



III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

Alimentación C.A. (Campo pulsante)



FMM en el entrehierro CAMPO GIRATORIO

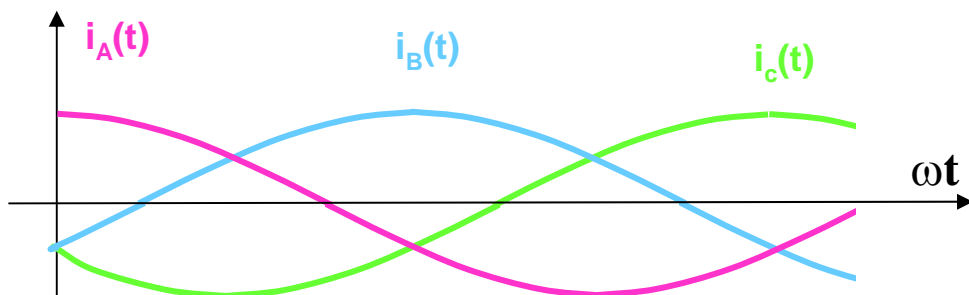
Teorema de Ferraris

Teorema de Leblanc

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.



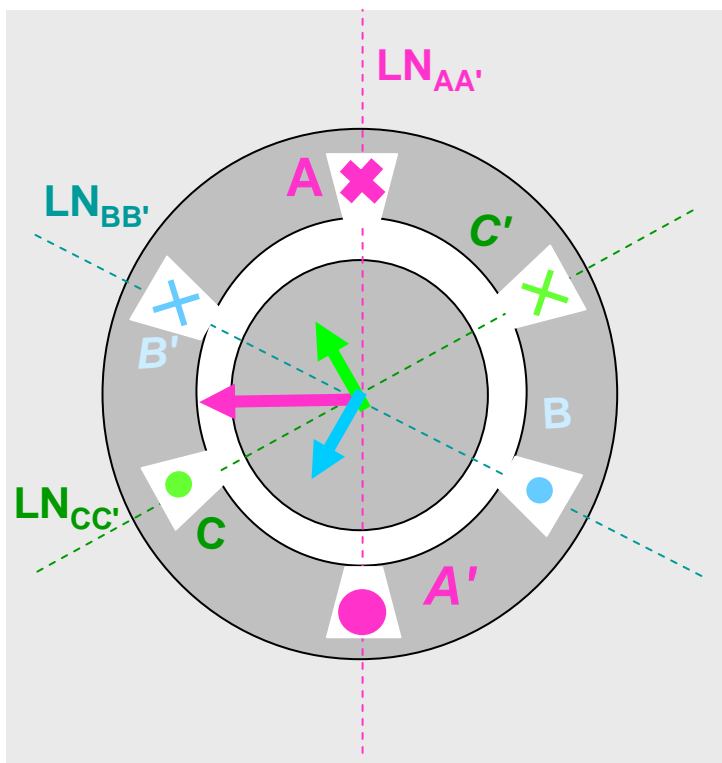
FMM en el entrehierro CAMPO GIRATORIO



$$i_R(t) = i_A(t) = I_m \cos \omega t$$

$$i_S(t) = i_B(t) = I_m \cos (\omega t - 120^\circ)$$

$$i_T(t) = i_C(t) = I_m \cos (\omega t + 120^\circ)$$



Tres campos pulsantes superpuestos

$$F_A(\theta, t) = \overbrace{(4/\pi) K_d F_m}^{F_M} \cos \omega t \cos \theta$$

$$F_B(\theta, t) = (4/\pi) K_d F_m \cos (\omega t - 120^\circ) \cos (\theta - 120^\circ)$$

$$F_C(\theta, t) = (4/\pi) K_d F_m \cos (\omega t + 120^\circ) \cos (\theta + 120^\circ)$$

