

Maquinas Corriente Alternas

EL6000

Ingeniero Keith Watt
Semestre Otoño
2010

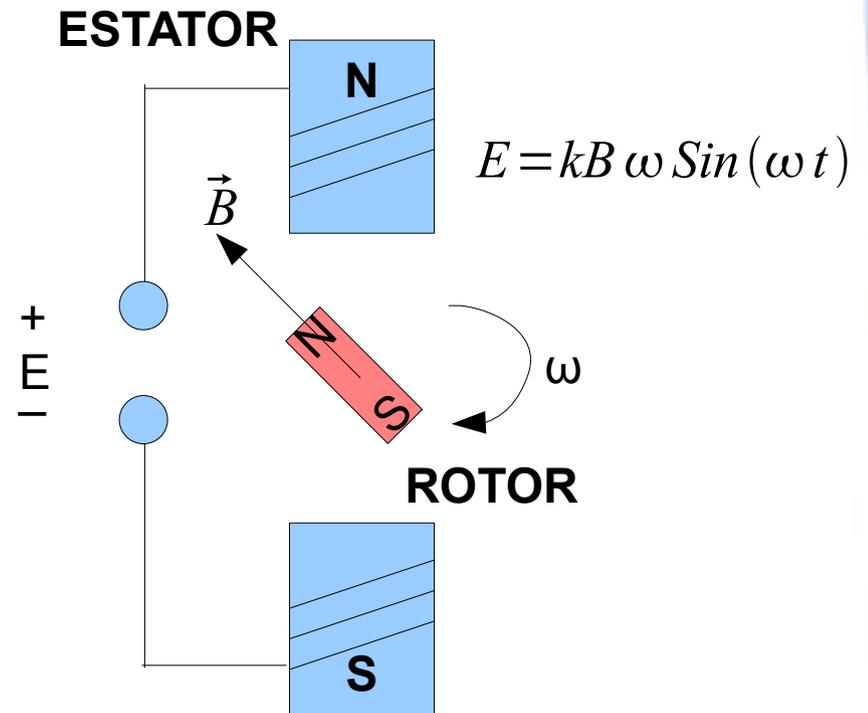
Maquina Sincronica

- **Maquina Rotatoria Elemental**

- Velocidad del Eje proporcional a Frecuencia Electrica
- Operar como Generador u Motor
- Estator (Fijo) & Rotor (Gira)

- **Basa en la Ley de Faraday**

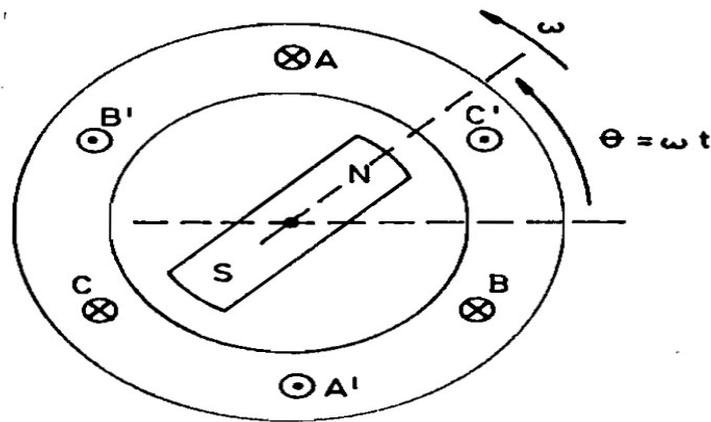
- Un Campo Magnetico Rotario
- Bobina Fija
- Se induce un Voltaje Variable en el tiempo en Bornes de la Bobina



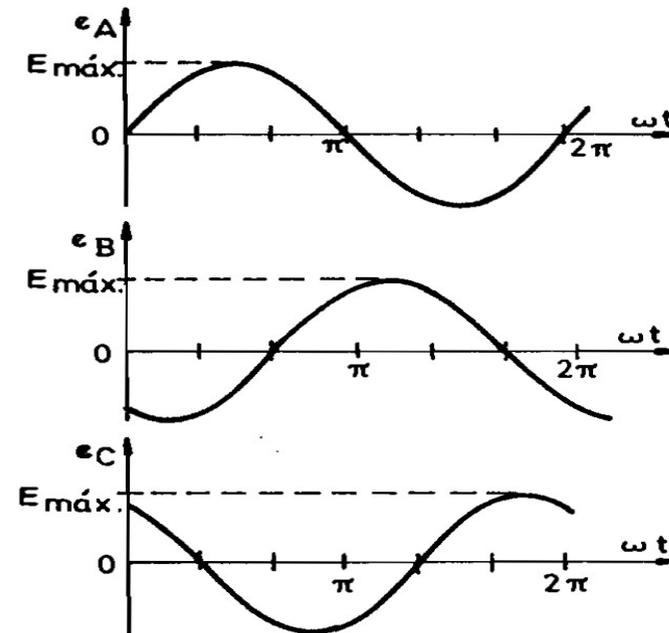
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi n_s}{60}$$

