SEL 329 – CONVERSÃO ELETROMECÂNICA DE ENERGIA

Aula 18

Tensão Induzida pelo Campo Girante

- A tensão induzida nas bobinas do rotor será senoidal, pois:

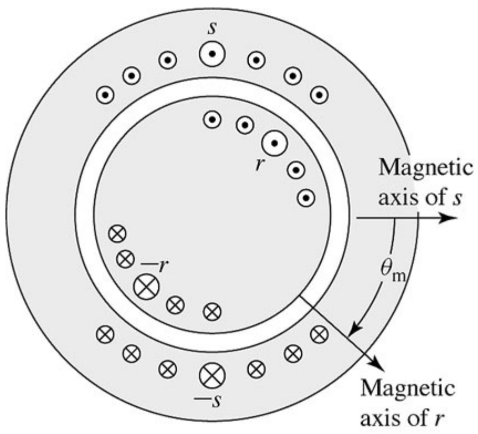
  no tempo: para θ fixo a força magnetomotriz será senoidal

  no espaço: para t fixo a força magnetomotriz será senoidal

- A distribuição da densidade de fluxo no entreferro será senoidal: $B(\theta)=B_{max}\cos(\theta)$;

- A tensão induzida nas bobinas será senoidal e com a mesma frequência do campo girante (bobinas do rotor em aberto);

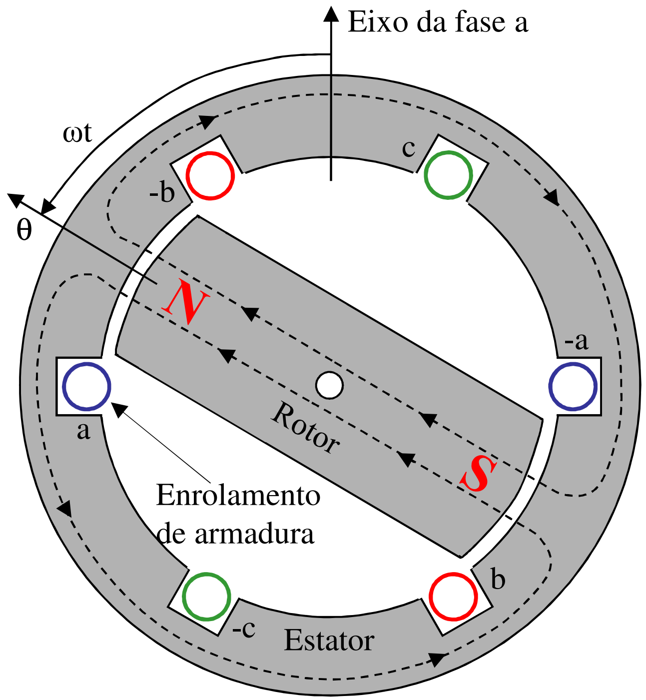
$$\boxed{\begin{aligned} \mathcal{F}(\theta,t) &= \mathcal{F}_a + \mathcal{F}_b + \mathcal{F}_c \\ \mathcal{F}(\theta,t) &= \frac{3}{2} N I_m \cos(\omega t - \theta) \end{aligned}}$$