Campos pulsantes

Campos giratorio resultante paso-paso

$$F(\theta, t) = 3/2 F_M \cos (\omega t - \theta)$$



FMM en el entrehierro

CAMPO MAGNETICO GIRATORIO

$$F(\theta, t) = [3/2 F_M] \text{Cos}(\omega t - \theta)$$

Modulo cte

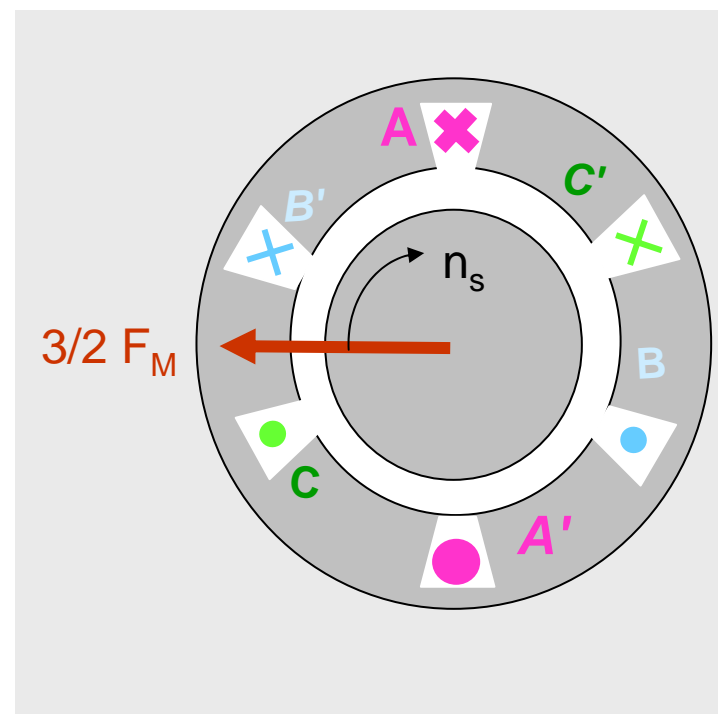
Velocidad angular cte

$$\omega t - p \alpha = 0$$

$$p \omega_m = \omega$$

$$n_s = \frac{60}{p} f \quad [\text{r.p.m.}]$$

Velocidad de sincronismo



Considerando:

2p polos
 N_f espiras-fase

$$F_M = (4/\pi) K_d (N_f i / 2p)$$



FMM en el entrehierro CAMPO MAGNETICO GIRATORIO

TEOREMA DE FERRARIS

Se puede obtener un campo magnético giratorio :

$$F(\theta, t) = \frac{3}{2} F_M \cos(\omega t - \theta)$$

Con módulo cte ($\frac{3}{2} F_M$) y velocidad constate ($n_s = \frac{60}{p} f$)

A partir de 3 devanados (A-A', B-B', C-C') desplazados 120° ELECTRICOS en el espacio

Alimentados (A-A', B-B', C-C') con un sistema trifásico de corrientes desfasadas 120° en el TIEMPO



FMM en el entrehierro.

TEOREMA DE LEBLANC

Establece que un CAMPO MAGNETICO PULSALTE puede interpretarse como dos CAMPOS MAGNETICOS GIRATORIOS

CAMPO MAGNETICO PULSALTE

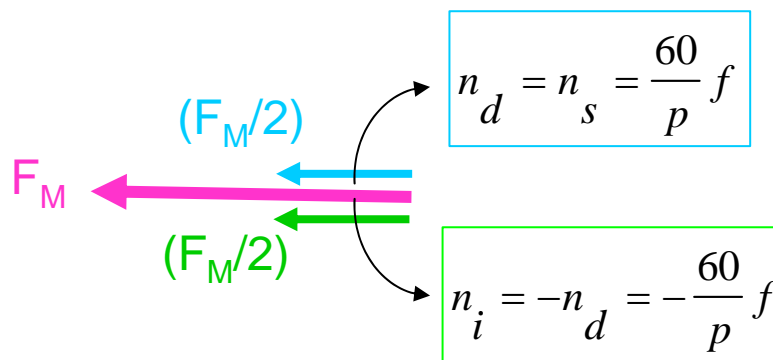
$$F(\theta, t) = F_M \cos \omega t \cos \theta$$

$$F(\theta, t) = \underbrace{(F_M/2) \cos(\omega t - \theta)}_{F_d(\theta, t)} + \underbrace{(F_M/2) \cos(\omega t + \theta)}_{F_i(\theta, t)}$$

CAMPOS MAGNETICOS GIRATORIOS


Paso-paso


Secuencial





FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.



$$e(t) = N \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{d(B s \cos \theta)}{dt}$$



III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E

Devanado concentrado de paso diametral.

