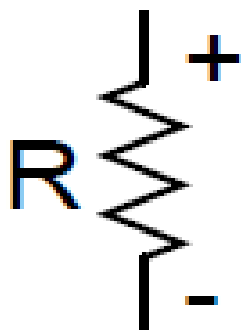
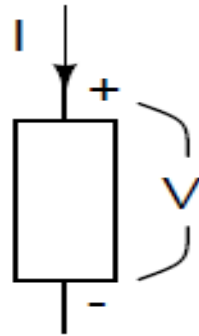


Μεγάφωνα

Ηλεκτρική εμπέδηση παθητικών στοιχείων



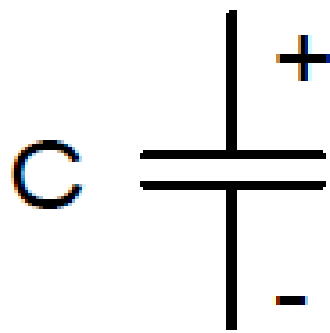
Resistor

Constitutive Law:

$$V = IR$$

Impedance:

$$Z_R = R$$



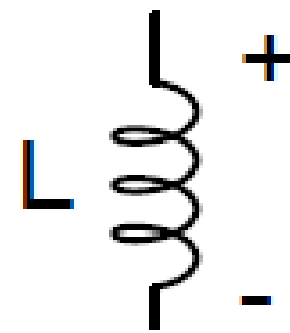
Capacitor

Constitutive Law:

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

Impedance:

$$Z_C = \frac{1}{i\omega C}$$



Inductor

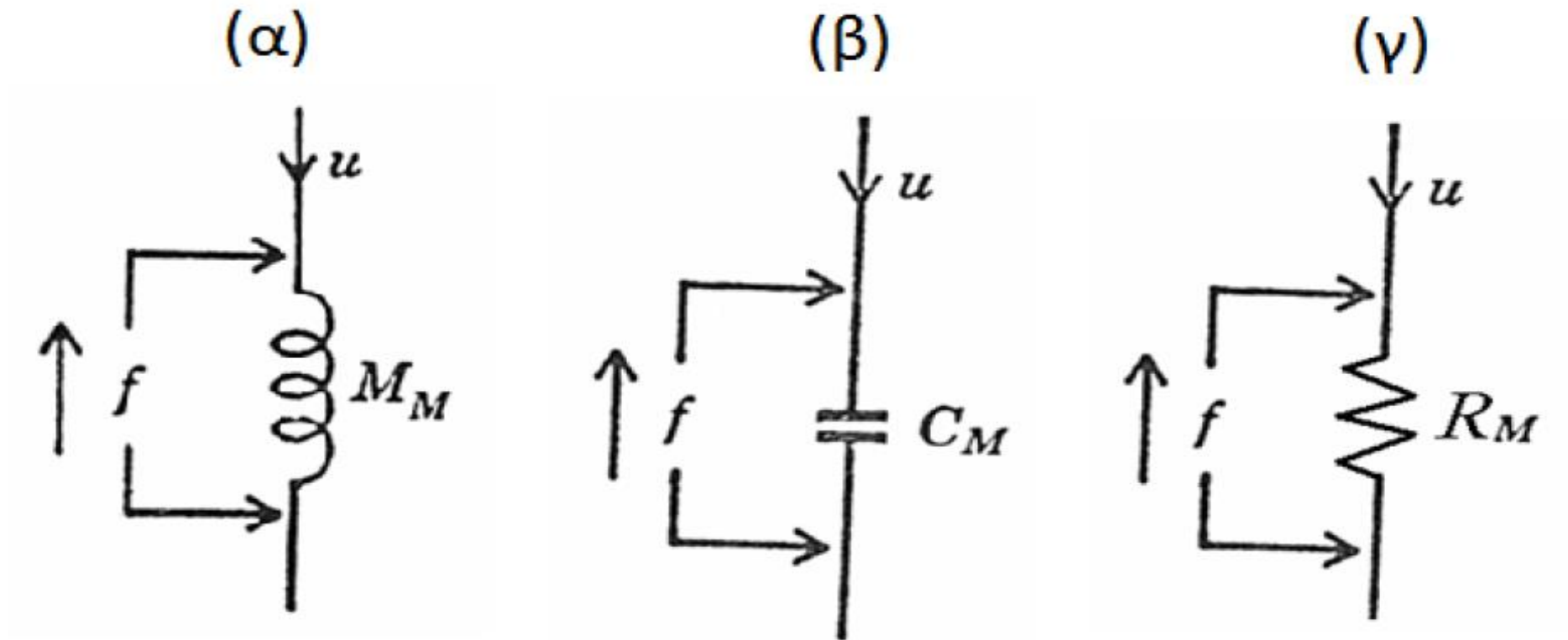
Constitutive Law:

$$V = L \frac{dI}{dt}$$

Impedance:

