

Μάθημα 10^ο

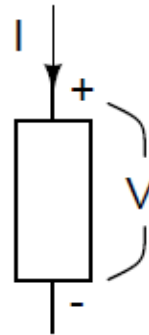
Ισοδύναμα κυκλώματα ακουστικών
συστημάτων

Ηλεκτρικά ανάλογα μηχανικών συστημάτων

- Μηχανική Αντίσταση (ή απόσβεση) \leftrightarrow Ηλεκτρική αντίσταση
- Μηχανική Μάζα (ή αδράνεια) \leftrightarrow Ηλεκτρική αδράνεια
- Ελαστικότητα (ή 1/ακαμψία) \leftrightarrow Χωρητικότητα

- Μηχανική Δύναμη \leftrightarrow Ηλεκτρική τάση
- Μηχανική Ταχύτητα \leftrightarrow Ηλεκτρικό ρεύμα

Ηλεκτρική εμπέδηση παθητικών στοιχείων



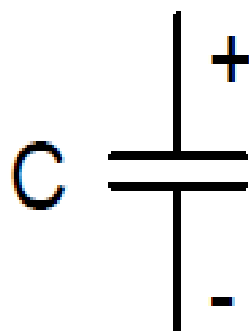
Resistor

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

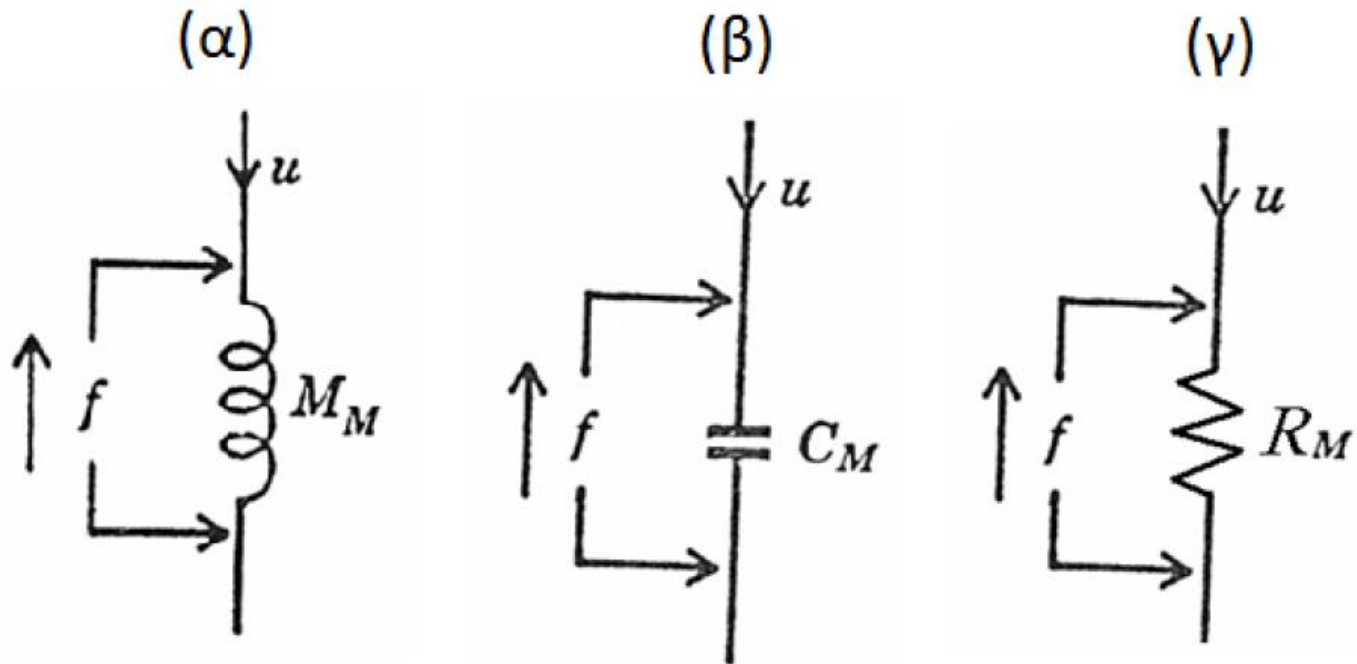
Constitutive Law:

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

Impedance:

$$Z_L = i\omega L$$


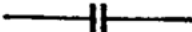

Ηλεκτρικά ανάλογα μηχανικών στοιχείων



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

Πίνακας Ι

Ηλεκτρο-μηχανο-ακουστικές αναλογίες

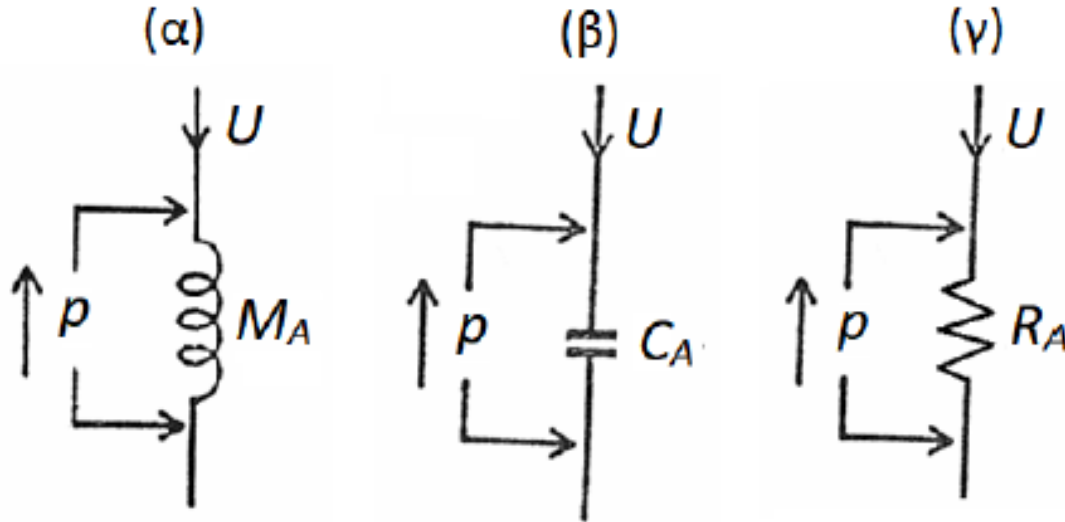
Φυσικό Μέγεθος	Ηλεκτρικό Στοιχείο	Μηχανικό Στοιχείο	Μηχανικό Στοιχείο (περιστροφικό σύστημα)	Ακουστικό Στοιχείο
Δύναμη	Τάση	Μηχανική Δύναμη	Ροπή	Πίεση
Ταχύτητα	Ρεύμα	Ταχύτητα	Γωνιακή Ταχύτητα	Σωματιδιακή ταχύτητα όγκου
Μετατόπιση	Φορτίο	Μετατόπιση	Γωνιακή Μετατόπιση	Μεταβολή Όγκου
Σύμβολο	Ηλεκτρικό Στοιχείο	Μηχανικό Στοιχείο	Μηχανικό Στοιχείο (περιστροφικό σύστημα)	Ακουστικό Στοιχείο
	Αντίσταση	Απόσβεση	Γωνιακή Απόσβεση	Ακουστική Αντίσταση (ακτινοβολία & διάδοσης)
	Χωρητικότητα	1/Ακαμψία	1/Γωνιακή Ακαμψία	1/ Ακαμψία Όγκου Αέρα
	Συντελεστής Αυτεπαγωγής	Μάζα	Ροπή Αδράνειας	Μάζα / μονάδα επιφάνειας

Ηλεκτρικά ανάλογα ακουστικών συστημάτων

- Ακουστική Αντίσταση \leftrightarrow Ηλεκτρική αντίσταση
- Ακουστική Μάζα \leftrightarrow Ηλεκτρική αδράνεια
- Ακουστική ενδοτικότητα \leftrightarrow Χωρητικότητα

