

# Βελτιστοποίηση σχεδίασης ηχείου με αναγωγή των μηχανικών μερών του σε ηλεκτρονικά

Διπλωματική εργασία

Χαϊδάς Φώτιος

Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη  
σχεδίαση ενός ηχείου

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

- Ηλεκτρονική

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

- Ηλεκτρονική

Από άποψη ηλεκτρονικής λοιπόν χρειαζόμαστε τις εμπεδήσεις των ακόλουθων στοιχείων

Αντιστάσεις  $R$  για τις οποίες ισχύει  $Z_R = R$

Πηνία  $L$  που διέπονται από τη σχέση  $Z_L = j\omega L$

Πυκνωτές  $C$  που τους χαρακτηρίζει η εξίσωση  $Z_C = -j/\omega C$

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

- Ηλεκτρονική

Από άποψη ηλεκτρονικής λοιπόν χρειαζόμαστε τις εμπεδήσεις των ακόλουθων στοιχείων

Αντιστάσεις  $R$  για τις οποίες ισχύει  $Z_R = R$

Πηνία  $L$  που διέπονται από τη σχέση  $Z_L = j\omega L$

Πυκνωτές  $C$  που τους χαρακτηρίζει η εξίσωση  $C = -j/\omega C$

- Ακουστική

# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

- Ηλεκτρονική

Από άποψη ηλεκτρονικής λοιπόν χρειαζόμαστε τις εμπεδήσεις των ακόλουθων στοιχείων

Αντιστάσεις  $R$  για τις οποίες ισχύει  $Z_R = R$

Πηνία  $L$  που διέπονται από τη σχέση  $Z_L = j\omega L$

Πυκνωτές  $C$  που τους χαρακτηρίζει η εξίσωση  $C = -j/\omega C$

- Ακουστική

Εδώ θα μας χρησιμεύσουν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα και στα διάφορα πιθανά μέσα που συναντάμε στο εσωτερικό ενός ηχείου καθώς και οι πυκνότητες αυτών

Τις ταχύτητες  $c$  μαζί με τις πυκνότητες  $\rho$  μπορούμε να τις βρούμε σε διάφορα βιβλία ή ακόμα και στο διαδίκτυο και έτσι μπορούμε να εξαγάγουμε την εμπέδηση  $Z$  των εκάστοτε μέσων από την ακόλουθη σχέση  $Z = c\rho$



# Κλάδοι της επιστήμης που συμβάλουν για τη σχεδίαση ενός ηχείου

Ηχείο ορίζεται η συσκευή εκείνη η οποία καλείται να μετατρέψει το σήμα από ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική

Συνεπώς για τη δημιουργία του χρειαζόμαστε γνώσεις από τους ακόλουθους κλάδους της Φυσικής

- Ηλεκτρονική

Από άποψη ηλεκτρονικής λοιπόν χρειαζόμαστε τις εμπεδήσεις των ακόλουθων στοιχείων

Αντιστάσεις  $R$  για τις οποίες ισχύει  $Z_R = R$

Πηνία  $L$  που διέπονται από τη σχέση  $Z_L = j\omega L$

Πυκνωτές  $C$  που τους χαρακτηρίζει η εξίσωση  $C = -j/\omega C$

- Ακουστική

Εδώ θα μας χρησιμεύσουν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα και στα διάφορα πιθανά μέσα που συναντάμε στο εσωτερικό ενός ηχείου καθώς και οι πυκνότητες αυτών

Τις ταχύτητες  $c$  μαζί με τις πυκνότητες  $\rho$  μπορούμε να τις βρούμε σε διάφορα βιβλία ή ακόμα και στο διαδίκτυο και έτσι μπορούμε να εξάγουμε την εμπέδηση  $Z$  των εκάστοτε μέσων από την ακόλουθη σχέση  $Z = c\rho$

Λόγω των διαφορετικών εμπεδήσεων προκύπτουν οι ανακλάσεις και οι αποσβέσεις των ηχητικών κυμάτων μέσα σε ένα χώρο

Πιο συγκεκριμένα στους παρακάτω τύπους καλούμε το ανακλώμενο κύμα  $B_1$  και  $A_1$  το αρχικό

$$\frac{B_1}{A_1} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \qquad \frac{A_2}{A_1} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

Τέλος με  $A_2$  ορίζουμε το κύμα στο νέο μέσο διάδοσης το οποίο είναι ίδιο με το  $A_1$  παρά μόνο στο πλάτος και κατά συνέπεια και στην ενέργεια

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

Τώρα που είδαμε κάποιες γενικές θεωρητικές γνώσεις μπορούμε να προχωρήσουμε στα ηχεία και σε κάθε τμήμα τους ξεχωριστά

Το ηχείο λοιπόν χωρίζεται στα μεγάφωνα, στην καμπίνα και στο κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

Τώρα που είδαμε κάποιες γενικές θεωρητικές γνώσεις μπορούμε να προχωρήσουμε στα ηχεία και σε κάθε τμήμα τους ξεχωριστά

Το ηχείο λοιπόν χωρίζεται στα μεγάφωνα, στην καμπίνα και στο κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων

Τα μεγάφωνα χωρίζονται και αυτά στις δικές τους υποκατηγορίες όπως παρακάτω



Woofer



Midrange



Tweeter



Super Tweeter

Ένα ηχείο που διαθέτει τα τέσσερα παραπάνω είδη μεγαφώνων καλείται ηχείο τεσσάρων δρόμων

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

Τώρα που είδαμε κάποιες γενικές θεωρητικές γνώσεις μπορούμε να προχωρήσουμε στα ηχεία και σε κάθε τμήμα τους ξεχωριστά

Το ηχείο λοιπόν χωρίζεται στα μεγάφωνα, στην καμπίνα και στο κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων  
Τα μεγάφωνα χωρίζονται και αυτά στις δικές τους υποκατηγορίες όπως παρακάτω



Woofer



Midrange



Tweeter



Super Tweeter

Ένα ηχείο που διαθέτει τα τέσσερα παραπάνω είδη μεγαφώνων καλείται ηχείο τεσσάρων δρόμων  
Σήμερα πάντως δεδομένου ότι τα tweeter είναι αρκετά ικανά στο να αναπαράγουν υπέρηχους  
έχουμε ηχεία με τρεις ή και δύο δρόμους για τον λόγο ότι και τα woofer πλέον είναι πολύ καλά στην  
αναπαραγωγή των μεσαίων συχνοτήτων

Ηχεία με ένα δρόμο είναι εφικτά, αλλά είναι κατάλληλα για ορισμένες ηχογραφήσεις και ορισμένα  
είδη μουσικής

Τα μεγάφωνα για αυτά τα ηχεία καλούνται Full Range

Και η μορφή τους είναι σαν αυτή του διπλανού μεγαφώνου



# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

Ένα ηχείο λοιπόν αναλόγως το πόσα μεγάφωνα έχει και αναλόγως το κύκλωμα διαχωρισμού του μπορεί να είναι δύο ή τριών ή και περισσότερων δρόμων

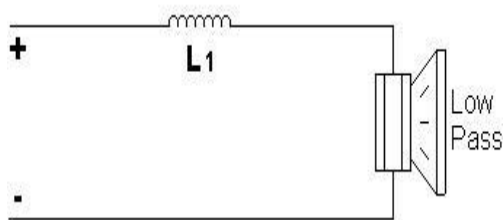
Το πόσων δρόμων θα είναι τελικά εξαρτάται και από το κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

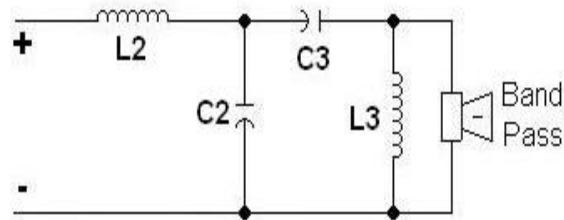
Ένα ηχείο λοιπόν αναλόγως το πόσα μεγάφωνα έχει και αναλόγως το κύκλωμα διαχωρισμού του μπορεί να είναι δύο ή τριών ή και περισσότερων δρόμων

Το πόσων δρόμων θα είναι τελικά εξαρτάται και από το κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων

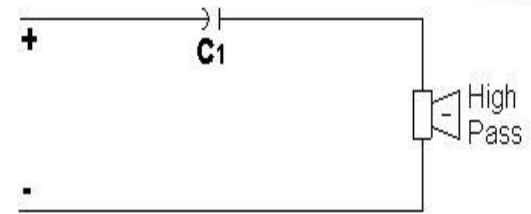
Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από κατάλληλα φίλτρα, τα οποία κατηγοριοποιούνται ευθύς αμέσως



Χαμηλοπερατό



Ζωνοπερατό



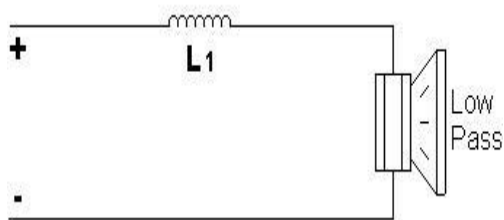
Υψιπερατό

# Ανάλυση του ηχείου σε επιμέρους τμήματα

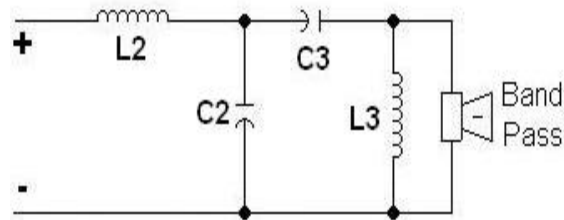
Ένα ηχείο λοιπόν αναλόγως το πόσα μεγάφωνα έχει και αναλόγως το κύκλωμα διαχωρισμού του μπορεί να είναι δύο ή τριών ή και περισσότερων δρόμων

Το πόσων δρόμων θα είναι τελικά εξαρτάται και από το κύκλωμα διαχωρισμού συχνοτήτων

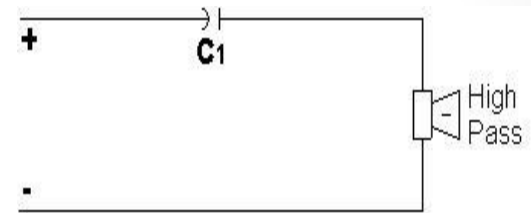
Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από κατάλληλα φίλτρα, τα οποία κατηγοριοποιούνται ευθύς αμέσως



Χαμηλοπερατό



Ζωνοπερατό

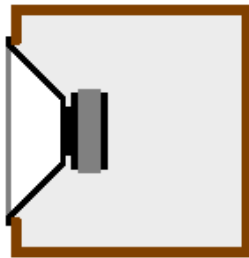


Υψιπερατό

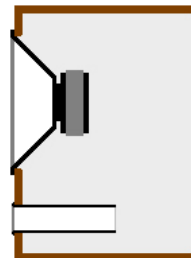
Τέλος τα μεγάφωνα χρειάζονται αφενός στήριξη και αφετέρου, επειδή εκπέμπουν σχεδόν σφαιρικά και οδηγούμε σε ακυρώσεις των αναπαραγόμενων σημάτων, καταφεύγουμε στην καμπίνα

Με το όρο καμπίνα εννοούμε το λεγόμενο κουτί που κρατά τα μεγάφωνα στη θέση τους και απομονώνει την οπίσθια ακτινοβολία από την εμπρόσθια ώστε να μην ακυρώνονται

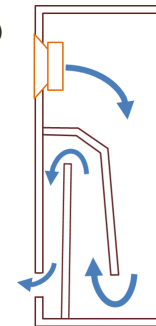
Οι τρεις πιο διαδεδομένοι τύποι καμπίνας ηχείου απεικονίζονται παρακάτω



Ακουστικής Ανάρτησης



Bass Reflex



Γραμμής Μεταφοράς



# Μεγάφωνα

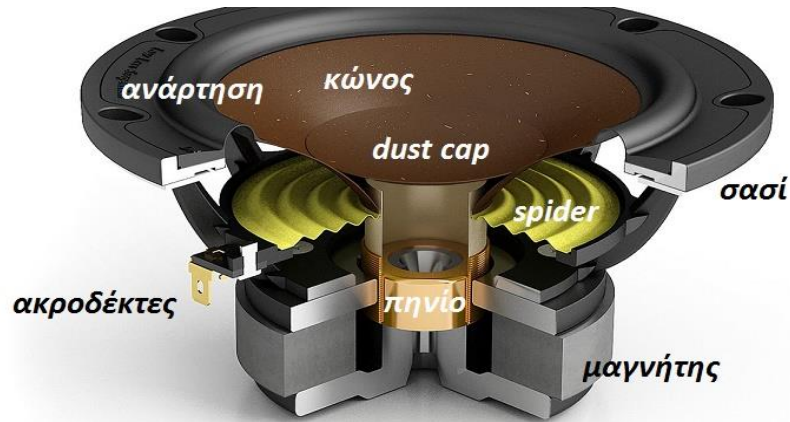
# Μεγάφωνα

Όλα τα μεγάφωνα που είδαμε στην προηγούμενη διαφάνεια με βάση το πώς λειτουργούν καλούνται ηλεκτροδυναμικά

# Μεγάφωνα

Όλα τα μεγάφωνα που είδαμε στην προηγούμενη διαφάνεια με βάση το πώς λειτουργούν καλούνται ηλεκτροδυναμικά