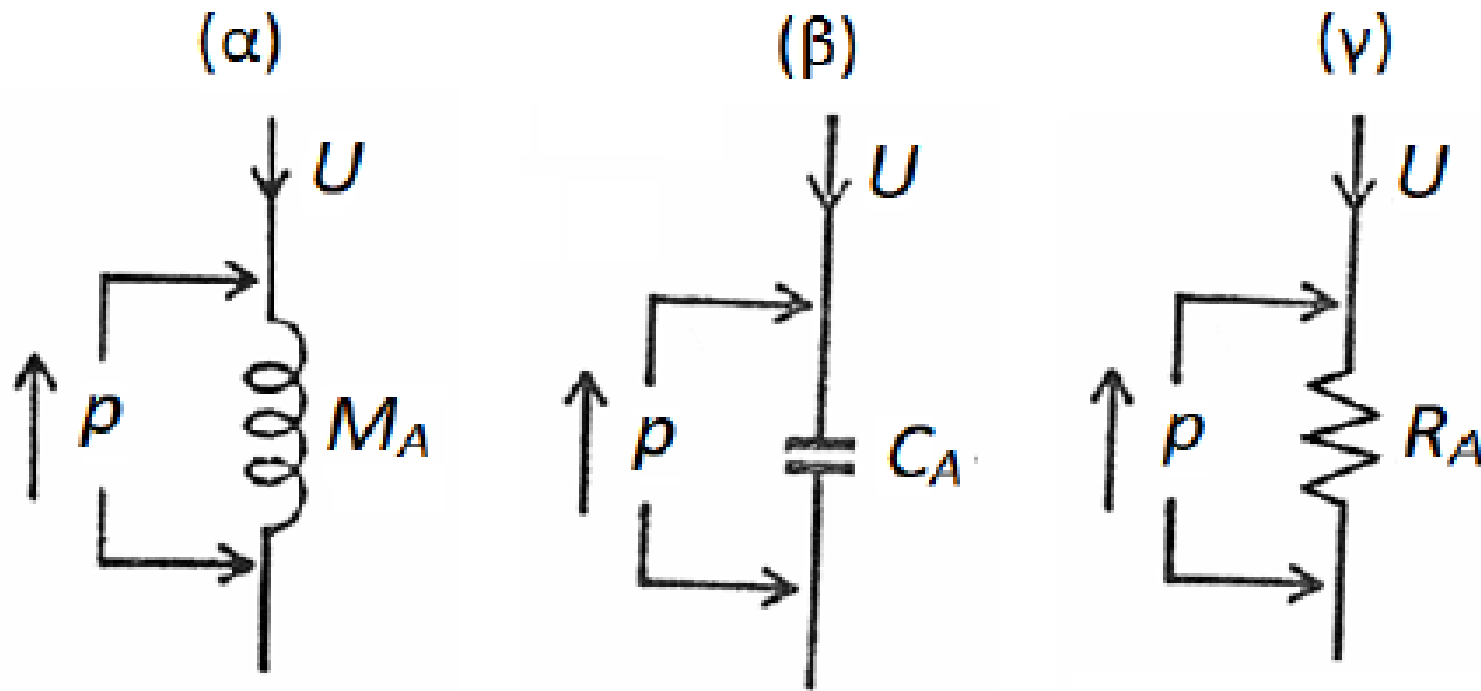
$$Z_L = i\omega L$$

Ηλεκτρικά ανάλογα μηχανικών στοιχείων



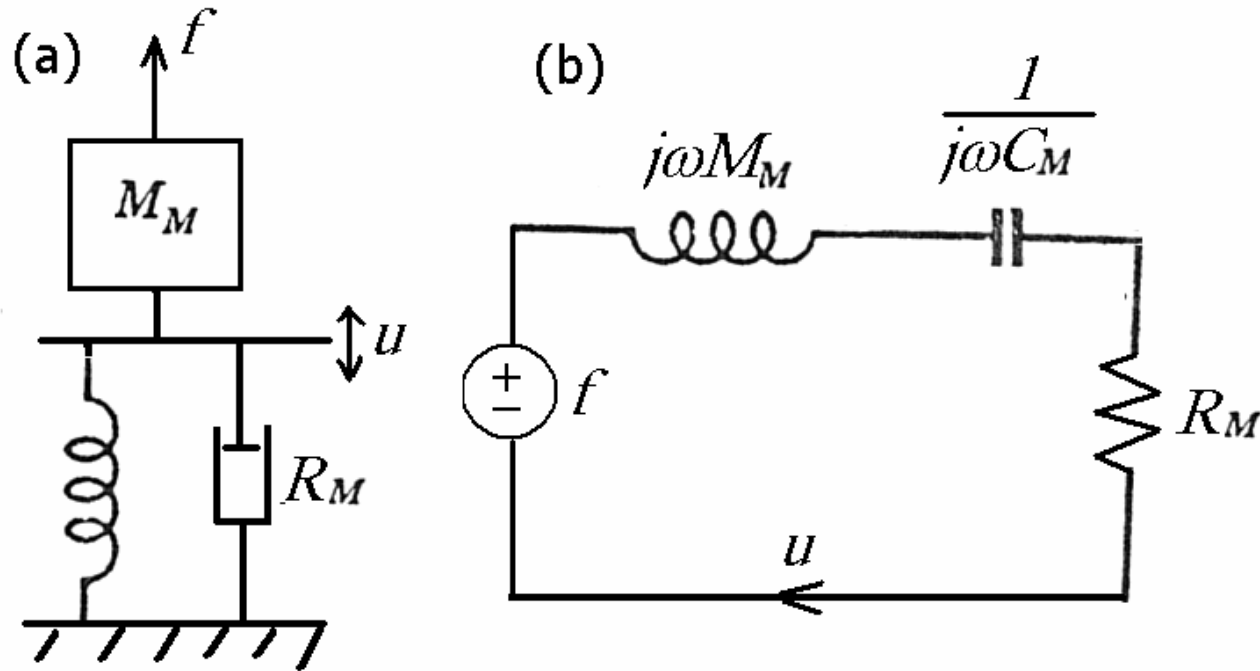
Σχήμα 4.3: Ηλεκτρικό ανάλογο μιας μάζας στο (α), μηχανικής ελαστικότητας στο (β) και μηχανικής αντίστασης στο (γ).

Ηλεκτρικά ανάλογα ακουστικών συστημάτων

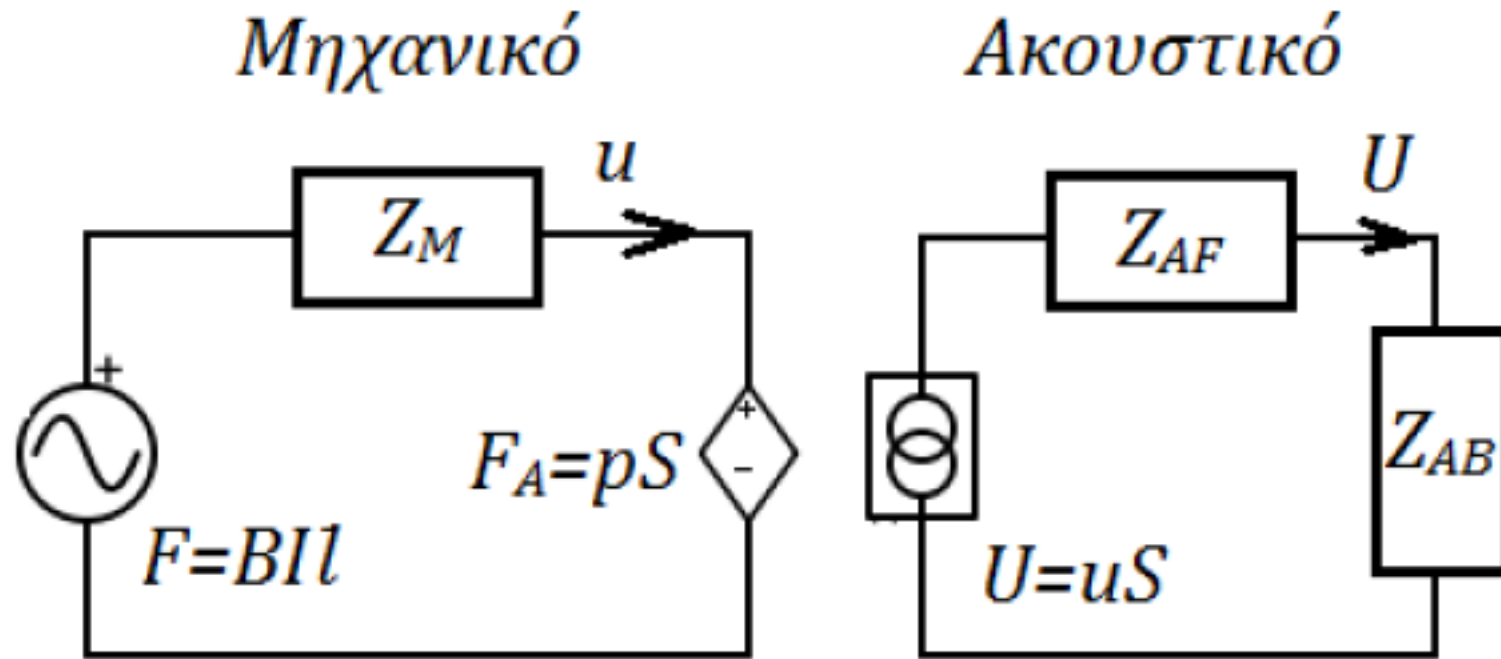


Σχήμα 4.6: Ηλεκτρικό ανάλογο μιας ακουστικής μάζας στο (α), ακουστικής ελαστικότητας στο (β) και ακουστικής αντίστασης στο (γ).