Hipótesis

- Reluctancia en el hierro cte.
- Inductor – estator (Devanado concentrado de paso diametral):

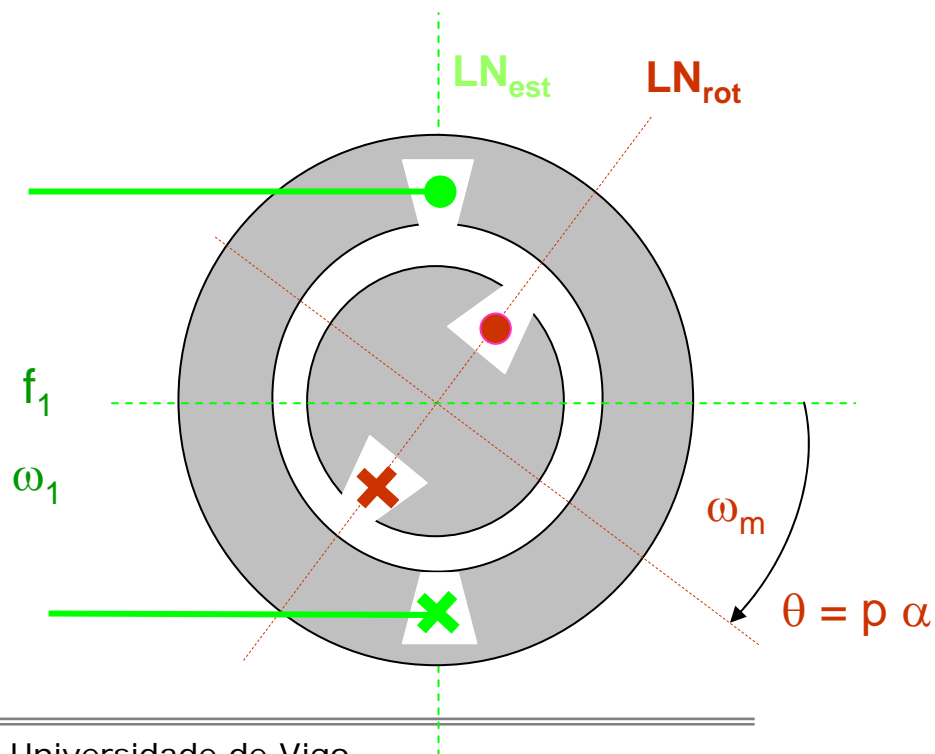
Induce flujo senoidal en el tiempo $\Phi_1(t) = \Phi_m \text{Cos } \omega_1 t$

distribuye flujo senoidal en el entrehierro $\Phi_1(\theta) = \Phi_m \text{Cos } \theta$

- Inducido – rotor : **N2 espiras**
Circuito abierto

Entonces se tiene:

