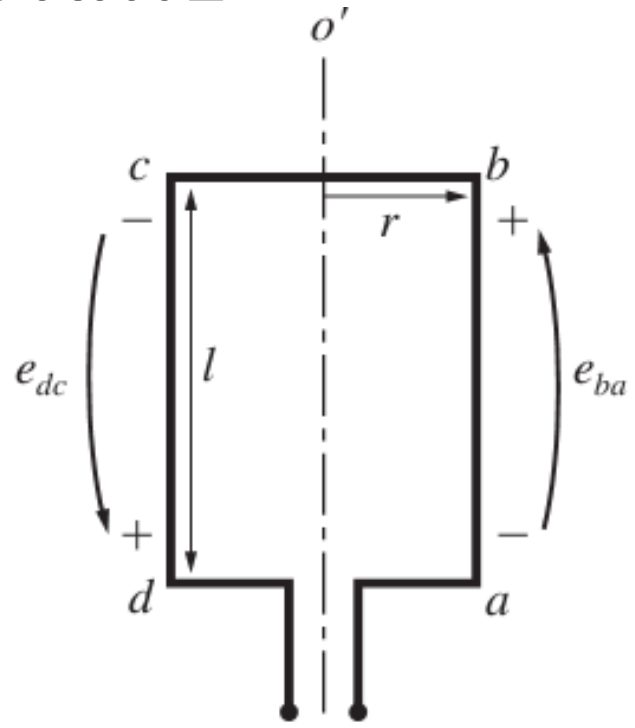
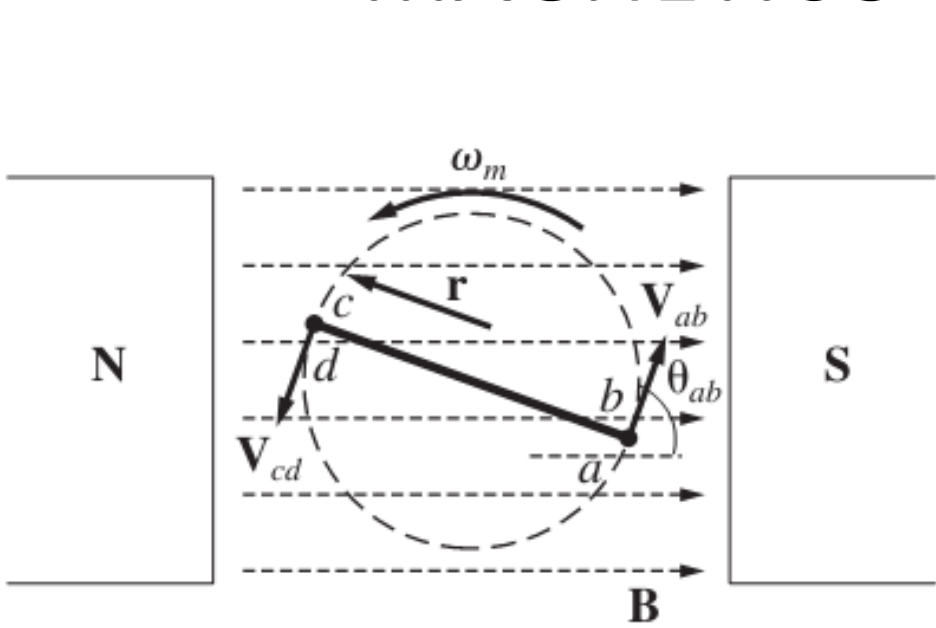
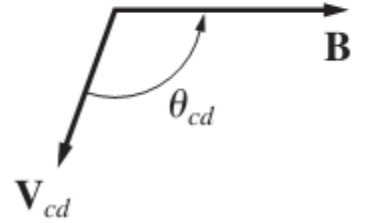
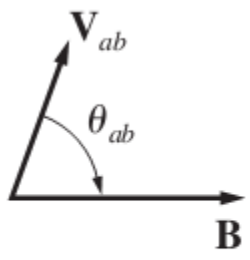
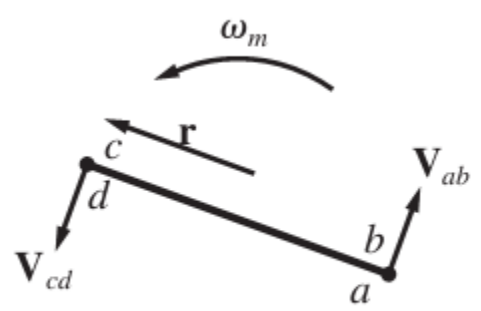


