

Capítulo 10

MOTORES MONOFASICOS

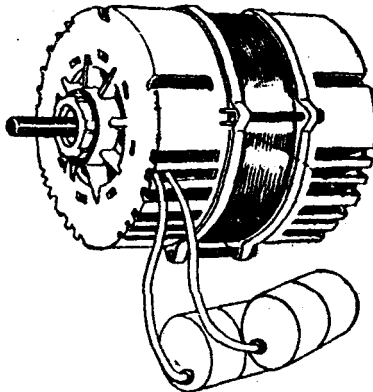
10.1 Generalidades

10.2 El motor monofásico de inducción

10.3 Tipos de motores monofásicos de inducción

10.4 El motor universal

10.5 Otros tipos de motores



MOTORES MONOFASICOS

10.1 GENERALIDADES

Los motores monofásicos son motores de pequeña potencia fraccionaria mayormente: 1/4 hp, 1/2 hp, 3/4 hp, 1 hp, de uso más bien doméstico o en pequeños talleres o negocios donde se alimentan con corriente alterna monofásica para accionar refrigeradoras, bombas, instrumentos registradores, relojes, aparatos de cocina, máquinas-herramientas portátiles, tocadiscos, ventiladores, compresores, etc.

Los motores monofásicos se construyen de diversos tipos cada cual con sus propias características constructivas y de operación. En el presente libro se estudiará sólo tres tipos importantes de motores monofásicos, a saber, los de inducción, los de conmutador y los síncronos, desde un punto de vista básico.

En el país la firma nacional DELCROSA, por ejemplo, fabrica motores monofásicos de uso general de 1/2 hp a 1 1/2 hp de potencia nominal y otros tipos de motores monofásicos de pequeña potencia, también, para usos específicos.

10.2 EL MOTOR MONOFASICO DE INDUCCION

Es el motor que presenta las mejores características, por lo que es el de mayor difusión en el país.

Presenta un rotor de jaula de ardilla. El estator está compuesto por un embobinado de trabajo o principal, el cual se distribuye en las ranuras del estator del mismo modo que en los motores trifásicos.

Como se sabe, al aplicar una tensión monofásica alterna al embobinado principal, se generan dos campos magnéticos giratorios de igual amplitud y constantes, que giran a la misma velocidad pero en sentidos contrarios. Como resultado se produce un campo magnético pulsatorio, el cual no es capaz de poner en marcha el motor por cuanto produce un torque de arranque nulo.

En la Figura 10.1 se muestra las curvas de torque-velocidad correspondientes a cada uno de los campos magnéticos giratorios (en línea de trazos), así como la curva resultante (en línea continua), diferencia de las curvas de los torques 1 y 2, que es la que corresponde propiamente al motor de inducción monofásico.

El campo que gira a la derecha da origen, por ejemplo, al torque giratorio 1 y el que gira a la izquierda, al torque giratorio 2, de sentido contrario.

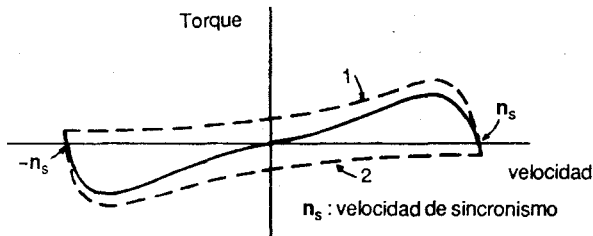


Fig. 10.1 Curvas de torque-velocidad de un motor de inducción monofásico.

Se observa en la Figura 10.1 que este motor no tiene torque de arranque debido a que ambos torques se equilibran. Sin embargo, si se utilizara algún medio manual, mecánico auxiliar, u otro, para ponerlo en marcha, el motor empezará a girar en el sentido en el que es impulsado y aumentará su velocidad hasta acercarse a la de sincronismo quedando así en condiciones de desarrollar trabajo mecánico.

El método más común utilizado es el de un embobinado auxiliar o de arranque, generalmente de menor calibre y menor número de vueltas, distribuido también en el estator pero formando 90° magnéticos con el embobinado principal, creando así una diferencia de fase ϕ entre la corriente que circula por el embobinado principal y la que circula por el embobinado auxiliar.