$$\Phi_1(t, \theta) = \Phi_m \text{Cos } \omega_1 t \text{ Cos } \theta$$





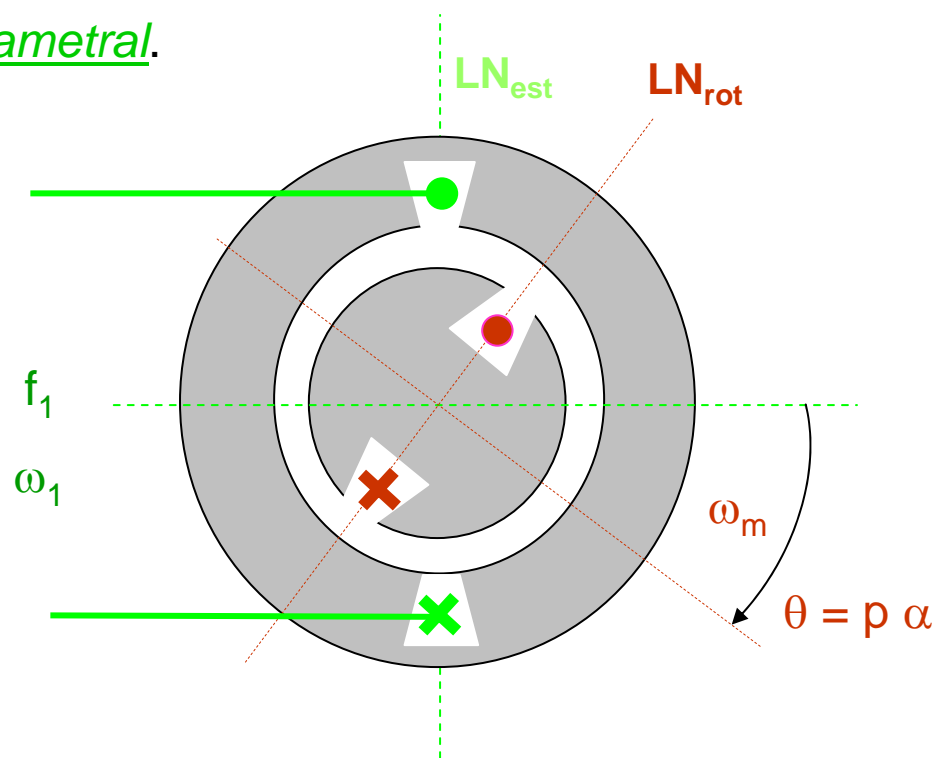
III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E

Devanado concentrado de paso diametral.

$$\Phi_1(t, \theta) = \Phi_m \cos \omega_1 t \cos \theta$$

$$e_2(t) = -N \frac{d\Phi_1}{dt}$$



$$e_2(t, \alpha) = \underbrace{N_2 \omega_1 \Phi_m \sin \omega_1 t \cos p \alpha}_{\text{Acción transformadora}} + \underbrace{N_2 p \omega_m \Phi_m \cos \omega_1 t \sin p \alpha}_{\text{Acción motora}}$$

Acción transformadora

Acción motora



III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

$$e_2(t, \alpha) = \underbrace{N_2 \omega_1 \Phi_m \text{ Sen } \omega_1 t \text{ Cos } p \alpha}_{\text{Acción transformadora}} + \underbrace{N_2 p \omega_m \Phi_m \text{ Cos } \omega_1 t \text{ Sen } p \alpha}_{\text{Acción motora}}$$

