

# **Motores de corriente alterna**



**María Jesús  
Vallejo Fernández**

<b>MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>MOTORES DE INDUCCIÓN</b>	<b>1</b>
Principio de funcionamiento del motor asíncrono	2
<b>CARACTERÍSTICAS INDUSTRIALES DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS DE CORRIENTE ALTERNA</b>	<b>4</b>
Curvas características	4
Ensayos industriales.	4
Datos de motores asíncronos industrialmente disponibles	4
<b>CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS</b>	<b>5</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>5</b>

## MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA. INTRODUCCIÓN

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El **motor síncrono** es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

La **velocidad constante** de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el **motor de inducción de caja de ardilla** que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

Los motores de baterías en serie con conmutadores, que funcionan tanto con corriente continua como con corriente alterna, se denominan **motores universales**. Éstos se fabrican en tamaños pequeños y se utilizan en aparatos domésticos.

## MOTORES DE INDUCCIÓN

El motor asíncrono fue creado en su forma más simple por Galileo Ferraris y Nikola Tesla en 1885-86. Dos años más tarde se construyó una máquina con el rotor en forma de jaula de ardilla. el rotor de bobinado se desarrolló a principio del S.XX.

La diferencia del motor asíncrono con el resto de los motores eléctricos radica en el hecho de que no existe corriente conducida a uno de sus devanados (normalmente al rotor).

La corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él por el campo giratorio; por esta razón, a este tipo de motores se les designa también como motores de inducción.

La denominación de motores asíncronos obedece a que la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo, impuesta por la frecuencia de la red.

Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante. No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y cicloconvertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable.

La gran utilización de los motores asíncronos se debe a las siguientes causas: construcción simple, bajo peso, mínimo volumen, bajo coste y mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico.

Hay dos tipos básicos de motores asíncronos:

- Motores de jaula de ardilla: el devanado del rotor está formado por barras de cobre o aluminio, cuyos extremos están puestos en cortocircuito por dos anillos a los cuales se unen por medio de soldadura o fundición.
- Motor de rotor bobinado: el devanado del rotor de estos motores está formado por un bobinado trifásico similar al del estátor, con igual número de polos.

Un motor de rotor bobinado a igualdad de potencia y clase de protección, es más costoso, menos robusto y exige un mantenimiento mayor que uno de jaula de ardilla. No obstante, frente a este último posee fundamentalmente dos ventajas, que en algunos casos concretos resultan determinantes: las características del circuito eléctrico del rotor pueden ser modificadas en cada instante desde el exterior, y la tensión e intensidad del rotor son directamente accesibles a la medida o al control electrónico.

Un motor trifásico es como el representado en la Figura 1



Figura 1: Motor de inducción trifásico

**Principio de funcionamiento del motor asíncrono**

El esquema básico de funcionamiento de este tipo de motores es el mostrado en la Figura 2

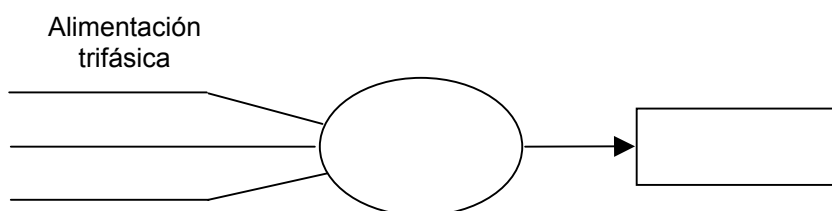
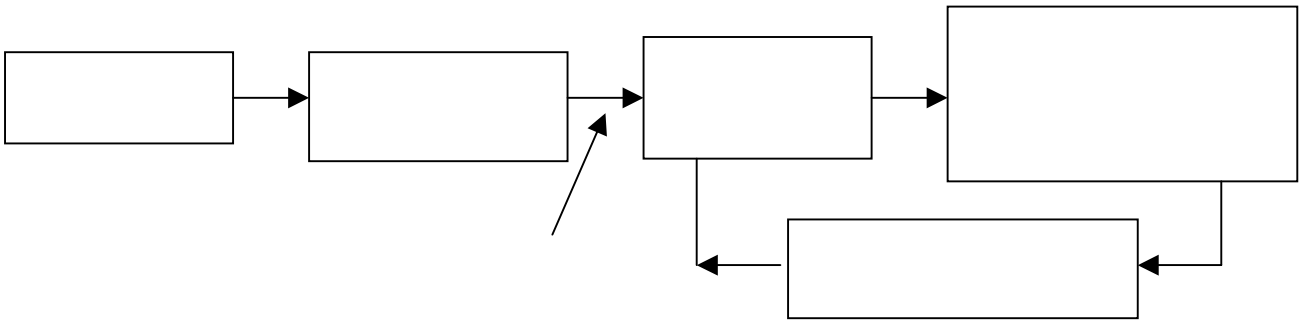