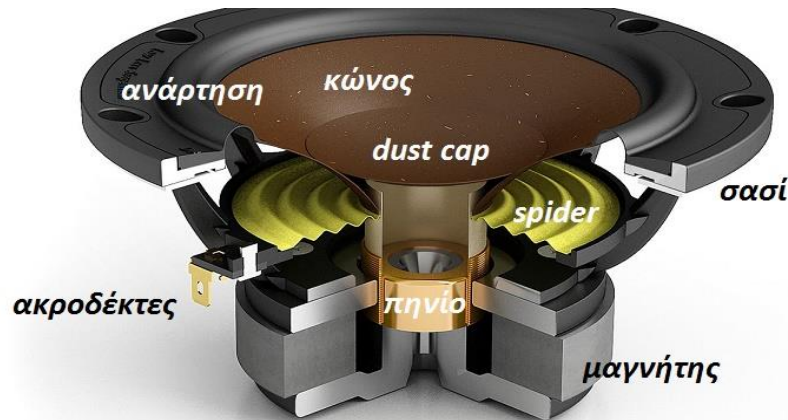
Παρακάτω ακολουθεί εικόνα με επεξήγηση όλων των τμημάτων ενός τέτοιου μεγαφώνου



# Μεγάφωνα

Όλα τα μεγάφωνα που είδαμε στην προηγούμενη διαφάνεια με βάση το πώς λειτουργούν καλούνται ηλεκτροδυναμικά

Παρακάτω ακολουθεί εικόνα με επεξήγηση όλων των τμημάτων ενός τέτοιου μεγαφώνου



Ο κώνος του μεγαφώνου μπορεί να είναι από κάποιο προηγμένο σύνθετο υλικό ή από κάποιο υλικό με καλές αποσβεστικές ιδιότητες όπως το χαρτί

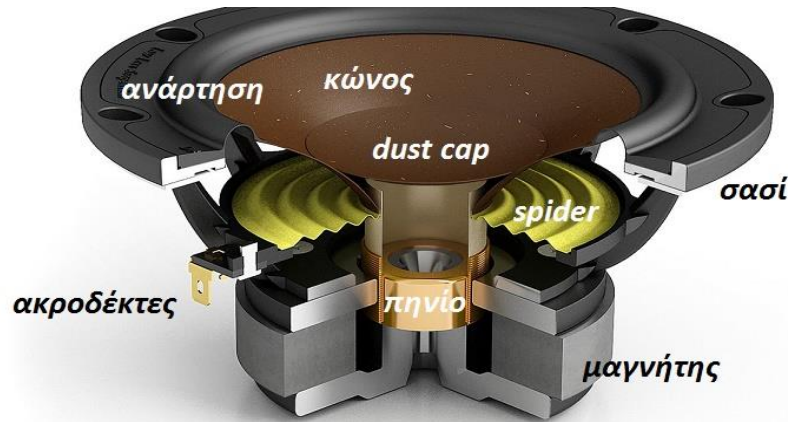
Σε αυτό το σημείο οφείλουμε να πούμε πως κάθε υλικό χαρακτηρίζεται από μάζα, ελαστικότητα και τριβές, έχοντας έτσι μια ιδιοσυχνότητα

Γύρω από αυτή το υλικό αλλάζει την συμπεριφορά του και καλό είναι το μεγάφωνο να μην αναπαράγει σήματα σε αυτές τις συχνότητες

# Μεγάφωνα

Όλα τα μεγάφωνα που είδαμε στην προηγούμενη διαφάνεια με βάση το πώς λειτουργούν καλούνται ηλεκτροδυναμικά

Παρακάτω ακολουθεί εικόνα με επεξήγηση όλων των τμημάτων ενός τέτοιου μεγαφώνου



Ο κώνος του μεγαφώνου μπορεί να είναι από κάποιο προηγμένο σύνθετο υλικό ή από κάποιο υλικό με καλές αποσβεστικές ιδιότητες όπως το χαρτί

Σε αυτό το σημείο οφείλουμε να πούμε πως κάθε υλικό χαρακτηρίζεται από μάζα, ελαστικότητα και τριβές, έχοντας έτσι μια ιδιοσυχνότητα

Γύρω από αυτή το υλικό αλλάζει την συμπεριφορά του και καλό είναι το μεγάφωνο να μην αναπαράγει σήματα σε αυτές τις συχνότητες

Με μια πιο απλοϊκή έκφραση μπορούμε να πούμε ότι ο κώνος σε συχνότητες χαμηλότερες από την ιδιοσυχνότητα συμπεριφέρεται ως σώμα μάζας  $m$ , μπορώντας έτσι να εκτελέσει πιστονικές κινήσεις όπως προβλέπει η θεωρία για τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα, ενώ μετά από αυτή επικρατεί κυρίως η ελαστικότητα στην εμπέδηση του με αποτέλεσμα να είναι εύκαμπτος και να «σπάει»

# Μεγάφωνα

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους , πέρα από τα ηλεκτροδυναμικά έχουμε και άλλες κατηγορίες



Πλάσματος



Πιεζοηλεκτρικό



Ηλεκτροστατικό

# Μεγάφωνα

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους , πέρα από τα ηλεκτροδυναμικά έχουμε και άλλες κατηγορίες



Πλάσματος



Πιεζοηλεκτρικό



Ηλεκτροστατικό

Ο λόγος που οδηγούμαστε στις παραπάνω διαφορετικές κατηγορίες είναι κυρίως επειδή τα συμβατικά μεγάφωνα δεν αναπαράγουν πιστά τις υψηλές συχνότητες και τους υπερήχους

# Μεγάφωνα

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους , πέρα από τα ηλεκτροδυναμικά έχουμε και άλλες κατηγορίες



Πλάσματος



Πιεζοηλεκτρικό



Ηλεκτροστατικό

Ο λόγος που οδηγούμαστε στις παραπάνω διαφορετικές κατηγορίες είναι κυρίως επειδή τα συμβατικά μεγάφωνα δεν αναπαράγουν πιστά τις υψηλές συχνότητες και τους υπερήχους. Με εξαίρεση τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα που γίνονται για χαμηλότερο κόστος οι άλλες δύο κατηγορίες είναι για καλύτερη και πιστότερη αναπαραγωγή των υψηλών συχνοτήτων.



# Μεγάφωνα

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους , πέρα από τα ηλεκτροδυναμικά έχουμε και άλλες κατηγορίες



Πλάσματος



Πιεζοηλεκτρικό



Ηλεκτροστατικό

Ο λόγος που οδηγούμαστε στις παραπάνω διαφορετικές κατηγορίες είναι κυρίως επειδή τα συμβατικά μεγάφωνα δεν αναπαράγουν πιστά τις υψηλές συχνότητες και τους υπερήχους

Με εξαίρεση τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα που γίνονται για χαμηλότερο κόστος οι άλλες δύο κατηγορίες είναι για καλύτερη και πιστότερη αναπαραγωγή των υψηλών συχνοτήτων

Η βελτιωμένη αναπαραγωγή επιτυγχάνεται χάρη στην έλλειψη αδράνειας, λόγω μικρότερης μάζας, που έχουν τα ειδικά αυτά μεγάφωνα

Πάντως, τόσο τα μεγάφωνα που βασίζονται σε μια δέσμη πλάσματος, όσο και αυτά που στηρίζονται σε μεμβράνες, παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στην κατασκευή τους, διαφοροποιούνται αρκετά, και είναι εν γένει δυσπρόσιτα με αποτέλεσμα να αποτελούν λύση για εξεζητημένους χρήστες

# Μεγάφωνα

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους , πέρα από τα ηλεκτροδυναμικά έχουμε και άλλες κατηγορίες



Πλάσματος



Πιεζοηλεκτρικό



Ηλεκτροστατικό

Ο λόγος που οδηγούμαστε στις παραπάνω διαφορετικές κατηγορίες είναι κυρίως επειδή τα συμβατικά μεγάφωνα δεν αναπαράγουν πιστά τις υψηλές συχνότητες και τους υπερήχους

Με εξαίρεση τα πιεζοηλεκτρικά μεγάφωνα που γίνονται για χαμηλότερο κόστος οι άλλες δύο κατηγορίες είναι για καλύτερη και πιστότερη αναπαραγωγή των υψηλών συχνοτήτων

Η βελτιωμένη αναπαραγωγή επιτυγχάνεται χάρη στην έλλειψη αδράνειας, λόγω μικρότερης μάζας, που έχουν τα ειδικά αυτά μεγάφωνα

Πάντως, τόσο τα μεγάφωνα που βασίζονται σε μια δέσμη πλάσματος, όσο και αυτά που στηρίζονται σε μεμβράνες, παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στην κατασκευή τους, διαφοροποιούνται αρκετά, και είναι εν γένει δυσπρόσιτα με αποτέλεσμα να αποτελούν λύση για εξεζητημένους χρήστες

Τέλος όσον αφορά τους μαγνήτες, που συναντάμε στα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα, οφείλουμε να πούμε ότι είναι και αυτοί παραπάνω από ένα «νούμερο» που θα δούμε παρακάτω

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες που εκτός από το διαφορετικό ηχητικό αποτέλεσμα διαφοροποιούνται και σε άλλους τομείς όπως για παράδειγμα στην μακροβιότητα

Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου.

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου



# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **BI(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **Bl(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **Bl(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

$$FS = \frac{1}{2\pi\sqrt{CmsMms}}$$

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **BI(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

$$Fs = \frac{1}{2\pi\sqrt{CmsMms}}$$

$$Qms = \frac{2\pi Fs Mms}{Rms}$$

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **Bl(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

$$Fs = \frac{1}{2\pi\sqrt{CmsMms}}$$

$$Qms = \frac{2\pi Fs Mms}{Rms}$$

$$Qes = \frac{2\pi Fs Mms (Re+r)}{(Bl)^2}$$

# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **Bl(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

$$Fs = \frac{1}{2\pi\sqrt{CmsMms}}$$

$$Qms = \frac{2\pi Fs Mms}{Rms}$$

$$Qes = \frac{2\pi Fs Mms (Re+r)}{(Bl)^2}$$

$$Qts = \frac{Qms Qes}{Qms+Qes}$$



# Μεγάφωνα και σύνδεση αυτών με την καμπίνα

Ανεξάρτητα από το είδος του, το κάθε μεγάφωνο όταν λειτουργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος μπορεί να προσεγγισθεί με κάποια θεωρητικά μοντέλα για το πώς λειτουργεί. Το πιο γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο αποτελείται από μια σειρά ηλεκτρομηχανικών παραμέτρων. Τις παραμέτρους αυτές τις ονομάζουμε Thiele/Small προς τιμήν των εφευρετών τους.

- **Mms(g)** Είναι η μάζα του αναρτώμενου μέρους ή αλλιώς η μάζα του κώνου του μεγαφώνου
- **Rms(kg/s)** Αυτή είναι η αντίσταση των μηχανικών μερών και παίζει καθοριστικό ρόλο στο **Qms**
- **Cms(mm/N)** Η ελαστικότητα που μαζί με το **Mms** καθορίζουν την ιδιοσυχνότητα του μεγαφώνου
- **Re(Ohm)/Le(mH)** Η αντίσταση και η επαγωγή του πηνίου αντίστοιχα
- **Sd(cm<sup>2</sup>)** Το εμβαδό του μεγαφώνου που πάλλεται και δημιουργεί ηχητικά κύματα
- **Bl(N/A)** Συντελεστής δύναμης ο οποίος ορίζεται ως το μαγνητικό πεδίο επί το μήκος του πηνίου

Οι παραπάνω συντελεστές καλούνται θεμελιώδεις και επιπλέον υπάρχουν οι παρακάτω παράγωγοι

$$Fs = \frac{1}{2\pi\sqrt{CmsMms}}$$

$$Qms = \frac{2\pi Fs Mms}{Rms}$$

$$Qes = \frac{2\pi Fs Mms (Re+r)}{(Bl)^2}$$

$$Qts = \frac{Qms Qes}{Qms+Qes}$$

$$Vas = \rho c^2 Sd^2 Cms$$

# Καμπίνα Ακουστικής Ανάρτησης

# Καμπίνα Ακουστικής Ανάρτησης

Οι καμπίνες αυτού του τύπου εισήχθηκαν το 1954 θέτοντας νέα πρότυπα στην απόδοση χαμηλού Σήμερα δεν αποτελούν μονόδρομο αλλά είναι εύκολες στη σχεδίαση τους, έχοντας αναμενόμενα και ιδιαίτερα ανταγωνιστικά αποτελέσματα με το κόστος κατασκευής τους να είναι σχετικά χαμηλό

# Καμπίνα Ακουστικής Ανάρτησης

Οι καμπίνες αυτού του τύπου εισήχθηκαν το 1954 θέτοντας νέα πρότυπα στην απόδοση χαμηλού  
Σήμερα δεν αποτελούν μονόδρομο αλλά είναι εύκολες στη σχεδίαση τους, έχοντας αναμενόμενα και  
ιδιαίτερα ανταγωνιστικά αποτελέσματα με το κόστος κατασκευής τους να είναι σχετικά χαμηλό  
Στον αντίποδα χρειάζονται σχετικά μεγάλο όγκο για την ίδια απόδοση χαμηλού, συγκριτικά με άλλα  
είδη καμπίνας και ενδεχομένως η μέση ευαισθησία του ηχείου να είναι χαμηλότερη κατά 2-3 dB

