MAQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO



Mg. Amancio R. Rojas Flores

1. Principio de funcionamiento

Básicamente, un motor de inducción monofásico está formado por un rotor en jaula de ardilla análogo al de los motores trifásicos con el inconveniente de que su rendimiento y factor de potencia son inferiores.

Normalmente se construyen con potencias inferiores a 1 CV y por ello reciben también el nombre de motores fraccionarios

El campo de aplicación está muy restringido y se limita en su mayoría a las instalaciones domésticas:

Al introducir una corriente alterna en el devanado del estátor se produce una fuerza magnetomotriz en el entrehierro, distribuida senoidalmente en el espacio y de carácter pulsatorio, cuya expresión, es:

$$\Im(\alpha, t) = F_m \cos \omega_1 t \cos p\alpha$$

La f.m.m. anterior produce un campo magnético proporcional en el entrehierro, el cual induce a su vez corrientes en el rotor, como si fuera el circuito secundario de un transformador, de tal forma que los pares de rotación originados por la acción recíproca de las intensidades de las dos mitades del arrollamiento del rotor con el campo inductor del estátor son opuestas entre sí, y en consecuencia, el par resultante que actúa sobre el rotor en reposo es nulo.

La ausencia de par inicial de arranque representa la particularidad característica del motor monofásico y por ello esta máquina no puede arrancar por sí misma.

De acuerdo con el teorema de Leblanc, la f.m.m. alternativa puede expresarse también como:

$$\Im(\alpha,t) = \frac{1}{2} F_m \left[\cos(\omega_1 t + p\alpha) + \cos(\omega_1 t - p\alpha\right]$$

Cada campo giratorio dará lugar a una característica par-deslizamiento análoga a la mostrada para los motores trifásicos.

Si el motor gira en el sentirlo del campo positivo directo (uno de ellos elegido arbitrariamente) a velocidad n, el deslizamiento de este campo s, tendrá un valor:

$$s_d = s = \frac{n_1 - n}{n_1} = 1 - \frac{n}{n_1}$$

mientras que el deslizamiento correspondiente del campo inverso s_i , será:

$$s_i = \frac{n_1 - (-n)}{n_1} = 1 + \frac{n}{n_1} = 2 - s$$

expresión que relaciona los deslizamientos de ambos campos.

Las características T = .f (s) para cada uno de los sistemas giratorios y su resultante se muestran en la Figura