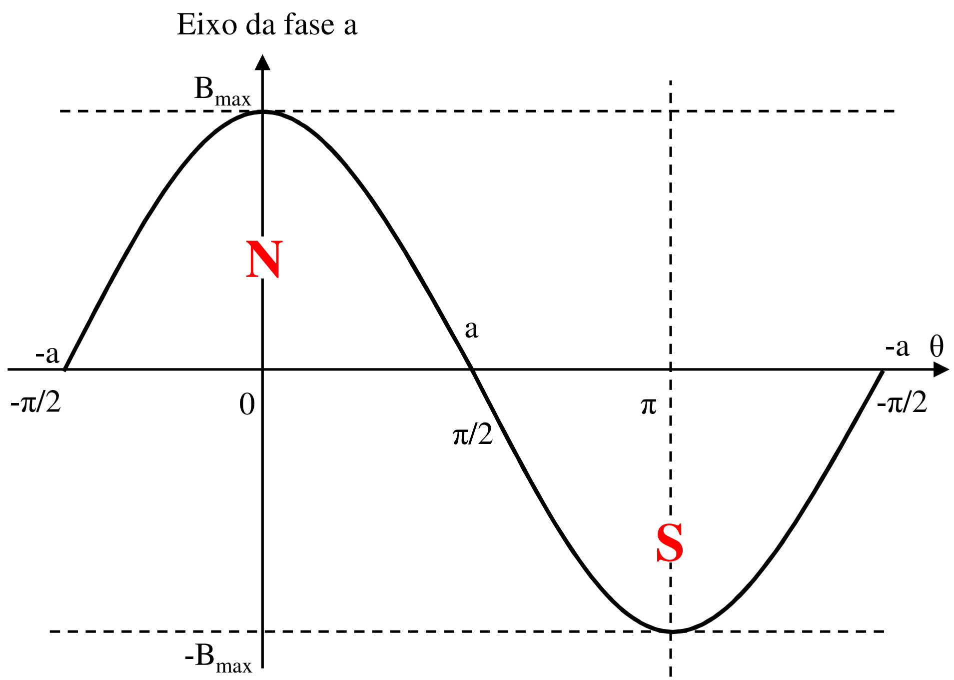


(a)

Tensão Induzida pelo Campo Girante

- Um campo magnético girante pode ser criado pela rotação de um par magnético.





- O campo girante induzirá tensões nos enrolamentos a-a, b-b e c-c.
- As tensões induzidas podem ser obtidas da lei de indução de Faraday.

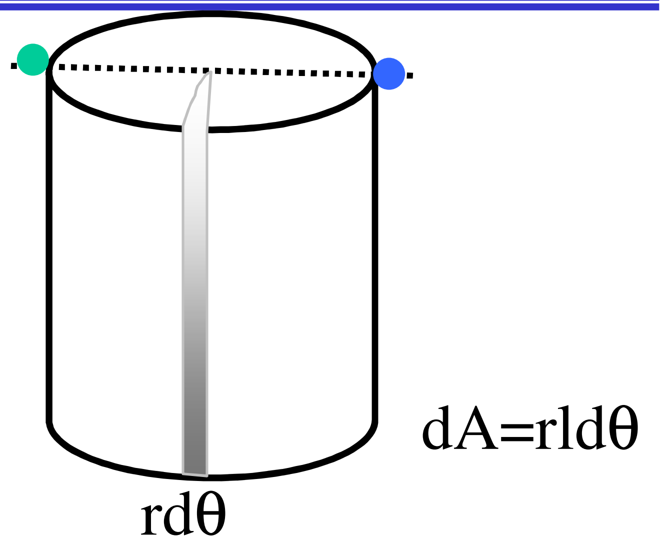
Tensão Induzida pelo Campo Girante

- O fluxo por pólo no entreferro será:

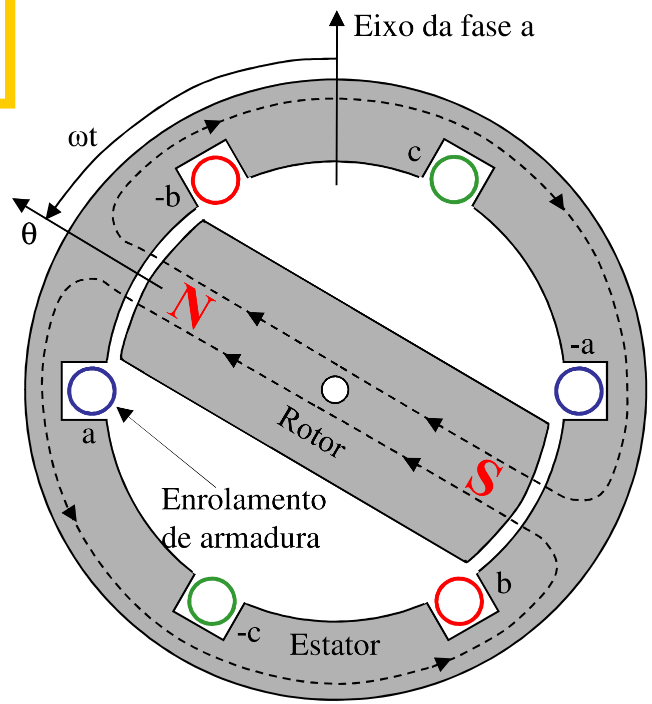
$$\phi_p = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B dA = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B_{\max} \cos\theta * rld\theta$$

$$= rlB_{\max} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos\theta d\theta = rlB_{\max} \operatorname{sen}\theta \,\Big|_{-\pi/2}^{\pi/2}$$

$$\phi_p = 2rlB_{\max}$$



Em que: *r* é o raio até o entreferro e *l* é o comprimento axial do ferro do estator/rotor.