# Καμπίνα Ακουστικής Ανάρτησης

Οι καμπίνες αυτού του τύπου εισήχθησαν το 1954 θέτοντας νέα πρότυπα στην απόδοση χαμηλού Σήμερα δεν αποτελούν μονόδρομο αλλά είναι εύκολες στη σχεδίαση τους, έχοντας αναμενόμενα και ιδιαίτερα ανταγωνιστικά αποτελέσματα με το κόστος κατασκευής τους να είναι σχετικά χαμηλό Στον αντίποδα χρειάζονται σχετικά μεγάλο όγκο για την ίδια απόδοση χαμηλού, συγκριτικά με άλλα είδη καμπίνας και ενδεχομένως η μέση ευαισθησία του ηχείου να είναι χαμηλότερη κατά 2-3 dB Από τις παραμέτρους του μεγαφώνου λοιπόν αλλάζουν μόνο δύο, που τους αναφέρουμε παρακάτω

$$f_c = f_s \sqrt{\left(\frac{V_{as}}{V_c} + 1\right)}$$

$$Q_{tc} = Q_{ts} \sqrt{\left(\frac{V_{as}}{V_c} + 1\right)}$$

Με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο  $V_c$ , έτσι ώστε να επιτύχουμε τα επιθυμητά  $f_c$  και  $Q_{tc}$

# Καμπίνα Ακουστικής Ανάρτησης

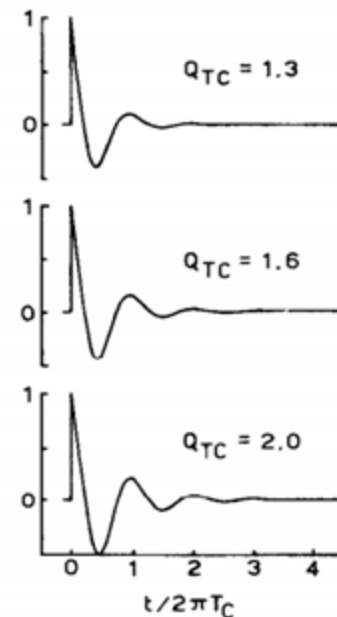
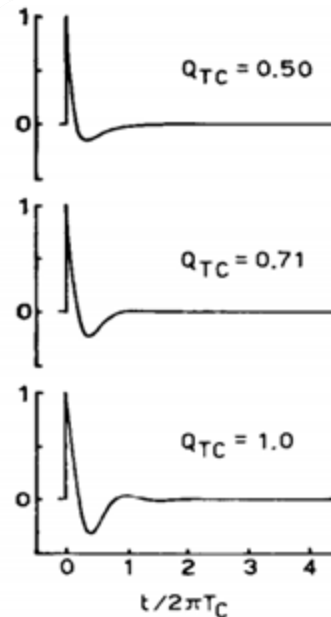
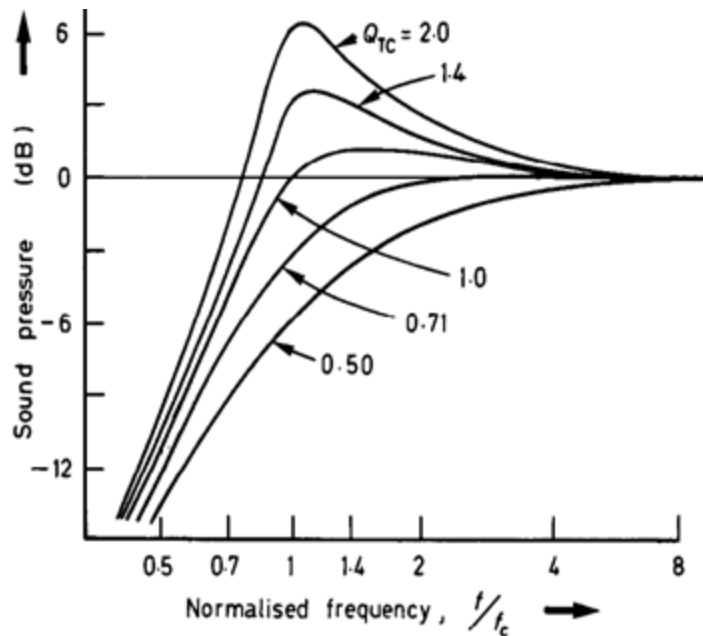
Οι καμπίνες αυτού του τύπου εισήχθησαν το 1954 θέτοντας νέα πρότυπα στην απόδοση χαμηλού Σήμερα δεν αποτελούν μονόδρομο αλλά είναι εύκολες στη σχεδίαση τους, έχοντας αναμενόμενα και ιδιαίτερα ανταγωνιστικά αποτελέσματα με το κόστος κατασκευής τους να είναι σχετικά χαμηλό Στον αντίποδα χρειάζονται σχετικά μεγάλο όγκο για την ίδια απόδοση χαμηλού, συγκριτικά με άλλα είδη καμπίνας και ενδεχομένως η μέση ευαισθησία του ηχείου να είναι χαμηλότερη κατά 2-3 dB Από τις παραμέτρους του μεγαφώνου λοιπόν αλλάζουν μόνο δύο, που τους αναφέρουμε παρακάτω

$$f_c = f_s \sqrt{\left(\frac{V_{as}}{V_c} + 1\right)}$$

$$Q_{tc} = Q_{ts} \sqrt{\left(\frac{V_{as}}{V_c} + 1\right)}$$

Με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο  $V_c$ , έτσι ώστε να επιτύχουμε τα επιθυμητά  $f_c$  και  $Q_{tc}$

Παρακάτω βλέπουμε την απόκριση συχνότητας και κρουστικής για διαφορετικές τιμές του  $Q_{tc}$



# Καμπίνα Bass Reflex

# Καμπίνα Bass Reflex

Οι καμπίνες αυτού του τύπου κυριάρχησαν τις τελευταίες δεκαετίες αφενός επειδή χρειαζόμαστε σμίκρυνση στις καμπίνες και αφετέρου επειδή για έναν καθώς πρέπει σχεδιασμό χρειάζεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος επίσης τις τελευταίες δεκαετίες έχει εισβάλει στη ζωή μας

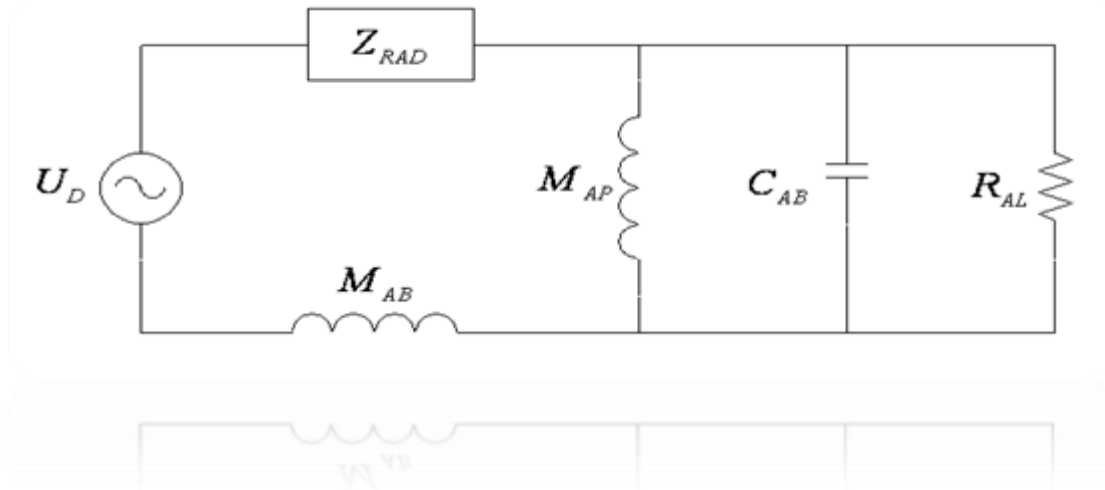


# Καμπίνα Bass Reflex

Οι καμπίνες αυτού του τύπου κυριάρχησαν τις τελευταίες δεκαετίες αφενός επειδή χρειαζόμαστε σμίκρυνση στις καμπίνες και αφετέρου επειδή για έναν καθώς πρέπει σχεδιασμό χρειάζεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος επίσης τις τελευταίες δεκαετίες έχει εισβάλει στη ζωή μας. Για την ανάλυση στον υπολογιστή ένας σωστός και εφικτός δρόμος είναι να μελετήσουμε το ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα του ηχείου, συμπεριλαμβανομένων και των μεγαφώνων.

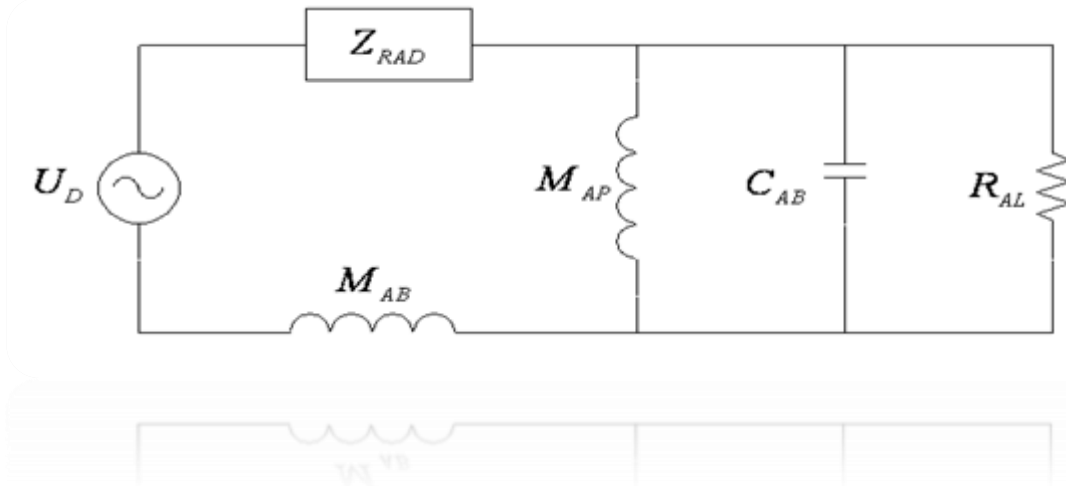
# Καμπίνα Bass Reflex

Οι καμπίνες αυτού του τύπου κυριάρχησαν τις τελευταίες δεκαετίες αφενός επειδή χρειαζόμαστε σμίκρυνση στις καμπίνες και αφετέρου επειδή για έναν καθώς πρέπει σχεδιασμό χρειάζεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος επίσης τις τελευταίες δεκαετίες έχει εισβάλει στη ζωή μας. Για την ανάλυση στον υπολογιστή ένας σωστός και εφικτός δρόμος είναι να μελετήσουμε το ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα του ηχείου, συμπεριλαμβανομένων και των μεγαφώνων. Πιο συγκεκριμένα, στην πιο απλοϊκή μορφή του, το κύκλωμα που μας αφορά είναι το ακόλουθο:



# Καμπίνα Bass Reflex

Οι καμπίνες αυτού του τύπου κυριάρχησαν τις τελευταίες δεκαετίες αφενός επειδή χρειαζόμαστε σμίκρυνση στις καμπίνες και αφετέρου επειδή για έναν καθώς πρέπει σχεδιασμό χρειάζεται η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο οποίος επίσης τις τελευταίες δεκαετίες έχει εισβάλει στη ζωή μας. Για την ανάλυση στον υπολογιστή ένας σωστός και εφικτός δρόμος είναι να μελετήσουμε το ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα του ηχείου, συμπεριλαμβανομένων και των μεγαφώνων. Πιο συγκεκριμένα, στην πιο απλοϊκή μορφή του, το κύκλωμα που μας αφορά είναι το ακόλουθο:



Όπου με  $Z_{RAD}$  συμβολίζουμε την εμπέδηση του μεγαφώνου και είναι  $Z_{RAD} = R + j\omega L - \frac{B^2 l^2}{r + j(\omega m - \frac{k}{\omega})}$

Έχουμε την ελαστικότητα  $C_{AB}$  και την μάζα  $M_{AB}$  της καμπίνας, όπως και στην ακουστικής ανάρτησης. Επιπλέον έχουμε παράλληλα με την ελαστικότητα και την μάζα της οπής  $M_{AP}$  και την αντίσταση απωλειών  $R_{AL}$  η οποία προς το παρόν δεν μας αφορά, καθώς για μια στεγανή καμπίνα απειρίζεται.