Con esta medida se consigue que el motor pueda funcionar como bifásico durante la puesta en marcha. De allí el nombre de motores de fase partida o de fase dividida con el que se les conoce.

El circuito de la fase partida se conecta en paralelo con el circuito principal y se puede utilizar sólo durante la puesta en marcha o también durante el funcionamiento. En el primer caso, cuando el motor alcanza un 75% de su velocidad nominal, un interruptor centrífugo montado en el rotor, desconecta el embobinado auxiliar, quedando únicamente en servicio el embobinado principal.

El ángulo ϕ de desfasaje entre las corrientes mencionadas es relativamente grande debido a que las impedancias de los embobinados principal y auxiliar son bastante diferentes. El ángulo de impedancia del embobinado principal es mayor que el del auxiliar por lo que la corriente de este último adelanta a la del embobinado principal.

En algunos casos, se agrega condensadores en el circuito del embobinado auxiliar que adelantan aún más la corriente de éste.

El campo magnético resultante de ambos embobinados resulta ser también, en tales condiciones, un campo magnético giratorio que induce tensiones en el en el rotor cortocircuitado y que produce un torque que hace girar el rotor a una velocidad muy cercana a la de sincronismo, la cual dependerá, como se sabe, del número de polos y de la frecuencia de la red.

10.3 TIPOS DE MOTORES MONOFASICOS DE INDUCCION

Existen los siguientes tipos de motores monofásicos de inducción: el de fase partida normal, el de fase partida de arranque por resistencia, el de fase partida de arranque por condensador, el de arranque por condensador más condensador permanente y el motor con condensador de dos valores.

En la Figura 10.2 (a) se muestra el esquema de conexiones de un motor de fase partida normal. El estator posee dos embobinados, el principal y el auxiliar. Este último se energiza sólo durante el período de puesta en marcha: cuando el motor alcanza una velocidad de 75 á 80% de la de sincronismo, un interruptor centrífugo se abre desconectando el embobinado auxiliar. En la Figura 10.2 (b) puede verse la característica típica de torque-velocidad de estos motores, funcionando con embobinado auxiliar y sin éste.

El deslizamiento a carga nominal es de un 5% ó menos.

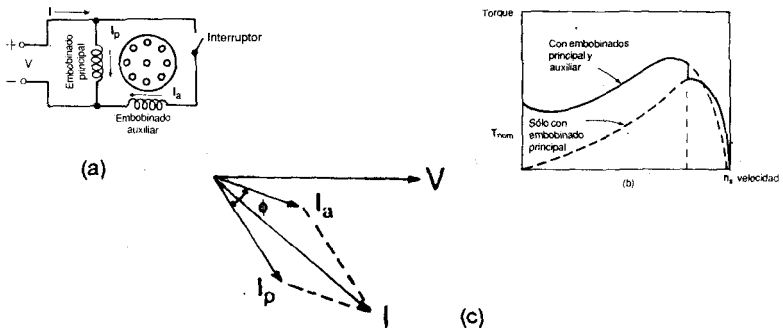


Fig. 10.2 El motor de fase partida normal.

- (a) Esquema de conexiones.
- (b) Característica torque-velocidad.
- (c) Diagrama fasorial en el arranque.

Como el embobinado principal permanece energizado durante el funcionamiento, se construye con alambre de mayor calibre; con el fin de lograr un torque grande, puesto que el torque es proporcional al flujo concatenado, el embobinado se construye con un número de vueltas grande.

En los motores de fase partida normales el desfase ϕ entre las corrientes del embobinado principal I_p y auxiliar I_a es de unos 25° . Véase el diagrama fasorial en el arranque de la Figura 10.2 (c).

En la Figura 10.3 (a) se muestra el esquema de conexiones de un motor de fase partida de arranque por resistencia. Este motor utiliza una resistencia R externa adicional en serie con el embobinado auxiliar con el fin de aumentar aún más el desfase durante la puesta en marcha.