FUNDAMENTOS DE MÁQUINAS CA

ESPIRA SIMPLES EM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME



B é um campo magnético



TENSÃO INDUZIDA NA BOBINA

$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

1. Segmento ab

$$e_{ba} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$= vBl \sin \theta_{ab} \quad \text{para dentro da página}$$

2. Segmento bc

$$e_{cb} = 0$$

TENSÃO INDUZIDA NA BOBINA

$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

3. *Segmento cd*

$$\begin{aligned} e_{dc} &= (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l} \\ &= vBl \sin \theta_{cd} \quad \text{para fora da página} \end{aligned}$$

4. *Segmento da*

$$e_{ad} = 0$$

TENSÃO INDUZIDA NA BOBINA

$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{ind}} &= e_{ba} + e_{cb} + e_{dc} + e_{ad} \\ &= vBl \text{ sen } \theta_{ab} + vBl \text{ sen } \theta_{cd} \end{aligned}$$

$$\theta_{ab} = 180^\circ - \theta_{cd}$$

$$e_{\text{ind}} = 2vBl \text{ sen } \theta$$

TENSÃO INDUZIDA NA BOBINA

$$e_{\text{ind}} = 2vBl \text{ sen } \theta$$

$$\theta = \omega t$$

$$v = r\omega$$

$$e_{\text{ind}} = 2r\omega Bl \text{ sen } \omega t$$

$$e_{\text{ind}} = AB\omega \text{ sen } \omega t$$

$$\phi_{\text{max}} = AB$$

$$e_{\text{ind}} = \phi_{\text{max}} \omega \text{ sen } \omega t$$

1. O fluxo na máquina
2. A velocidade de rotação
3. Uma constante representando a construção da máquina (o número de espiras, etc.)

CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

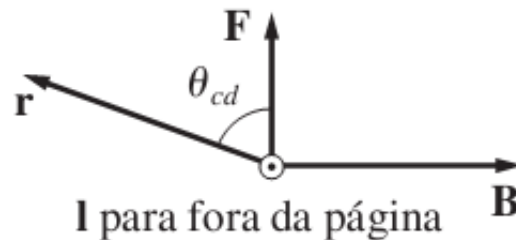
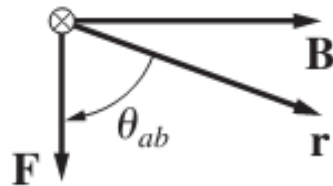
$$\mathbf{F} = i(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

em que i = corrente no segmento

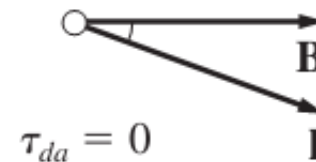
l = comprimento do segmento, com o sentido de l definido no sentido do fluxo de corrente

\mathbf{B} = vetor densidade de fluxo magnético

l para dentro da página



r, F para fora da página



CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

$$\mathbf{F} = i(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

O conjugado em um dado segmento será dado por

$$\begin{aligned}\tau &= (\text{força aplicada}) (\text{distância perpendicular}) \\ &= (F) (r \text{ sen } \theta) \\ &= rF \text{ sen } \theta\end{aligned}$$

em que θ é o ângulo entre o vetor \mathbf{r} e o vetor \mathbf{F} . O sentido do conjugado será horário se ele tender a causar uma rotação horária e anti-horário se ele tender a causar uma rotação anti-horária.

CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

1. *Segmento ab*

$$\mathbf{F} = i(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

$$= ilB \quad \text{para baixo}$$

$$\tau_{ab} = (F) (r \text{ sen } \theta_{ab})$$

$$= rilB \text{ sen } \theta_{ab} \quad \text{sentido horário}$$

2. *Segmento bc*

$$\mathbf{F} = i(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

$$= ilB \quad \text{para dentro da página}$$

$$\tau_{bc} = (F) (r \text{ sen } \theta_{ab})$$

$$= 0$$

CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

3. *Segmento cd*

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{para cima}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{cd} &= (F) (r \text{ sen } \theta_{cd}) \\ &= rilB \text{ sen } \theta_{cd} \quad \text{sentido horário}\end{aligned}$$

