έπρεπε να κατασκευάσω μία εσωτερική βάση για να στηρίξω τα ξύλα μεταξύ τους. Αλλά και να μπορεί το πίσω κομμάτι της καμπίνας να ανοίγει ώστε να μπορεί να συνδεθούν τα ηχεία με το crossover και αργότερα αφού παρθούν κάποιες μετρήσεις να μπορεί να τοποθετηθεί το ηχοαπορροφητικό υλικό.

Μετά την κατασκευή της καμπίνας ένα δύσκολο κομμάτι ήταν η κατασκευή του crossover στο οποίο επειδή δεν υπήρχαν στην αγορά πηνία στην συγκεκριμένη τιμή, κατασκευάστηκαν χειροποίητα. Μία ακόμα δυσκολία στην κατασκευή του ηχείου που συνάντησα ήταν τα αποτελέσματα που πάρθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος Melissa το οποίο είναι αρκετά περίπλοκο στο χειρισμό όσο και στην λειτουργία του και για αυτό ζήτησα την βοήθεια του κ. Μπρέζα ο οποίος γνώριζε το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Στην πτυχιακή μου εργασία διαπίστωνα ό,τι είναι αρκετά δύσκολο να κατασκευάσεις και να μελετήσεις ένα ηχείο από την αρχή διότι πρέπει να έχεις αρκετά μηχανήματα, προγράμματα καθώς επίσης χρειάζεται να πειραματιστεί κανείς με διάφορα υλικά για να φτάσει σε ένα καλό αποτέλεσμα. Στην κατασκευή του ηχείου είναι πολλά αυτά που πρέπει να προσέξεις. Και η πιο μικρή λεπτομέρεια όπως το να μην υπάρχουν βίδες στο εσωτερικό της καμπίνας, διαφοροποιεί το αποτέλεσμα.

Τελειώνοντας να αναφέρω ότι μέσα από την πτυχιακή μου εργασία ανέπτυξα τις γνώσεις μου στην κατασκευή ενός ηχείου(από την σχεδίασή του ως και την ολοκλήρωσή του). Σκοπός της εργασίας μου ήταν (με τις γνώσεις που συγκέντρωσα και τα υλικά που χρησιμοποίησα) η κατασκευή ενός χειροποίητου ηχείου το οποίο, είναι έτοιμο να τεθεί σε λειτουργία και να παράγει το δυνατότερο καλύτερο ήχο.

Τα Συμπεράσματα των μετρήσεων

Το συμπέρασμα που προέκυψε από τις μετρήσεις είναι ό,τι η ευαισθησία ενός ηχείου χωρίς ηχοαπορροφητικό υλικό, δεν έχει ομοιόμορφη κατανομή σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Ο λόγος είναι οι αρκετές ανακλάσεις που υφίσταται ο ήχος στο εσωτερικό του ηχείου και η μη αποτελεσματική απορρόφηση των ανακλάσεων από το εκάστοτε υλικό κατασκευής της καμπίνας. Σε αντίθεση με την ευαισθησία, η κατευθυντικότητα του ηχείου δεν αλλάζει ιδιαίτερα.

Προτάσεις και συμβουλές για περαιτέρω έρευνα κατασκευής ηχείου

Αρχικά θα ήθελα να αναφέρω, ότι όλο αυτό το διάστημα της πτυχιακής εργασίας μου, ήταν πλούσιο σε γνώσεις κομμάτι, το οποίο συνιστώ να ασχοληθούν όσοι ασχολούνται με αυτό το αντικείμενο (όχι απαραίτητα κατασκευαστικά αλλά και γνωστικά). Όσοι όμως θέλουν να ασχοληθούν κατασκευαστικά με το ηχείο θα πρέπει να προσέξουν όπως ανέφερα και πιο πάνω, διάφορα θέματα. Γι' αυτό θα είναι προτιμότερο να μελετήσουν πρώτα όλα τα στάδια κατασκευής του και έπειτα να αποφασίσουν το κόστος και το αποτέλεσμα που θα ήθελαν να έχει το ηχείο τους ώστε να αρχίσουν την διαδικασία της κατασκευής του. Η μελέτη του ηχείου δεν τελειώνει ποτέ, αφού κάποιος μπορεί να μελετήσει ακόμα και το δικό μου ηχείο με κάποιες μικρές διορθώσεις όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο «προοπτικές για την βελτίωση του ηχείου» που δεν πραγματοποιήθηκαν από εμένα λόγω χρόνου και κόστους. Ακόμα υπάρχουν αρκετά θέματα που κάποιος μπορεί να ασχοληθεί όπως η κατασκευή τριών ή τεσσάρων δρόμων ηχείων, διαφορετικό τύπο καμπίνας, διαφορετικό τύπο crossover, διαφορετικό τύπο μεγαφώνων, διαφορετικό υλικό κατασκευής καμπίνας και πολλά ακόμη. Τέλος η κατασκευή ενός ηχείου είναι ένας ευχάριστος αλλά και δύσκολος δρόμος που απαιτεί αρκετό χρόνο και χρήματα ώστε να έχεις ένα αξιοπρεπές ηχείο.

