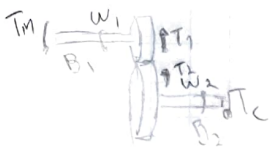


Enzo Contesini Zugliani - W333741

Transmissão por Engrenagens



$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1} = n \quad \cdot \quad \frac{T_1}{r_1} = \frac{T_2}{r_2} \quad \cdot \quad T_2 = T_1 n, \quad (I)$$

TMA no 1º eixo:

$$J_1 \dot{w}_1 = T_m - T_1 - B_1 w_1 = 0$$

$$J_1 \dot{w}_1 + B_1 w_1 + T_1 = T_m \quad (II)$$

TMA no segundo eixo:

$$J_2 \dot{w}_2 = T_2 - T_c - B_2 w_2 = 0$$

$$J_2 \dot{w}_2 + B_2 w_2 + T_c = T_2 \quad (III)$$

Substituindo (I) em (III), e reescrevendo (II):

$$J_2 \dot{w}_2 + B_2 w_2 + T_c = T_1 n \quad (IV)$$

$$T_1 = T_m - J_1 n \dot{w}_2 - B_1 n w_2 \quad (V)$$

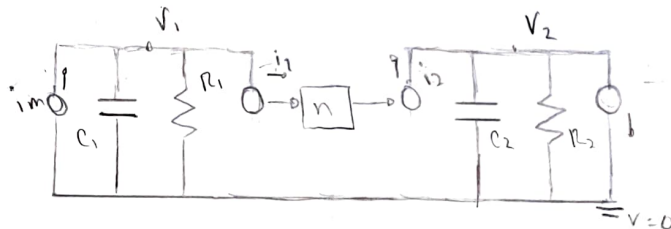
Substituindo (V) em (IV):

$$J_2 \dot{w}_2 + B_2 w_2 + T_c = T_m n - J_1 n^2 \dot{w}_2 - B_1 n^2 w_2 = 0$$

$$\Rightarrow (J_2 + J_1 n^2) \dot{w}_2 + (B_2 + B_1 n^2) w_2 + T_c = T_m n$$

Solução por Analogia

Tipo 2:



Pelo método Pólicar:

$$V_2 \left(C_1 D + \frac{1}{R_1} \right) = i_m - i_1$$

$$V_2 \left(C_2 D + \frac{1}{R_2} \right) = i_2 - i_c$$

Reescrevendo, por analogia:

$$J_1 \dot{w}_1 + B_1 w_1 = T_m - T_1$$

$$J_2 \dot{w}_2 + B_2 w_2 = T_2 - T_c$$

Relação de transformador:

$$i_2 = n i_1$$

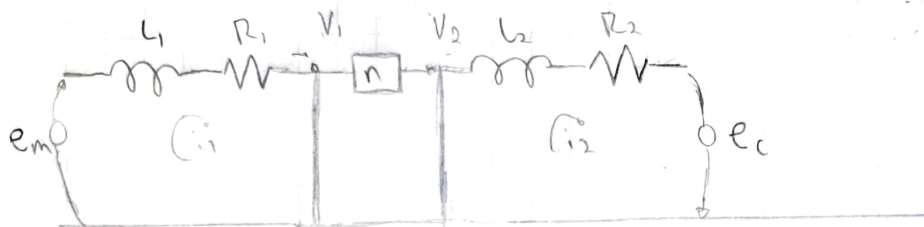
$$V_2 = \frac{V_1}{n}$$

Relação:

$$T_2 = n T_1$$

$$w_2 = \frac{w_1}{n}$$

• Por analogia tipo 1:



• Lei das malhas em 1:

$$L_1 D i_1 + R_1 i_1 = e_m - V_1$$

• Relação de Transformação:

$$V_2 = n V_1$$

• Lei das malhas em 2:

$$L_2 D i_2 + R_2 i_2 = V_2 - e_c$$

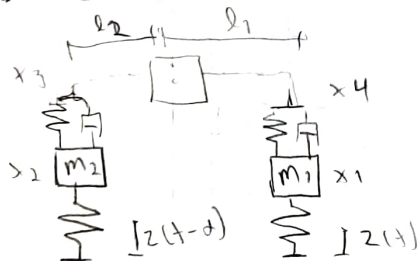
$$i_2 = \frac{i_1}{n}$$

• Resumindo, por analogia:

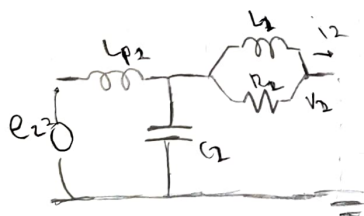
$$\left. \begin{aligned} J_1 \dot{w}_1 + B_1 w_1 &= T_m - T_1 \\ J_2 \dot{w}_2 + B_2 w_2 &= T_2 - T_c \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} T_2 &= n T_1 \\ w_2 &= \frac{w_1}{n} \end{aligned} \right\}$$

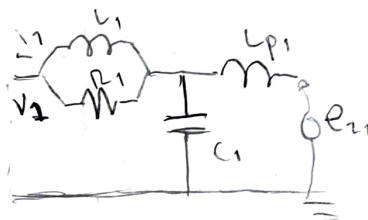
• $\frac{1}{2}$ Corro Usando Transformadores, por analogia