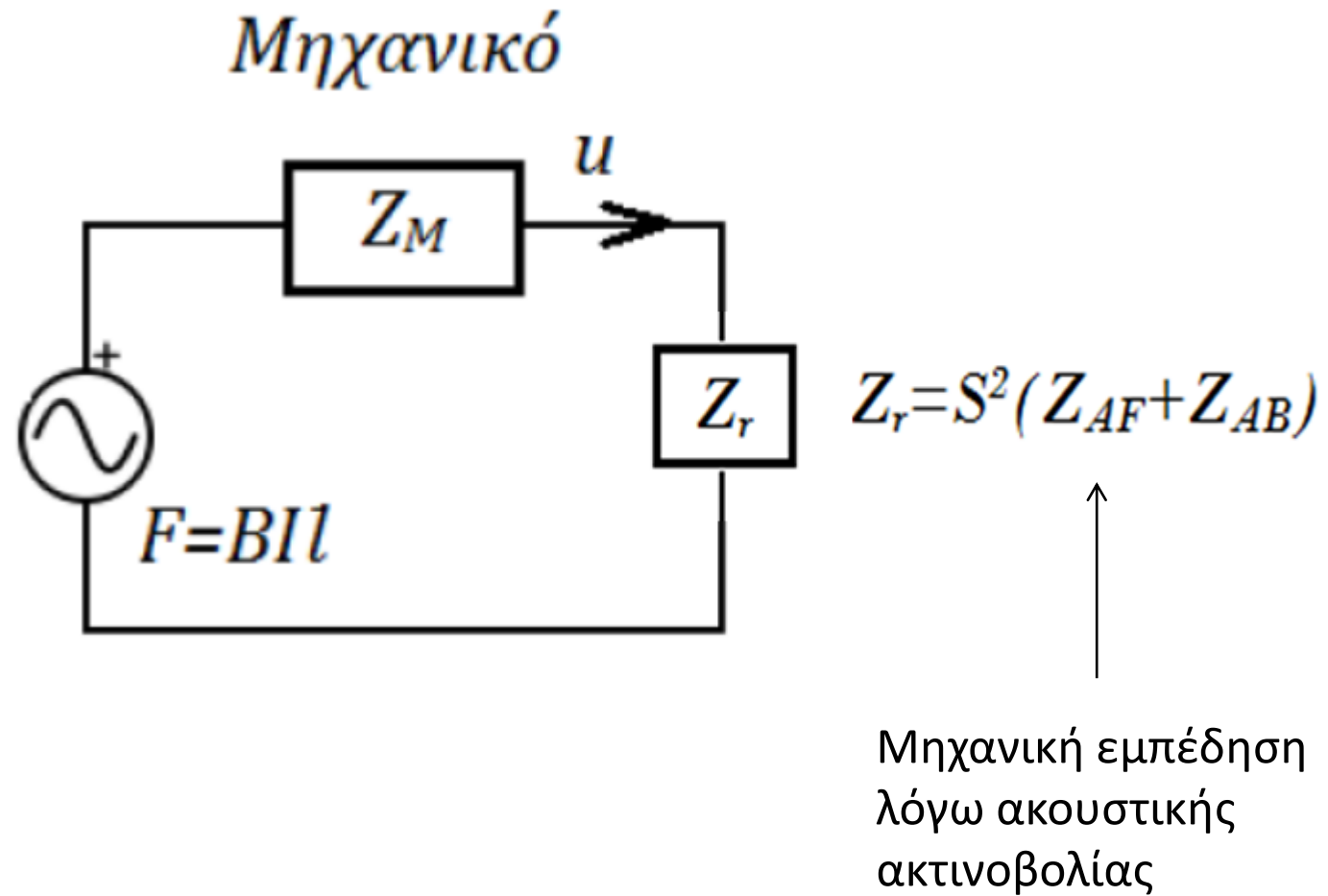
Μηχανικό μέρος του ηχείου



Μηχανικό και Ακουστικό σύστημα για το ηλεκτροδυναμικό μεγάφωνο



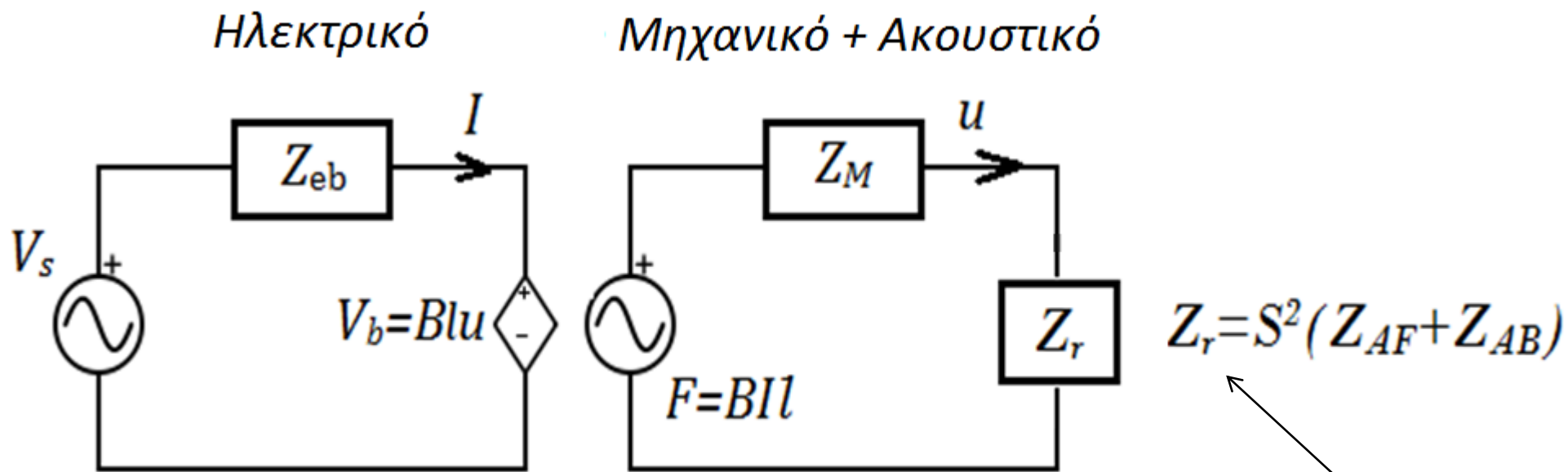
Ενοποίηση Μηχανικού και Ακουστικού συστήματος



Ας βρούμε μία σχέση που να μας δίνει το u συναρτήσει των παρακάτω μεγεθών

- u : ταχύτητα του μηχανικού συστήματος
- V_s, I : Τάση στην έξοδο του ενισχυτή και ρεύμα που διαρρέει το πηνίο φωνής του μεγαφώνου
- Z_{eb} : Ηλεκτρική σύνθετη αντίσταση που βλέπει ο ενισχυτής
- V_b : Τάση λόγω αυτεπαγωγής (αντι-ηλεκτρεγερτική τάση)
- Z_M : Μηχανική εμπέδηση
- Z_r : μηχανικό ισοδύναμο της ακουστικής εμπέδησης

