

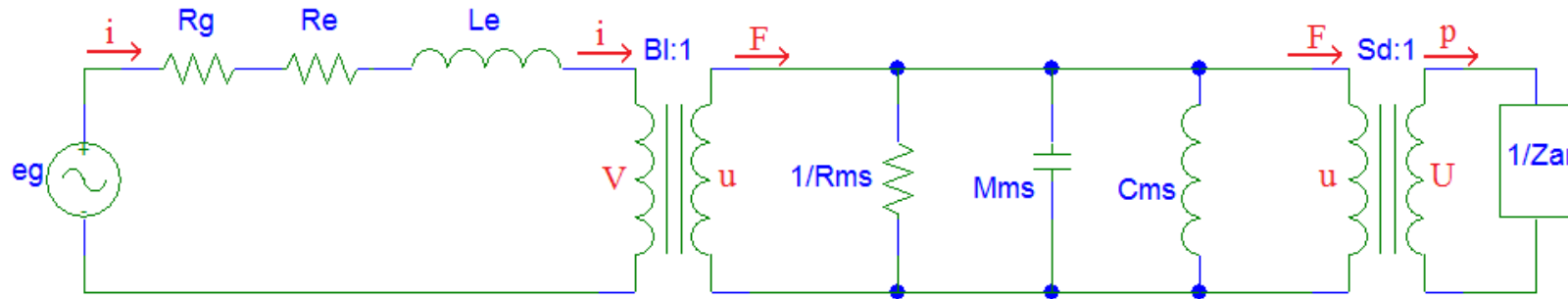
Unidad I: Altavoz en Pantalla Infinita

Parte 2 – Circuito Acústico y Eléctrico Equivalente

Recinto para Altavoces

Prof. Ing. Andrés Barrera A.

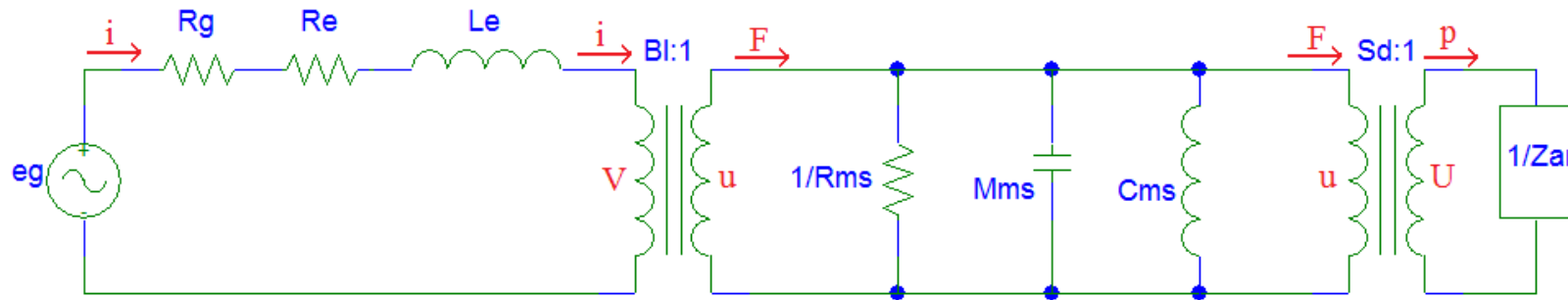
1.- Modelo Electromecanoacústico



1.1.- Elementos eléctricos

- eg: Generador de voltaje (amplificador de potencia) [V]
- R_g : Resistencia de salida del amplificador [Ω]
- R_e : Resistencia en corriente continua del altavoz [Ω]
- L_e : Inductancia de la bobina [H]