Acción transformadora

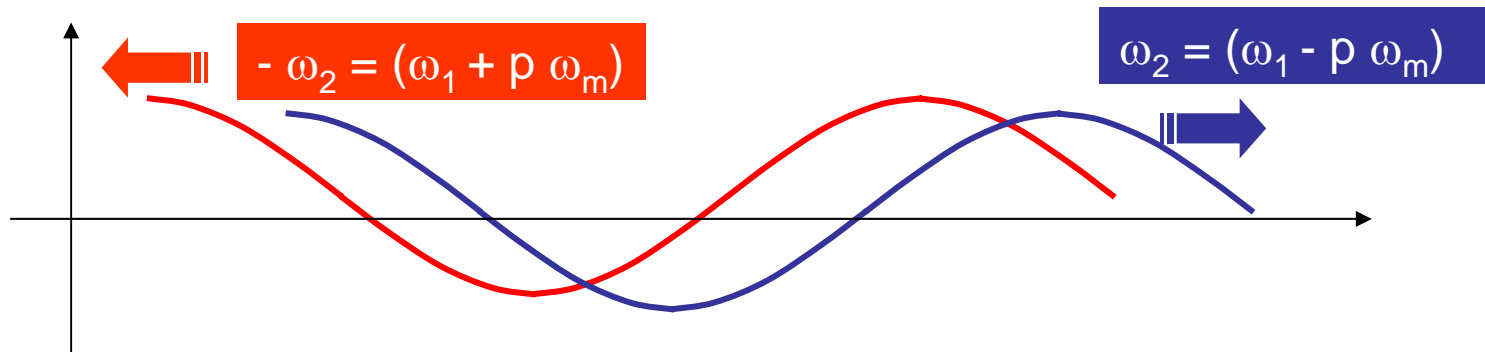
Acción motora

$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 - p \omega_m)t]$$

$$\omega_2 = (\omega_1 \pm p \omega_m)$$

$$f_2 = (f_1 \pm \frac{p n}{60})$$

60





III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

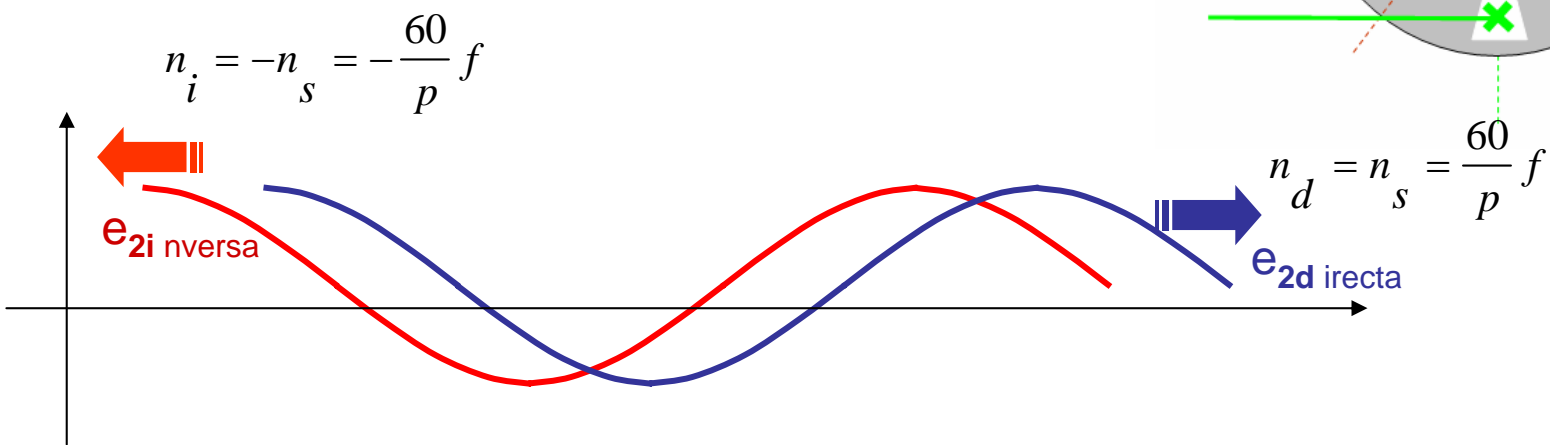
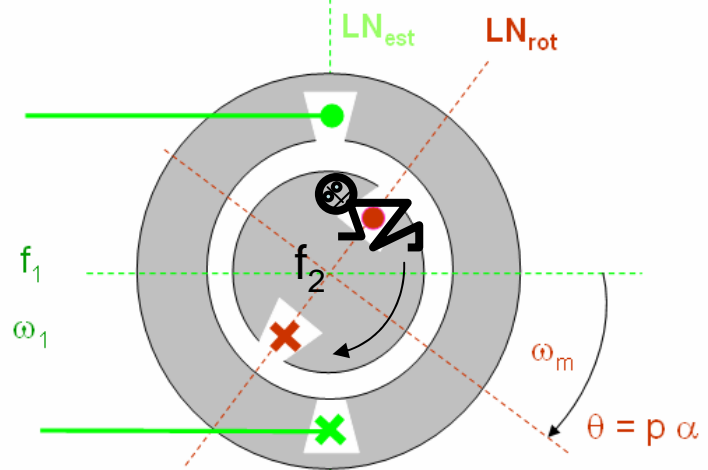
$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{Sen} (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{Sen} (\omega_1 - p \omega_m)t]$$