# Καμπίνα Bass Reflex

Μέσα από την ανάλυση του κυκλώματος καταλήγουμε στην ακόλουθη συνάρτηση μεταφοράς

$$H(s) = \frac{\frac{s^4}{\omega_0^4}}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^4 + a_3\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^3 + a_2\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + a_1\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

Και τώρα μας μένει απλώς να δώσουμε εκφράσεις για τα  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \omega_0$

$$\alpha_1 = \sqrt{h}/Qts \quad \alpha_2 = \frac{a+1}{h} + h \quad \alpha_3 = 1/Qts\sqrt{h} \quad \omega_0 = \sqrt{\omega_B\omega_S}$$

Όπου  $\omega_B = 1/\sqrt{M_{AP}C_{AB}}$  είναι η ιδιοσυχνότητα της καμπίνας βάσει του μοντέλου Helmholtz  
Επιπλέον έχουμε το συντελεστή συντονισμού  $h = \omega_B/\omega_S$  και της ενδοτικότητας  $\alpha = V_{as}/V_{AB}$

# Καμπίνα Bass Reflex

Μέσα από την ανάλυση του κυκλώματος καταλήγουμε στην ακόλουθη συνάρτηση μεταφοράς

$$H(s) = \frac{\frac{s^4}{\omega_0^4}}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^4 + a_3\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^3 + a_2\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + a_1\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

Και τώρα μας μένει απλώς να δώσουμε εκφράσεις για τα  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \omega_0$

$$\alpha_1 = \sqrt{h}/Qts \quad \alpha_2 = \frac{a+1}{h} + h \quad \alpha_3 = 1/Qts\sqrt{h} \quad \omega_0 = \sqrt{\omega_B \omega_S}$$

Όπου  $\omega_B = 1/\sqrt{M_{AP}C_{AB}}$  είναι η ιδιοσυχνότητα της καμπίνας βάσει του μοντέλου Helmholtz

Επιπλέον έχουμε το συντελεστή συντονισμού  $h = \omega_B/\omega_S$  και της ενδοτικότητας  $\alpha = V_{as}/V_{AB}$

Για την συνάρτηση μεταφοράς υπάρχουν αρκετά έτοιμα μοντέλα αλλά μέσα από τις προσομοιώσεις που έγιναν καταλήξαμε στις ακόλουθες τιμές για τους πολλαπλασιαστικούς παράγοντες

$$\alpha_1 \approx 4 \quad \alpha_2 \approx 4 \quad \alpha_3 \approx 3$$

# Καμπίνα Bass Reflex

Μέσα από την ανάλυση του κυκλώματος καταλήγουμε στην ακόλουθη συνάρτηση μεταφοράς

$$H(s) = \frac{s^4}{\omega_0^4} \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^4 + a_3 \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^3 + a_2 \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + a_1 \left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

Και τώρα μας μένει απλώς να δώσουμε εκφράσεις για τα  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \omega_0$

$$\alpha_1 = \sqrt{h}/Qts \quad \alpha_2 = \frac{a+1}{h} + h \quad \alpha_3 = 1/Qts\sqrt{h} \quad \omega_0 = \sqrt{\omega_B \omega_S}$$

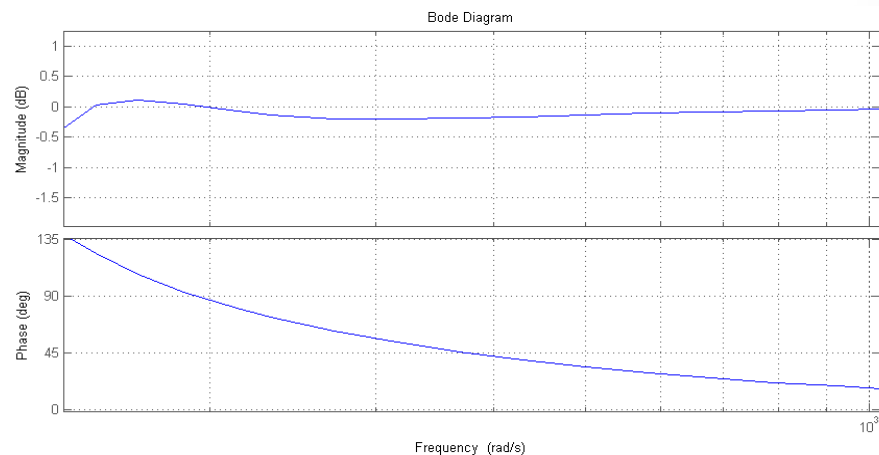
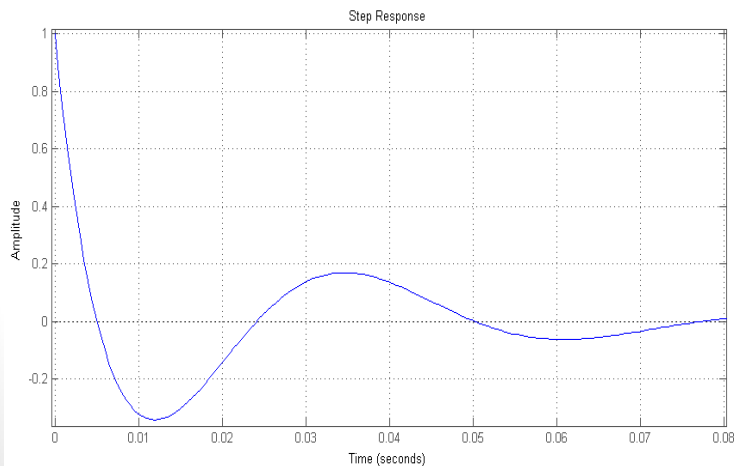
Όπου  $\omega_B = 1/\sqrt{M_{AP}C_{AB}}$  είναι η ιδιοσυχνότητα της καμπίνας βάσει του μοντέλου Helmholtz

Επιπλέον έχουμε το συντελεστή συντονισμού  $h = \omega_B/\omega_S$  και της ενδοτικότητας  $\alpha = V_{as}/V_{AB}$

Για την συνάρτηση μεταφοράς υπάρχουν αρκετά έτοιμα μοντέλα αλλά μέσα από τις προσομοιώσεις που έγιναν καταλήξαμε στις ακόλουθες τιμές για τους πολλαπλασιαστικούς παράγοντες

$$\alpha_1 \approx 4 \quad \alpha_2 \approx 4 \quad \alpha_3 \approx 3$$

Τα αποτελέσματα φαίνονται και παρακάτω σε μορφή γραφημάτων

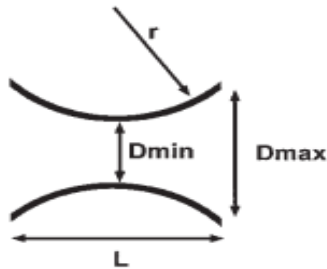


# Καμπίνα Bass Reflex

Τέλος στην σχεδίαση αυτών των καμπινών σημασία έχει και η ίδια η οπή και πιο συγκεκριμένα αν δημιουργήσουμε οπές με μια κάποια καμπυλότητα στα άκρα τους αλλάζει ο παραγόμενος ήχος

# Καμπίνα Bass Reflex

Τέλος στην σχεδίαση αυτών των καμπινών σημασία έχει και η ίδια η οπή και πιο συγκεκριμένα αν δημιουργήσουμε οπές με μια κάποια καμπυλότητα στα άκρα τους αλλάζει ο παραγόμενος ήχος. Η καμπύλωση των οπών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα τοιχώματα να είναι τόξα κύκλου. Ορίζουμε λοιπόν τον λόγο καμπύλωσης  $NFR = L/2r$  και πλέον έχουμε νέες φαινομενικές διαστάσεις που χρησιμοποιούμε στον τύπο του Helmholtz.



$$NFR \equiv \frac{L}{2r}$$
$$(0 \leq NFR \leq 1)$$

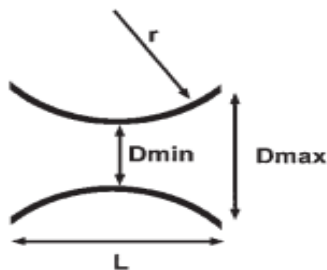


# Καμπίνα Bass Reflex

Τέλος στην σχεδίαση αυτών των καμπινών σημασία έχει και η ίδια η οπή και πιο συγκεκριμένα αν δημιουργήσουμε οπές με μια κάποια καμπυλότητα στα άκρα τους αλλάζει ο παραγόμενος ήχος

Η καμπύλωση των οπών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα τοιχώματα να είναι τόξα κύκλου

Ορίζουμε λοιπόν τον λόγο καμπύλωσης  $NFR = L/2r$  και πλέον έχουμε νέες φαινομενικές διαστάσεις που χρησιμοποιούμε στον τύπο του Helmholtz



$$NFR \equiv \frac{L}{2r}$$

( $0 \leq NFR \leq 1$ )

Εδώ δίνουμε τον τύπο με τις νέες τιμές

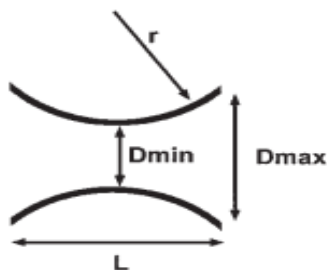
$$f_H = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_{eff}}{V_B L_{eff}}}$$

$$A_{eff} = (1 + 0.576 NFR) A_{min}$$

$$L_{eff} = L + D_{min}$$

# Καμπίνα Bass Reflex

Τέλος στην σχεδίαση αυτών των καμπινών σημασία έχει και η ίδια η οπή και πιο συγκεκριμένα αν δημιουργήσουμε οπές με μια κάποια καμπυλότητα στα άκρα τους αλλάζει ο παραγόμενος ήχος. Η καμπύλωση των οπών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα τοιχώματα να είναι τόξα κύκλου. Ορίζουμε λοιπόν τον λόγο καμπύλωσης  $NFR = L/2r$  και πλέον έχουμε νέες φαινομενικές διαστάσεις που χρησιμοποιούμε στον τύπο του Helmholtz.



$$NFR \equiv \frac{L}{2r}$$

( $0 \leq NFR \leq 1$ )

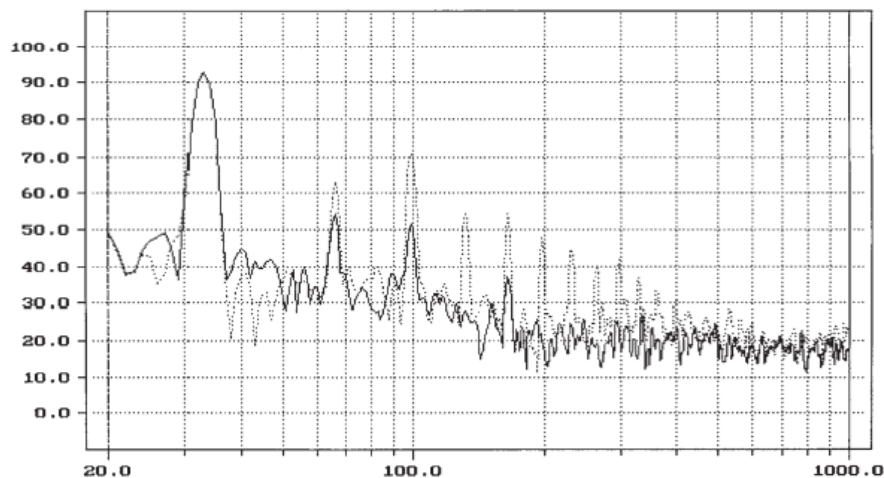
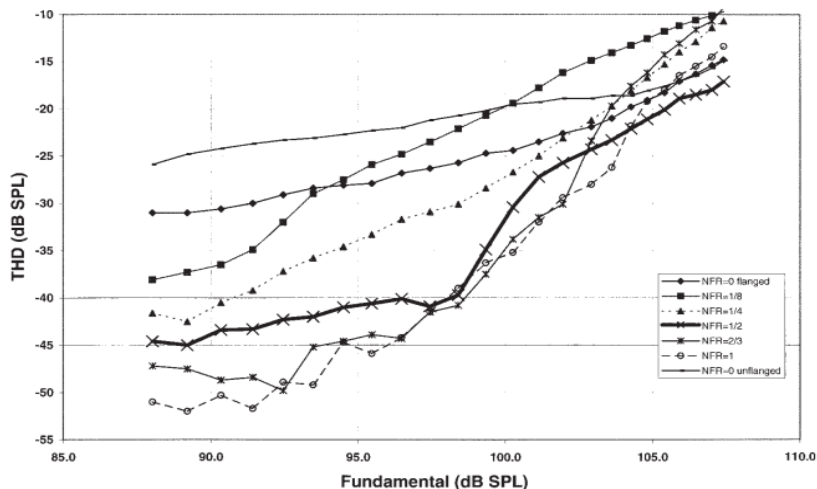
Εδώ δίνουμε τον τύπο με τις νέες τιμές

$$f_H = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_{eff}}{V_B L_{eff}}}$$

$$A_{eff} = (1 + 0.576 NFR) A_{min}$$

$$L_{eff} = L + D_{min}$$

Εκτός από συμπίεση στη στάθμη οι οπές παρουσιάζουν και διαφορετική αρμονική παραμόρφωση. Στα παρακάτω διαγράμματα δείχνουμε τις παραμορφώσεις και γενικώς με όλη την έρευνα καταλήγουμε ότι καλύτερη απόδοση σε όλους τους τομείς δίνουν οι οπές με  $0.2 < NFR < 0.5$ .



# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Οι καμπίνες αυτές έχουν μέσα στο εσωτερικό τους κατάλληλη δομή ώστε η μια διάσταση να είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις άλλες δύο και να δημιουργείται έτσι ηχητικός σωλήνας



# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Οι καμπίνες αυτές έχουν μέσα στο εσωτερικό τους κατάλληλη δομή ώστε η μια διάσταση να είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις άλλες δύο και να δημιουργείται έτσι ηχητικός σωλήνας

Θεωρητικά ερμηνεύονται από τον παρακάτω απλό τύπο

$$f_0 = c/4L$$

Αλλά για μια καθώς πρέπει μελέτη κάνουμε ανάλυση με ταχύτητες και πιέσεις σε όλο το μήκος του σωλήνα και μη θεωρώντας μηδενική εμπέδηση στο ελεύθερο άκρο του σωλήνα καταλήγουμε στον ακόλουθο τύπο εμπέδησης

$$Z_{mouth}(\omega) = \frac{\rho c}{S} \left\{ \left[ \frac{1 - 2J_1\left(2\frac{\omega a_L}{c}\right)}{2\frac{\omega a_L}{c}} \right] + j \left[ \frac{2H_1\left(2\frac{\omega a_L}{c}\right)}{2\frac{\omega a_L}{c}} \right] \right\}$$



# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Οι καμπίνες αυτές έχουν μέσα στο εσωτερικό τους κατάλληλη δομή ώστε η μια διάσταση να είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις άλλες δύο και να δημιουργείται έτσι ηχητικός σωλήνας

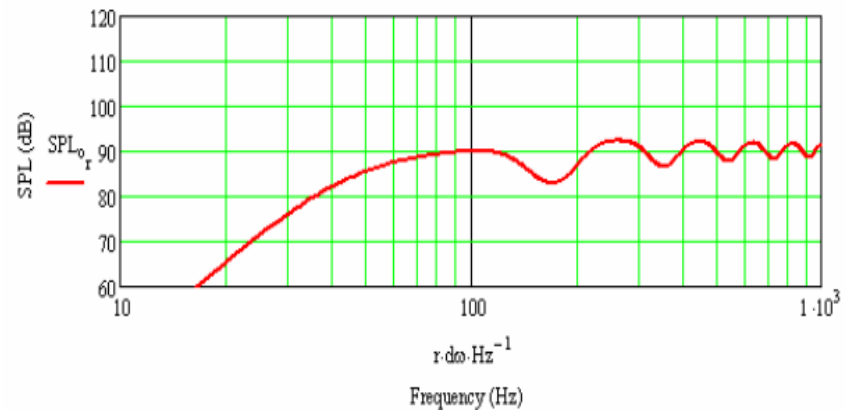
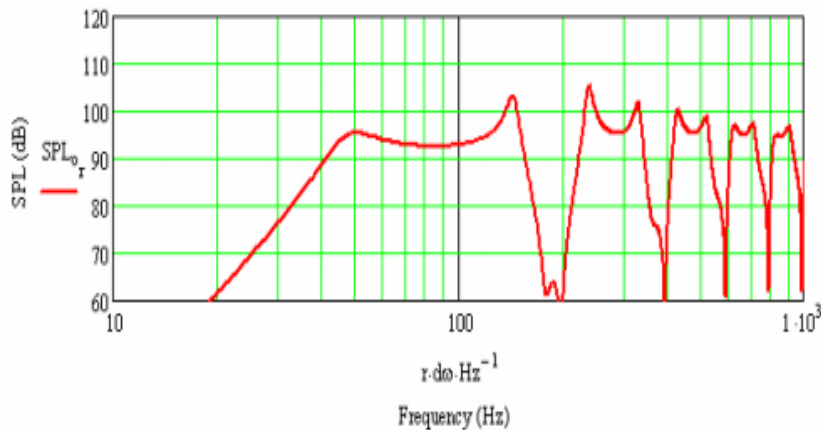
Θεωρητικά ερμηνεύονται από τον παρακάτω απλό τύπο

$$f_0 = c/4L$$

Αλλά για μια καθώς πρέπει μελέτη κάνουμε ανάλυση με ταχύτητες και πιέσεις σε όλο το μήκος του σωλήνα και μη θεωρώντας μηδενική εμπέδηση στο ελεύθερο άκρο του σωλήνα καταλήγουμε στον ακόλουθο τύπο εμπέδησης

$$Z_{mouth}(\omega) = \frac{\rho c}{S} \left\{ \left[ \frac{1 - 2J_1\left(2\frac{\omega a_L}{c}\right)}{2\frac{\omega a_L}{c}} \right] + j \left[ \frac{2H_1\left(2\frac{\omega a_L}{c}\right)}{2\frac{\omega a_L}{c}} \right] \right\}$$

Η μορφή συχνοτήτων πάντως δεν εντυπωσιάζει ιδιαίτερα καθώς διαθέτει κορυφώσεις και βυθίσεις Έτσι λοιπόν τοποθετούμε αποσβεστικό υλικό δια μήκους του σωλήνα με τα ακόλουθα αποτελέσματα



# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Πριν κλείσουμε με τις γραμμές μεταφοράς να πούμε πως υπάρχουν δύο ακόμα υποκατηγορίες  
Από τη μία έχουμε τους συστελλόμενους σωλήνες και από την άλλη τους διαστελλόμενους  
Στόχος των πρώτων είναι η απόσβεση της οπίσθιας ακτινοβολίας ενώ στόχος των δεύτερων είναι η  
διάδοση και ενίσχυση με στόχο των αναπαραγωγή ενισχυμένων μπάσων και μεσοχαμηλών

# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Πριν κλείσουμε με τις γραμμές μεταφοράς να πούμε πως υπάρχουν δύο ακόμα υποκατηγορίες Από τη μία έχουμε τους συστελλόμενους σωλήνες και από την άλλη τους διαστελλόμενους Στόχος των πρώτων είναι η απόσβεση της οπίσθιας ακτινοβολίας ενώ στόχος των δεύτερων είναι η διάδοση και ενίσχυση με στόχο των αναπαραγωγή ενισχυμένων μπάσων και μεσοχαμηλών Μια πρώτη διαφοροποίηση με τους ευθείς σωλήνες είναι ότι εδώ αλλάζει ελαφρώς η συχνότητα συντονισμού, καθώς για τους συστελλόμενους μειώνεται και αντίστοιχα για τους άλλους αυξάνεται Μιλώντας διαφορετικά για την ίδια ιδιοσυχνότητα θέλουμε διαφορετικά μήκη όπως και στο ακόλουθο παράδειγμα που όλες μας οι γραμμές μεταφοράς είναι συντονισμένες στα 50 Hz

Variable	Tapered	Straight	Expanding
Length (in)	48.5	67.3	87.5
$S_0$	$5 \times S_d$	$2 \times S_d$	$1 \times S_d$
$S_L$	$1 \times S_d$	$2 \times S_d$	$5 \times S_d$

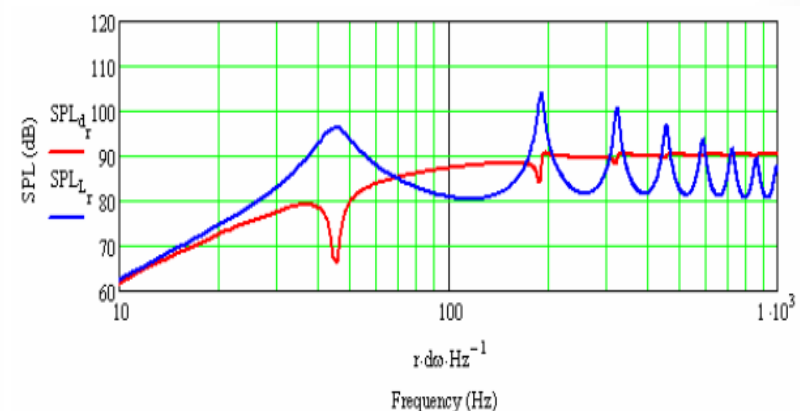
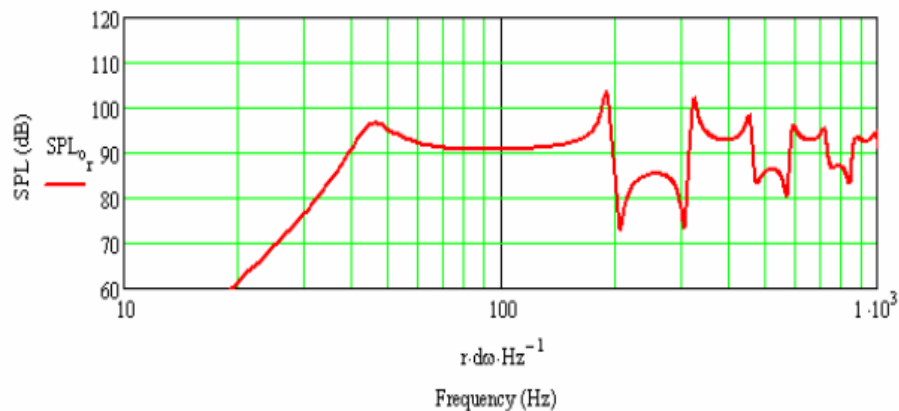


# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Πριν κλείσουμε με τις γραμμές μεταφοράς να πούμε πως υπάρχουν δύο ακόμα υποκατηγορίες Από τη μία έχουμε τους συστελλόμενους σωλήνες και από την άλλη τους διαστελλόμενους Στόχος των πρώτων είναι η απόσβεση της οπίσθιας ακτινοβολίας ενώ στόχος των δεύτερων είναι η διάδοση και ενίσχυση με στόχο των αναπαραγωγή ενισχυμένων μπάσων και μεσοχαμηλών Μια πρώτη διαφοροποίηση με τους ευθείς σωλήνες είναι ότι εδώ αλλάζει ελαφρώς η συχνότητα συντονισμού, καθώς για τους συστελλόμενους μειώνεται και αντίστοιχα για τους άλλους αυξάνεται Μιλώντας διαφορετικά για την ίδια ιδιοσυχνότητα θέλουμε διαφορετικά μήκη όπως και στο ακόλουθο παράδειγμα που όλες μας οι γραμμές μεταφοράς είναι συντονισμένες στα 50 Hz

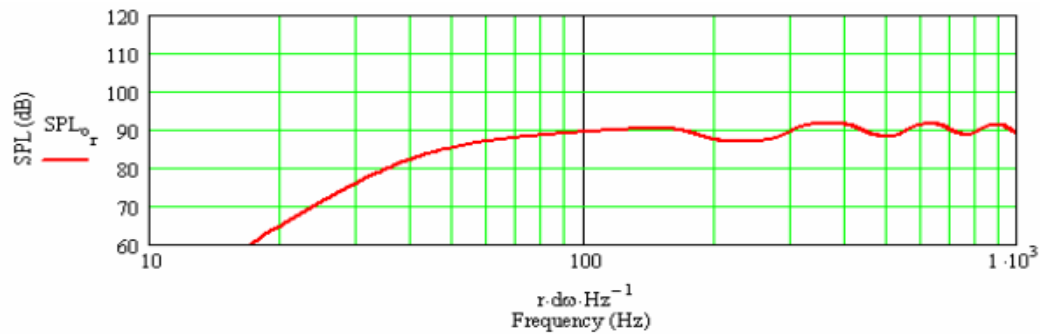
Variable	Tapered	Straight	Expanding
Length (in)	48.5	67.3	87.5
$S_0$	$5 \times S_d$	$2 \times S_d$	$1 \times S_d$
$S_L$	$1 \times S_d$	$2 \times S_d$	$5 \times S_d$

Αυτό που θα δούμε τώρα είναι πως συμπεριφέρονται αυτοί οι σωλήνες ξεκινώντας με τον πρώτο Βλέπουμε ότι πλέον δεν έχουμε πλήρεις ακυρώσεις απλώς έχουμε βυθίσεις στις ιδιοσυχνότητες



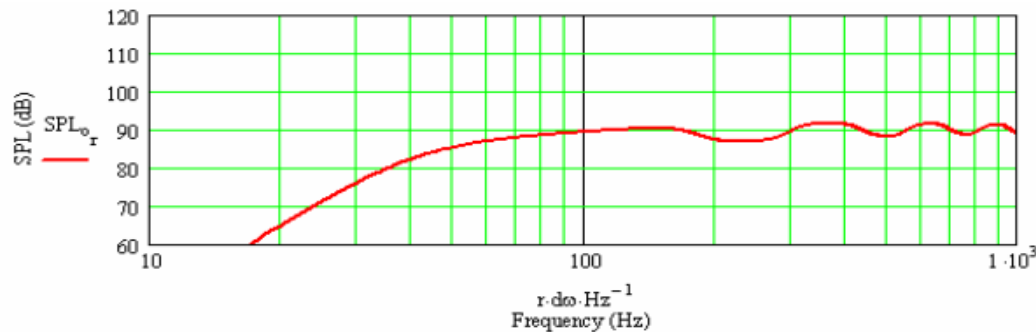
# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Επιπλέον οι περιέργες αυτές βυθίσεις αρχίζουν να υφίστανται όπως είδαμε πάνω από τα 200 Hz  
Μπορούμε λοιπόν να τις εξουδετερώσουμε και άλλο χρησιμοποιώντας αποσβεστικό υλικό