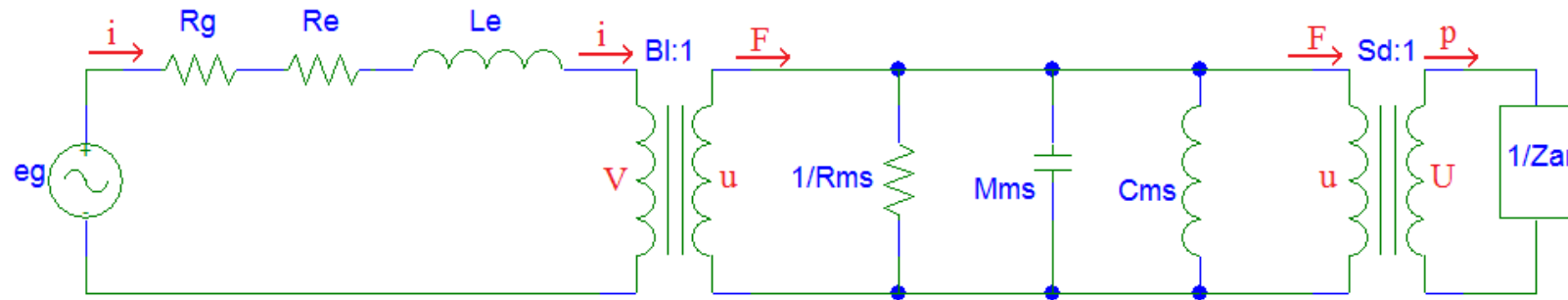
1.- Modelo Electromecanoacústico



1.2.- Elementos mecánicos

- R_{ms} : Resistencia mecánica de la suspensión [$N \cdot s / m = \Omega_{mecánico}$]
- M_{ms} : Masa mecánica de la bobina, diafragma y carga de aire [kg]
- C_{ms} : Compliancia mecánica de la suspensión [m / N]

1.- Modelo Electromecanoacústico



1.3.- Elementos acústicos

- Zar: impedancia acústica de radiación del diafragma [$\text{N s} / \text{m}^5 = \Omega_{\text{acústico}}$]

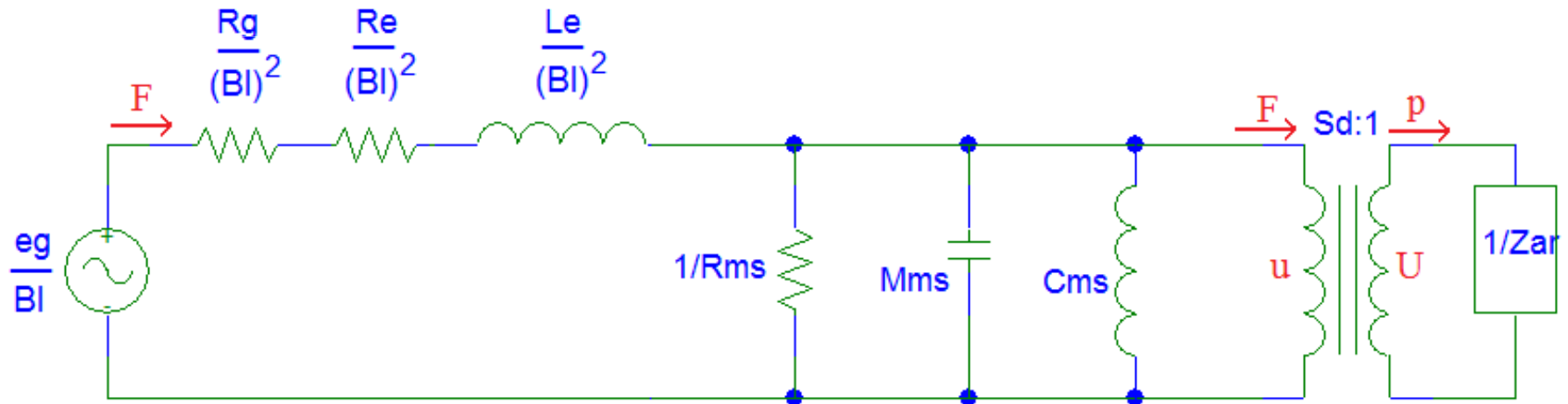
1.4.- Otros factores

- Bl: Factor de Fuerza [Weber/m]
- B: Densidad de flujo magnético del imán [Weber / m^2]
- l: Longitud de la bobina [m]
- Sd: Área del diafragma [m^2]