Ηλεκτρικό και ενοποιημένο Μηχανικό και Ακουστικό σύστημα

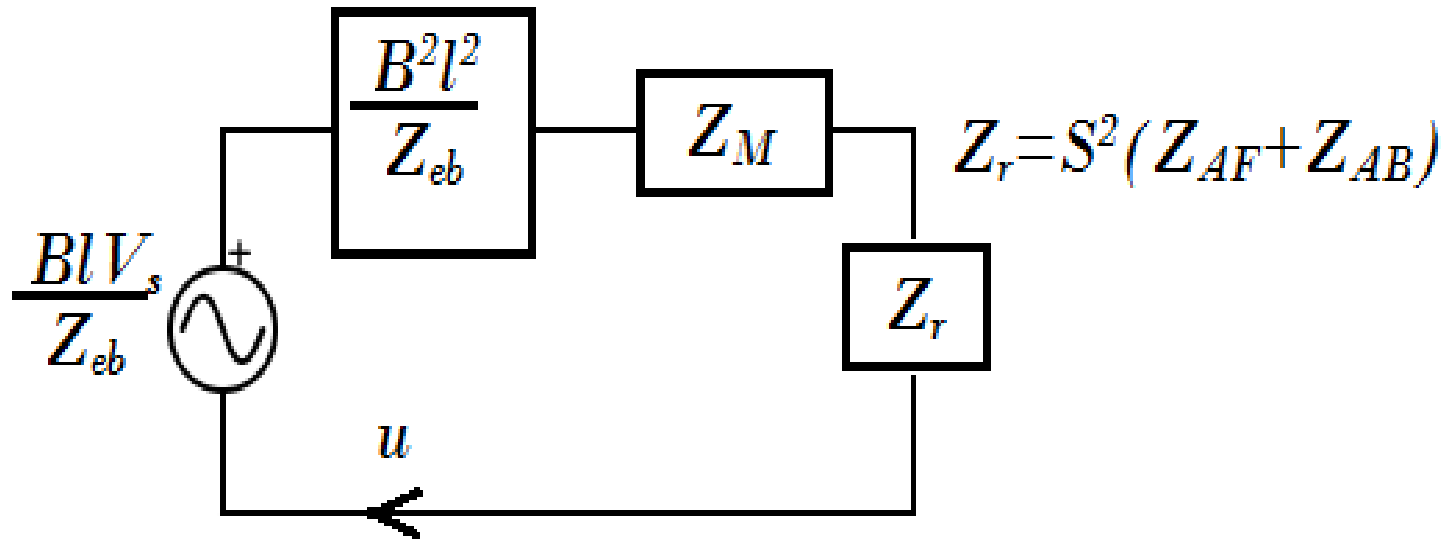


$V_b = Blu$: αντι-ηλεκτρεγερτική τάση

$$Z_r = S^2 (Z_{AF} + Z_{AB})$$

Μηχανική εμπέδηση
λόγω ακουστικής
ακτινοβολίας

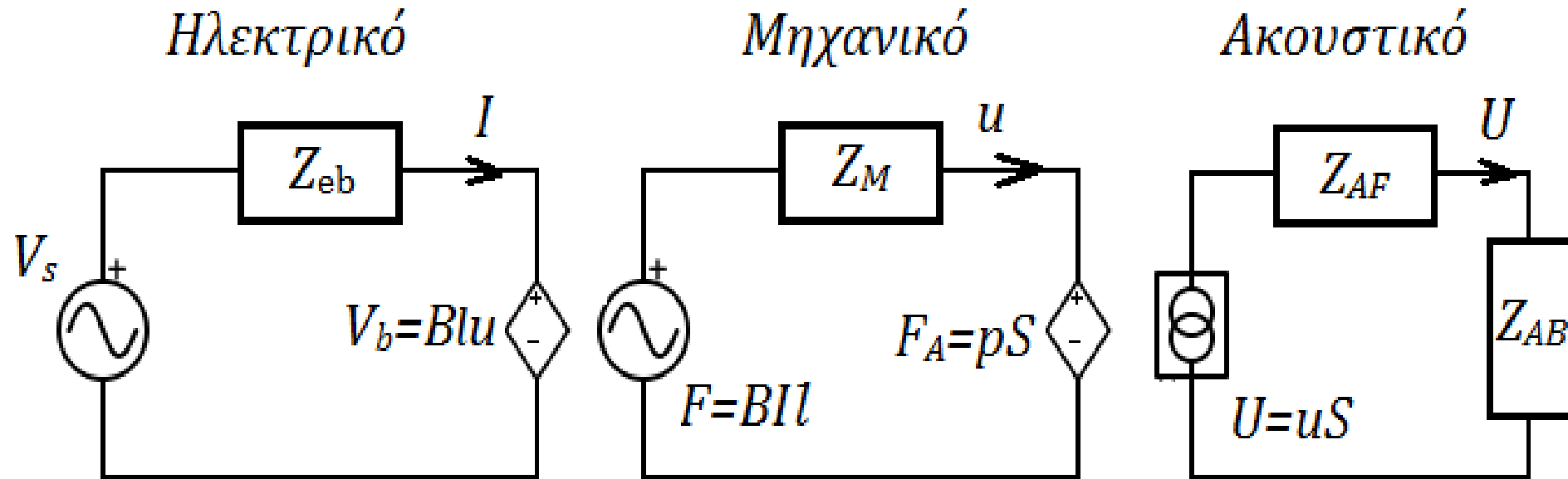
Ισοδύναμο μηχανικό σύστημα του ηλεκτροδυναμικού ηχείου



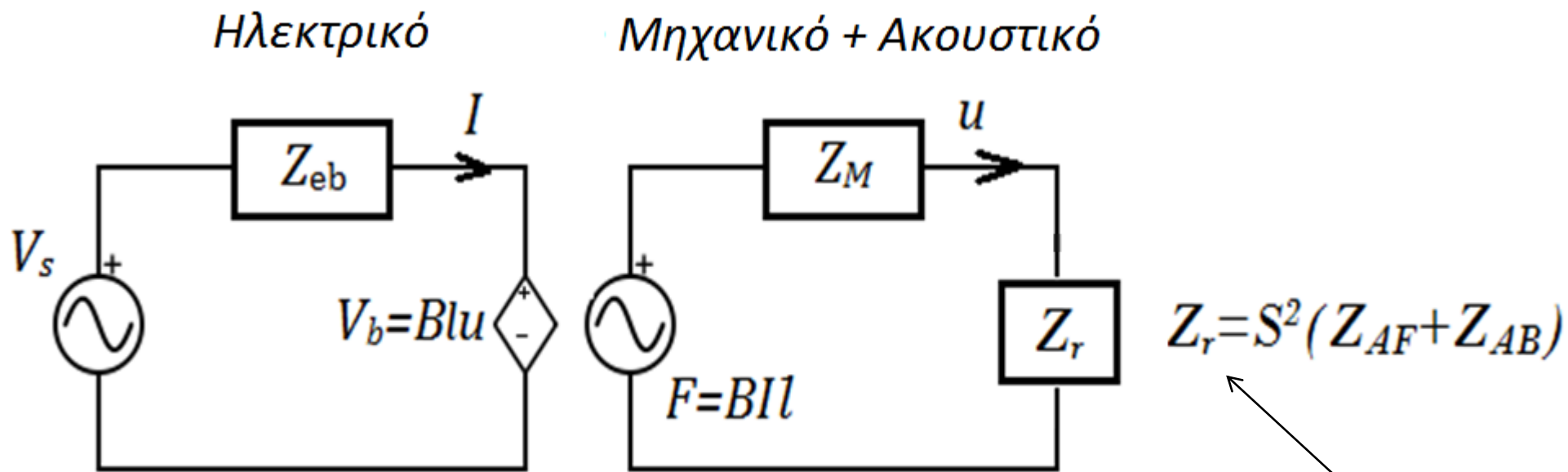
Σχέση αιτίου (V_s) αποτελέσματος (u)

$$u = \frac{BlV_s}{Z_{eb}(Z_M + Z_r) + (Bl)^2}$$

Ηλεκτρικό, Μηχανικό και Ακουστικό σύστημα για το ηλεκτροδυναμικό μεγάφωνο



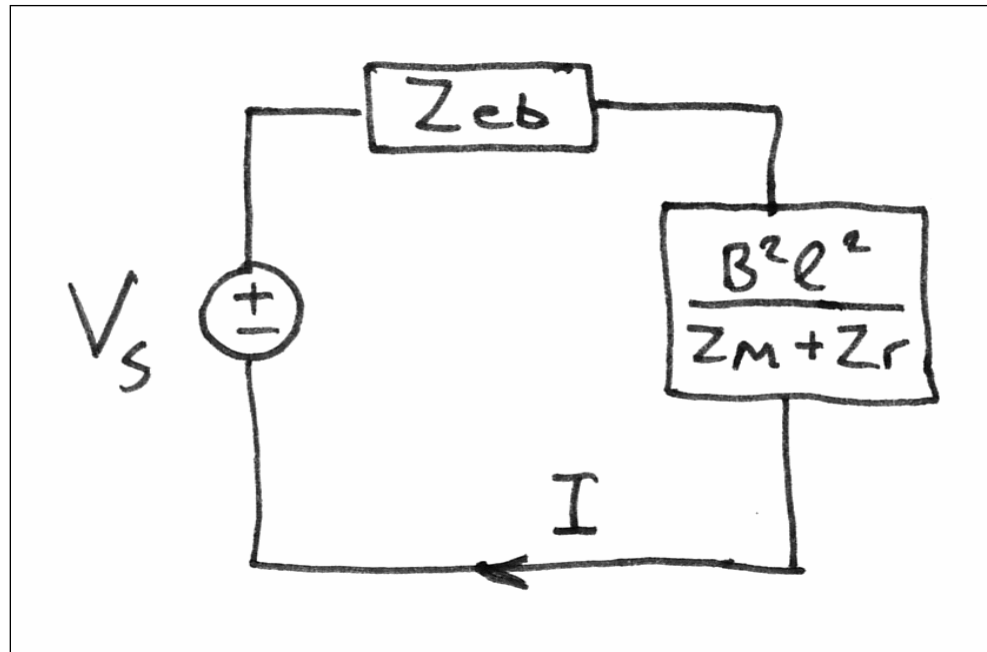
Ηλεκτρικό και ενοποιημένο Μηχανικό και Ακουστικό σύστημα



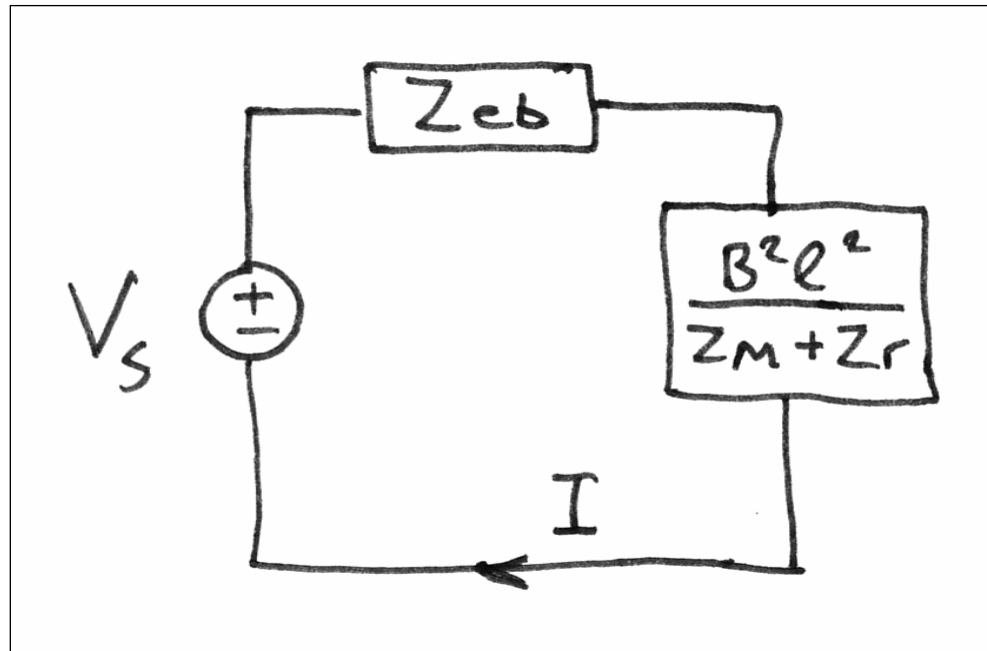
$V_b = Blu$: αντι-ηλεκτρεγερτική τάση

Μηχανική εμπέδηση
λόγω ακουστικής
ακτινοβολίας

Ισοδύναμο ηλεκτρικό σύστημα του ηλεκτροδυναμικού ηχείου



Ισοδύναμο ηλεκτρικό σύστημα του ηλεκτροδυναμικού ηχείου



Εξηγείστε με βάση το ηλεκτρικό ισοδύναμο τον λόγο που η ηλεκτρική εμπέδηση κορυφώνεται στη συχνότητα συντονισμού του ηχείου.

