



MÁQUINAS ELÉCTRICAS: MOTOR SINCRÓNICO

EDUARDO MOJICA NAVA, Ph.D.

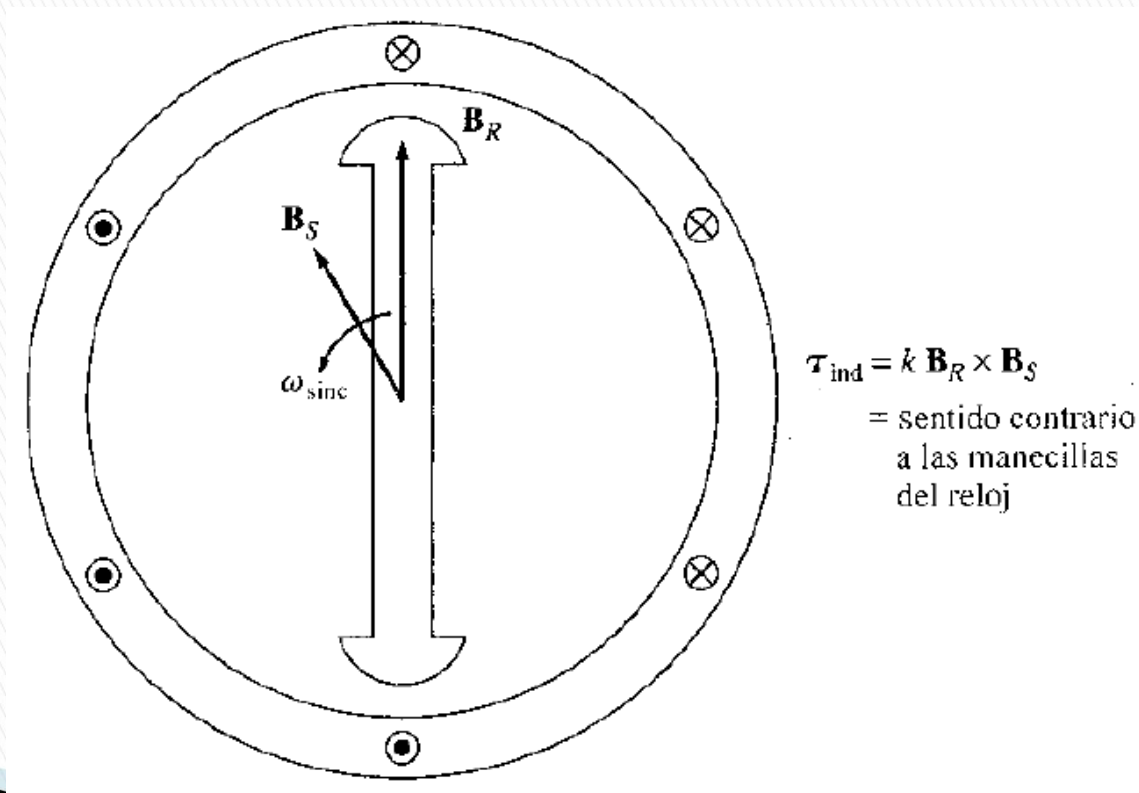
PAAS-UN Research Group
Department of Electrical and Electronics Engineering
National University of Colombia
2013



