

# Sistemas de transmissão baseados em ímãs permanentes

## Autores:

Maria Sabrina de Souza | ESTIG, IPB | maria.sv.souza@alunos.ipb.pt  
 Ângela Paula Ferreira | ESTIG, IPB | apf@ipb.pt  
 Amilton da Silva Júnior | CEFET/RJ, CAMPUS ANGRA DOS REIS | amilton.junior@cefet-rj.br



2017  
 V ENCONTRO  
 DE JOVENS  
 INVESTIGADORES

## Resumo

As engrenagens magnéticas possuem diversas vantagens quando comparadas com as engrenagens convencionais (mecânicas), como, por exemplo, a não necessidade de lubrificação, manutenção reduzida, transmissão de torque sem contato mecânico, não geração de ruídos, além de possuírem uma maior durabilidade e fiabilidade.

Esse trabalho é um projeto analítico de uma engrenagem magnética coaxial com ímãs permanentes de terras raras (NdFeB), utilizando uma metodologia analítica, baseada numa rede de relutâncias.

## Engrenagem Magnética Coaxial

Uma engrenagem magnética concêntrica é constituída por duas partes móveis, que são os rotores interno e externo e uma parte fixa que é denominada anel estacionário, que tem como função modular os campos magnéticos nos dois entreferros, o interno e externo.

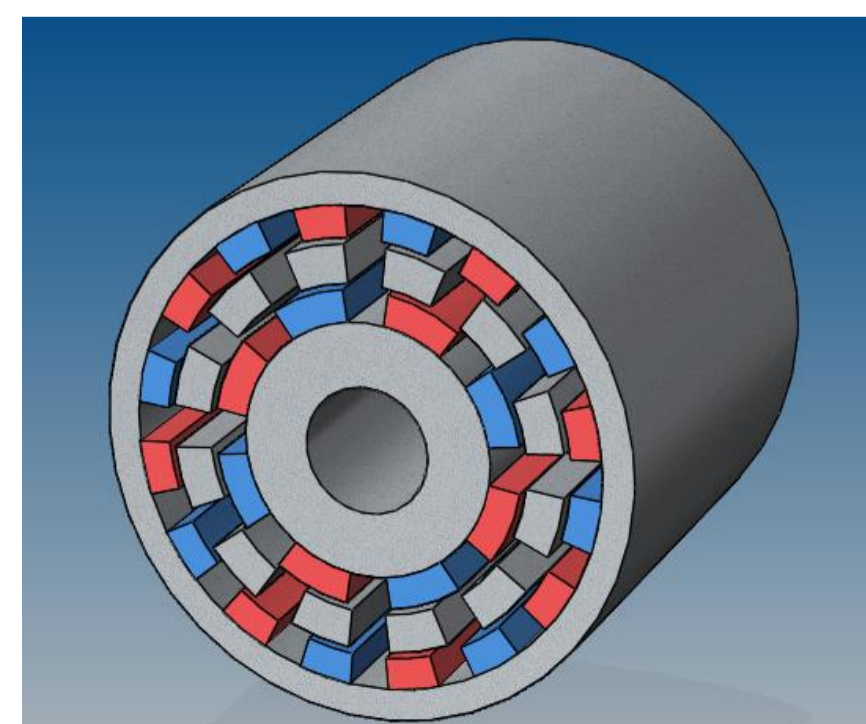


Fig.1 – Engrenagem magnética coaxial

O número de segmentos de material ferromagnético macio,  $n_s$ , do anel estacionário é igual à soma do número de polos do rotor interno,  $p_i$ , e o número de polos do rotor externo,  $p_e$ :

$$n_s = p_i + p_e$$

A relação de transmissão entre os dois rotores é dada por:

$$\frac{p_e}{p_i}$$

- Ímãs : Neodímio-Ferro-Boro (N35H);
- Peças de ferro macio: aço-silício;
- Comprimento dos ímãs (direção de magnetização): 5 mm;
- Entreferro: 1mm;
- Coeficiente polar  $\beta$ : 0,6.