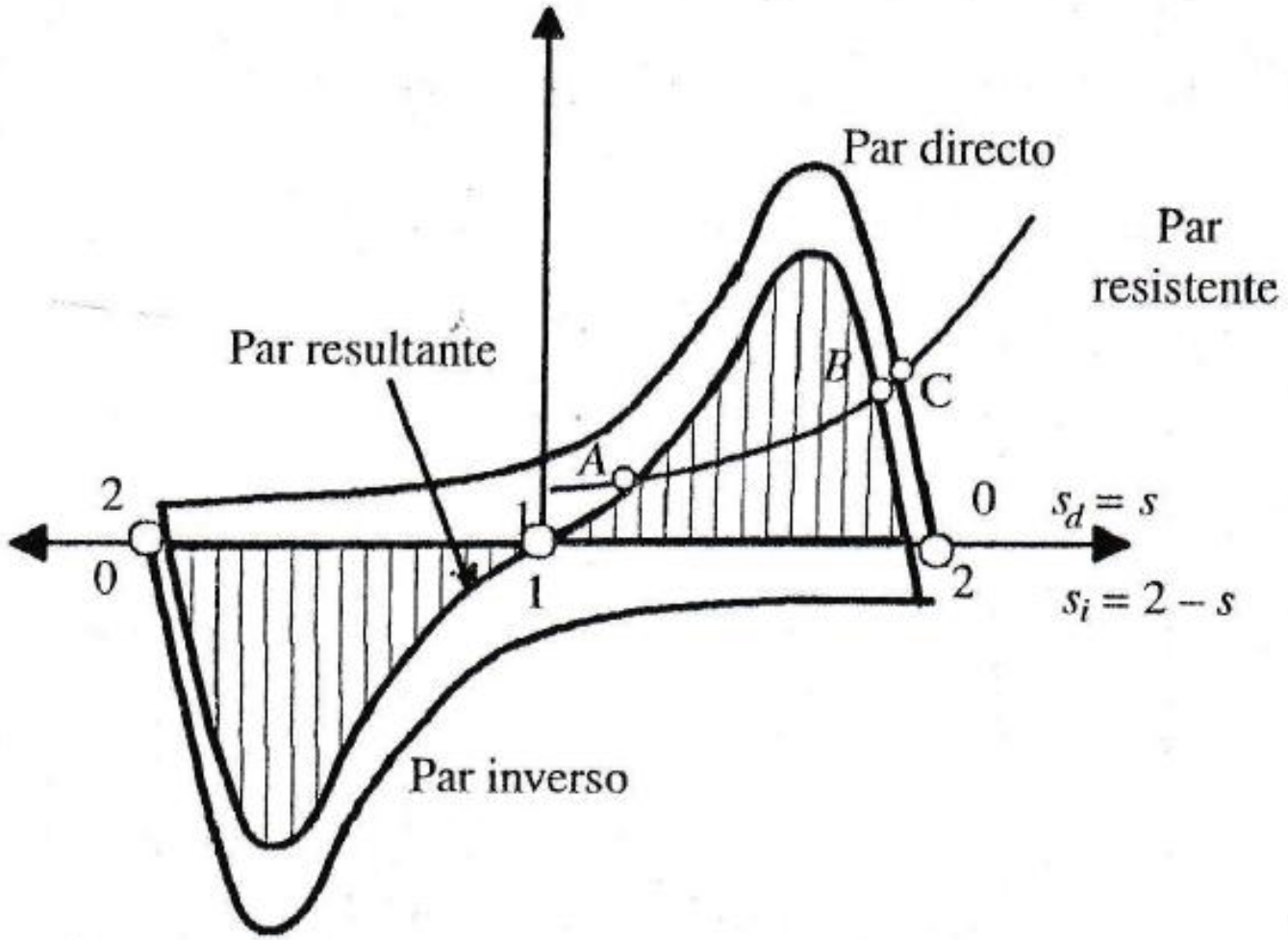
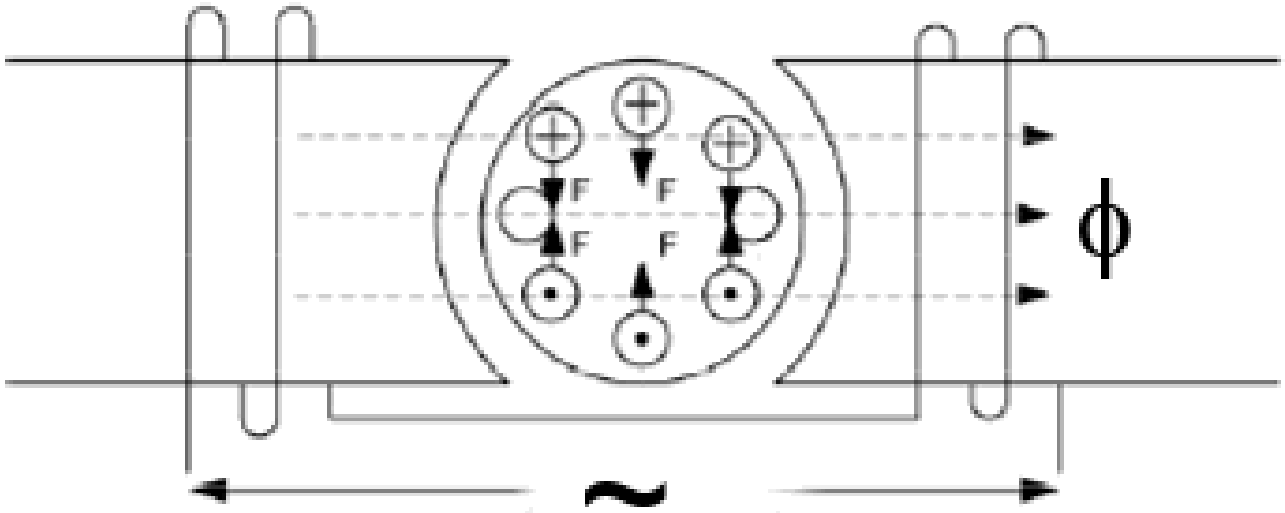