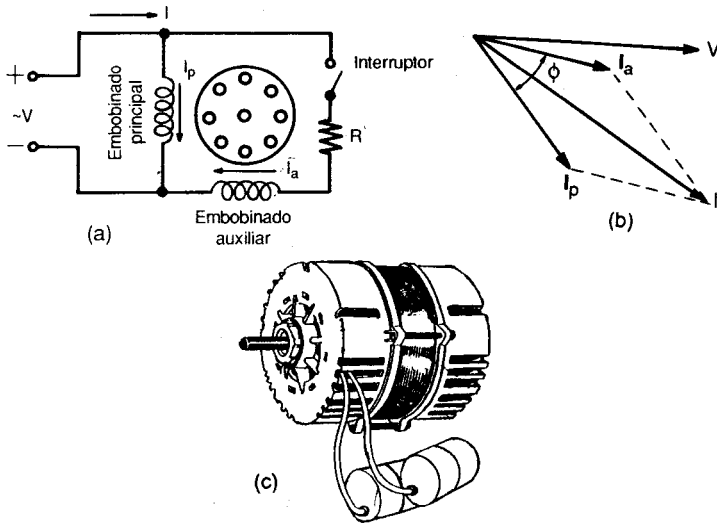


Fig. 10.3 El motor de fase partida con arranque por resistencia

- (a) Esquema de conexiones.
 (b) Diagrama fasorial en el arranque.
 (c) Motor de fabricación nacional.

El desfase puede conseguirse también aumentando la resistencia del embobinado auxiliar con alambre de menor calibre todavía. La reactancia del embobinado auxiliar se reduce bobinando un tercio de sus espiras en sentido contrario al del resto de las espiras.

Estos motores se conectan directamente a la red, pues a pesar de presentar corrientes de arranque altas, de 4 á 7 veces la nominal, éstas no afectan mayormente la tensión de la red como ocurre en las instalaciones con motores trifásicos.

Estos motores usan un interruptor electromagnético con una bobina sensora en serie con el embobinado principal para controlar contactos normalmente abiertos en el embobinado auxiliar.

La corriente de arranque alta provoca el cierre de dichos contactos, pero, a medida que aumenta la velocidad del rotor y la corriente decrece, los contactos se abren de nuevo a una velocidad prefijada.

El sentido de giro de un motor de fase partida se puede cambiar invirtiendo las conexiones del embobinado auxiliar en la caja de bornes de la máquina.

Los torques de arranque están comprendidos entre 100 y 200% del torque nominal.

Los embobinados auxiliares no se construyen para soportar una operación prolongada. Si el interruptor no se abre cuando el motor se ha puesto en mar-

cha, la acumulación de calor resultante puede ocasionar que se quemen ambos embobinados.

La firma nacional DELCROSA fabrica este tipo de motores para el accionamiento de lavadoras domésticas. Véase la Figura 10.3 (c).

En la Figura 10.4 (a) se muestra el esquema de conexiones del **motor de fase partida con arranque por condensador**. Este motor es semejante al anterior con la diferencia que tiene un condensador C electrolítico de corriente alterna tipo seco de gran capacitancia, entre 75 y 350 μF , en serie con el embobinado auxiliar, y que se desconecta una vez que se pone en marcha el motor. El condensador está diseñado para trabajo intermitente de corta duración.

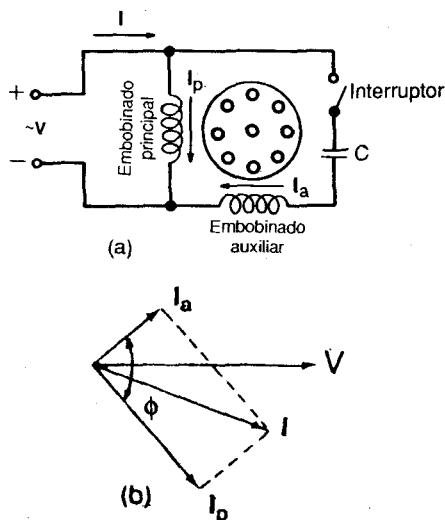


Fig. 10.4 El motor de fase partida con arranque por condensador.

(a) Esquema de conexiones.

(b) Diagrama fasorial en el arranque.