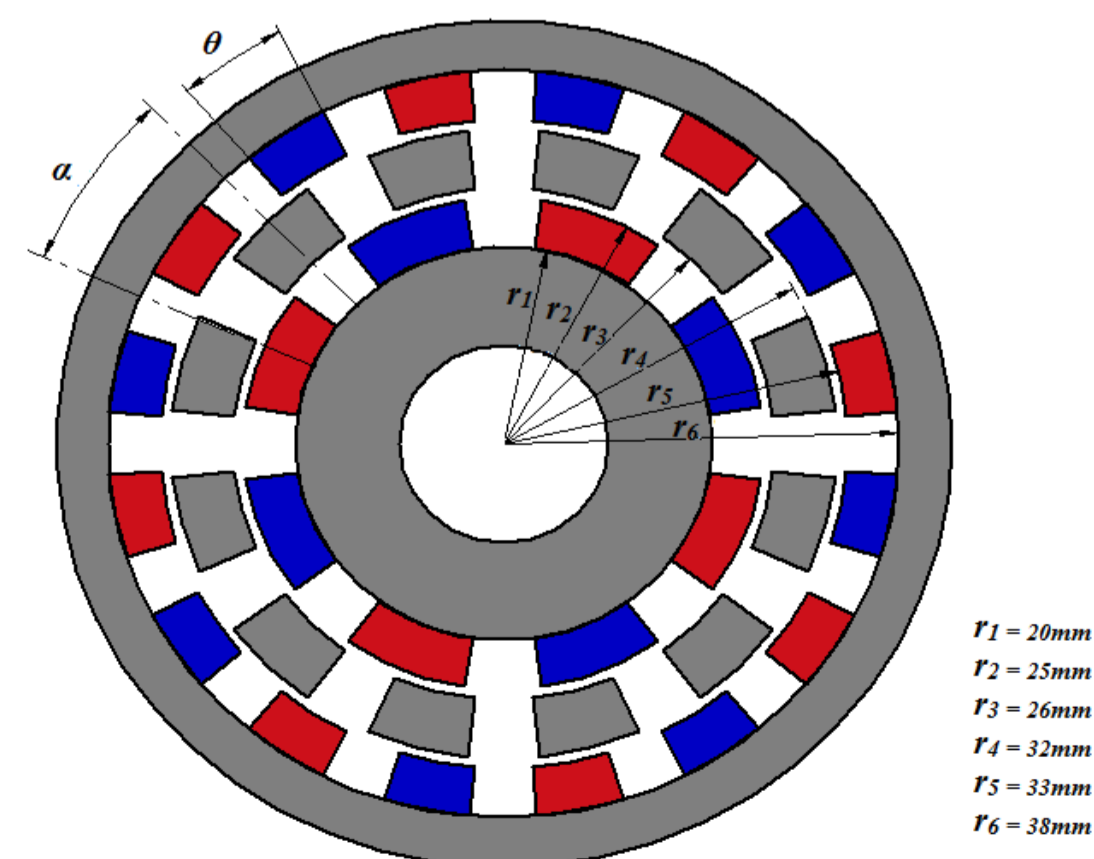


Fig.2 – Estrutura da engrenagem magnética coaxial

## Rede de relutâncias

Analisando um par de polos do rotor de alta velocidade; a rede de relutâncias é:

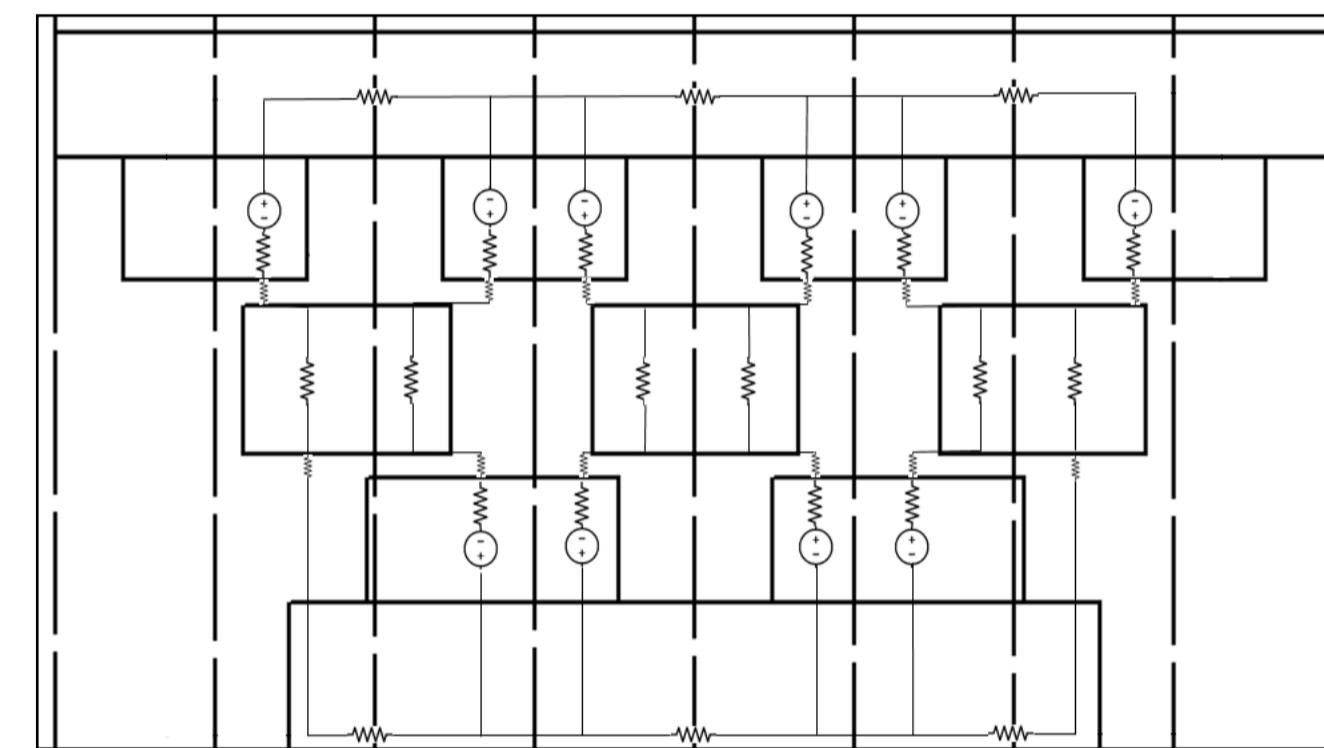


Fig.3 – Rede de relutâncias

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu * s} \quad \mathcal{F}_m = H_c * l$$