2.- Circuito Acústico Equivalente

2.1.- Transformar elementos eléctricos a mecánicos

$$Z_E = \frac{V}{i} = \frac{Blu}{F/Bl} = \frac{u}{F} (Bl)^2 = z_m (Bl)^2 \quad \therefore Z_E = z_m (Bl)^2 \quad \wedge \quad u = \frac{V}{Bl}$$



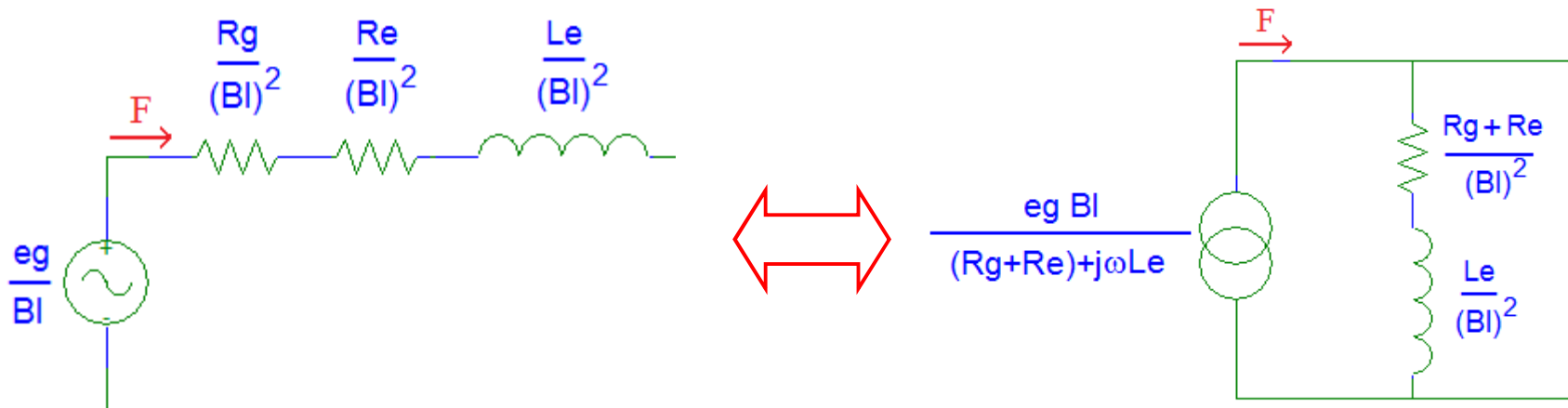
2.- Circuito Acústico Equivalente

2.2.- Transformar fuente de voltaje a fuente de corriente

$$R = \frac{R_g + R_e}{(Bl)^2} + j\omega \frac{Le}{(Bl)^2}$$

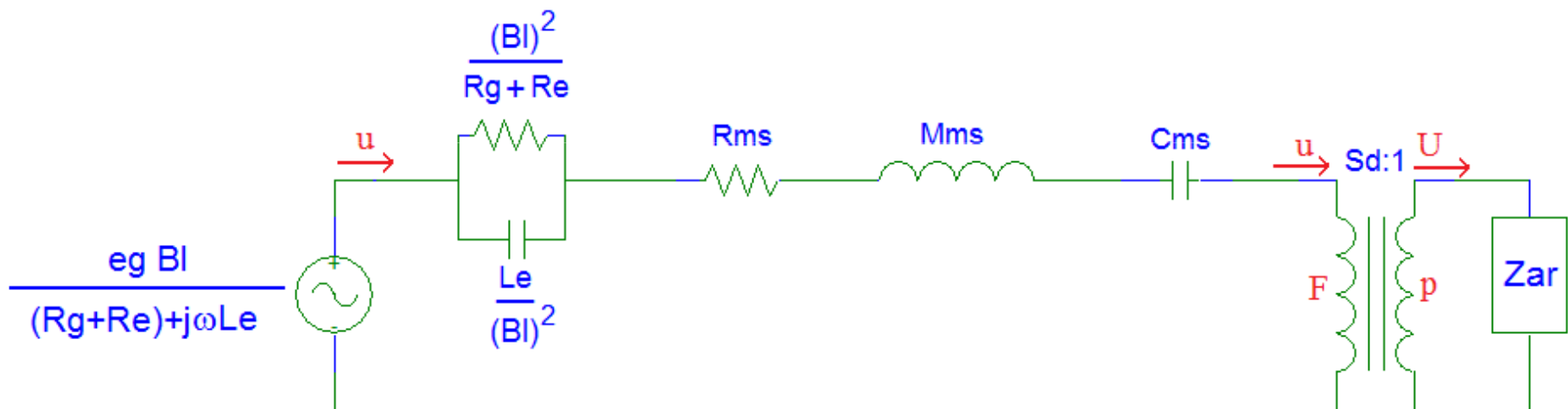
$$V = \frac{eg}{Bl}$$

$$\therefore i = \frac{V}{R} = \frac{\frac{eg}{Bl}}{\frac{R_g + R_e}{(Bl)^2} + j\omega \frac{Le}{(Bl)^2}} = \frac{eg \cdot Bl}{(R_g + R_e) + j\omega Le}$$



2.- Circuito Acústico Equivalente

2.3.- Transformar analogías movilidad a tipo impedancia (en lados mecánico y acústico)