Principio de Operación

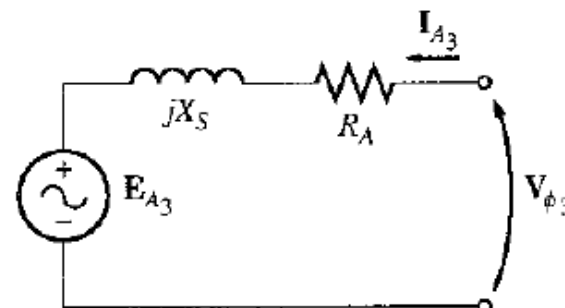
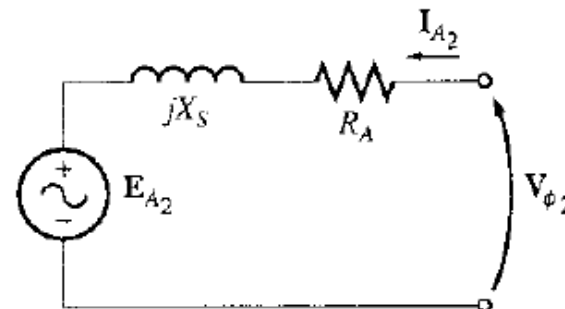
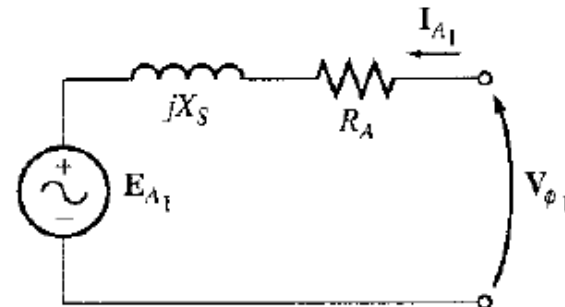
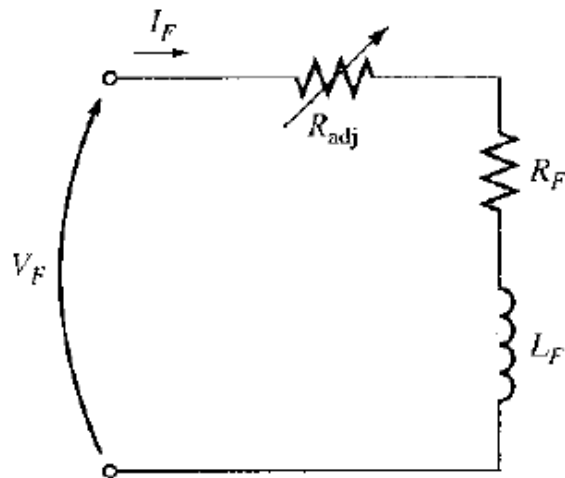
“Conversión de Energía Eléctrica en Energía Mecánica”

- ▶ el campo rotórico tenderá a alinearse con el campo estatórico. Fenómeno de persecución.
- ▶ Las ecuaciones velocidad, potencia y par son iguales que para el generador

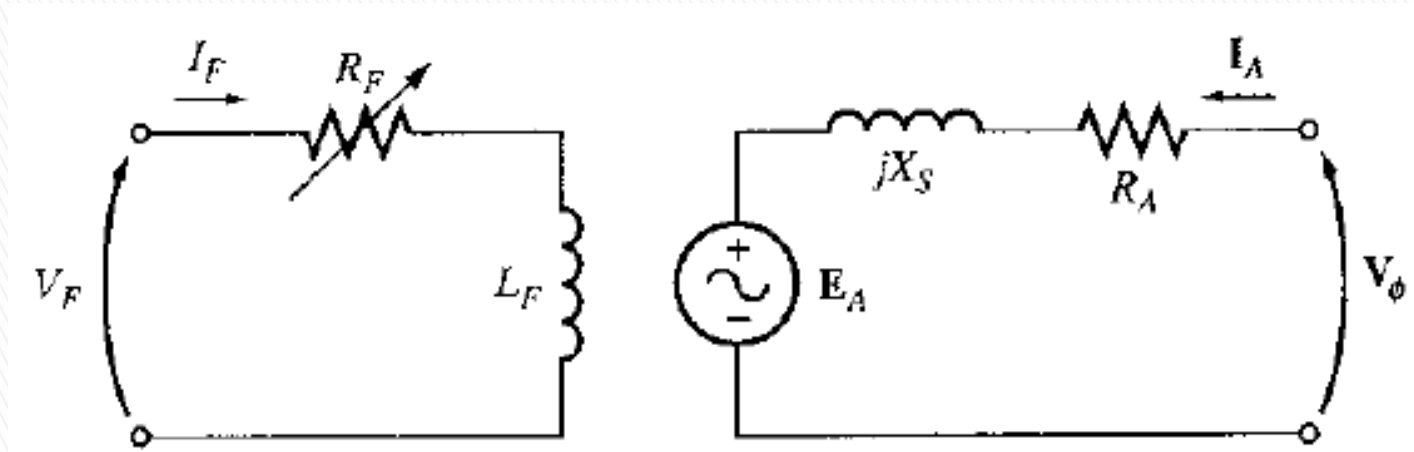


Circuito Equivalente

- El circuito equivalente del motor es igual al generador “excepto” que la dirección de la corriente I_A está invertida.