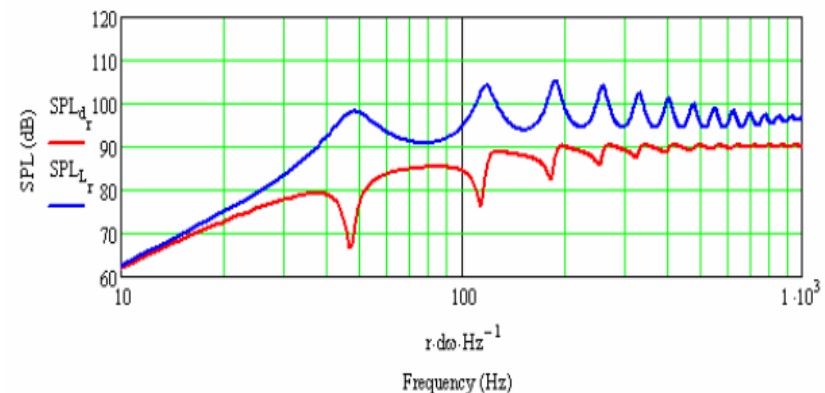
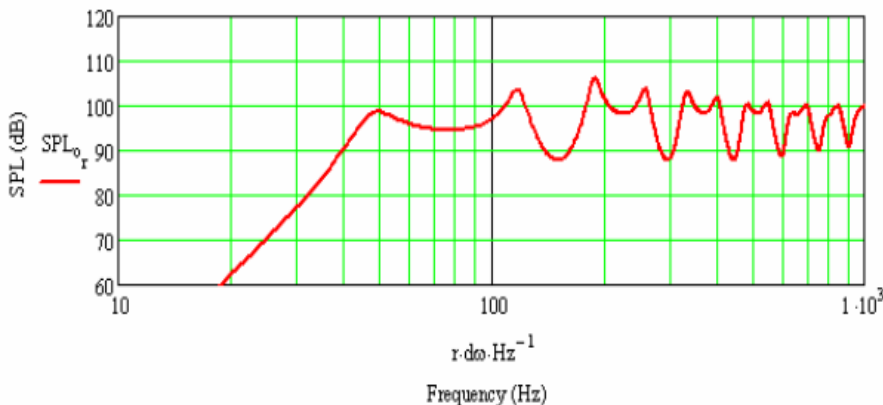


# Καμπίνα Γραμμής Μεταφοράς

Επιπλέον οι περιέργες αυτές βυθίσεις αρχίζουν να υφίστανται όπως είδαμε πάνω από τα 200 Hz  
Μπορούμε λοιπόν να τις εξουδετερώσουμε και άλλο χρησιμοποιώντας αποσβεστικό υλικό



Αντίθετα τώρα με διαστελλόμενο σωλήνα έχουμε στόχο να ενισχύσουμε τις χαμηλές μας και για τις οποίες βυθίσεις δημιουργηθούν δε μπορούμε να κάνουμε κάτι, τουλάχιστον από μηχανικής άποψης  
Όπως φαίνεται και παρακάτω οι βυθίσεις ξεκινούν από την τρίτη οκτάβα ή ίσως και από τα τέλη της δεύτερης, εκεί όπου κανένα αποσβεστικό δεν μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά  
Πάντως το άνοιγμα προσφέρει μεγαλύτερη στάθμη από το μεγάφωνο και αυτός ήταν ο στόχος μας εδώ για να παράξουμε περισσότερη ένταση και στις χαμηλές συχνότητες



# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

Στις πρώτες διαφάνειες είδαμε ότι αυτά τα φίλτρα χωρίζονται γενικά σε τρεις κατηγορίες  
Εκτός αυτών υπάρχουν και άλλες ειδικές περιπτώσεις που τις συναντάμε πιο σπάνια και συν τοις  
άλλοις δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον

# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

Στις πρώτες διαφάνειες είδαμε ότι αυτά τα φίλτρα χωρίζονται γενικά σε τρεις κατηγορίες  
Εκτός αυτών υπάρχουν και άλλες ειδικές περιπτώσεις που τις συναντάμε πιο σπάνια και συν τοις  
άλλοις δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον

Είτε μιλάμε για βαθυπερατό φίλτρο, είτε για υπερατό ή για ότι άλλο, όλα τους τα χωρίζουμε και με  
βάση τον ρυθμό αποκοπής αναλόγως με το αν αποκόπουν με κλίση  $6\text{dB/oct}$  ή με  $12\text{dB/oct}$

Πιο σπάνια συναντάμε και τα φίλτρα με αποκοπή  $18\text{dB/oct}$  ή και με  $24\text{dB/oct}$ , ενώ θεωρητικά  
υπάρχουν φίλτρα με όποια κλίση θέλουμε απλώς στην πράξη τα συναντάμε στα ενεργά φίλτρα

Στην περίπτωση μας τα φίλτρα λέγονται παθητικά επειδή αποτελούνται μόνο από παθητικά  
εξαρτήματα, δηλαδή πηνία, πυκνωτές και αντιστάσεις, ενώ τα ενεργά έχουν και ημιαγώγιμα στοιχεία

# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

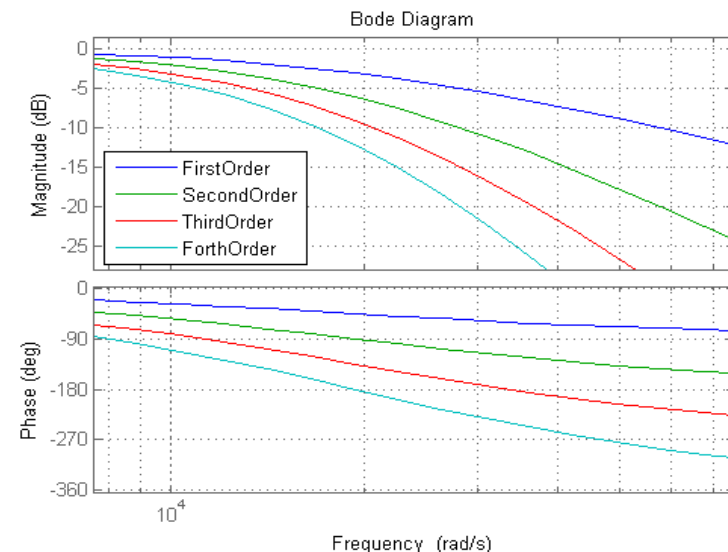
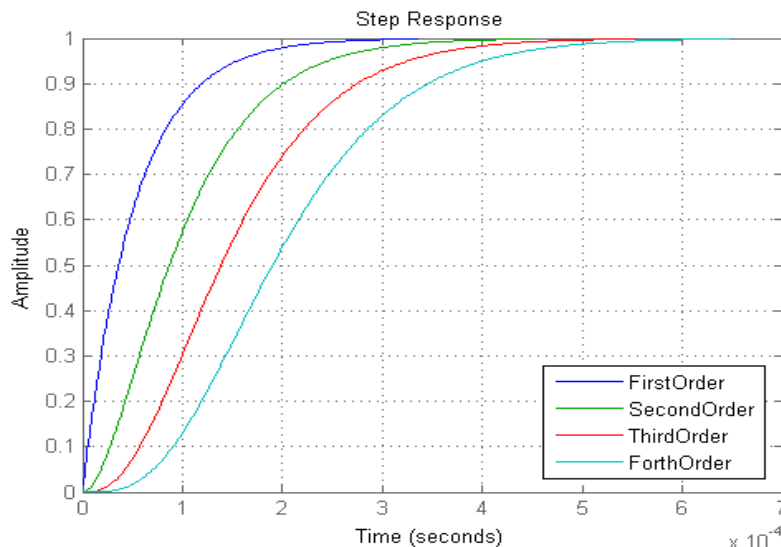
Στις πρώτες διαφάνειες είδαμε ότι αυτά τα φίλτρα χωρίζονται γενικά σε τρεις κατηγορίες. Εκτός αυτών υπάρχουν και άλλες ειδικές περιπτώσεις που τις συναντάμε πιο σπάνια και συν τοις άλλοις δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Είτε μιλάμε για βαθυπερατό φίλτρο, είτε για υπερατό ή για ότι άλλο, όλα τους τα χωρίζουμε και με βάση τον ρυθμό αποκοπής αναλόγως με το αν αποκόπουν με κλίση 6dB/oct ή με 12dB/oct.

Πιο σπάνια συναντάμε και τα φίλτρα με αποκοπή 18dB/oct ή και με 24dB/oct, ενώ θεωρητικά υπάρχουν φίλτρα με όποια κλίση θέλουμε απλώς στην πράξη τα συναντάμε στα ενεργά φίλτρα.

Στην περίπτωση μας τα φίλτρα λέγονται παθητικά επειδή αποτελούνται μόνο από παθητικά εξαρτήματα, δηλαδή πηνία, πυκνωτές και αντιστάσεις, ενώ τα ενεργά έχουν και ημιαγωγικά στοιχεία.

Στην πράξη δεν υπάρχει καλύτερο φίλτρο και ανάλογα την εκάστοτε περίπτωση οφείλουμε να εξετάσουμε προσεκτικά όλες τις λύσεις και τελικώς να επιλέξουμε, όπως για παράδειγμα παρακάτω που βλέπουμε όλες τις κλίσεις για ένα βαθυπερατό φίλτρο τόσο σε κρουστική απόκριση όσο και σε εξασθένηση.



# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

Με τη βοήθεια του υπολογιστή μπορούμε πλέον να σχεδιάσουμε ένα φίλτρο στα μέτρα μας και με βάση πλέον το μεγάφωνο που έχουμε ώστε να γίνει ο δρόμος όσο το δυνατόν καλύτερος. Καλύτερος και σε θέματα ποιότητας και σε θέματα ανθεκτικότητας γιατί μπορούμε αναλόγως το μεγάφωνο μας και τις ευαισθησίες του να φιλτράρουμε κατάλληλα το μουσικό σήμα. Μπορούμε δηλαδή να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα διαφόρων τάξεων. Για παράδειγμα η πρώτη τάξη έχει ήπια, αλλά ομαλή αποκοπή με μικρή μετατόπιση φάσης και γρήγορη κρουστική απόκριση. Από την άλλη χρειαζόμαστε τις μεγαλύτερες κλίσεις για να αποκόψουμε αποτελεσματικά το μεγάφωνο, ώστε αυτό να μην κινδυνεύει να καεί ή να μην παραμορφώνει αισθητά

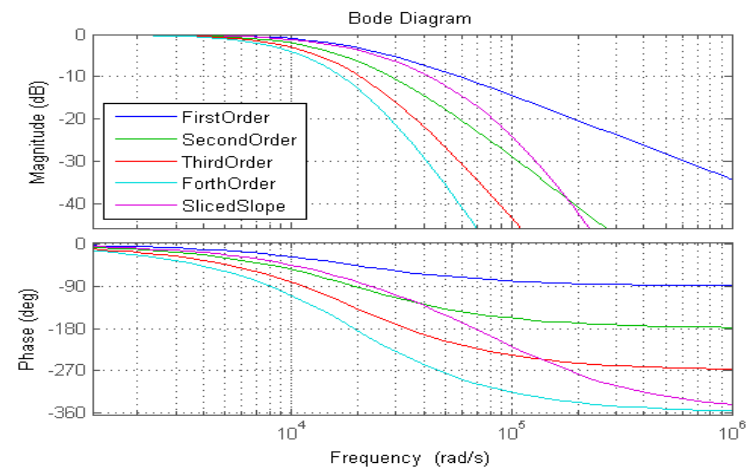
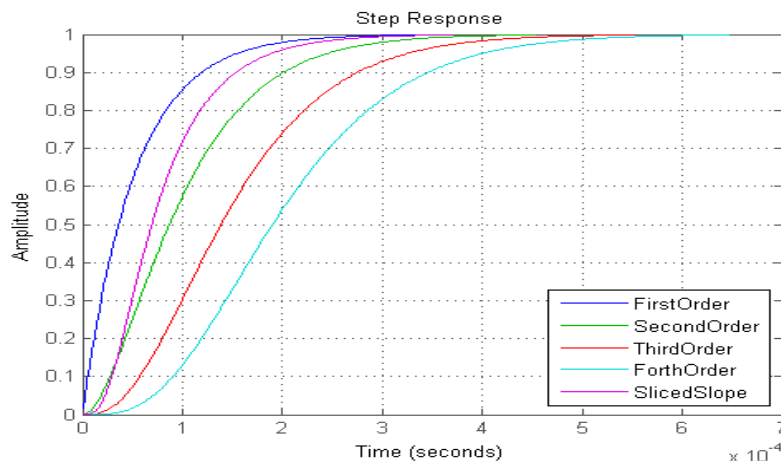


# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

Με τη βοήθεια του υπολογιστή μπορούμε πλέον να σχεδιάσουμε ένα φίλτρο στα μέτρα μας και με βάση πλέον το μεγάφωνο που έχουμε ώστε να γίνει ο δρόμος όσο το δυνατόν καλύτερος. Καλύτερος και σε θέματα ποιότητας και σε θέματα ανθεκτικότητας γιατί μπορούμε αναλόγως το μεγάφωνο μας και τις ευαισθησίες του να φιλτράρουμε κατάλληλα το μουσικό σήμα. Μπορούμε δηλαδή να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα διαφόρων τάξεων. Για παράδειγμα η πρώτη τάξη έχει ήπια, αλλά ομαλή αποκοπή με μικρή μετατόπιση φάσης και γρήγορη κρουστική απόκριση. Από την άλλη χρειαζόμαστε τις μεγαλύτερες κλίσεις για να αποκόψουμε αποτελεσματικά το μεγάφωνο, ώστε αυτό να μην κινδυνεύει να καεί ή να μην παραμορφώνει αισθητά. Έτσι δημιουργήθηκαν τα crossover μεταβλητής κλίσης τα οποία μας επωφελούν όπως θα δούμε και στα παρακάτω γραφήματα.