$$\omega := \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]; f := [\text{Hz}]; n_s := [\text{r.p.m}]$$

Maquina Sincronica Trifasica



a) ESQUEMA FISICO



- Estator

- Tres Enrollados Fijos o Bobinas

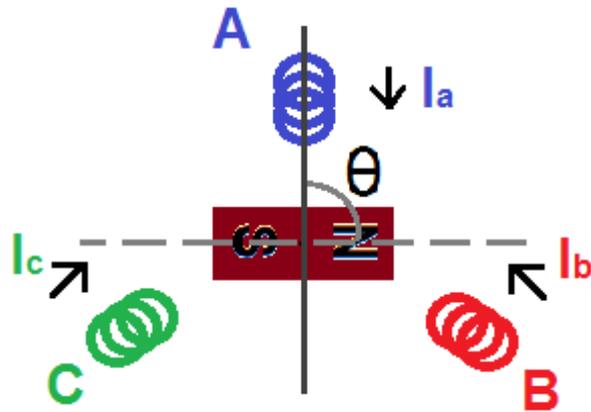
- Rotor

- Imán Permanente

0

- Electroiman (Bobina alimentada con corriente DC)

Maquina Sincronica & Campo Magnetico Rotatorio



$$I_a = I_m \sin(\omega t)$$
$$I_b = I_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$
$$I_c = I_m \sin(\omega t + 2\pi/3)$$

- I_m es el valor maximo de la corriente.
- θ medido desde eje referencia de Fase A
- Las Fuerzas magnetomotrices f.m.m resultan sinusoidales y desplazadas en 120° electricos.

$$F_a = N \cdot I_a \cos(\theta) \quad F_b = N \cdot I_b \cos(\theta - 2\pi/3) \quad F_c = N \cdot I_c \cos(\theta + 2\pi/3)$$

Maquina Sincronica & Fuerza Electromotriz

$$F(\theta) = F_a + F_b + F_c$$

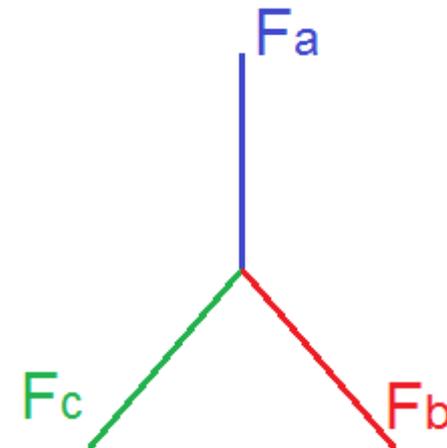
$$F_a = N \cdot I_m \sin(\omega t) \cos(\theta) = F_m \sin(\omega t) \cos(\theta)$$

y con

$$F_b = F_m \sin(\omega t - 2\pi/3) \cos(\theta - 2\pi/3)$$

$$F_c = F_m \sin(\omega t + 2\pi/3) \cos(\theta + 2\pi/3)$$

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



- Esto significa que:
- La f.m.m del estator es rotatoria de velocidad y magnitud constante.

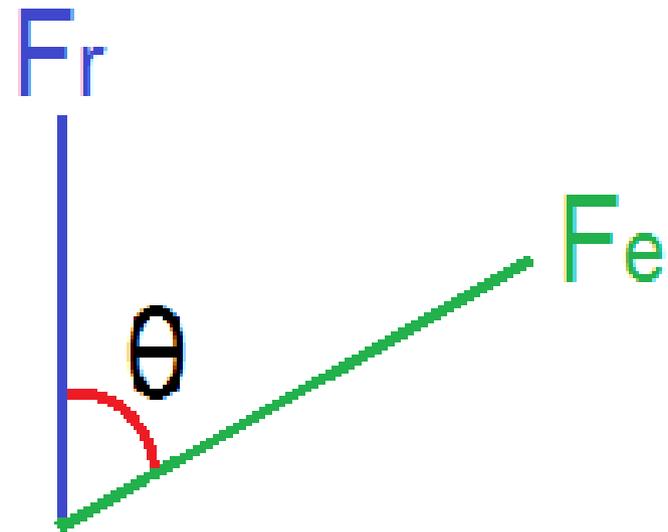
Torque Maquina Sincronica

- Teniendo una f.m.m F_r constante en el Rotor
- El torque de la maquina sincronica es entonces