• Circuito m2, analogia 2:



• Circuito m1, analogia tipo 2:



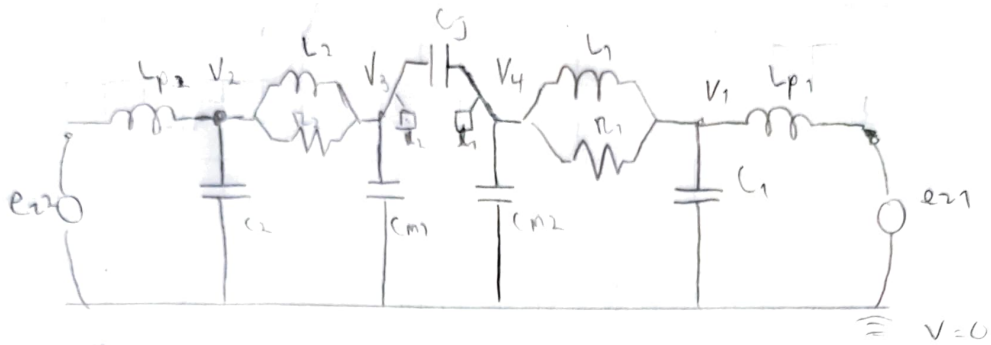
• Chassis:



• Transformação:

Onde f_1 e f_2 relacionam a comte análogo à uma força à comte análogo a um momento.

• Circuito Completo:



• Método Prático:

- $V_2 (C_2 D + \frac{1}{L_2 D} + \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_2}) - e_{22} \cdot \frac{1}{L_2 D} - V_3 \cdot (\frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_2}) = 0$
- $V_3 \cdot (D C_{m1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{L_1 D} + f_2 \cdot C_j \cdot D) - V_2 (\frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_2}) - V_4 \cdot C_j \cdot D \cdot f_1 = 0$
- $V_4 (D \cdot C_{m2} + \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_1} + f_1 \cdot C_j \cdot D) - V_1 (\frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_1}) - V_3 \cdot C_j \cdot D \cdot f_2 = 0$
- $V_1 \cdot (C_1 D + \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_1}) - e_{21} \cdot \frac{1}{L_1 D} - V_4 (\frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{R_1}) = 0$

Rescrevendo por analogia:

- $\ddot{x}_2 \cdot m_2 + K_{p2} \cdot x_2 + K_2 \cdot x_2 + b_2 \cdot \dot{x}_2 - z_2 \cdot K_{p2} - x_3 K_2 - \dot{x}_3 b_2 = 0$
 $\Rightarrow \ddot{x}_2 m_2 + (K_{p2} + K_2) x_2 + b_2 \dot{x}_2 - x_3 K_2 - \dot{x}_3 b_2 = z(t - \frac{g}{g_0})$
- $\ddot{x}_3 \cdot \frac{m \cdot l_1}{l_1 + l_2} + \dot{x}_3 b_2 + x_3 K_2 + f_2 \cdot J \ddot{x}_3 - x_2 K_2 - \dot{x}_2 b_2 - \ddot{x}_4 \cdot J \cdot f_1 = 0$
- $\ddot{x}_4 \cdot \frac{m \cdot l_2}{l_1 + l_2} + \dot{x}_4 b_1 + x_4 K_1 + f_1 \cdot J \ddot{x}_4 - x_1 K_1 - \dot{x}_1 b_1 - \dot{x}_3 \cdot J \cdot f_2 = 0$
- $\ddot{x}_1 m_1 + K_{p1} x_1 + K_1 x_1 + b_1 \dot{x}_1 - z_1 \cdot K_{p1} - x_4 K_1 - \dot{x}_4 b_1 = 0$
 $\Rightarrow \ddot{x}_1 m_1 + (K_{p1} + K_1) x_1 + b_1 \dot{x}_1 - x_4 K_1 - \dot{x}_4 b_1 = z(t)$

• Falta f_1 e f_2 :

$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \frac{x_4 - x_3}{l_1 + l_2} \approx \theta$; $\ddot{\theta} = \frac{\ddot{x}_4 - \ddot{x}_3}{l_1 + l_2}$

• TMA: $J \ddot{\theta} = \tau = F \cdot l \Rightarrow J \cdot \frac{\ddot{x}_4 - \ddot{x}_3}{l_1 + l_2} = F \cdot l_{1/2} \Rightarrow \frac{J \ddot{x}_4}{l_1 + l_2} - \frac{J \ddot{x}_3}{l_1 + l_2} = F \cdot l_{1/2}$

$$\approx J_{\ddot{x}_3} \underbrace{\left(\frac{\frac{\ddot{x}_4}{\ddot{x}_3} - 1}{(l_1 + l_2) \cdot l_2} \right)}_{f_2} = F_3$$

$$\approx J_{\ddot{x}_4} \underbrace{\left(\frac{1 - \frac{\ddot{x}_3}{\ddot{x}_4}}{(l_1 + l_2) \cdot l_1} \right)}_{f_1} = F_4$$