Πριν πάμε σε αυτά είναι χρήσιμο να πούμε πως ο σχεδιασμός τους δεν απαιτεί κάτι καινούργιο απλώς ουσιαστικά σχεδιάζουμε δύο ξεχωριστά φίλτρα και στο τέλος συνθέτουμε τις συναρτήσεις μεταφοράς αυτών.

Στην πράξη είναι σαν να φτιάχνουμε ένα φίλτρο μεγαλύτερης τάξης απλώς δεν έχουν όλα τα εξαρτήματα τις ίδιες τιμές.



# Κύκλωμα Διαχωρισμού Συχνοτήτων

Μέχρι τώρα είδαμε χαμηλοπερατά φίλτρα αλλά πρακτικά δεν υπάρχει κάποια διαφορά στα υπόλοιπα. Η μελέτη και η σχεδίαση των άλλων φίλτρων, όπως λόγου χάρη των υψιπερατών, δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαιτερότητα, απλώς χρειάζεται προσοχή στο λεγόμενο ταίριασμα μεταξύ των φίλτρων.

Ως γνωστόν το κάθε φίλτρο αποτελεί μαζί με το μεγάφωνο που συνδέεται ένα δρόμο και ο δρόμος αυτός θα αναπαράξει ένα μέρος του ηχητικού φάσματος

Επειδή όμως το φάσμα ολόκληρο θα πρέπει να αναπαραχθεί ομοιόμορφα καλούμαστε να σχεδιάσουμε τα φίλτρα ώστε να συμπληρώνει το ένα το άλλο

Όταν οι δρόμοι παίζουν παράλληλα το αποτέλεσμα τους είναι το άθροισμα, δηλαδή προσθέτουμε τις συναρτήσεις μεταφοράς των δύο φίλτρων

Πέρα από τη σχεδίαση των φίλτρων χρειάζεται να έχουμε και μια εικόνα για την απόκριση συχνοτήτων του μεγαφώνου ώστε να υπολογίσουμε συνολικά την απόκριση του κάθε δρόμου και να τον ταιριάξουμε καλύτερα με τους άλλους δρόμους

Σήμερα σχεδόν όλα τα έτοιμα μεγάφωνα έχουν μια εικόνα με το συχνοτικό τους διάγραμμα, αλλά το ιδανικό είναι να μετρήσουμε την απόκριση του μεγαφώνου που μας ενδιαφέρει και να δημιουργήσουμε έτσι την ολική συνάρτηση μεταφοράς του κάθε δρόμου

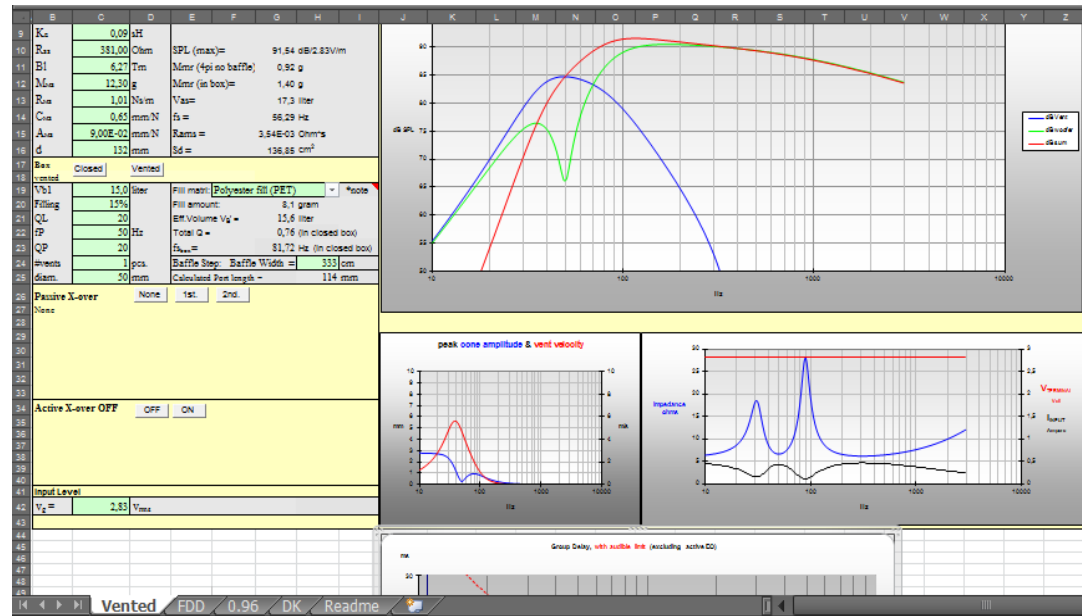
# Παρουσίαση έτοιμων προγραμμάτων σχεδίασης

# Παρουσίαση έτοιμων προγραμμάτων σχεδίασης

Για όποιον το επιθυμεί υπάρχουν εναλλακτικές προτάσεις σχεδιασμού, με κάποιες από αυτές να είναι σαφώς πιο απλοϊκές ζητώντας λιγότερα δεδομένα και το κυριότερο μια απλή πλοήγηση στο διαδίκτυο. Από τις ιστοσελίδες η πιο ολοκληρωμένη είναι η [www.mhaudio.nl](http://www.mhaudio.nl) που παρέχει έτοιμα μοντέλα για τον σχεδιασμό καμπινών και crossover με μόνο κύριο μειονέκτημα την έλλειψη σχεδιαστικής ελευθερίας.

# Παρουσίαση έτοιμων προγραμμάτων σχεδίασης

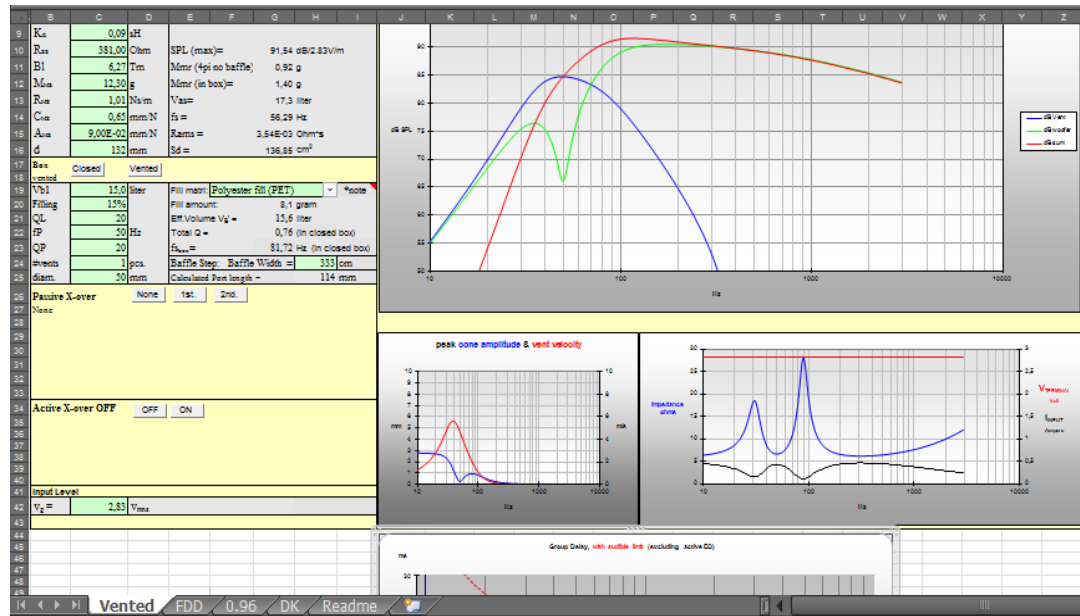
Για όποιον το επιθυμεί υπάρχουν εναλλακτικές προτάσεις σχεδιασμού, με κάποιες από αυτές να είναι σαφώς πιο απλοϊκές ζητώντας λιγότερα δεδομένα και το κυριότερο μια απλή πλοήγηση στο διαδίκτυο. Από τις ιστοσελίδες η πιο ολοκληρωμένη είναι η [www.mhaudio.nl](http://www.mhaudio.nl) που παρέχει έτοιμα μοντέλα για τον σχεδιασμό καμπινών και crossover με μόνο κύριο μειονέκτημα την έλλειψη σχεδιαστικής ελευθερίας. Όσον αφορά τις καμπίνες πάντως υπάρχει προς ελεύθερη διάθεση και ένα αρχείο excel με διάφορους κώδικες ώστε να κάνει την προσομοίωση διαφόρων καμπινών με όποιο μεγάφωνο επιθυμούμε. Πιο συγκεκριμένα για το μεγάφωνο δηλώνουμε τις γνωστές παραμέτρους Thiele Small ή εναλλακτικά μπορούμε να δηλώσουμε τα κατοχυρωμένα με ευρεσιτεχνία χαρακτηριστικά, ονόματι advanced FDD. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι της εταιρίας Scanspeak όπως επίσης και το αρχείο excel, το οποίο εν τέλει αποτελεί μια ιδιαίτερα αξιόλογη εναλλακτική για τον σχεδιασμό καμπίνας και woofer.



# Παρουσίαση έτοιμων προγραμμάτων σχεδίασης

Για όποιον το επιθυμεί υπάρχουν εναλλακτικές προτάσεις σχεδιασμού, με κάποιες από αυτές να είναι σαφώς πιο απλοϊκές ζητώντας λιγότερα δεδομένα και το κυριότερο μια απλή πλοήγηση στο διαδίκτυο. Από τις ιστοσελίδες η πιο ολοκληρωμένη είναι η [www.mhaudio.nl](http://www.mhaudio.nl) που παρέχει έτοιμα μοντέλα για τον σχεδιασμό καμπινών και crossover με μόνο κύριο μειονέκτημα την έλλειψη σχεδιαστικής ελευθερίας. Όσον αφορά τις καμπίνες πάντως υπάρχει προς ελεύθερη διάθεση και ένα αρχείο excel με διάφορους κώδικες ώστε να κάνει την προσομοίωση διαφόρων καμπινών με όποιο μεγάφωνο επιθυμούμε. Πιο συγκεκριμένα για το μεγάφωνο δηλώνουμε τις γνωστές παραμέτρους Thiele Small ή εναλλακτικά μπορούμε να δηλώσουμε τα κατοχυρωμένα με ευρεσιτεχνία χαρακτηριστικά, ονόματι advanced FDD. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι της εταιρίας Scanspeak όπως επίσης και το αρχείο excel, το οποίο εν τέλει αποτελεί μια ιδιαίτερα αξιόλογη εναλλακτική για τον σχεδιασμό καμπίνας και woofer.

Ένα άλλο επίσης ικανό πρόγραμμα φαίνεται να είναι το Basta, το οποίο πλέον δεν δέχεται υποστήριξη αλλά σε αντάλλαγμα είναι δωρεάν η πλήρης έκδοση του. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Basta έχει λεπτομέρειες σχεδιασμού, όπως η σχεδίαση της μπάφλας αλλά δεν ξέρουμε στην πράξη πόσο χρήσιμα είναι όλα αυτά.



# Εισαγωγή στην καμπύνα απωλειών

# Εισαγωγή στην καμπύνα απωλειών

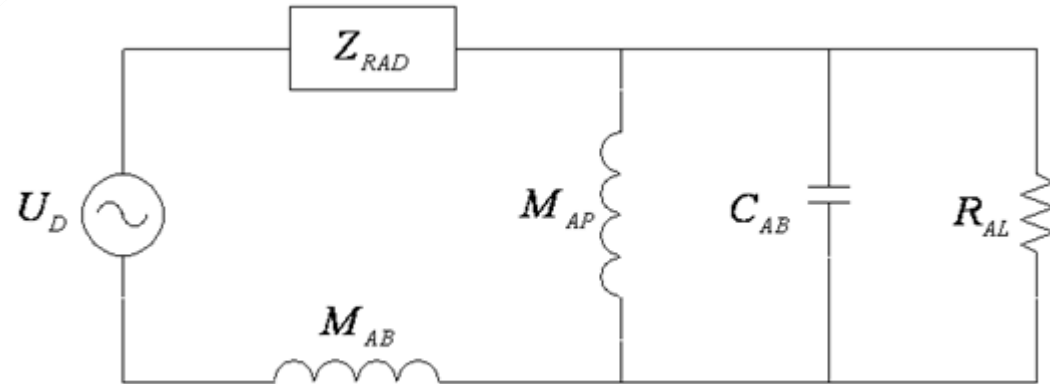
Το μεγαλύτερο πρόβλημα με όλα τα παραπάνω προγράμματα είναι ότι δεν επιτρέπουν την σχεδίαση νέων σχεδιαστικών υλοποιήσεων όπως οι παρακάτω που αποτελούν πιθανές μελλοντικές προτάσεις



# Εισαγωγή στην καμπίνα απωλειών

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με όλα τα παραπάνω προγράμματα είναι ότι δεν επιτρέπουν την σχεδίαση νέων σχεδιαστικών υλοποιήσεων όπως οι παρακάτω που αποτελούν πιθανές μελλοντικές προτάσεις. Εδώ και με τη βοήθεια της παρακάτω εικόνας θα ξανά δούμε λίγο την καμπίνα ενός ηχείου.