Tensão Induzida pelo Campo Girante

- O fluxo por pólo no entreferro será:

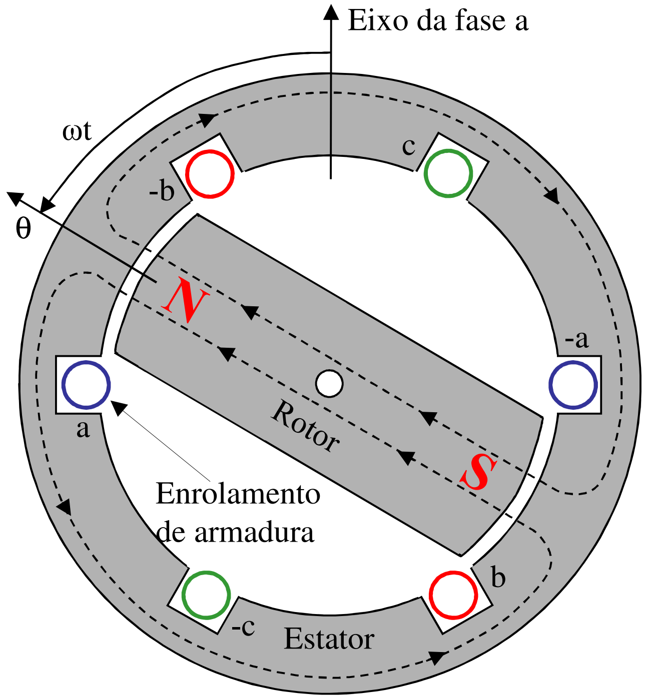
$$\Phi_P = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} B(\theta) lr d\theta = 2B_{max} lr$$

- À medida que o rotor gira, o fluxo concatenado varia senoidalmente com o ângulo entre os eixos magnéticos das bobinas do estator e do rotor.
- Com o rotor girando a uma velocidade angular constante, o fluxo concatenado com a bobina do estator da fase a é:

$$\boxed{\lambda_a(\omega t) = N\Phi_P \cos \omega t}$$

Tensão Induzida pelo Campo Girante

- Considerando o enrolamento concentrado e com N espiras, o fluxo concatenado com o enrolamento varia no tempo senoidalmente.



- O fluxo será máximo para ωt=0;
- O fluxo será nulo para ωt=90º;

Assim,

$$\boxed{\lambda_a = N\phi_p \cos \omega t}$$

- Pela lei de Faraday, variação de fluxo produz tensão induzida:

$$e_a = -\frac{d\lambda_a}{dt} = \omega N\phi_p \operatorname{sen} \omega t = E_{\max} \operatorname{sen} \omega t$$

de forma similar :

$$e_b = E_{\max} \operatorname{sen}(\omega t - 120^o)$$

$$e_c = E_{\max} \operatorname{sen}(\omega t + 120^o)$$

Tensão Induzida pelo Campo Girante

- O Valor RMS da tensão induzida é:

$$\boxed{E_{RMS} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega N \phi_p}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N \phi_p}{\sqrt{2}} = 4{,}44\, f N \phi_p}$$

- Na máquina real o enrolamento é **distribuído**, e assim as tensões induzidas em cada espira não estarão em fase. Ou seja, a soma vetorial de cada $\mathbf{e}_{\mathbf{ai}}$ será menor do que a soma algébrica. Logo, para enrolamentos distribuídos aplica-se um fator K_W que varia de 0,85 a 0,95. Portanto:

$$\boxed{E_{RMS} = 4{,}44\, f N \phi_p K_W}$$

Tensão Induzida pelo Campo Girante

- Um fator de redução (k_w) é usado para o cálculo da tensão induzida em um enrolamento distribuído;
- Para máquinas trifásicas k_w, denominada por constante do enrolamento, varia de 0,85 a 0,95;
- A tensão induzida será então, dada por:

$$\boxed{E_{RMS} = 4{,}44\, f N_{ph} \phi_p k_w}$$

- Onde N_{ph} é o número total de espiras em série, por fase, considerado como concentrado na ranhura central;

Próxima Aula

- Máquina de indução trifásica