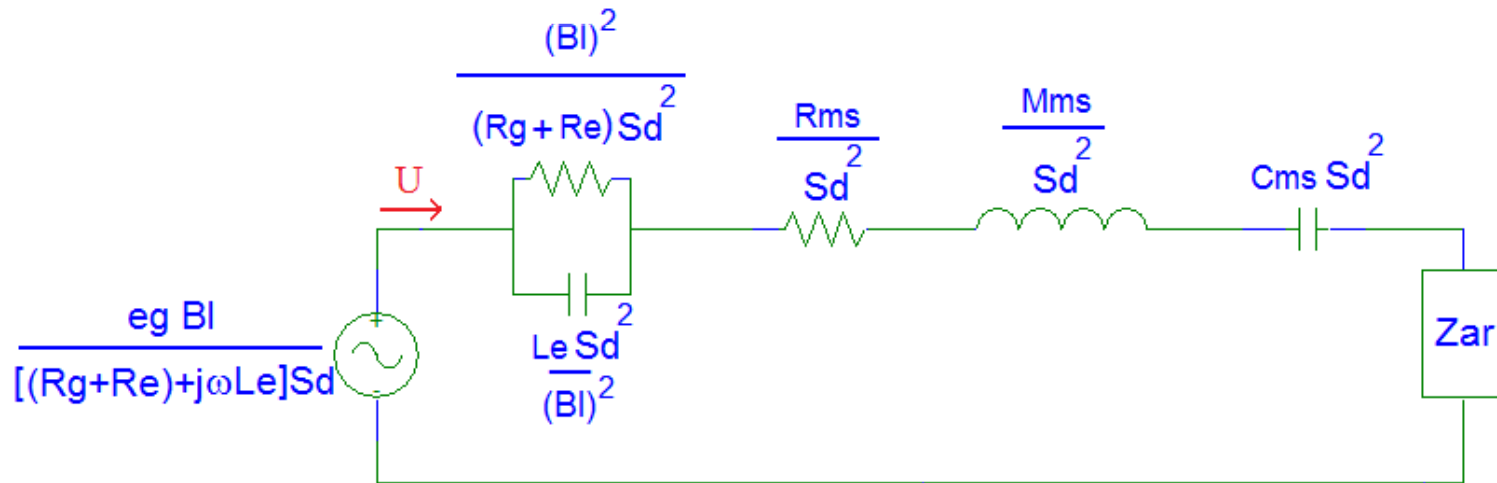


2.- Circuito Acústico Equivalente

2.4.- Transformar elementos mecánicos en acústicos

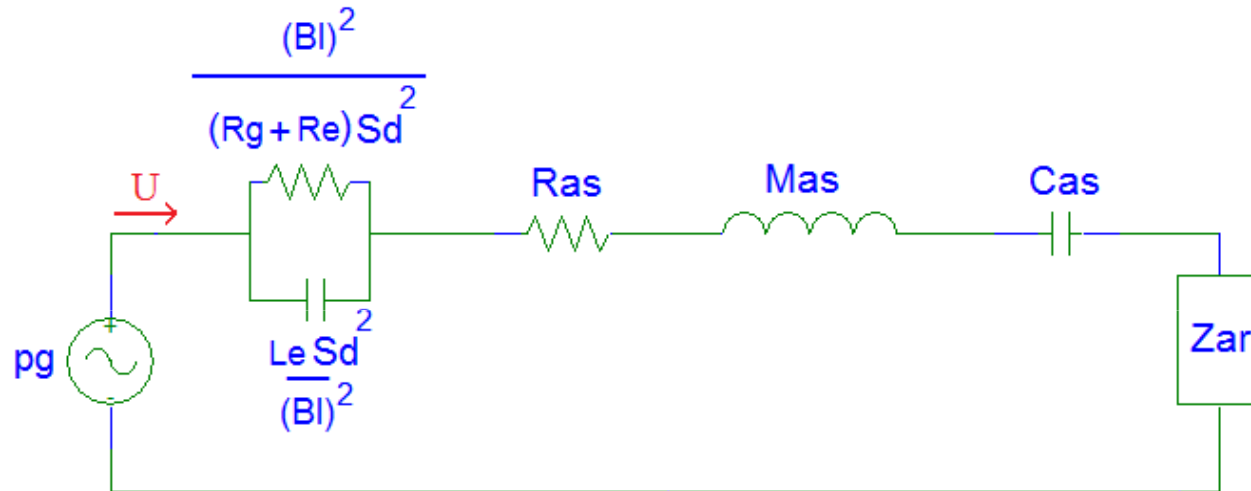
$$Z_M = \frac{F}{u} = \frac{p \cdot Sd}{U / Sd} = \frac{p}{U} Sd^2 = Z_A Sd^2$$

$$\therefore Z_A = \frac{Z_M}{Sd^2} \quad \wedge \quad p = \frac{F}{Sd}$$



2.- Circuito Acústico Equivalente

2.5.- Circuito acústico equivalente



$$p_g = \frac{e_g \cdot Bl}{[(R_g + R_e) + j\omega L_e] S_d} \quad [Pa]$$

$$R_{as} = \frac{R_{ms}}{S_d^2} \quad \left[\frac{Ns}{m^5} \right]$$

$$M_{as} = \frac{M_{ms}}{S_d^2} \quad \left[\frac{kg}{m^4} \right]$$

$$C_{as} = C_{ms} \cdot S_d^2 \quad \left[\frac{m^5}{N} \right]$$

3.- Método Thiele-Small (~1970)



Neville Thiele (left), Richard Small (right)

4.- Propuestas Método Thiele-Small

4.1.- Aproximaciones

- Considerar que la Impedancia de Radiación del Diafragma Zar (aproximación de pistón circular plano montado en una pantalla infinita) en el campo lejano (donde se ha formado una onda esférica) **es solamente resistiva**.

$$Z_{ar} = R_{ar} = \frac{\rho_0 \omega^2}{2\pi c}$$

- **Análisis en baja frecuencia**, despreciando el efecto de la bobina.