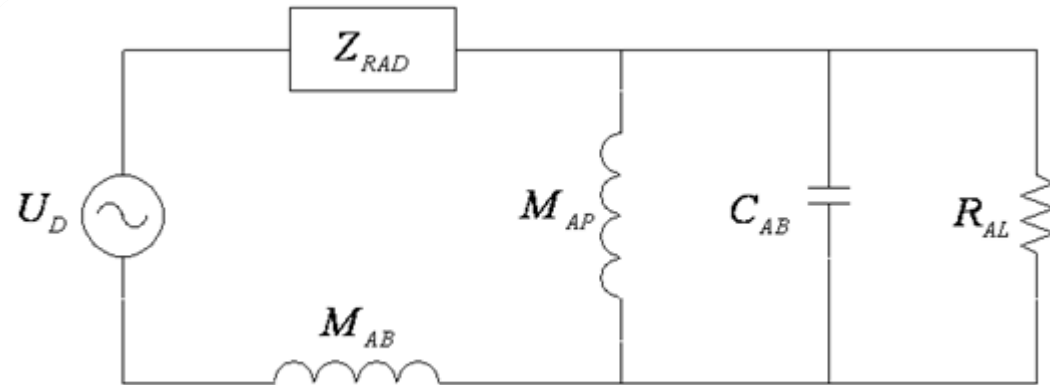
Μέχρι εδώ δεν έχουμε ασχοληθεί καθόλου με την αντίσταση  $R_{AL}$ . Κανονικά είπαμε πως αυτή η αντίσταση απειρίζεται μην παίζοντας έτσι κάποιο ρόλο.



# Εισαγωγή στην καμπίνα απωλειών

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με όλα τα παραπάνω προγράμματα είναι ότι δεν επιτρέπουν την σχεδίαση νέων σχεδιαστικών υλοποιήσεων όπως οι παρακάτω που αποτελούν πιθανές μελλοντικές προτάσεις. Εδώ και με τη βοήθεια της παρακάτω εικόνας θα ξανά δούμε λίγο την καμπίνα ενός ηχείου.

Μέχρι εδώ δεν έχουμε ασχοληθεί καθόλου με την αντίσταση  $R_{AL}$ . Κανονικά είπαμε πως αυτή η αντίσταση απειρίζεται μην παίζοντας έτσι κάποιο ρόλο. Όμως αν επιτρέψουμε στην καμπίνα μια ελεγχόμενη διαρροή τότε το μεγάφωνο μπορεί να λειτουργήσει πιο κοντά στα δικά του χαρακτηριστικά και να επιτύχουμε πιο βαθιά απόδοση στα χαμηλά ή διαφορετικά να έχουμε ελεγχόμενη ενίσχυση από την οπή χαμηλών.



# Εισαγωγή στην καμπίνα απωλειών

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με όλα τα παραπάνω προγράμματα είναι ότι δεν επιτρέπουν την σχεδίαση νέων σχεδιαστικών υλοποιήσεων όπως οι παρακάτω που αποτελούν πιθανές μελλοντικές προτάσεις. Εδώ και με τη βοήθεια της παρακάτω εικόνας θα ξανά δούμε λίγο την καμπίνα ενός ηχείου.

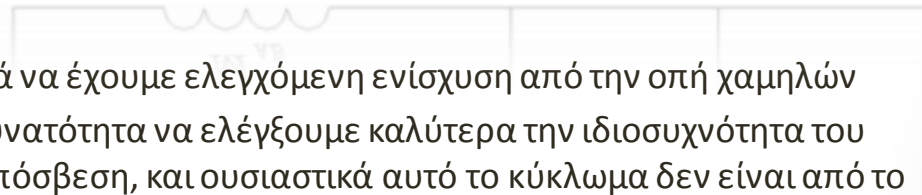
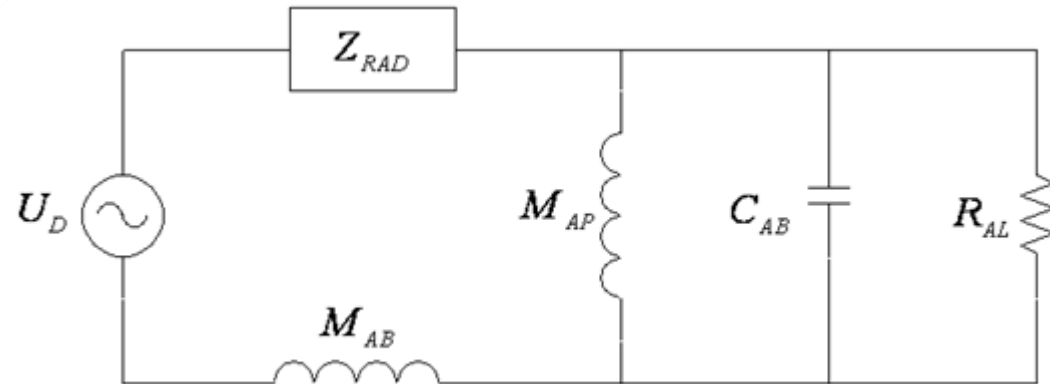
Μέχρι εδώ δεν έχουμε ασχοληθεί καθόλου με την αντίσταση  $R_{AL}$ . Κανονικά είπαμε πως αυτή η αντίσταση απειρίζεται μην παίζοντας έτσι κάποιο ρόλο. Όμως αν επιτρέψουμε στην καμπίνα μια ελεγχόμενη διαρροή τότε το μεγάφωνο μπορεί να λειτουργήσει πιο κοντά στα δικά του

χαρακτηριστικά και να επιτύχουμε πιο

βαθιά απόδοση στα χαμηλά ή διαφορετικά να έχουμε ελεγχόμενη ενίσχυση από την οπή χαμηλών

Μιλώντας πιο επιστημονικά έχουμε την δυνατότητα να ελέγξουμε καλύτερα την ιδιοσυχνότητα του κυκλώματος, τόσο σε πλάτος όσο και σε απόσβεση, και ουσιαστικά αυτό το κύκλωμα δεν είναι από το ηλεκτρικό ανάλογο της καμπίνας.

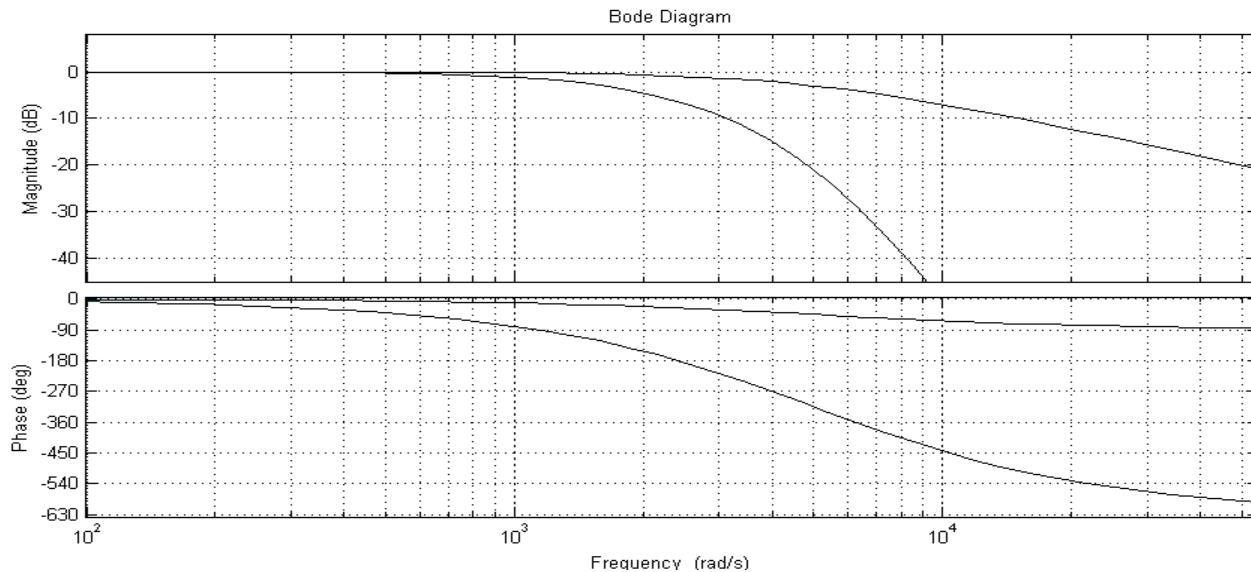
Εκ πρώτης όψεως φαίνεται να μπορεί να δημιουργηθεί μια καμπίνα ανάμεσα σε αυτές της ακουστικής ανάρτησης και της ανάκλασης χαμηλών πράγμα πολύ σημαντικό γιατί με πολύ προσεκτική σχεδίαση μπορούμε να συνδυάσουμε τα πλεονεκτήματα των δύο.



# Φίλτρο άπειρης κλίσης

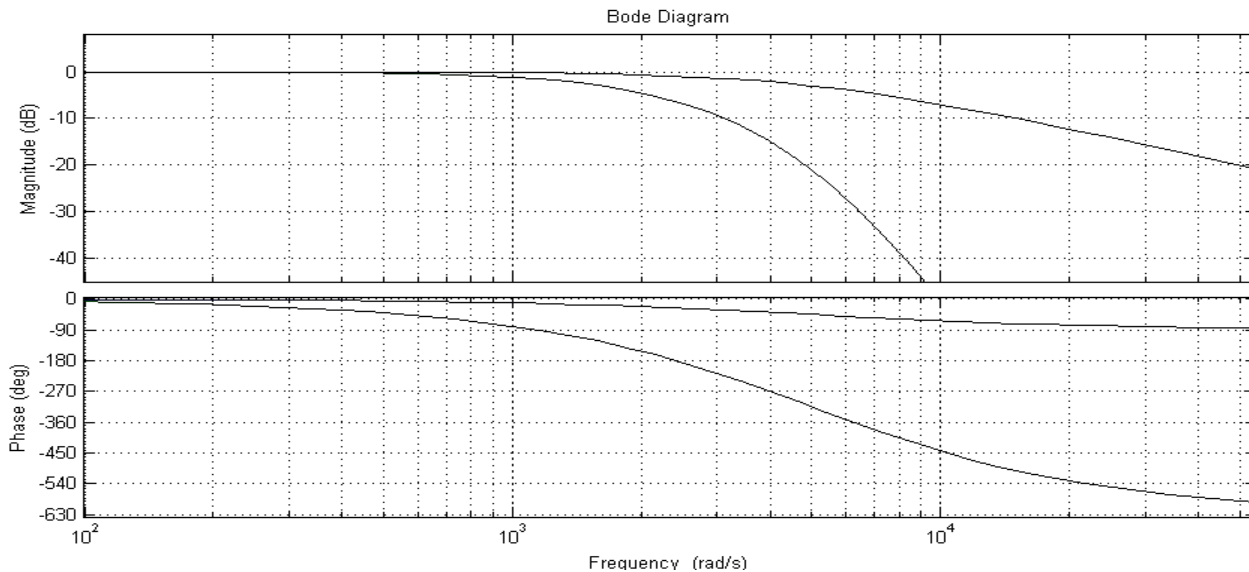
# Φίλτρο άπειρης κλίσης

Τώρα όσον αφορά τα φίλτρα αποκοπής εκτός από τα γνωστά με μια δεδομένη κλίση ή και μεταβλητή έχουμε άλλη μια κατηγορία με πολύ μεγάλη κλίση και πρακτικά μπορούμε να πούμε πως είναι άπειρη. Θεωρητικά είναι εφικτό να γίνει φίλτρο νιοστής τάξης και να σχεδιαστεί στη matlab όπως δείχνουμε και παρακάτω ξανά χρησιμοποιώντας τον ίδιο φίλτρο, δηλαδή ανατροφοδοτώντας το



# Φίλτρο άπειρης κλίσης

Τώρα όσον αφορά τα φίλτρα αποκοπής εκτός από τα γνωστά με μια δεδομένη κλίση ή και μεταβλητή έχουμε άλλη μια κατηγορία με πολύ μεγάλη κλίση και πρακτικά μπορούμε να πούμε πως είναι άπειρη. Θεωρητικά είναι εφικτό να γίνει φίλτρο νιοστής τάξης και να σχεδιαστεί στη matlab όπως δείχνουμε και παρακάτω ξανά χρησιμοποιώντας τον ίδιο φίλτρο, δηλαδή ανατροφοδοτώντας το



Στην πράξη όμως δεν υπάρχει κάποιος μέχρι τώρα γνωστός τρόπος ανατροφοδότησης στα κυκλώματα με παθητικά εξαρτήματα

Πάντως η σχετική ευρεσιτεχνία για αυτά τα crossover δείχνει κάποια σχεδιαγράμματα στα οποία γίνεται χρήση μετασχηματιστών

Σίγουρα στο μέλλον χρειάζονται δοκιμές και πειραματισμοί για να έχουμε περισσότερα αν και εκ πρώτης όψεως η όλη ιδέα φαίνεται να βρίσκει πρόσφορο έδαφος στα ενεργά crossover, όπου είναι εφικτή η ανατροφοδότηση

Σας ευχαριστώ για τον χρόνο σας