Circuito Equivalente por Fase



$$\mathbf{V}_\phi = \mathbf{E}_A + jX_S \mathbf{I}_A + R_A \mathbf{I}_A$$

$$\mathbf{E}_A = \mathbf{V}_\phi - jX_S \mathbf{I}_A - R_A \mathbf{I}_A$$

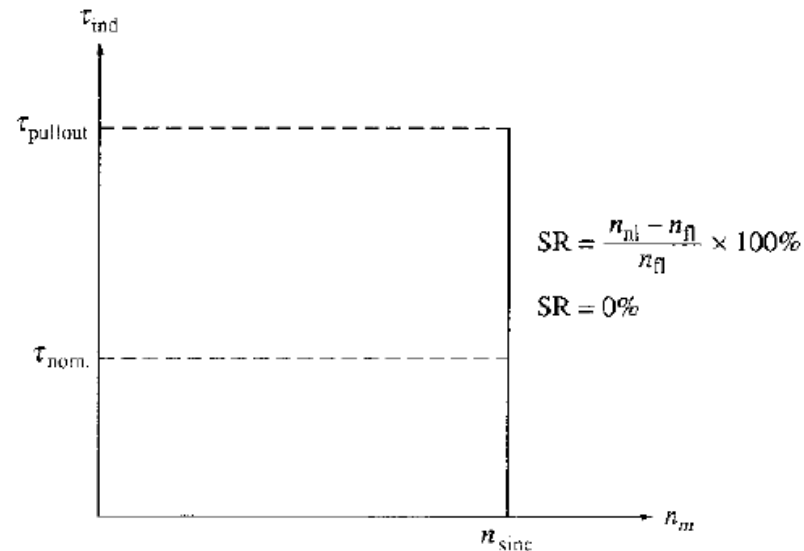
OJO: cambia el signo de la corriente!

Curva Característica Par–Velocidad

- Se considera que el motor está conectado a sistemas de potencia mucho más grandes (barrajes infinitos). Es decir, velocidad constante.

La pérdida de sincronismo se llama deslizamiento de polos.

Es cuando el motor sobrepasa el par máx. y se produce vibración debido a que el par estático se cruza con el rotórico debido a la pérdida de velocidad