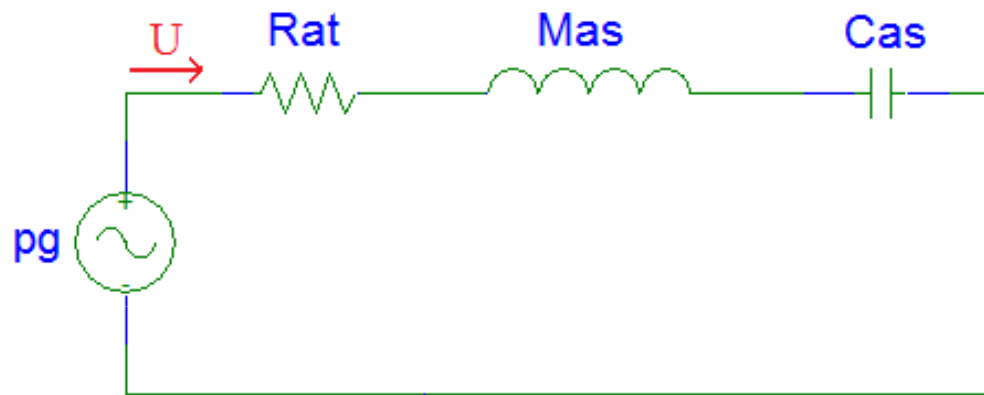
$$\omega L_e \ll R_e$$

- **Rango del pistón plano.**

$$\lambda > 2\pi a \Rightarrow f < \frac{c}{2\pi a}$$

- Se desprecia la impedancia de radiación Zar **sólo en la simplificación del circuito acústico**, por tener un valor pequeño comparado con otras resistencias del sistema.

5.- Circuito Acústico Aproximado

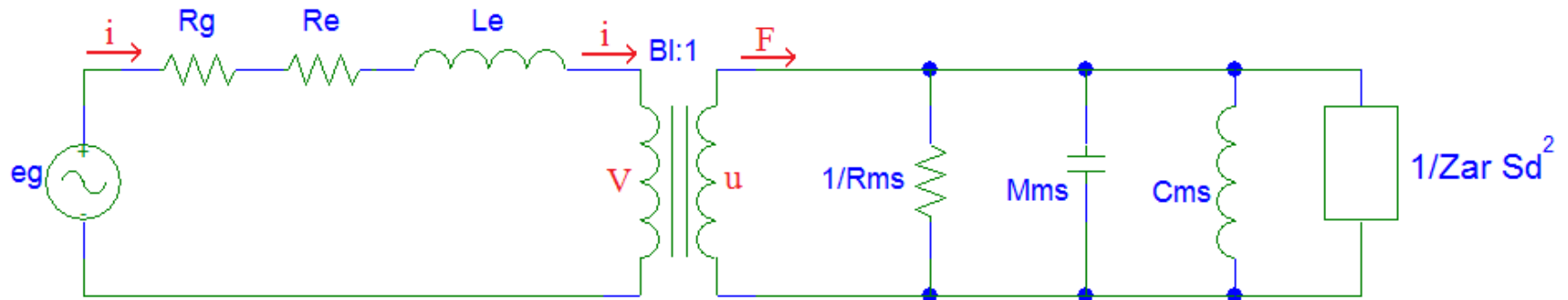


$$p_g = \frac{eg \cdot Bl}{(Rg + Re)Sd} \quad [Pa]$$
$$Rat = Ras + \frac{(Bl)^2}{(Rg + Re)Sd^2}$$