$$\text{Torque} = F_e F_r \sin(\theta)$$

$\theta = \text{angulo entre f.m.m estator y rotor}$

- Torque no nulo $\rightarrow \theta = \text{cte}$
- Rotor gira a misma velocidad que estator
- Maquina sincronica por que rotor y estator giran en sincronismo

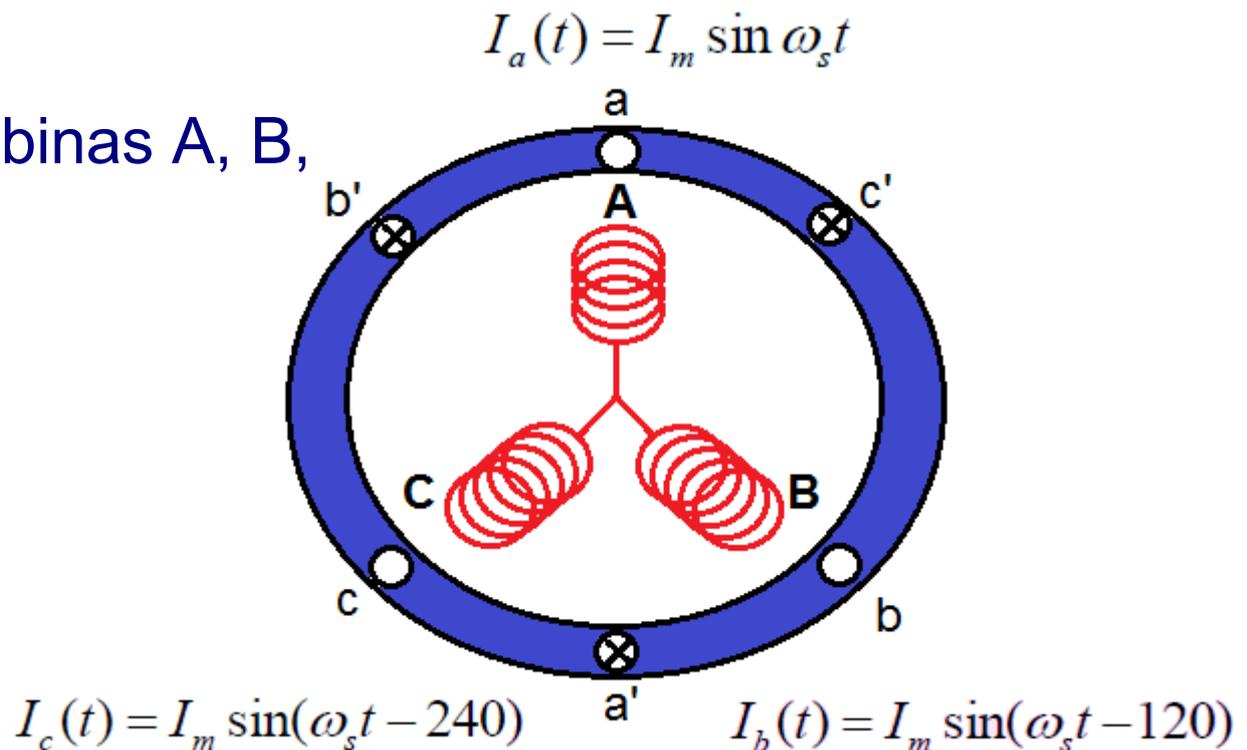


Maquina de Induccion

- Maquina AC mas comun en la Industria
- Velocidad Campo Rotor distinta a la de Campo del Estator
- Generacion de Potencia depende de la velocidad con que gira la maquina.