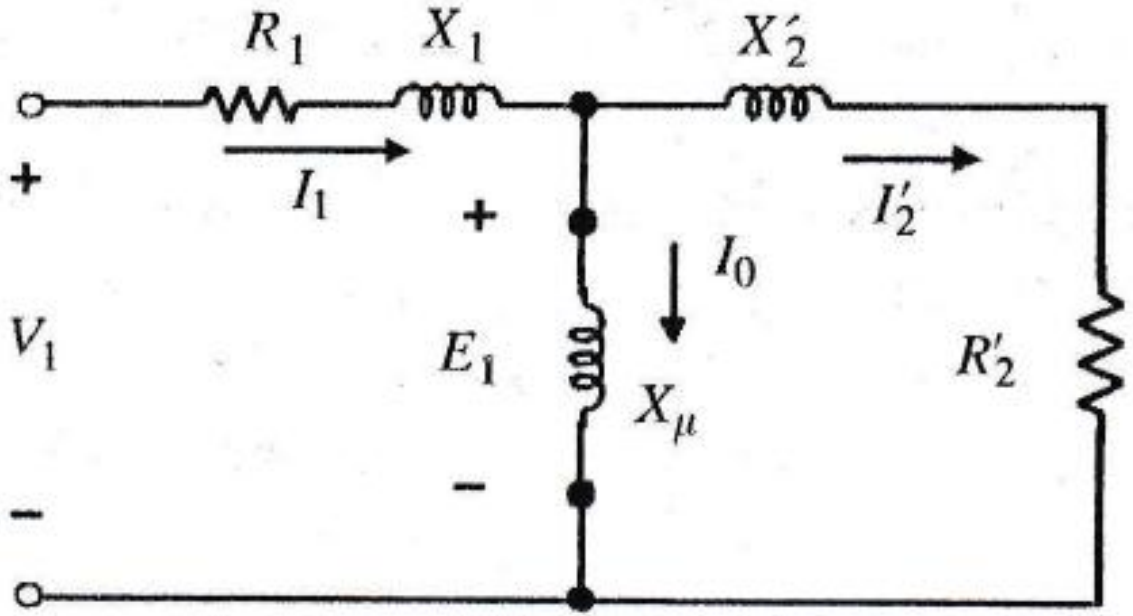
Figura. curvas par-velocidad de un motor asíncrono monofásico.

En el arranque, rotor parado, los dos pares son iguales pero de sentido contrario. Luego el motor monofásico no arranca por si solo. Si por cualquier procedimiento se ayudara a girar el rotor en un sentido, se aparecerá inmediatamente un par que si es superior al par resistente pondrá en funcionamiento la maquina