6.- Circuito Eléctrico Equivalente

6.1.- Transformar elementos acústicos a mecánicos

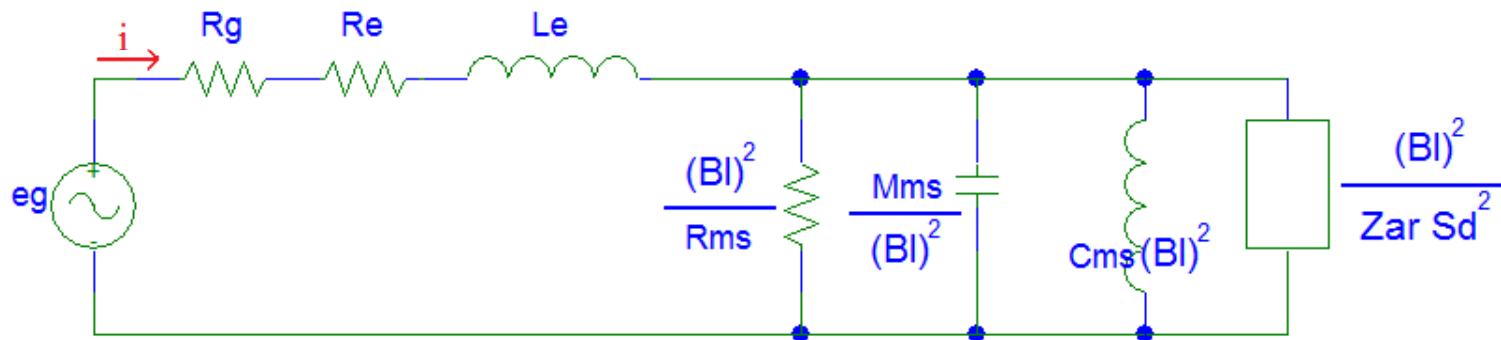
$$z_m = \frac{u}{F} = \frac{U/Sd}{pSd} = \frac{U}{p} \frac{1}{Sd^2} = \frac{1}{Z_A} \frac{1}{Sd^2}$$



6.- Circuito Eléctrico Equivalente

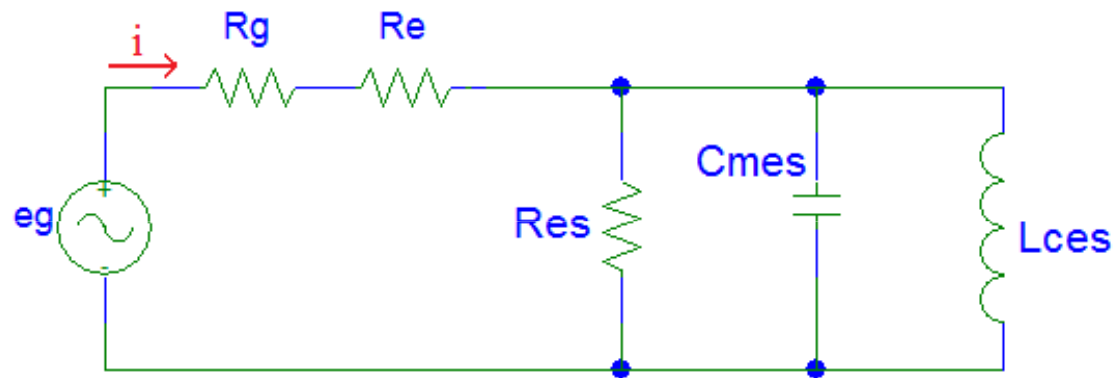
6.2.- Transformar elementos mecánicos a eléctricos

$$Z_E = (Bl)^2 z_m$$



7.- Circuito Eléctrico Aproximado

Aplicando Aproximaciones T-S:



$$R_{es} = \frac{(Bl)^2}{R_{ms}} \quad [\Omega]$$

$$C_{mes} = \frac{M_{ms}}{(Bl)^2} \quad [F]$$

$$L_{ces} = C_{ms} \cdot (Bl)^2 \quad [H]$$

Unidad I: Altavoz en Pantalla Infinita

Parte 2 – Circuito Acústico y Eléctrico Equivalente

Recinto para Altavoces

Prof. Ing. Andrés Barrera A.