e_{2i} inversa

e_{2d} directa

Referencia en el rotor $\omega_2 = (\omega_1 \pm p \omega_m) = 0$

$$f_2 = (f_1 \pm \frac{p n}{60}) = 0$$





III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

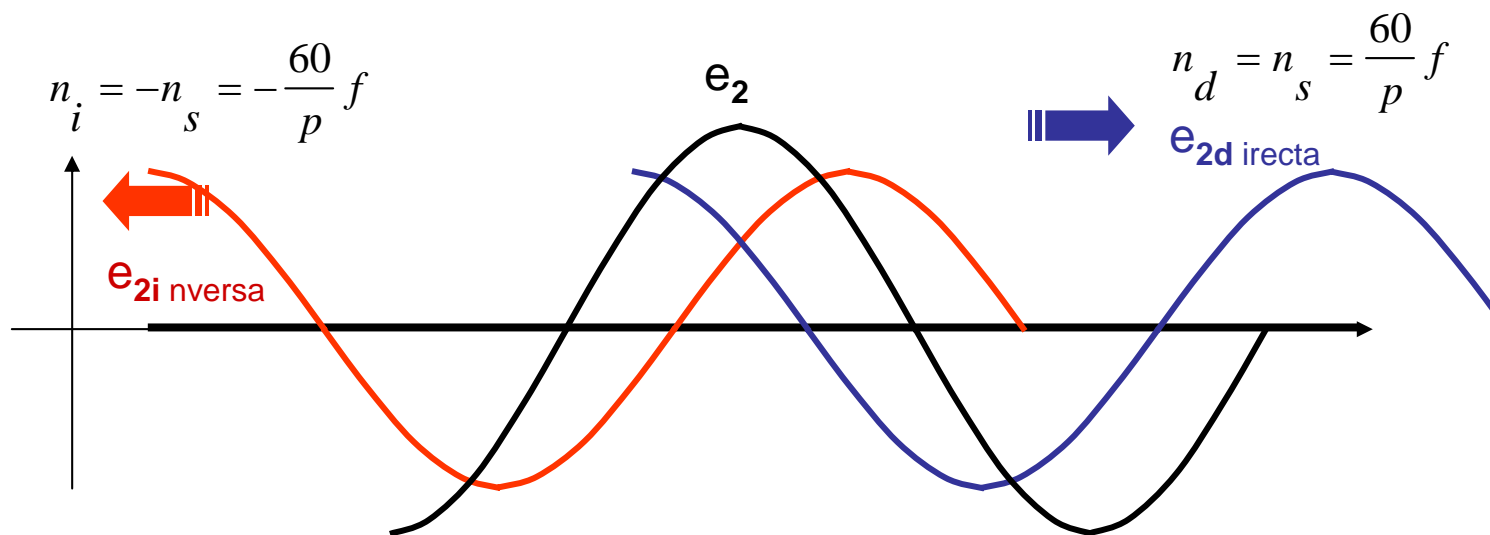
FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 - p \omega_m)t]$$