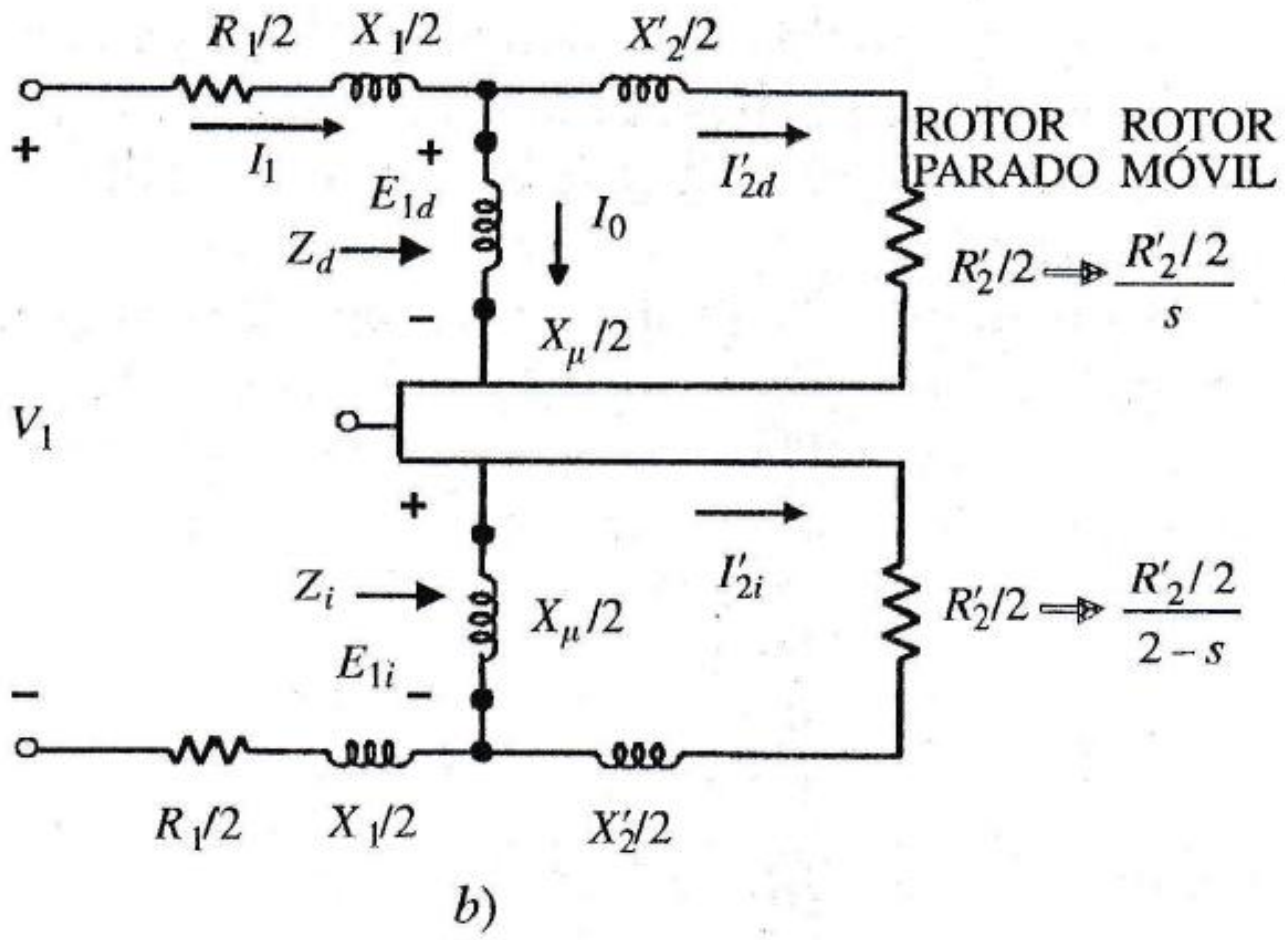


Circuito equivalente

Si se considera el rotor parado, el circuito equivalente del motor monofásico será el mostrado en la Figura (se han considerado despreciables las pérdidas en el hierro). Este circuito no es más que el correspondiente al motor trifásico para un deslizamiento nulo; E_1, representa la f.e.m. inducida en el devanado del estátor debida al campo alternativo existente en el entrehierro.



El circuito equivalente de la Figura anterior se puede poner como se muestra en la Figura b, que consiste en dos mitades idénticas conectadas en serie, cada una correspondiente a cada campo giratorio.



b)

Para que el motor monofásico pueda arrancar se necesita que los dos campos giratorios tengan diferentes amplitudes en condiciones estacionarias. Esto requiere, que se incorpore un bobinado adicional al motor monofásico y que se denomina devanado auxiliar, que se sitúa a 90° eléctricos respecto al otro bobinado, denominado devanado principal (se trata, en definitiva, de preparar un pseudomotor bifásico). El devanado auxiliar tiene menos espiras que el devanado principal y se construye con hilo más delgado.

Con el circuito equivalente a rotor móvil del motor monofásico mostrado en la Figura b se puede hacer un análisis cuantitativo de esta máquina de un modo similar al que se utilizó en el análisis del motor trifásico.

En el caso del motor monofásico se dispone de dos resistencias de carga de campo directo e inverso:

$$R'_{cd} = \frac{R'_2}{2}\left(\frac{1}{s} - 1\right) = \frac{R'_2}{2}\frac{1-s}{s}$$

$$R'_{ci} = \frac{R'_2}{2}\left(\frac{1}{2-s} - 1\right) = -\frac{R'_2}{2}\frac{1-s}{2-s}$$

que dan lugar a las potencias mecánicas internas:

$$(P_{mi})_d = R'_{cd} I'^2_{2d} \quad ; \quad (P_{mi})_i = R'_{ci} I'^2_{2i}$$

lo que corresponde a una potencia mecánica total:

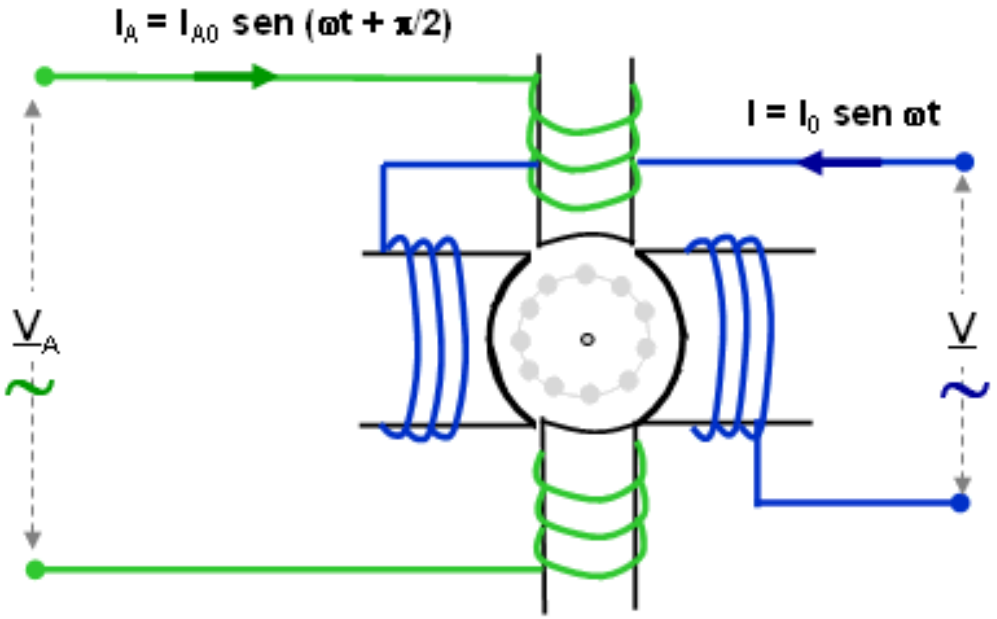
$$P_{mi} = (P_{mi})_d + (P_{mi})_i = \frac{R'_2}{2}(1-s)\left[\frac{I'^2_{2d}}{s} - \frac{I'^2_{2i}}{2-s}\right]$$

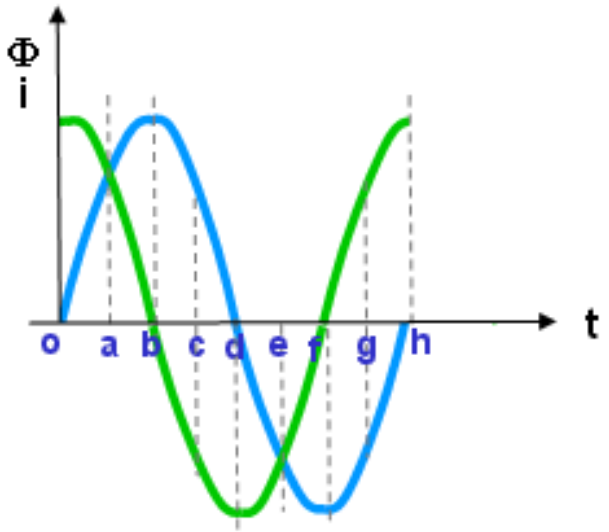
y a un par neto en el eje

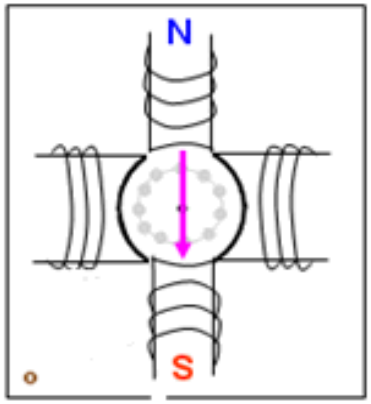
$$T = \frac{P_{mi}}{\omega_1(1-s)} = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{R'_2}{2}\left[\frac{I'_{2d}}{s} - \frac{I'^2_{2i}}{2-s}\right]$$

Motor asíncrono Monofásico: Arranque

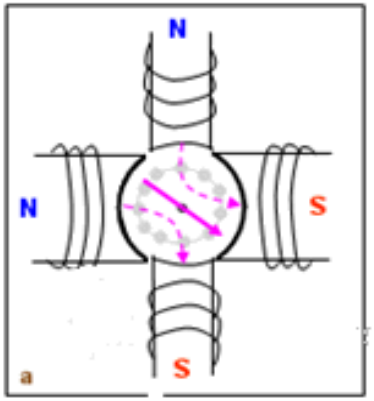
Para el arranque se crea un campo giratorio bifásico, aproximadamente, disponiendo dos devanados dispuestos formando un ángulo de 90°, y haciendo que las corrientes I_A e I que pasan por ellos estén desfasadas 90°