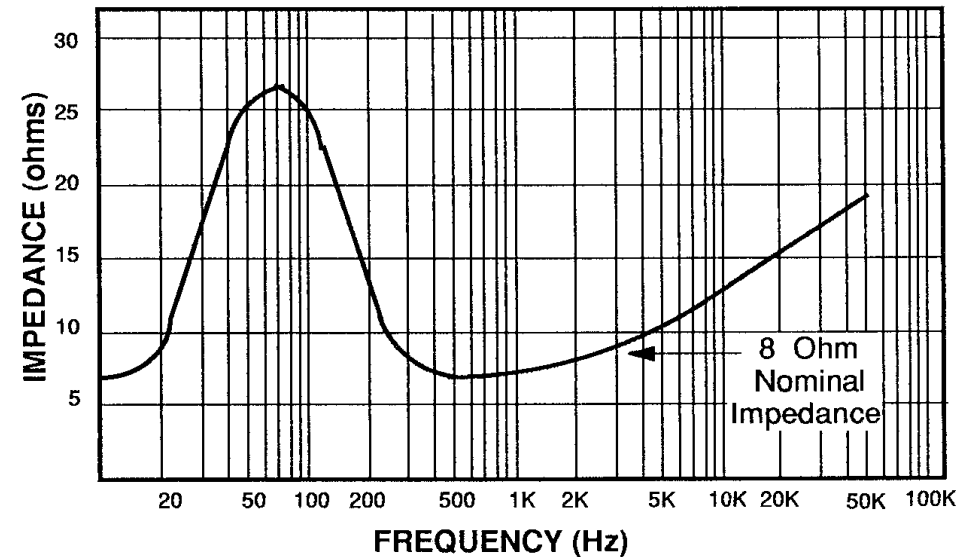


Figure 13-26. Graphic specification of loudspeaker impedance

Ακουστική ισχύς σε Watt

$$W = \frac{1}{2} |u_c|^2 \operatorname{Re}\{Z_r\} = \frac{1}{2} |u_c|^2 R_r$$

Περιπτώσεις μελέτης

- Διάφραγμα σε απείρως εκτεινόμενη επίπεδη μπάφλα
- Ηχείο κλειστού τύπου
- Ηχείο ανοικτού τύπου (με οπή ανάκλασης)

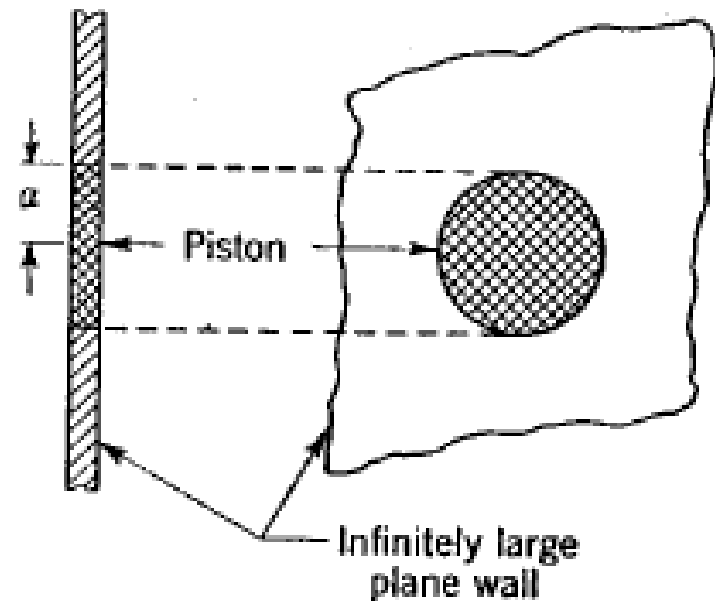
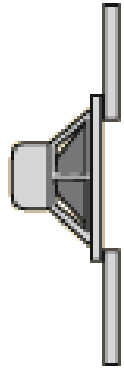
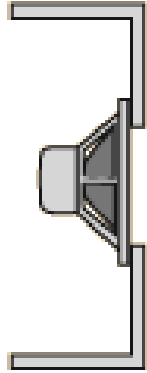


FIG. 5.2. Plane circular piston vibrating perpendicular to the plane of an infinite wall.

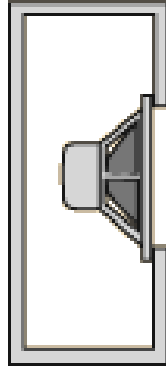
Direct radiator loudspeaker (απευθείας ακτινοβολίας)



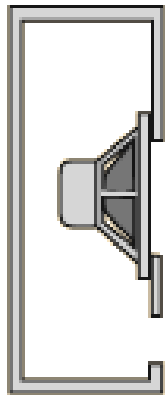
Flat baffle



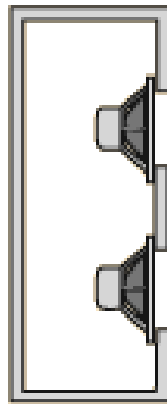
Open back
baffle



Closed
baffle



Bass-reflex
baffle



Drone-cone
baffle

Καμπίνες:

- 1) Κλειστού τύπου
- 2) Ανοικτού τύπου
- 3) Ανάκλασης χαμηλών
(Vented Box / Bass
reflex)

Επεξήγηση μεγεθών

- V_s : Τάση στην έξοδο του ενισχυτή (Volt)
- R_g : Ηλεκτρική αντίσταση εξόδου ενισχυτή (Ohm)
- L : Αυτεπαγωγή του πηνίου φωνής (Henry)
- R_E : Ηλεκτρική αντίσταση του πηνίου φωνής (Ohm)
- B : Πυκνότητα μαγνητικής ροής (Tesla ή Weber/m²)
- l : Μήκος του μηνίου (m)
- M_{MD} : μάζα του διαφράγματος και του πηνίου(kgr)
- C_{MS} : Ελαστικότητα της ανάρτησης (m/N)
- R_{MS} : Μηχανική αντίσταση της ανάρτησης (Mechanical Ohms)
- $Z_r = R_{MR} + jX_{MR}$ εμπέδηση ακτινοβολίας από τη μία πλευρά του ηχείου (Mechanical Ohms)
- u_c : ταχύτητα διαφράγματος (m/s)