e_{2i} nversa

e_{2d} irecta



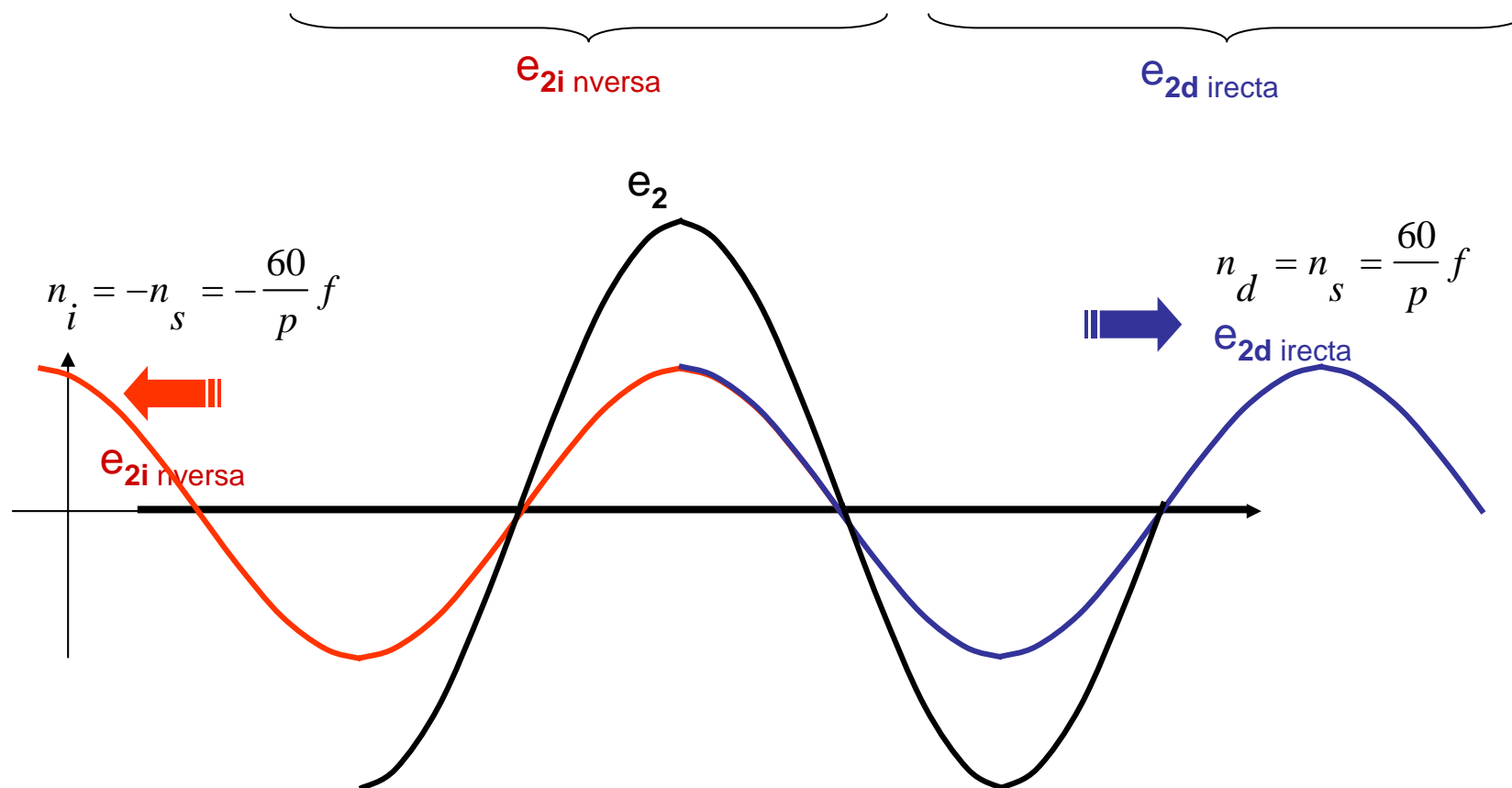


III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 - p \omega_m)t]$$





III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 - p \omega_m)t]$$

e_{2i} inversa

e_{2d} directa

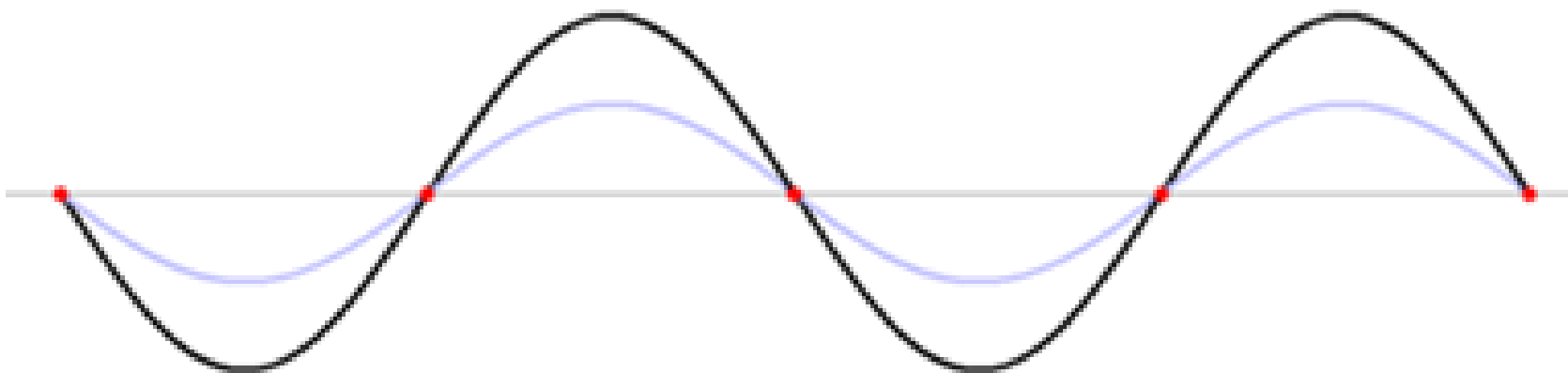
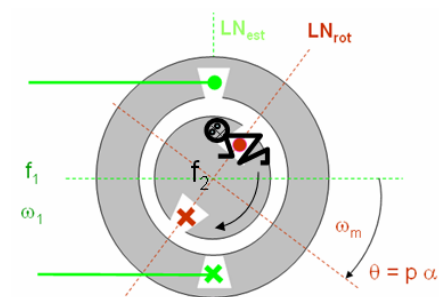
$$n_i = -n_s = -\frac{60}{p} f$$