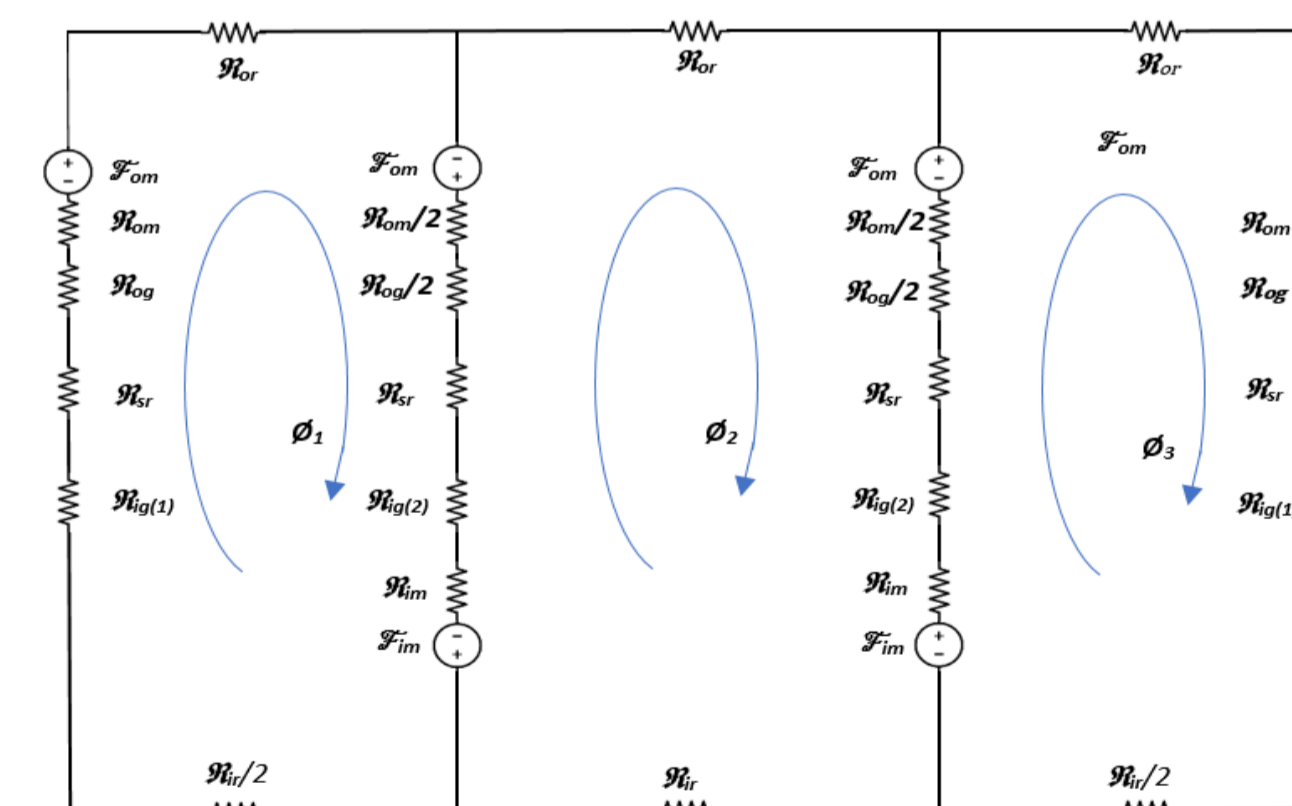


Fig.4 – Circuito magnético equivalente

$$\begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathcal{R}_{11} & \mathcal{R}_{12} & \mathcal{R}_{13} \\ \mathcal{R}_{21} & \mathcal{R}_{22} & \mathcal{R}_{23} \\ \mathcal{R}_{31} & \mathcal{R}_{32} & \mathcal{R}_{33} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} \mathcal{F}_{m1} \\ \mathcal{F}_{m2} \\ \mathcal{F}_{m3} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,2756 \times 10^{-3} \\ -0,4908 \times 10^{-3} \\ 0,2756 \times 10^{-3} \end{bmatrix} \text{ Wb}$$

Onde o fluxo magnético no entreferro é:

$$\phi_g = \phi_1 - \phi_2 = 0,7664 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

## Cálculo do torque

Recorrendo ao tensor de Maxwell:

$$\tau = \frac{\phi_g * r_{ig}}{\mu_0} \times 4 = 62,2 \text{ N.m}$$

## Conclusão

Neste trabalho foi realizado um estudo analítico recorrendo a uma rede de relutâncias para dimensionar uma engrenagem magnética coaxial e encontrar o torque que a engrenagem em estudo é capaz de transmitir.

Como trabalho futuro, sugere-se uma análise mais detalhada do projeto, recorrendo a ferramentas de simulação numérica baseadas em elementos finitos e a otimização do dispositivo.

## Bibliografia

- ATALLAH, K; HOWE, D. (2001). A novel high-performance magnetic gear, IEEE Trans. Magn, vol. 37, no. 4, pp. 2844-2846.
- ATALLAH, K; CALVERLEY, S. D. HOWE, D. (2004). Design, analysis and realisation of a high-performance magnetic gear, IEE Proceedings-Electric Power Appl., vol. 151, no. 2, pp. 135-143.
- FERREIRA, A. (2011). Projecto de uma máquina de ímanes permanentes de fluxo axial orientado para os sistemas de conversão de energia eólica, Dissertação de doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- FUKUOKA, M; NAKAMURA, K; ICHINOKURA, O. (2011). Dynamic analysis of planetary-type magnetic gear based on reluctance network analysis, IEEE Trans. Magn., vol. 47, no. 10, pp. 2414-2417.
- JIAN, L; CHAU, K. T. (2010). A coaxial magnetic gear with Halbach permanent-magnet arrays, IEEE Trans. Energy Convers., vol. 25, no. 2, pp. 319-328.
- TLALI, P. M; WANG, R; GERBER, S. (2014). Magnetic Gear Technologies: A Review, International Conference on Electrical Machines (ICEM), IEEE, pp. 544-550.