Ακουστική ισχύς για ηχείο σε απείρωσ εκτεινόμενη μπάφλα

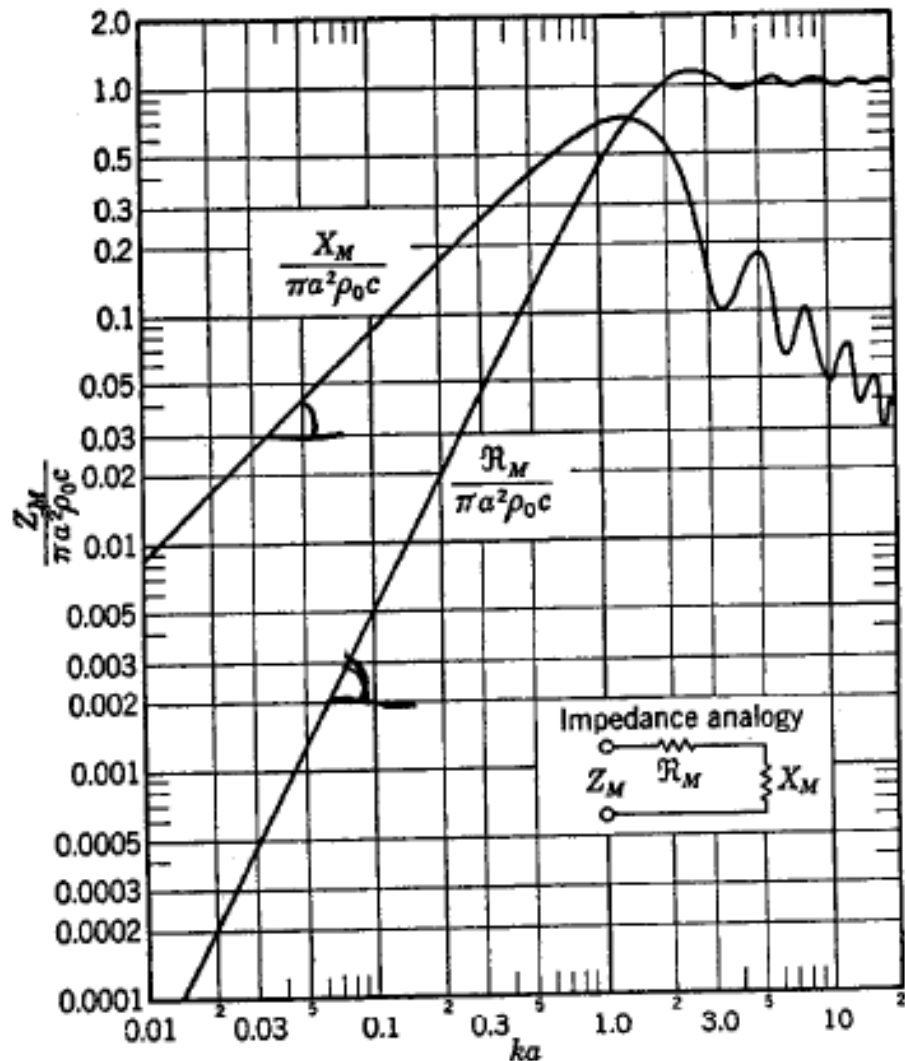
Η μηχανική αντίσταση ακτινοβολίας εξαρτάται από τη συχνότητα ω , και την ακτίνα του διαφράγματος a



$$W = \frac{1}{2} |u_c|^2 (2R_{MR}) = |u_c|^2 R_{MR}$$

Στην πράξη μόνο η μισή από αυτήν την ισχύ διατίθεται στο χώρο ακρόασης

Ακουστική εμπέδηση συναρτήσει του ka για ηχείο σε απείρως εκτεινόμενη επίπεδη μπάφλα



$$k = \text{κυματαριθμος} = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c} = 2\pi/\lambda$$

a = ακτίνα διαφράγματος

λ = μήκος κύματος

c = ταχύτητα του ήχου (343 m/s)

$ka = \frac{2\pi a}{\lambda} = \text{λόγος ακτίνας προς μήκος κύματος}$

Βλέπουμε ότι:

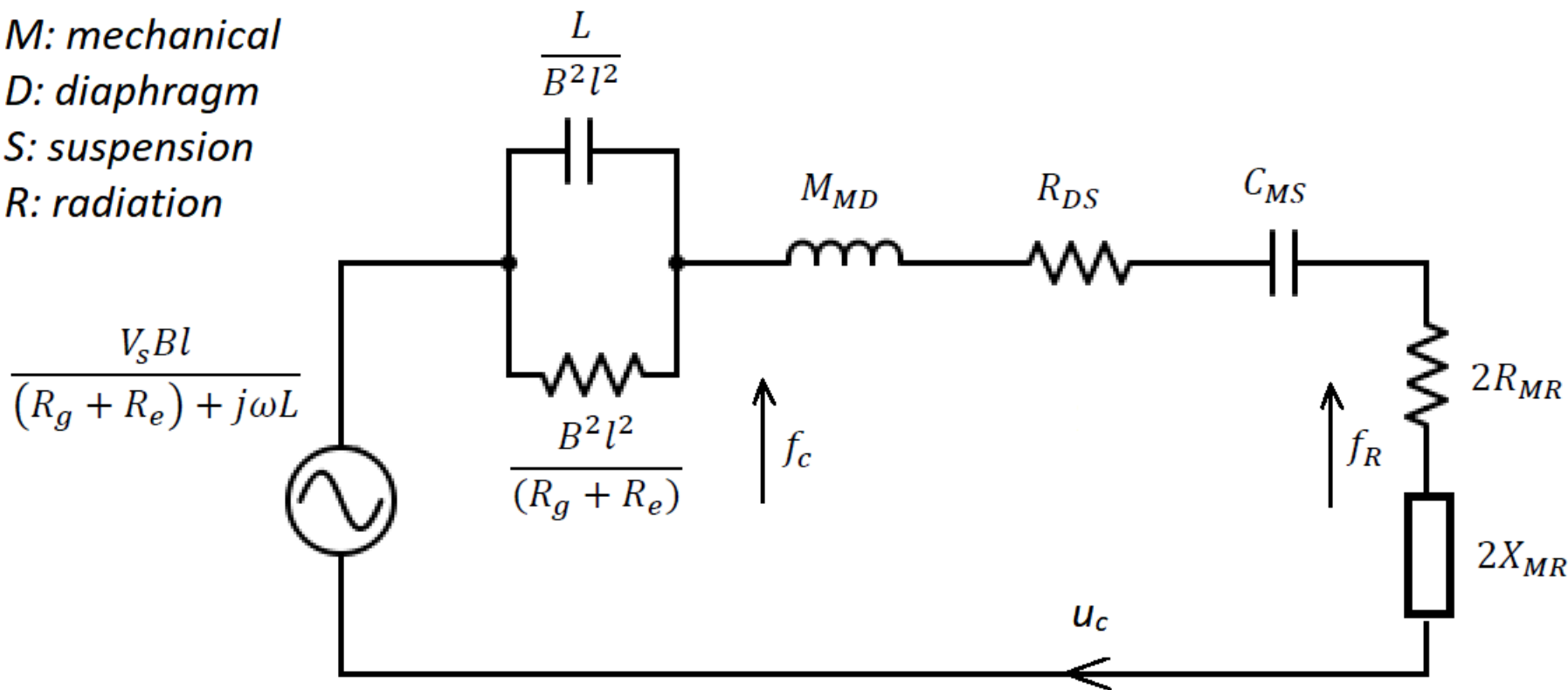
- 1) Για $ka < 1$, το R_{MR} αυξάνεται με το τετράγωνο του ω
- 2) Για $ka > 2$, το R_{MR} σταθεροποιείται στη μέγιστη τιμή ($R_{MR} = \pi a^2 \rho c$)

- 1) Για $ka < 1$ μπορούμε να προσεγγίσουμε το R_{MR} από τη σχέση $R_{MR} = 0.5\pi a^4 \omega^2 / c$
- 2) Για $ka > 2$ μπορούμε με καλή προσέγγιση να πούμε $R_{MR} = \pi a^2 \rho c$

- **Παράδειγμα:** Με βάση το διάγραμμα του προηγούμενου σχήματος, ποια είναι η τιμή της μηχανικής εμπέδησης λόγω ακτινοβολίας του διαφράγματος στα 54.6 Hz αν η ακτίνας του διαφραγματος είναι $a=10$ cm? (θεωρείστε $c=343$ m/s και $\rho=1.14$ kgr/m³).

Αναλυτικό μηχανικό ισοδύναμο του ηλεκτροδυναμικού ηχείου (απείρως εκτεινόμενη μπάφλα)

