



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



ELM20704

Eletromagnetismo

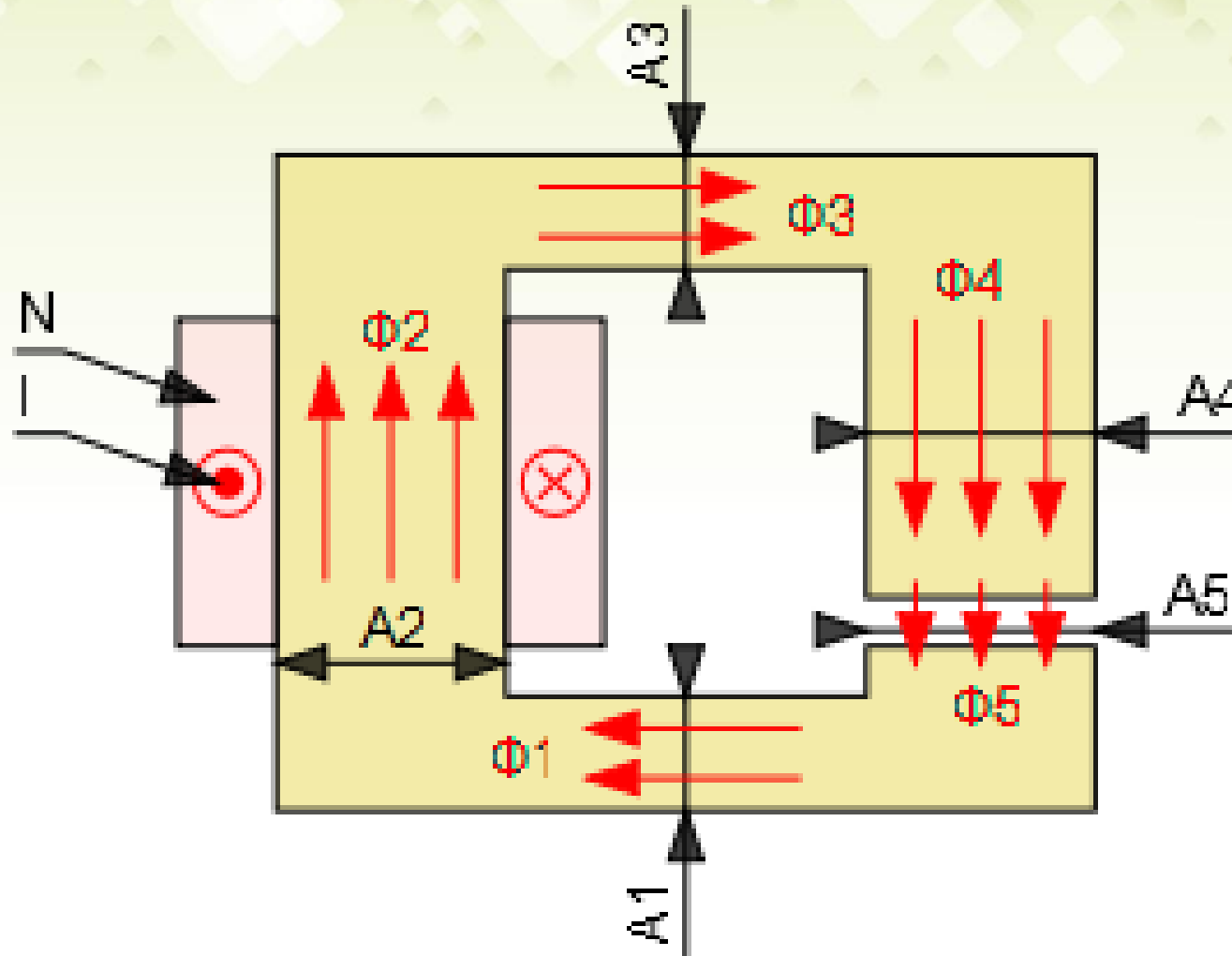
Aula 09

Circuitos Magnéticos

Professor: Bruno Fontana da Silva
Semestre letivo: 2014-1



Circuitos Magnéticos





Força Magnetomotriz

Capacidade de gerar campo magnético.

Para campos gerados por corrente elétrica constante, a força magnetomotriz é a própria corrente elétrica.

$$\mathcal{F} = NI$$

Em um circuito magnético linear:

$$\mathcal{F} = HI$$



Relutância Magnética

Taxa de força magnetomotriz (Ampères)
por fluxo magnético (Weber).

$$\mathcal{F} = \Phi \mathcal{R}$$

Capacidade de armazenar energia magnética.

Análoga à resistência elétrica: a maior parte do fluxo magnético percorre o caminho de menor relutância.

Em um entreferro de um material ferromagnético, pode-se calcular como:

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu A}$$



Fluxo magnético

Intensidade de campo magnético medido em linhas de fluxo magnético atravessando uma seção.

Relacionado com a densidade de fluxo magnético.

$$\Phi = BA$$



Densidade de Fluxo magnético

Linhas de fluxo magnético por unidade de área.

Relacionado com o campo magnético através da permeabilidade magnética.

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \mu H$$



Analogia de circuitos elétricos

Relutâncias em série se somam em relutâncias equivalentes:

$$\mathcal{R}_S = \mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2 + \cdots + \mathcal{R}_n$$

A soma de todos fluxos **entrando** em um é zero:

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \cdots + \Phi_n = 0$$

Corrente elétrica	~	Fluxo magnético
Tensão elétrica	~	Força magnetomotriz
Resistência elétrica	~	Relutância magnética



Limitações da Analogia

Campos magnéticos não representam fluxo de partículas. Nenhuma potência é dissipada em relutâncias.

Em circuitos elétricos típicos, a corrente está confinada no circuito e há pouco “vazamento”. Nos circuitos magnéticos a fuga de fluxo magnético é bastante significativa.

Circuitos magnéticos são não-lineares. A relutância não é constante, mas varia de acordo como campo magnético. Há saturação de materiais ferromagnéticos para fluxos muito altos. Com fluxos muito baixos a relutância também varia.

Histerese pode causar fluxo mesmo sem força magnetomotriz externa. O histórico da força magnetomotriz afeta o fluxo.



Densidade volumétrica de energia

Energia magnética distribuída no volume.

$$\frac{W_H}{V} = \frac{1}{2} BH \left(\frac{J}{m^3} \right)$$



Indutância Elétrica

Fluxo concatenado em um conjunto de espiras por unidade de corrente elétrica circulando nessas espiras.

Essa corrente é a corrente considerada que gera o fluxo concatenado correspondente.

$$L = \frac{N\Phi}{I} \quad \left(\frac{\text{Wb}}{\text{A}} \right)$$
$$\frac{1\text{Wb}}{1\text{A}} = 1\text{H} \quad (\textit{Henry})$$