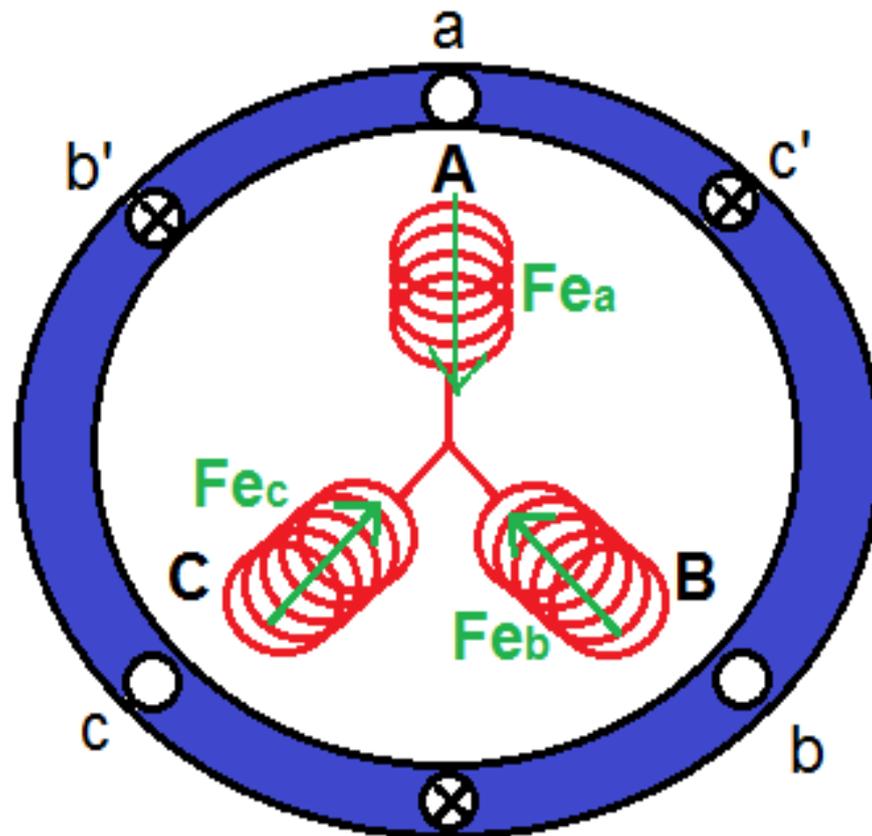
Principio de Funcionamiento

- Estator
 - Corrientes I_a , I_b , e I_c
- Rotor
 - Tres Bobinas A, B, y C



Fuerzas magneto motriz

$$I_a(t) = I_m \sin \omega_s t$$



$$Fe_a = NI_a$$

$$Fe_b = NI_b$$

$$Fe_c = NI_c$$

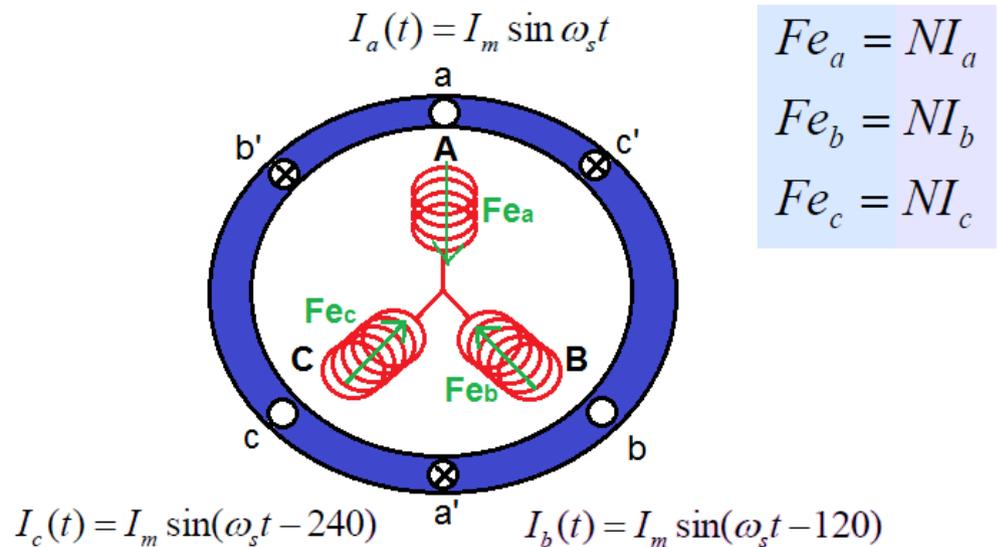
$$I_c(t) = I_m \sin(\omega_s t - 240)$$

$$I_b(t) = I_m \sin(\omega_s t - 120)$$

Principio de Funcionamiento

- Similarmente a una maquina sincronica
- En el estator se tendra una f.m.m

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



$$Fe(\theta) = F_a + F_b + F_c$$

$$F_a = N \cdot I_m \sin(\omega t) \cos(\theta) = F_m \sin(\omega t) \cos(\theta)$$