$$\tau_{\text{máx.}} = k B_R B_{\text{net}} \quad (6-3)$$

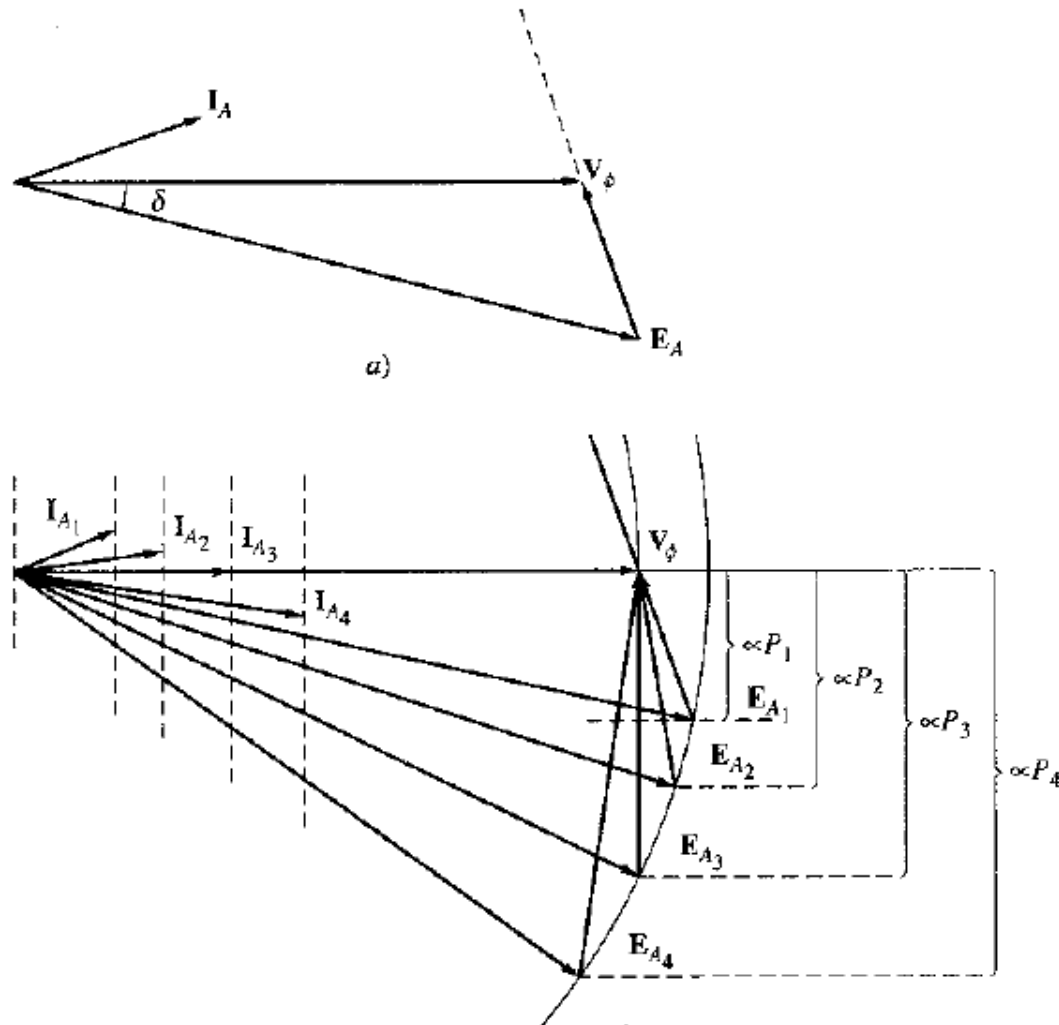
o

$$\tau_{\text{máx.}} = \frac{3 V_{\phi} E_A}{\omega_m X_S} \quad (6-4)$$

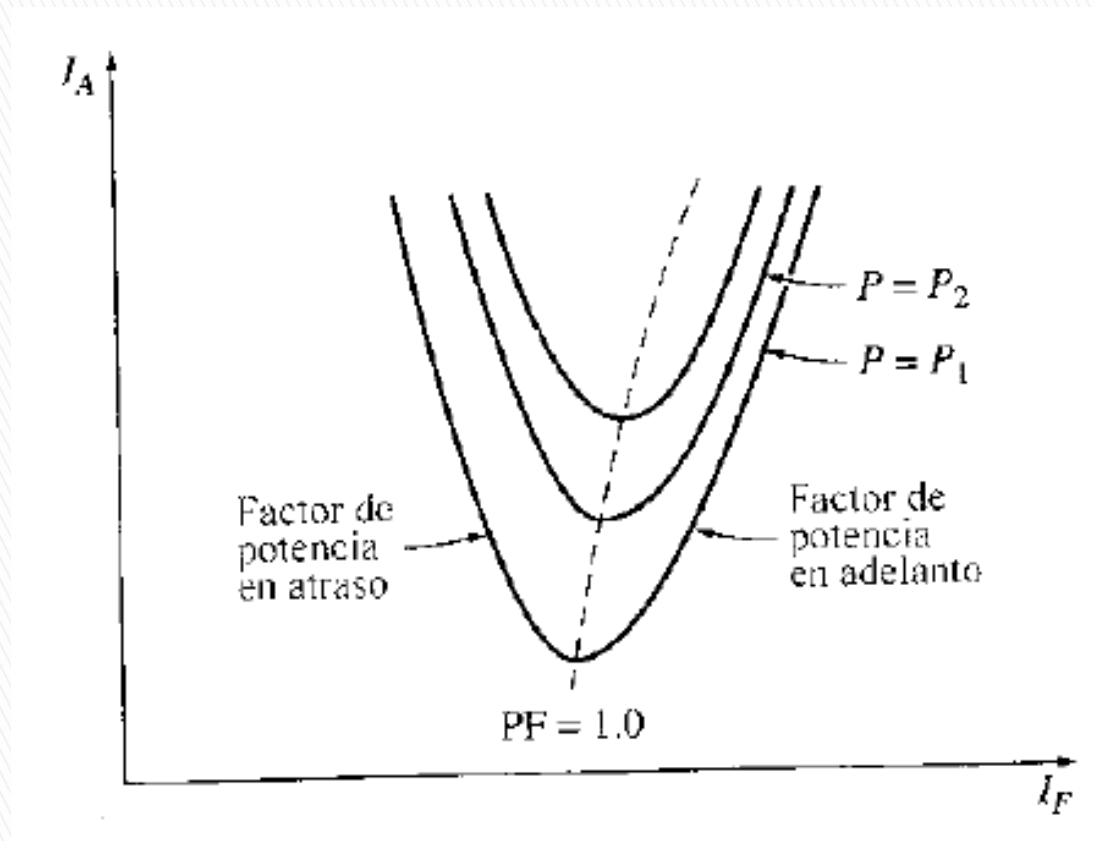
Estas ecuaciones indican que cuanto mayor sea la corriente de campo (y por tanto E_A), mayor será el máximo par del motor. Por tanto, hay una ventaja en la estabilidad, si se opera el motor con una gran corriente de campo o un gran E_A .