4. *Segmento da*

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{para fora da página}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{da} &= (F) (r \text{ sen } \theta_{da}) \\ &= 0\end{aligned}$$

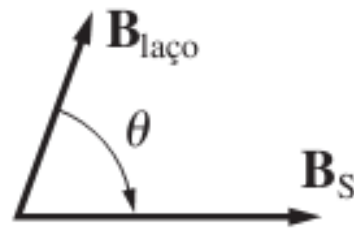
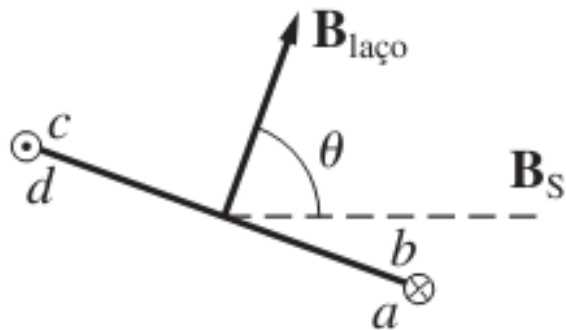
CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

$$\tau_{\text{ind}} = \tau_{ab} + \tau_{bc} + \tau_{cd} + \tau_{da}$$

$$\theta_{ab} = \theta_{cd}$$

$$= rilB \text{ sen } \theta_{ab} + rilB \text{ sen } \theta_{cd}$$

$$\tau_{\text{ind}} = 2rilB \text{ sen } \theta$$



$$B_{\text{laço}} = \frac{\mu i}{G}$$

$$\tau_{\text{ind}} = \frac{AG}{\mu} B_{\text{laço}} B_S \text{ sen } \theta$$

$$= kB_{\text{laço}} B_S \text{ sen } \theta$$

$$\tau_{\text{ind}} = k\mathbf{B}_{\text{laço}} \times \mathbf{B}_S$$

CONJUGADO EM UM ESPIRA CONDUTORA DE CORRENTE

Assim, o conjugado induzido no laço é proporcional à intensidade do campo magnético do laço, à intensidade do campo magnético externo e ao seno do ângulo entre eles. Isso também é verdadeiro para máquinas CA reais. Em geral, o conjugado de qualquer máquina real dependerá de quatro fatores:

1. A intensidade do campo magnético do rotor
2. A intensidade do campo magnético externo
3. O seno do ângulo entre eles
4. Uma constante que representa a construção da máquina (geometria, etc.)

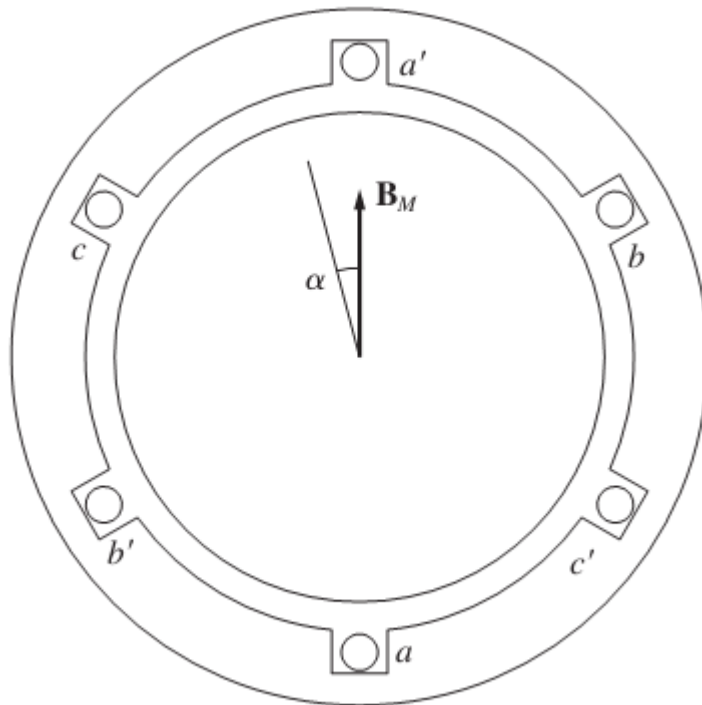
TENSÃO INDUZIDA EM MÁQUINAS CA

$$B = B_M \cos(\omega t - \alpha)$$

$$e = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$e_{\text{ind}} = \phi \omega \cos \omega t$$