e_{2i} inversa ←

e_2

$$n_d = n_s = \frac{60}{p} f$$

→ e_{2d} directa





III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

$$e_2(t, \alpha) = \underbrace{N_2 \omega_1 \Phi_m \text{ Sen } \omega_1 t \text{ Cos } p \alpha}_{\text{Acción transformadora}} + \underbrace{N_2 p \omega_m \Phi_m \text{ Cos } \omega_1 t \text{ Sen } p \alpha}_{\text{Acción motora}}$$

$$e_2(t) = [(N_2 \Phi_m)/2] [(\omega_1 + p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 + p \omega_m)t + (\omega_1 - p \omega_m) \text{ Sen } (\omega_1 - p \omega_m)t]$$

$$\omega_2 = (\omega_1 \pm p \omega_m)$$

$$f_2 = (f_1 \pm \frac{p n}{60})$$

60

Si inductor corriente continua: $\omega_1 = 2\pi f_1 = 0$

$$e_2(t) = N_2 \Phi_m p \omega_m \text{ Sen } (p \omega_m)t$$

$$\omega_2 = p \omega_m = 2\pi f_2$$

Si inducido parado: $\omega_m = 0$

ω_2

$$e_2(t) = N_2 \Phi_m \omega_1 \text{ Sen } (\omega_1 t)$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 2\pi f_2$$



III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

Si inductor corriente continua: $\omega_1 = 2\pi f_1 = 0$

$$e_2(t) = N_2 \Phi_m 2\pi f_2 \text{Sen}(\omega_m t)$$

Si inducido parado: $\omega_m = 0$

$$e_2(t) = N_2 \Phi_m 2\pi f_2 \text{Sen}(\omega_1 t)$$

Valor **EFICAZ** de **FEM** inducida en el devanado de una M.R.

$$E_2 = 2\pi N_2 f_2 \Phi_m$$

$$E_{2ef} = 4,44 N_2 f_2 \Phi_m$$

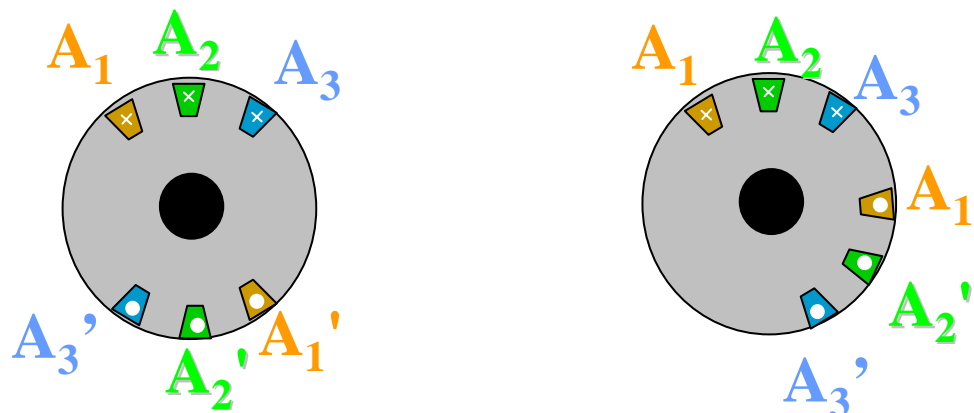


III.2.- FMM en el entrehierro y FEM inducida en la MR

FEM INDUCIDA EN EL DEVANADO DE LA M.E.

Devanado concentrado de paso diametral

Normalmente el devanado la N_2 espiras del devanado están:



Si el devanado es DISTRIBUIDO (K_d) y de PASO ACORTADO (K_a)

$$E_2 = 4,44 K_d K_a N_2 f_2 \Phi_m$$

Factor de devanado: $K = K_d K_a$

$$E_2 = 4,44 K N_2 f_2 \Phi_m$$