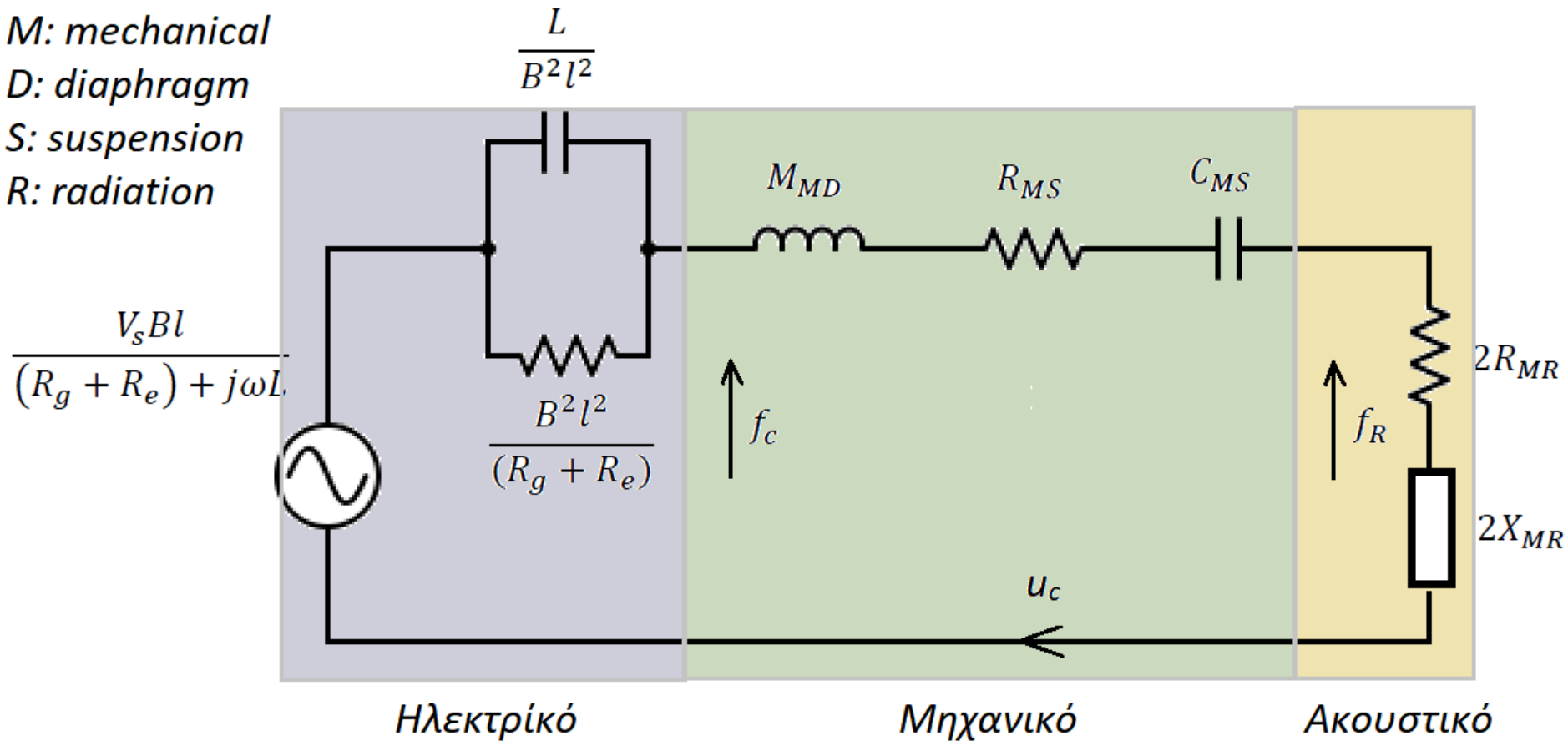
M: mechanical
D: diaphragm
S: suspension
R: radiation



$$Z_r = 2R_{MR} + 2jX_{MR}$$

Αναλύτικο μηχανικό ισοδύναμο του ηλεκτροδυναμικού ηχείου (απείρως εκτεινόμενη μπάφλα)

M: mechanical
D: diaphragm
S: suspension
R: radiation



$$Z_r = 2R_{MR} + 2jX_{MR}$$

Άσκηση 1

Με βάση το προηγούμενο διάγραμμα, συγκρίνετε την ταχύτητα u και τη μέγιστη μετατόπιση x που πρέπει να εκτελεί το διάφραγμα ενός ηχείου με ακτίνα 6 cm σε σχέση με ένα ηχείο ακτίνας διαφράγματος 12 cm ώστε να ακτινοβολούν την ίδια ακουστική ισχύ στα 91 Hz.

Άσκηση 2

Με βάση το προηγούμενο διάγραμμα, συγκρίνετε την ταχύτητα u και τη μέγιστη μετατόπιση x που πρέπει να εκτελεί το διάφραγμα ενός ηχείου ακτίνας 5,5 cm ώστε να ακτινοβολεί την ίδια ακουστική ισχύ στα 100 και στα 1000 Hz.

Συμπεράσματα

- Στην περιοχή χαμηλών συχνοτήτων, η φόρτιση του διαφράγματος είναι πολύ χαμηλή και αυξάνεται με ω^2 .
- Για να μπορώ να έχω μεγάλη ισχύ σε χαμηλές συχνότητες, θα πρέπει
 - είτε να έχω μεγάλο διάφραγμα δηλ, μεγάλη ακτίνα a ,
 - ή το διάφραγμα να ταλαντώνεται με μεγάλη ταχύτητα u , και κατ' επέκταση με μεγάλη μετατόπιση

Εξάρτηση V_{out} από το ω	Εξάρτηση W_{out} από το ω	Παράγοντας κλίσης
$V_{out} \propto \omega$	$W_{out} \propto \omega^2$	+6dB/octave
$V_{out} \propto \omega^2$	$W_{out} \propto \omega^4$	+12dB/octave
$V_{out} \propto \frac{1}{\omega}$	$W_{out} \propto \frac{1}{\omega^2}$	-6dB/octave
$V_{out} \propto \frac{1}{\omega^2}$	$W_{out} \propto \frac{1}{\omega^4}$	-12dB/octave

Πίνακας 4.1: Τυπικοί παράγοντες κλίσης που συναντάμε στα ηλεκτρονικά φίλτρα αλλά και στην ηλεκτρακουστική γενικότερα.

Συχνότητες κάτω από τη συχνότητα συντονισμού

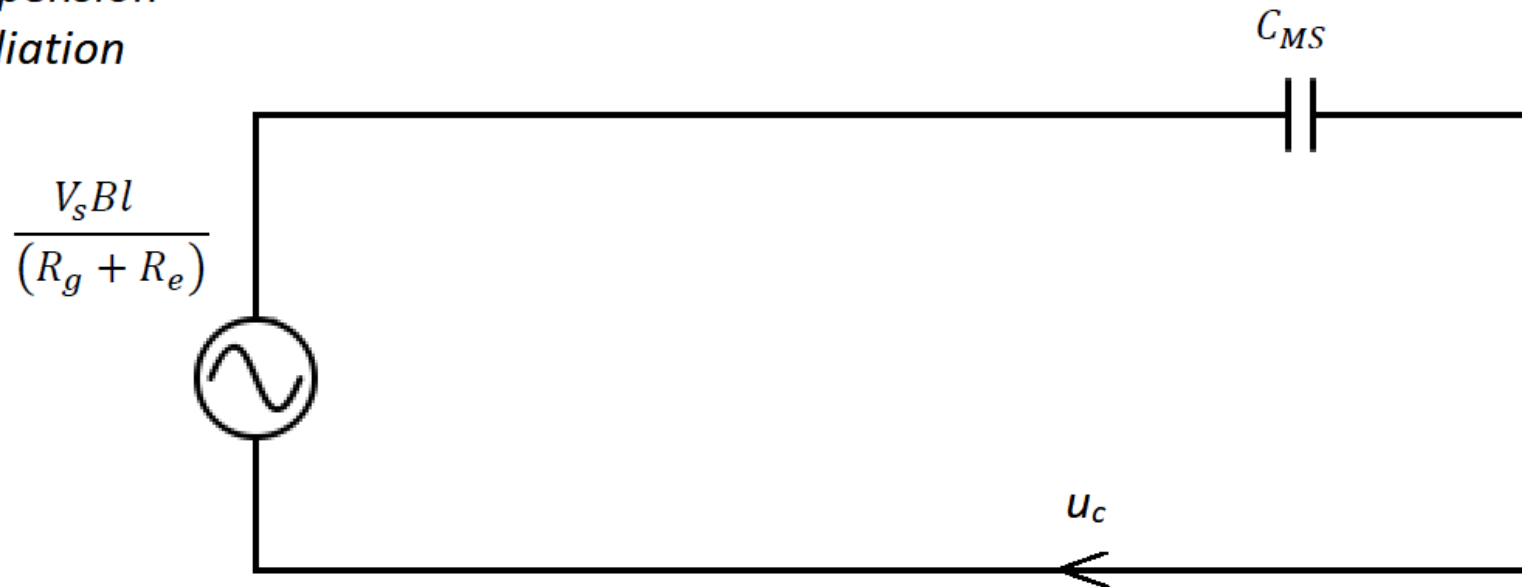
Ισχύει $k\alpha < 1$ και $\omega^2 L^2 \ll (R_g + R_e)^2$