Figura 2: Esquema de funcionamiento

Siendo el principio de funcionamiento el de la Figura 3:



**Figura 3:** Principio de funcionamiento de un motor de inducción.

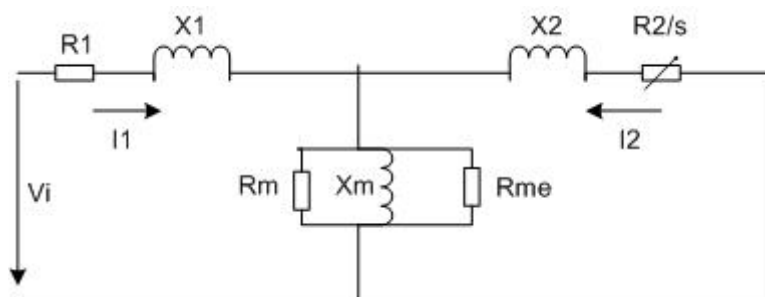
Cuando se alimenta el estátor de un motor asíncrono con un sistema trifásico de tensiones de frecuencia  $f_1$ , se origina en el entrehierro un campo magnético giratorio de amplitud constante cuya velocidad es  $n_1 = \frac{60f_1}{p}$ , donde  $p$  es el número de pares de polos del motor. Esta velocidad recibe el nombre de velocidad de sincronismo.

En los conductores del rotor, el campo giratorio inducirá unas fuerzas electromagnéticas, que al estar el devanado en cortocircuito darán lugar a unas corrientes. Éstas en presencia de un campo magnético, determinan que sobre los conductores actúen unas fuerzas, las cuales producen un par, que de acuerdo a la ley de Lenz, hace que el rotor tienda a seguir el campo del estátor.

La velocidad de giro del rotor ( $n$ ) no podrá igualar a la de sincronismo  $n_1$ , ya que entonces no se produciría la variación de flujo en el devanado del rotor y no se induciría ninguna fuerza electromagnética. Se denomina deslizamiento ( $s$ ), a la velocidad relativa del campo giratorio respecto del rotor, expresado en tanto por uno de la velocidad del campo, es decir:  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$ .

Las máquinas asíncronas también se puede utilizar como generador y como freno electromagnético. Para ser usadas como motor deben suministrar potencia mecánica, consumir potencia eléctrica y el deslizamiento debe ser  $0 < s < 1$ .

Para hacer un análisis circuital se utiliza el circuito equivalente de la Figura 4.



**Figura 4:** Circuito equivalente del motor asíncrono incluyendo pérdidas mecánicas.

La nomenclatura utilizada es:

$X_1$  : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado estatórico.

$R_1$  : Resistencia óhmica del bobinado estatórico.

$R_m$  : Resistencia que representa a las pérdidas magnéticas.

$X_m$  : Reactancia que representa a la corriente magnetizante.

$R_{me}$  : Resistencia variable que representa las pérdidas mecánicas.

$X_2$  : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado de rotor.

$R_2$  : Resistencia óhmica del bobinado de estátor.

# **CARACTERÍSTICAS INDUSTRIALES DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS DE CORRIENTE ALTERNA**

## ***Curvas características***

Las curvas características de una máquina relacionan entre sí diferentes magnitudes de la misma y permiten analizar su comportamiento en distintos regímenes de funcionamiento de manera precisa.

Para la máquina asíncrona las curvas características más importantes son:

- curva par-velocidad.
- curva corriente-velocidad
- característica de velocidad.
- característica de factor de potencia.
- característica de rendimiento.

## ***Ensayos industriales.***

Antes de lanzar los modelos de motores al mercado se comprueban sus características, con el fin de incluirlas tras su comprobación empírica en la hoja de especificaciones del motor.

### **a) Ensayos normales para todos los motores:**

- Medida de resistencia en continua de las fases del estátor.
- Medida de la resistencia en continua de las fases del rotor (para el caso de rotor bobinado).
- Rigidez dieléctrica del devanado del estátor.
- Rigidez dieléctrica del devanado del rotor (para el caso de rotor bobinado).
- Chequeo de la secuencia de fases en la caja de bornes de la máquina.
- Nivel de aislamiento devanado estátor.
- Nivel de aislamiento devanado rotor (para el caso de rotor bobinado).