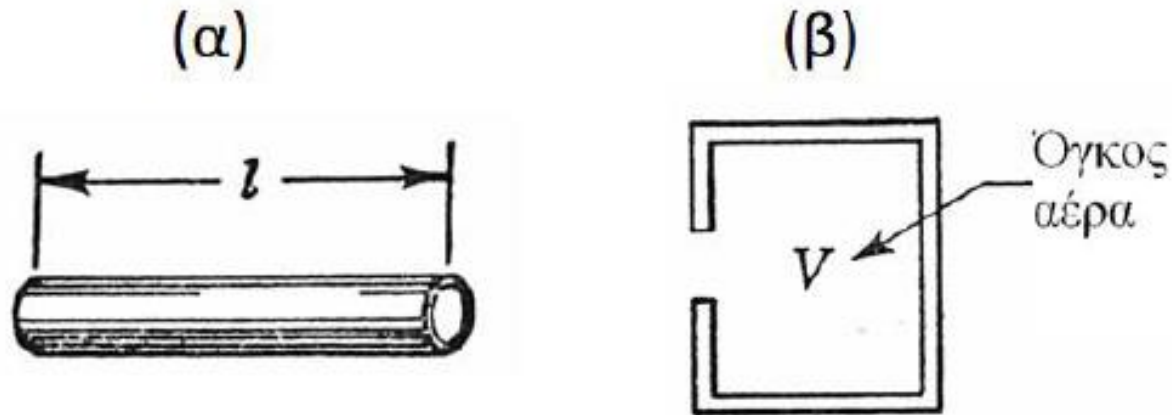
- Ακουστική πίεση \leftrightarrow Ηλεκτρική τάση
- Παροχή όγκου \leftrightarrow Ηλεκτρικό ρεύμα

Ηλεκτρικά ανάλογα ακουστικών συστημάτων



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

Ακουστική μάζα και ελαστικότητα



Σχήμα 4.7: Στοιχεία για το συμβολισμό της ακουστικής μάζας στο (α) και της ακουστικής ελαστικότητας στο (β).

«Μάζα αέρα που επιταχύνεται από κάποια αιτία η οποία μετατοπίζει τον αέρα χωρίς να τον συμπιέζει»

«όγκος αέρα που συμπιέζεται από κάποια αιτία χωρίς όμως να επιδέχεται μετατόπιση του κέντρου βάρους»

Συντονιστής Helmholtz

Ερώτηση: πως θα επηρεαστεί η συχνότητα συντονισμού σε ένα συντονιστή Helmholtz αν τοποθετηθεί μία ποσότητα υγρού μέσα στην κοιλότητα?

Άσκηση 1

Φυσώντας αέρα μέσα σε γυάλινη συσκευασία όγκου 330ml παρατηρούμε συντονισμό στα 190 Hz. Κάντε μία εκτίμηση για την ακουστική αδράνεια του συστήματος.

Δίνεται για τον αέρα, $\rho=1.2 \text{ kgr/m}^3$ και $c=344\text{m/sec}$.

Νόμοι του Kirchhoff ισχύουν και στα ακουστικά κυκλώματα

Σε μία διακλάδωση το άθροισμα των ταχυτήτων όγκου θα πρέπει να αθροίζει στο 0

$$\sum_i U_i = 0$$

Σε ένα κλειστό ακουστικό κύκλωμα η κατανομή των επιμέρους πιέσεων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ισχύει

$$\sum_j p_j = 0$$

Άσκηση 2

- Ο συντονιστής Helmholtz συχνά χρησιμοποιείται ως μέσο για την καταπίεση κάποιας ανεπιθύμητης συχνότητας από ένα ακουστικό σύστημα. Ένα παράδειγμα απεικονίζεται στο σχήμα. Μία γεννήτρια σταθερής δύναμης G παράγει μια σειρά από τόνους. Οι τόνοι ενεργοποιούν ένα μικρόφωνο M του οποίου η ακουστική εμπέδηση είναι 500 ακουστικά Ohm . Αν ο σωλήνας έχει διατομή 5 cm^2 , $l_1 = l_2 = 5 \text{ cm}$, $l_3 = 1 \text{ cm}$, $V = 1000 \text{ cm}^3$ και ο σωλήνας l_3 έχει διατομή 2 cm^2 , ποια συχνότητα δε θα εμφανίζεται στην είσοδο του μικροφώνου; ($\rho = 1,18 \text{ kg/m}^3$, $c = 344 \text{ m/sec}$)