El torque de arranque es proporcional al producto $I_p \cdot I_a \cdot \sin \phi$, en donde ϕ es el ángulo entre las corrientes I_p e I_a que circulan por los embobinados principal y auxiliar respectivamente. El condensador permite que dichas corrientes se desfasen entre sí alrededor de 90° durante la puesta en marcha, tal como se observa en el diagrama fasorial de la Figura 10.4 (b).

Ya que todos estos motores de fase partida funcionan sólo con el embobinado principal, sus características de funcionamiento son las mismas. Sin embargo, en el motor de arranque por condensador existe un flujo mayor y un mayor desfase ϕ , lo cual produce torques de arranque mayores. Véase la Figura 10.5.

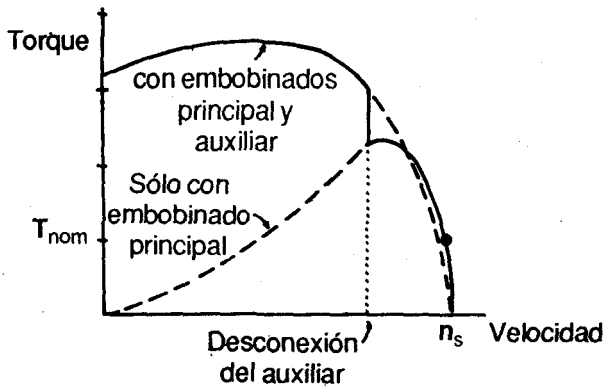


Fig. 10.5 Características torque-velocidad de motores de fase partida de arranque por condensador.

El deslizamiento en condiciones normales es menor que 5%.

Estos motores se usan mucho en aplicaciones domésticas, por ejemplo, para el accionamiento de los compresores de las refrigeradoras.

La firma nacional DELCROSA fabrica estos motores para acoplarse a bombas.

En la Figura 10.6 (a) se muestra el esquema de conexiones del motor con condensador C permanente. Este motor funciona con ambos devanados. Cuando funciona con un solo embobinado, las pulsaciones de potencia al doble de la frecuencia aplicada ocasionan un motor ruidoso.

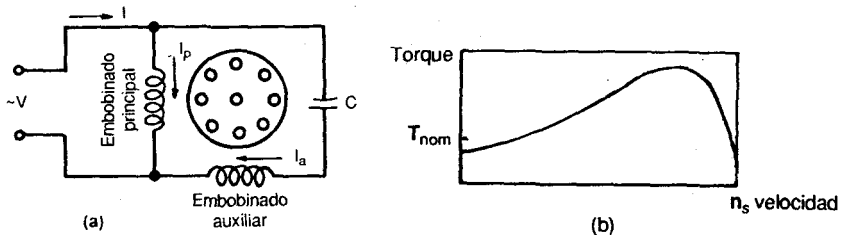


Fig. 10.6 El motor monofásico de inducción con condensador permanente. (a) Esquema de conexiones. (b) Característica torque-velocidad.

Con dos embobinados desfasados 90° , la potencia es pareja y el motor es silencioso. Se consigue aumentar el factor de potencia y la eficiencia. En este motor, la capacitancia durante la puesta en marcha y en la marcha normal tienen el mismo valor.

Estos motores tienen buenas características de marcha, debido a su baja capacitancia. La baja capacitancia produce un torque de arranque bajo (el 50% del

torque nominal). Véase la Figura 10.6 (b). El condensador electrolítico más barato no está especificado para trabajo continuo por lo que se debe usar un condensador del tipo de papel impregnado en aceite, de mayor costo.

Estos motores se usan sobretodo en el accionamiento de ventiladores.

En la Figura 10.7 (a) se muestra el esquema de conexiones de un **motor de inducción con condensador de dos valores**.

En este motor, sólo durante la puesta en marcha, se conecta un segundo condensador C_2 de mayor valor en paralelo con un condensador permanente C_1 . Esto se hace con el fin de que el motor desarrolle un buen torque de arranque, pero conservando sus características de marcha normal.

La capacitancia durante el período de puesta en marcha puede ser 10 ó más veces la capacitancia de marcha. El condensador de arranque C_2 es uno electrolítico de unos 250 μF , mientras que el condensador permanente es uno de papel impregnado en aceite de unos 15 μF .