### **b) Ensayos adicionales para motores tipo:**

- Ensayo de calentamiento.
- Rendimiento por suma de pérdidas.
- Curva característica de cortocircuito a tensión reducida.
- Curva característica de vacío.

### **c) Ensayos especiales bajo pedido:**

- Medida del par durante el arranque.
- Medida de ruidos.
- Medida de vibraciones.
- Medida del factor de pérdidas del aislamiento de los devanados.
- Otros.

## ***Datos de motores asíncronos industrialmente disponibles***

Los datos que proporcionan generalmente los fabricantes de motores asíncronos son los que se indican a continuación:

- Tipo y tamaño constructivo.
- Clase de protección.
- Potencia.
- Tensión.
- Valores nominales de otras magnitudes características.
- Relación par de arranque/par nominal e intensidad de arranque/intensidad nominal.
- Otros datos adicionales, en su caso (por ejemplo: peso, momento de inercia, clase de aislamiento, etc.).

En los motores de rotor bobinado suele darse también la fuerza electromagnética entre los anillos del rotor, a rotor parado y abierto.

## Campos de aplicación de los motores asíncronos

Se resumen en la Tabla 1

Características de la aplicación:	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
Tipo de carga	Constante	Variable	Constante	Variable	Variable	Variable	Variable
Arranques	Raramente	Raramente	Raramente	Raramente	Frecuente	Frecuente	Frecuente
Picos de carga	Bajos	Altos	Altos	Altos y frecuentes	Altos y de corta duración	Altos	Altos
Par de arranque	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal a alto	
Potencia del sistema	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Muy alto

**Tabla 1:** Aplicaciones de los motores de inducción.

Ejemplos de cada uno de los tipos son:

- Tipo 1: La mayoría de las aplicaciones: bombas centrífugas, ventiladores, compresores sin carga.
- Tipo 2: Máquinas herramienta: tornos, sierras, fresadoras, etc...
- Tipo 3: Compresores, bombas oscilantes, transportadores cargados.
- Tipo 4: Prensas punzadoras de alta velocidad.
- Tipo 5: Prensas de estirado, plegadoras.
- Tipo 6: Grúas, elevadores.
- Tipo 7: Extractores.

Añadir algunos ejemplos de motores que requieren una ejecución especial:

- Motores para servicios intermitentes empleados en mecanismos de elevación, cabrestantes, etc...Requieren gran robustez mecánica.
- Motores para telares. Tienen un funcionamiento cíclico rápido, la marcha es irregular y ruda, así que el motor debe ser excepcionalmente robusto.
- Motores para el accionamiento de la maquinaria de cubierta en los buques. El ambiente de trabajo es muy desfavorable, así que debe ponerse especial atención en el aislamiento.
- Motores para la industria láctea. La carcasa debe ser sin nervaduras y recubierta de un barniz especial que facilite la limpieza.
- Motores destinados a funcionamiento bajo el agua. Deben hacer frente al problema de funcionamiento en inmersión.
- Motores para servicio en atmósferas inflamables o explosivas. Son motores de “seguridad aumentada”, con carcasa blindada para contener las posibles explosiones.
- Motores de varias velocidades, para aquellos procesos tecnológicos que no requieren una variación continua de la velocidad, sino únicamente varios niveles de velocidad diferente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Centro Superior de Informática. Universidad de la Laguna.

Motores de corriente alterna: <http://www.csi.ull.es/~jplatas/web/ca/teoria/tema5-27.htm>.

Generadores eléctricos BRAVO S.L.

<http://www.gebravo.com/productos/motoresca.htm>

Tapia, Juan A.: “Máquinas Inducción Trifásica”.

Merino Azcárraga, José María: “Arranque industrial de motores asíncronos. Teoría, cálculo y aplicaciones”. Ed. McGraw-Hill. Madrid, 1995.

Apuntes de Máquinas Eléctricas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales:

Serrano Iribarnegaray, L; Cervera Vicente, A., Riera Guasp, M.: Motores asíncronos trifásicos. Descripción general y teoría básica.

Serrano Iribarnegaray, L; Cervera Vicente, A., Riera Guasp, M.: Motores asíncronos trifásicos. Curvas características y otros datos de interés industrial.