M: mechanical

D: diaphragm

S: suspension

R: radiation



Συχνότητα συντονισμού

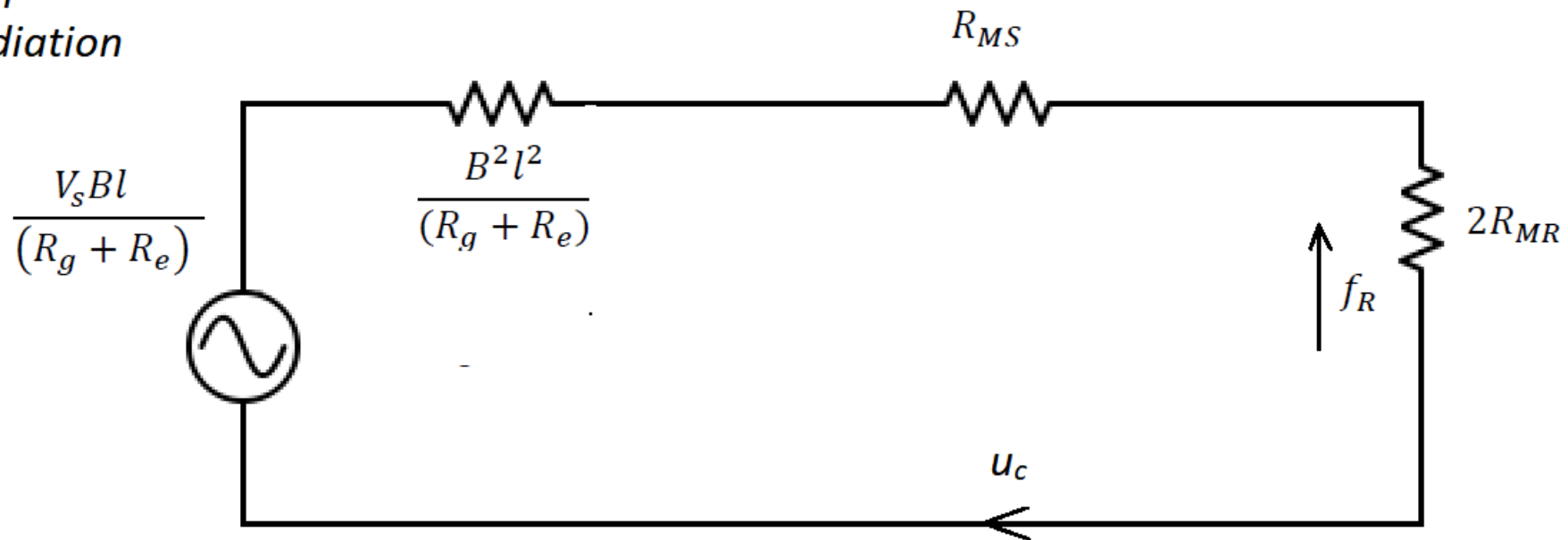
Ισχύει $k\alpha < 1$ και $\omega^2 L^2 \ll (R_g + R_e)^2$

M: mechanical

D: diaphragm

S: suspension

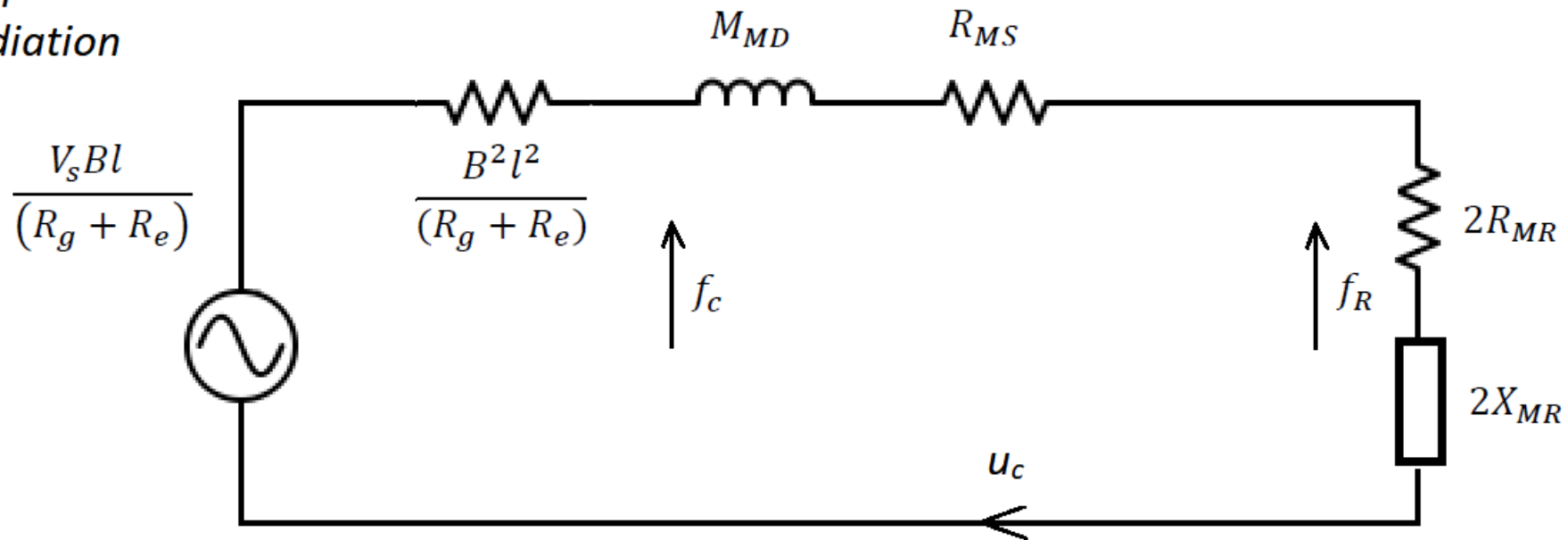
R: radiation



Συχνότητες πάνω από το συντονισμό

Ισχύει $k\alpha < 1$ και $\omega^2 L^2 \ll (R_g + R_e)^2$

M: mechanical
D: diaphragm
S: suspension
R: radiation



Υψηλές συχνότητες

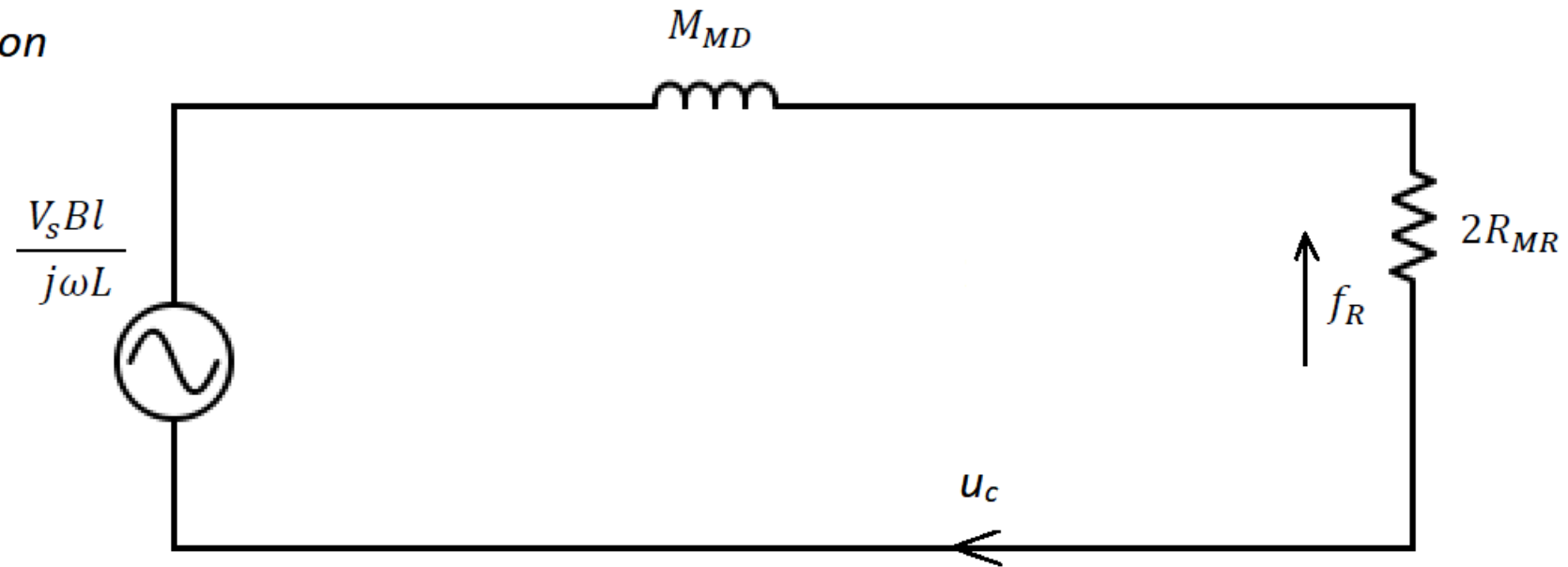
Ισχύει $k\alpha < 1$ και $\omega^2 L^2 \gg (R_g + R_e)^2$

M: mechanical

D: diaphragm

S: suspension

R: radiation



Ακουστική ισχύς συναρτήσει της συχνότητας