y con

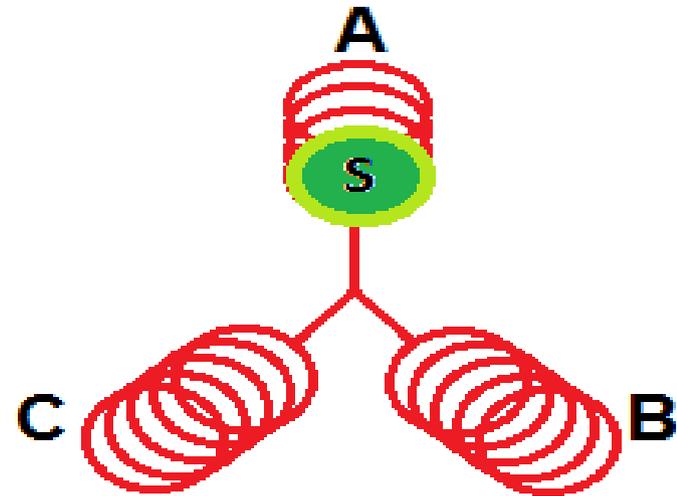
$$F_b = F_m \sin(\omega t - 2\pi/3) \cos(\theta - 2\pi/3)$$

$$F_c = F_m \sin(\omega t + 2\pi/3) \cos(\theta + 2\pi/3)$$

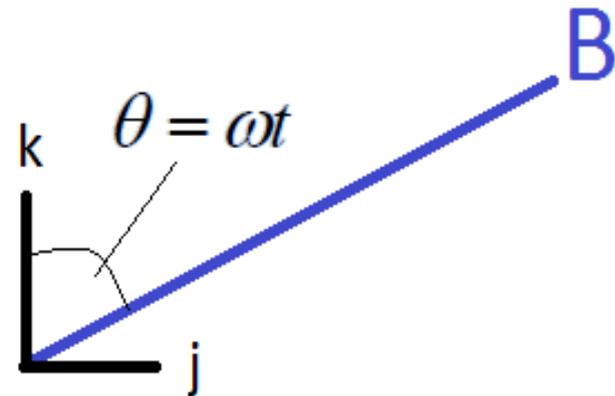
$$Fe(\theta, t) = \frac{3}{2} F_m \cos(\theta - \omega t)$$

Rotor Maquina de Induccion

- Gira con Velocidad distinta a la sincronica ωr
- Campo Magnetico del estator inducira un Flujo Φ en Bobinas del Rotor



$$\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$
$$\Phi_a = SB_0 \cos \omega t$$



$$\vec{B}_0 = B_0 \sin \omega t \hat{j} + B_0 \cos \omega t \hat{k}$$

Flujo Magnetico Rotor

- Para las tres fases se tendran flujos magneticos
- Los flujos estaran desplazados en 120 grados
- Para que se puedan Inducir los flujos en el Rotor, la velocidad de este debe diferir de la del estator

$$\begin{aligned}\Phi_A &= S B \cos(\omega t) \\ \Phi_B &= S B \cos(\omega t - 2\pi/3) \\ \Phi_C &= S B \cos(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

Tension inducida en Bobinas del rotor

$$e = \frac{-d\Phi}{dt}$$

*con una velocidad relativa de rotacion
c/r flujo del estator*

$$\omega = \omega_s - \omega_r$$

Tensiones y Corrientes Rotor

- Por lo tanto si rotor se mueve a velocidad sincronica las tensiones y corrientes inducidas se vuelven nulas.

- Por Que?

Si $\omega_r = \omega_s \rightarrow$ que el Flujo inducido es cte.

$$E = -d(\phi)/dt \rightarrow d(\text{cte})/dt = 0$$

$$\begin{aligned}E_A &= S B (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t) \\E_B &= S B (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t - 2\pi/3) \\E_C &= S B (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_A &= I_m (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t - \delta) \\I_B &= I_m (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t - 2\pi/3 - \delta) \\I_C &= I_m (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t + 2\pi/3 - \delta)\end{aligned}$$