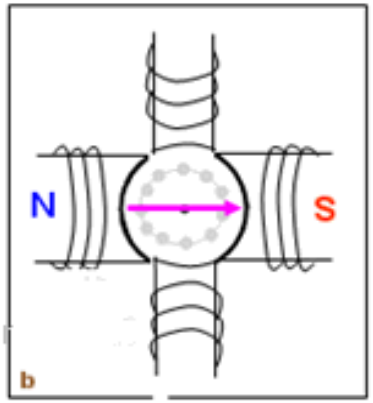




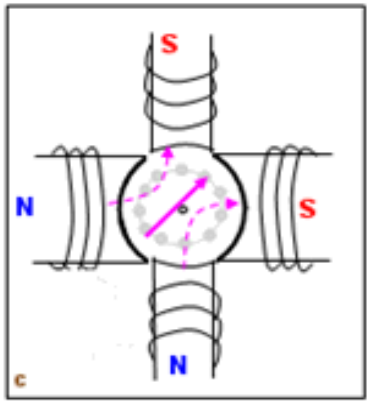
1



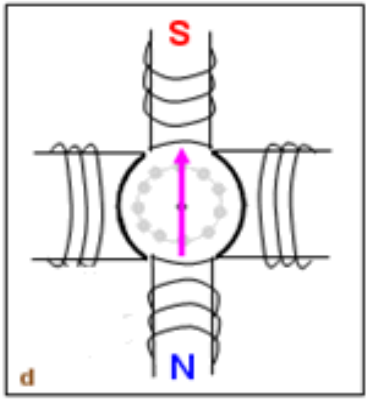
2



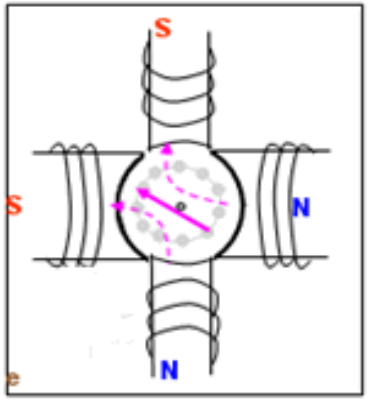
3



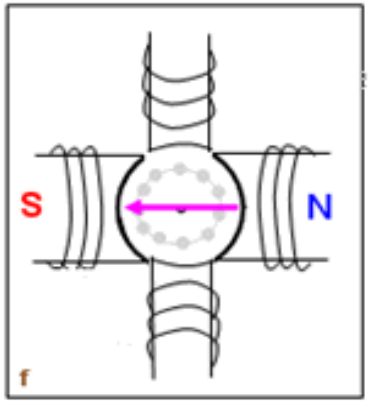
4



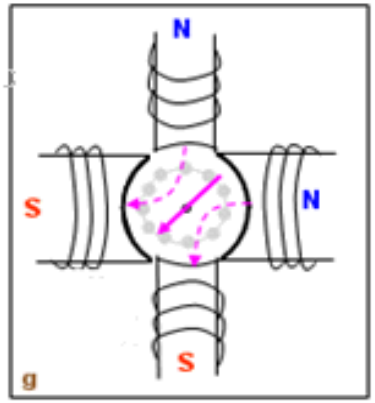
5