$$e_{\text{ind}} = N_C \phi \omega \cos \omega t$$



$$e_{aa'}(t) = N_C \phi \omega \sin \omega t \quad \text{V}$$

$$e_{bb'}(t) = N_C \phi \omega \sin (\omega t - 120^\circ) \quad \text{V}$$

$$e_{cc'}(t) = N_C \phi \omega \sin (\omega t - 240^\circ) \quad \text{V}$$

TENSÃO EFICAZ EM UM ESTATOR TRIFÁSICO

$$E_{\max} = N_C \phi \omega$$

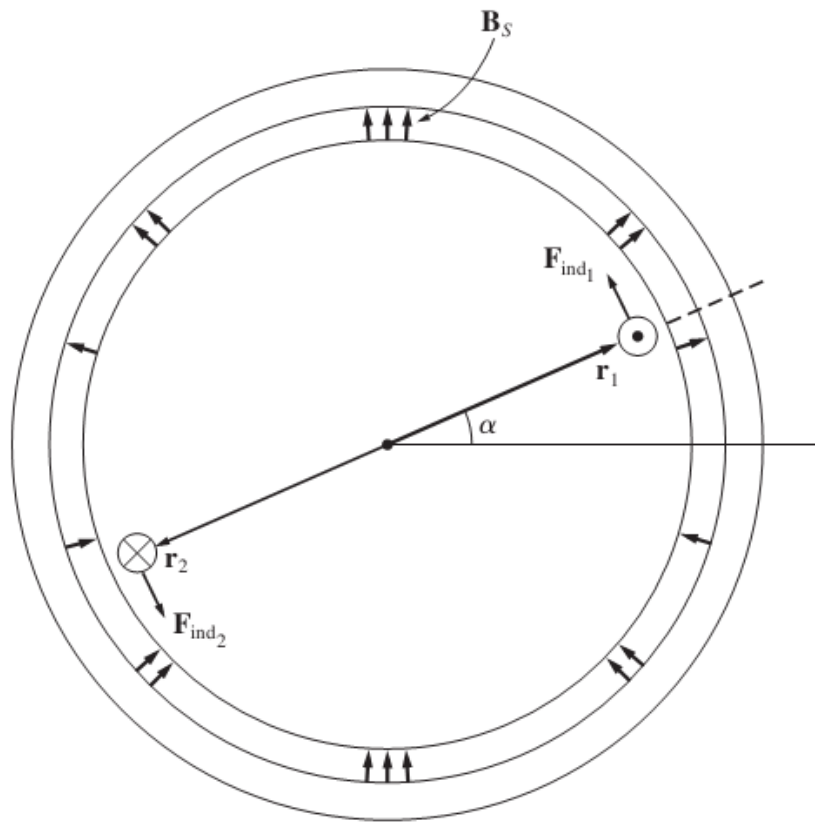
$$E_{\max} = 2\pi N_C \phi f$$

$$E_A = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} N_C \phi f$$

$$E_A = \sqrt{2} \pi N_C \phi f$$

CONJUGADO INDUZIDO EM UMA MÁQUINA CA

$$B_S(\alpha) = B_S \text{ sen } \alpha$$



$$|B_S(\alpha)| = B_S \text{ sen } \alpha$$

$$\tau_{\text{ind}} = 2rilB_S \text{ sen } \alpha \quad \text{anti-horário}$$

O conjugado no condutor é

$$\tau_{\text{ind},1} = (\mathbf{r} \times \mathbf{F})$$

$$= rilB_S \text{ sen } \alpha \quad \text{anti-horário}$$

o conjugado na bobina do rotor é

$$\tau_{\text{ind}} = 2rilB_S \text{ sen } \alpha \quad \text{anti-horário}$$

$$\mathbf{B}_{\text{líq}} = \mathbf{B}_R + \mathbf{B}_S$$

$$\tau_{\text{ind}} = k\mathbf{B}_R \times \mathbf{B}_S$$

$$\tau_{\text{ind}} = kB_R B_{\text{líq}} \text{ sen } \delta$$

RELAÇÃO ENTRE FREQUÊNCIA ELÉTRICA E VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO

$$f_{se} = \frac{n_{sm} P}{120}$$