Βιβλιογραφία

- Φλώρος Ανδρέας Επ. Καθηγητής, «*Ηλεκτροακουστική & Ακουστική Χώρων*» 2009.
- Δημόπουλος Ηρακλής Γ «*Ενεργά και παθητικά ηλεκτρονικά φίλτρα, σύνθεση & σχεδίαση*» 2009.
- «*Προσδιορισμός και μελέτη των ιδιόμορφων μεγαφώνων με τη χρήση της τεχνικής ESPI (Ηλεκτρονικής Συμβολομετρίας Ψηφίδων)*» Πτυχιακή εργασία Αποστολάκου-Χατζηνικολάου 2007.
- Gordon J King, «*Συστήματα hi – fi, εγκατάσταση και αρχή λειτουργίας*», , Εκδόσεις Π. Γαλούτσι (1982).
- Σηφάκης Μηνάς Κ., Καθηγητής Εφαρμογών «*Σημειώσεις Εφαρμοσμένης Ακουστικής Ι* » 2007
- Augspurger, George L. "Theory, Ingenuity, and Wizardry in Speaker Design," *Audio*, April 1987 p. 51-55, originally published in *Journal of the Acoustical Society of America* 77, No. 4, April 1985, p. 1303-1308, describes five milestone loudspeaker designs over the last 50 years: Rice-Kellogg 1925, Altec Lansing Model 604 duplex 1943, Klipsch corner horn 1946, Jensen bass reflex in the 1940s that was an early version of the vented box enclosure defined by Thiele-Small 1961, and [Villchur](#) acoustic suspension 1954.
- Douglas, Alan. *Radio Manufacturers of the 1920's*. Vestal Press Ltd, 1989.
- Hunt, Frederick V. *Electroacoustics: the Analysis of Transduction, and its Historical Background*. New York: American Institute of Physics for the Acoustical Society of America, 1982.
- Olson, Harry Ferdinand. *Acoustical Engineering*. Princeton, N.J.: Van Nostrand, 1957.
- Rice, Chester W. and Edward W. Kellogg, "Notes on the Development of a New Type of Hornless Loudspeaker," *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* 44, 1925, p. 461-475.
- "Edward C. Wentz" biography manuscript, Bell Telephone Laboratories, Sept. 17, 1953, Box 228-07-01, AT&T Archives, Warren, NJ.
- Rice, Chester W. and Edward W. Kellogg, "Notes on the Development of a New Type of Hornless Loudspeaker," *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* 44, 1925, p. 461-475.

Links

- <http://www.ht-audio.com/>
- <http://www.hlektronika.gr/forum/showthread.php?t=40317>
- <http://www.noiz.gr/index.php?topic=170718.0>
- <http://www.trueaudio.com/>
- http://www.colomar.com/Shavano/cons_structure.html
- <http://www.daslight.gr/displayITM1.asp?ITMID=11446>
- <http://www.diyaudio.gr/oldnimmel.htm>

- http://www.plasmatweeter.de/eng_plasma.htm
- http://www.audiotechnologies.gr/index_files/Page423.htm
- <http://e-pcmag.gr/forum/ilektrostatika-ixeia>
- <http://electronicslab.eu/index.php/el/tecnologia-eksarthmaton-2/220-krystalloi>
- <http://www.piezo.com/tech4history.html>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Tweeter>
- <http://www.precide.ch/eng/eheil/eheildetails.htm>
- <http://www.unitedhomeproducts.com/id101.htm>
- <http://www.enjoythemusic.com/magazine/equipment/1002/acapellavoilin.htm>
- http://digg.com/newsbar/topnews/The_Most_Badass_Speakers_Around_Today_Plasma_Arc_Speakers&usg
- <http://www.audiocircuit.com/DIY/Ribbon-Speakers/Project:La-Folia-magnetostatic-by-Mogens-Gallardo>
- <http://edisontechcenter.org/speakers.html>
- <http://homepage.mac.com/oldtownman/recording/loudspeaker.html>
- <http://www.acadia.org/competition-98/sites/integrus.com/html/library/tech/www.dba-pr.com/mission/technxt.html>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://www.greenmountainaudio.com>
- <http://www.martinlogan.com>