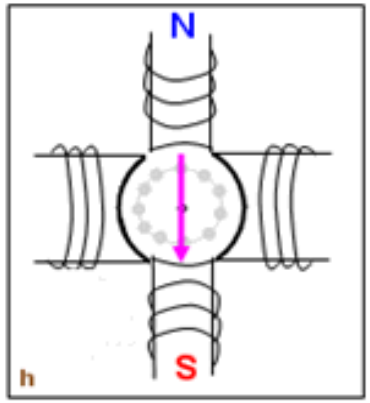
6



7

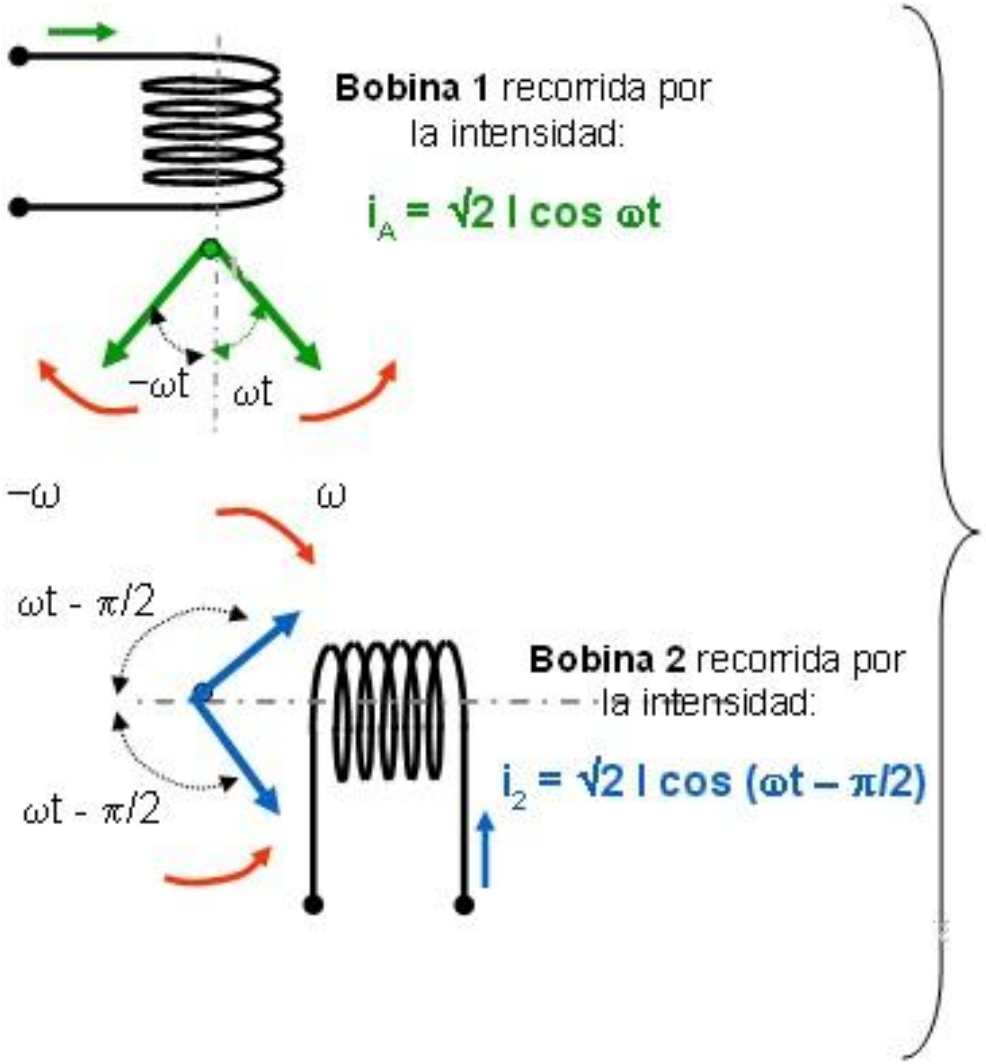


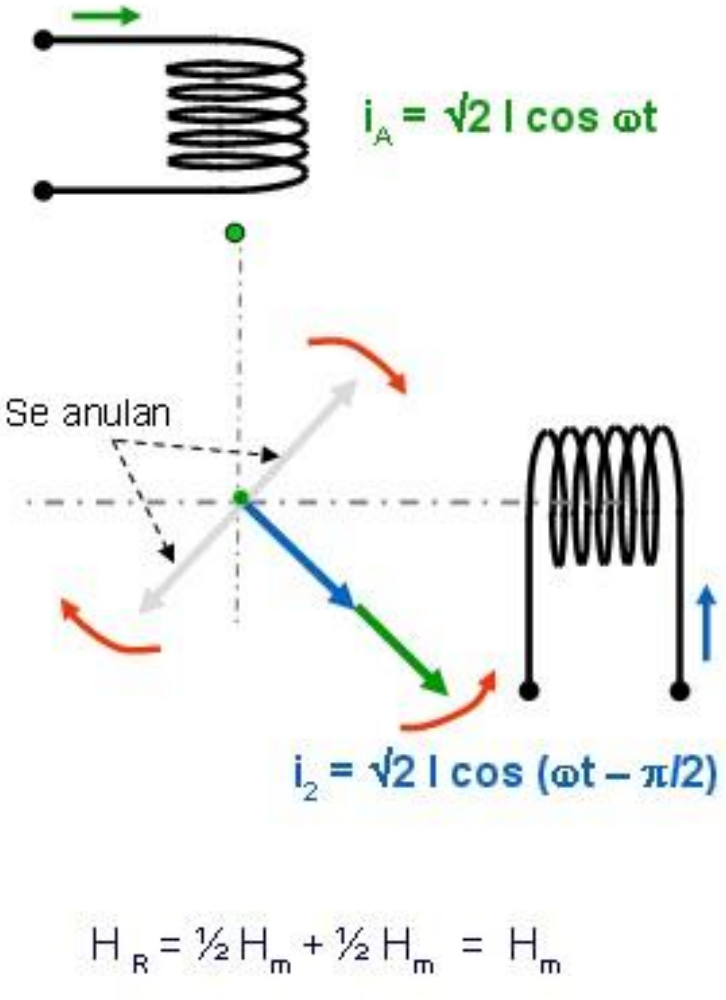
8



9

La aplicación del teorema de Maurice-Leblank, nos da como resultado un campo giratorio de intensidad constante H_R y pulsación ω