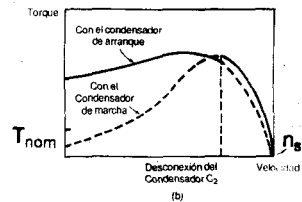
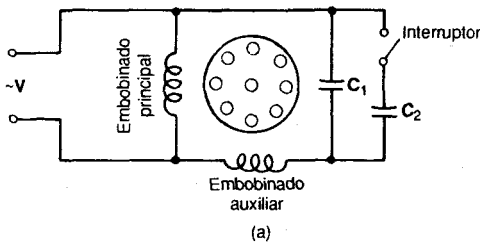


Fig. 10.7 Motor de inducción monofásico con condensador de dos valores.

(a) Esquema de conexiones.

(b) Características torque-velocidad.

Las curvas de la Figura 10.7 (b) muestran la velocidad de marcha con ambos condensadores en el circuito como inferior a la velocidad con sólo el condensador de marcha. El deslizamiento a carga nominal en los motores permanentemente partidos es de un 10%.

10.4 EL MOTOR UNIVERSAL

El motor universal o motor serie monofásico es semejante a un motor serie de corriente continua en el que se ha hecho pequeñas modificaciones para mejorar su funcionamiento en corriente alterna: los polos salientes del estator están hechos de placas con el fin de reducir las corrientes parásitas. Véase la Figura 10.8; el embobinado inductor es de pocas espiras de alambre grueso; no hay polos de conmutación ni embobinado de compensación.

El motor universal tiene el mismo principio de funcionamiento que un motor de corriente continua. Con ayuda de la Figura 10.8 (b) y (c) se explica la razón por la cual este motor puede funcionar en corriente alterna.

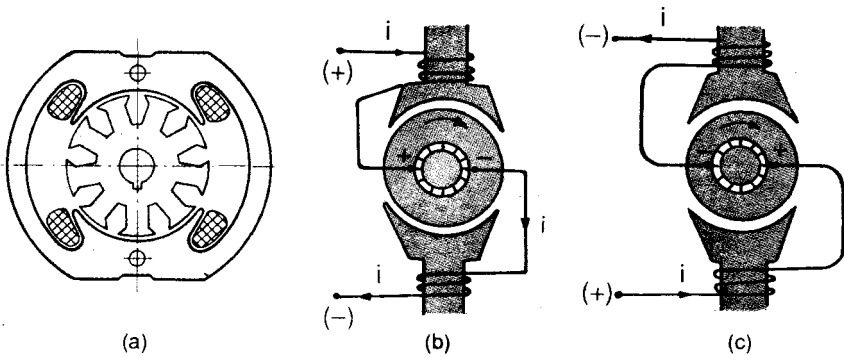


Fig. 10.8 El motor universal.

Cuando se invierte la polaridad de la red, se invierten, a la vez, las corrientes de excitación y la de armadura, pues éstas se encuentran en serie. Como resultado de esto, el sentido de giro del motor sigue siendo el mismo.

Las características de operación son similares a las del motor serie de corriente continua. Tiene un amplio rango de velocidad con carga, tal como se puede observar en la Figura 10.9, pudiendo alcanzar valores muy altos entre 3,000 y 11,000 rpm.

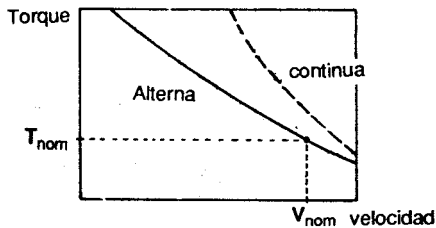


Fig. 10.9 Variación de la velocidad del motor universal con la carga.

La velocidad de vacío puede llegar a ser cinco veces la velocidad a plena carga.

La velocidad de un motor universal es algo menor cuando trabaja con corriente alterna debido a la caída de tensión en la reactancia del campo, especialmente con cargas grandes.

El motor universal se construye para pequeñas potencias (hasta 0.5 hp de capacidad). Se utiliza cuando se necesita que pueda funcionar con corriente continua y cuando se necesita obtener velocidades muy altas que se regulan con la carga, o sea, que disminuye al incrementarse la carga.