Efectos de los Cambios de Carga

- ▶ Si se fija una carga, el motor desarrollará suficiente par para mantener la velocidad sincrónica ¿qué pasa si varía la carga?



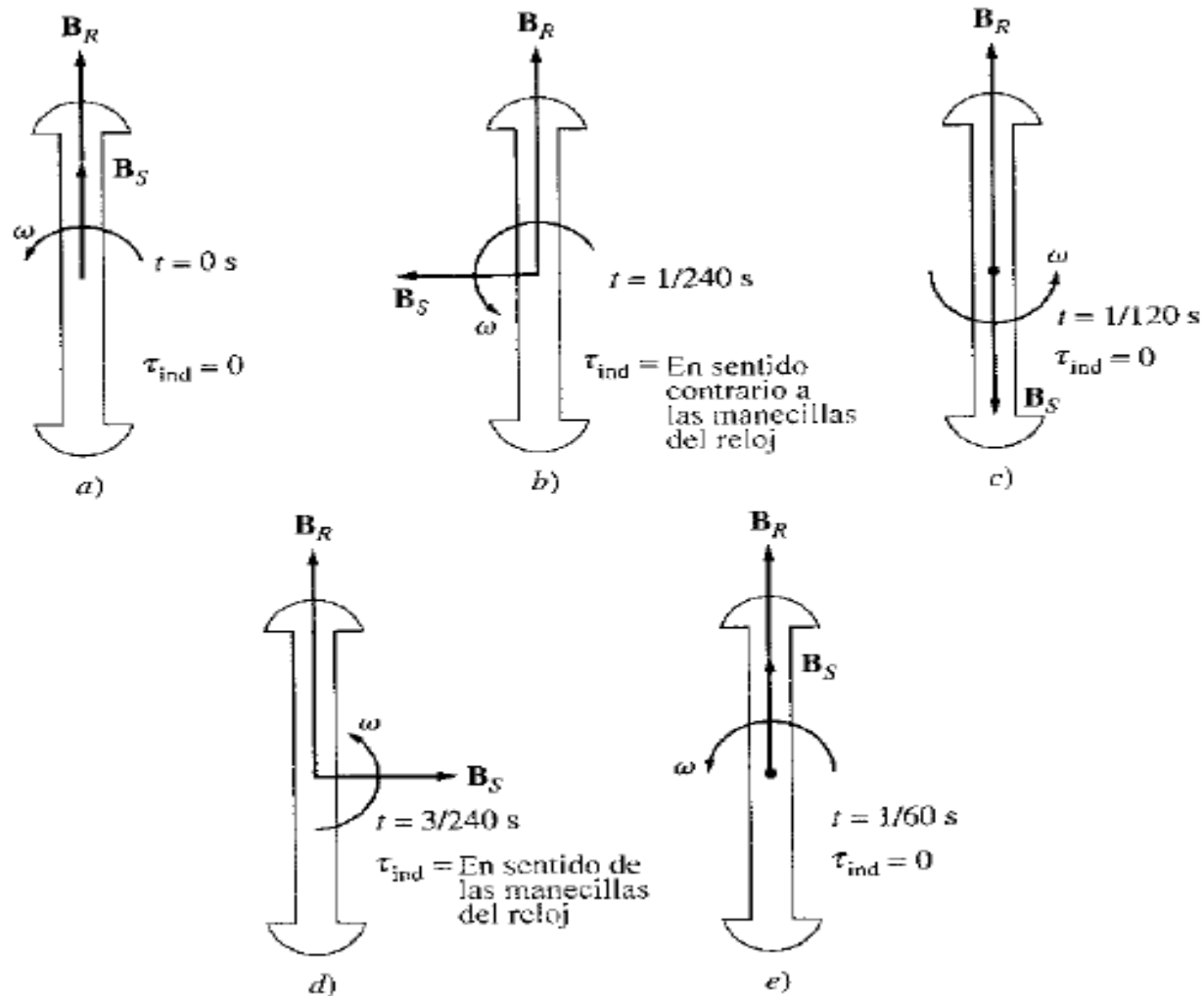
Curva en V: Variación de I_F



Arranque de Motores Sincrónicos

- ¿Cómo obtuve el motor síncronico su velocidad de sincronismo?

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



Tal método de arranque del motor sincrónico no es muy satisfactorio: los directores tienden a fruncir el ceño ante los empleados que queman un equipo costoso. Entonces, ¿cómo se puede arrancar un motor sincrónico?

Existen tres métodos básicos para el arranque seguro de un motor sincrónico.

1. *Reducir la velocidad del campo magnético del estator* a un valor suficientemente bajo para que el rotor pueda acelerar y se enlace con él durante medio ciclo de rotación del campo magnético. Esto se puede llevar a cabo reduciendo la frecuencia de la potencia eléctrica aplicada.
2. *Utilizar un motor primario externo* para acelerar al motor sincrónico hasta la velocidad de sincronismo, pasar por el proceso de entrada en sincronismo y convertir la máquina al instante en un generador. Entonces, apagando o desconectando el motor primario, la máquina sincrónica se transformará en un motor.
3. *Utiliza devanados de amortiguación.* La función de los devanados de amortiguación y su utilización en el motor se explicarán más adelante.

Cada uno de estos métodos de arranque del motor sincrónico se describen a continuación.

Reduciendo la Velocidad

- ▶ ¿de dónde se obtiene la frecuencia variable?
- ▶ R: a través de dispositivos de electrónica de potencia es relativamente fácil. Se ajusta el valor de la frecuencia a un valor muy bajo de arranque y luego se eleva a la frecuencia de operación.

Con Motor Externo Primario

- ▶ Se conecta un motor externo que aumenta su velocidad hasta la velocidad de funcionamiento, luego se libera y se pone en paralelo con el sistema de potencia.