Se usa generalmente para accionar pequeños aparatos tales como máquinas de calcular, máquinas de vacío, mezcladoras de comida, equipo de ventilación, herramientas portátiles, aspiradoras y otros aparatos electrodomésticos.

10.5 OTROS TIPOS DE MOTORES MONOFASICOS

10.5.1 El motor de polos sombreados o divididos

Es un motor asíncrono de jaula de ardilla, cuyo estator tiene un embobinado concentrado de dos o cuatro polos, incapaz de producir por sí sólo un campo magnético giratorio.

Con el fin de lograr el campo magnético giratorio se hace una pequeña ranura en los polos y se coloca en la misma una espira de cobre cortocircuitada, que abarca de un medio a un tercio del polo. Véase la Figura 10.10 (a), (b) y (c).

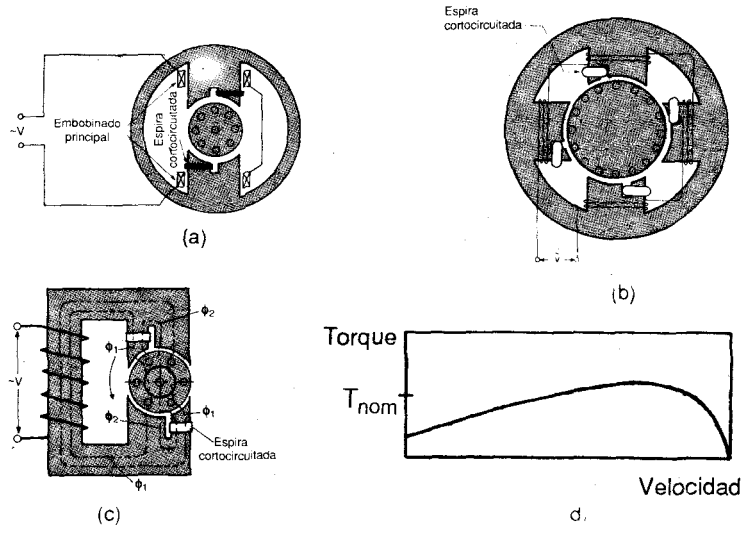


Fig. 10.10 Esquema de motores de polos sombreados con una espira cortocircuitada.

- (a) Motor de dos polos.
- (b) Motor de cuatro polos.
- (c) Motor de dos polos.

En esta espira se induce una f.e.m. que hace circular una corriente por la espira produciéndose un campo magnético atrasado ϕ_2 respecto al campo principal. Véase la Figura 10.10 (c). Como consecuencia se produce un pequeño campo resultante que oscila de un extremo a otro del polo, desde la porción no sombreada hasta la porción sombreada igual que un campo magnético giratorio. Por lo tanto, las espiras de cortocircuito actúan de un modo similar al embobinado auxiliar de los motores de fase partida: sus campos magnéticos forman, junto con el campo magnético principal ϕ_1 , un campo magnético giratorio. Esto es suficiente para poner en movimiento el rotor que luego funciona como cualquier motor de inducción.

El motor de polos sombreados es de construcción especialmente sencilla y barata, y no requiere de dispositivos auxiliares (condensador, interruptor centrífugo), pero las pérdidas en las espiras de sombra a velocidad nominal son grandes presentando poca capacidad de sobrecarga y una eficiencia muy baja de alrededor del 20%. Véase la Figura 10.10 (d). Tiene un torque de arranque bajo.

Su empleo no está muy difundido y se le utiliza en pequeñas aplicaciones de 100 W ó menos, en las que no interesa el torque de arranque ni la eficiencia, como por ejemplo, en el accionamiento de pequeños ventiladores, tocadiscos, aparatos de cinta magnetofónica, máquinas electrodomésticas, etc.

10.5.2 El motor síncrono monofásico

Los motores síncronos monofásicos se parecen, en su modo de funcionar, a los motores síncronos trifásicos; se emplean, pues, cuando se exige un número de revoluciones exactamente constante y se desea mejorar el factor de potencia, en lugar de usar condensadores.

En nuestro medio se usan los motores síncronos monofásicos en relojes y mesas giratorias.