Con Devanados de Amortiguación

- ▶ La técnica más popular para arrancar motores sincrónicos

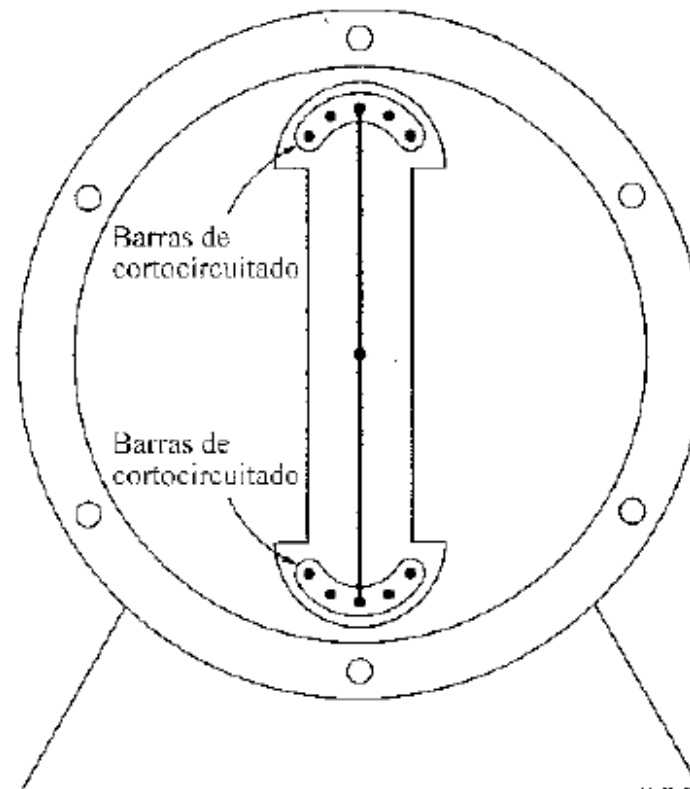
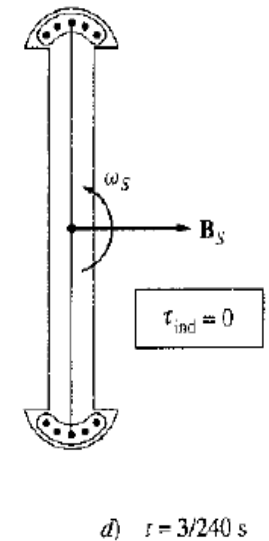
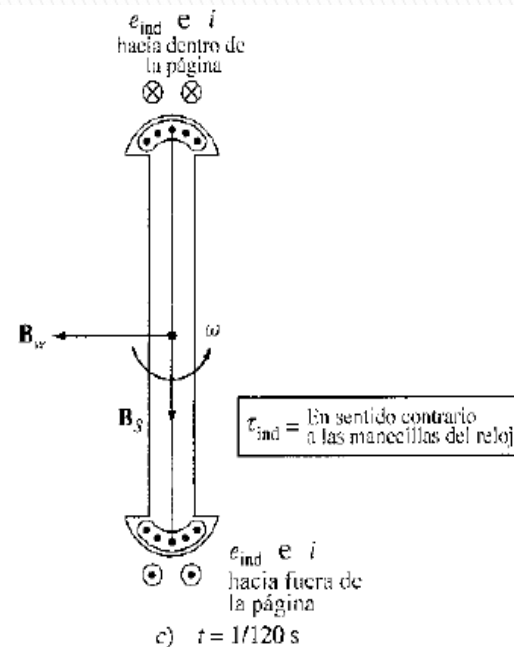
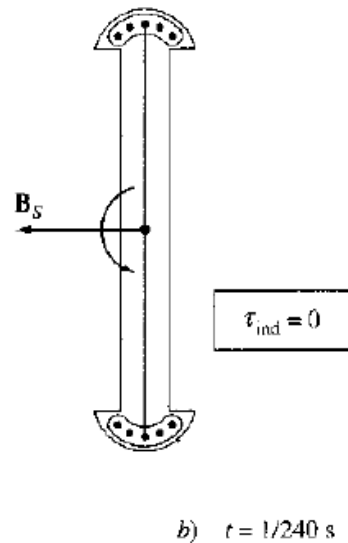
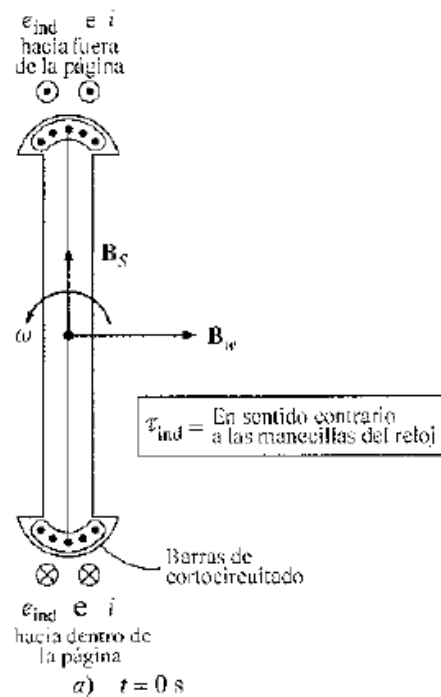


Figura 6-18

Diagrama simplificado de una máquina de dos polos salientes que muestra los devanados de amortiguación.



magnético del estator, se producirá un par que intenta frenar el rotor. En consecuencia, *el par producido por los devanados de amortiguación acelera las máquinas lentas y desacelera las rápidas.*