$$H_R = \tfrac{1}{2} H_m + \tfrac{1}{2} H_m = H_m$$

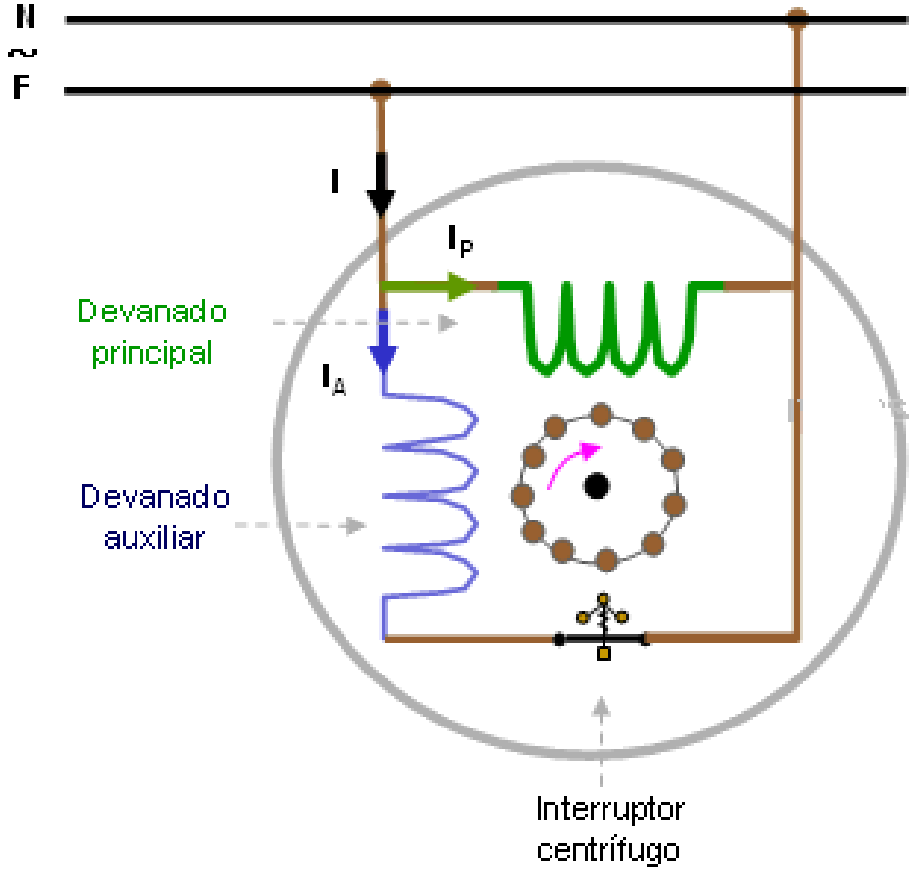
Motor de fase partida

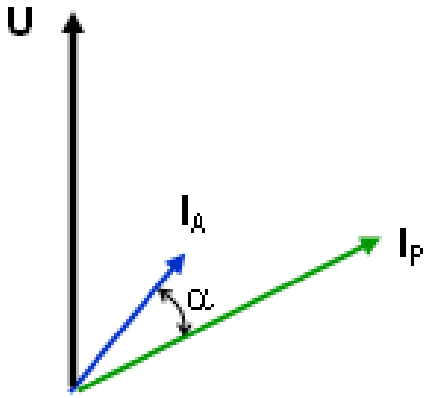
Se emplea un arrollamiento, colocado en el estator, con un desplazamiento adecuado respecto al arrollamiento principal, con el objeto de hacer en el arranque una especie de campo giratorio bifásico. Para conseguir que las corrientes que pasen por los devanados estén desfasadas del orden de 90° grados eléctricos , se utilizan dos recursos

a) En este motor se sitúan en el estator dos devanados desfasados 90° eléctricos en el espacio según la siguiente figura. El primer devanado, denominado principal cubre el 2/3 de las ranuras y tiene una gran reactancia y baja resistencia, mientras que el otro denominado auxiliar, cubre el resto del estator y tiene gran resistencia y baja reactancia, de tal forma que están en serie con un interruptor centrifugo situado en el eje del motor

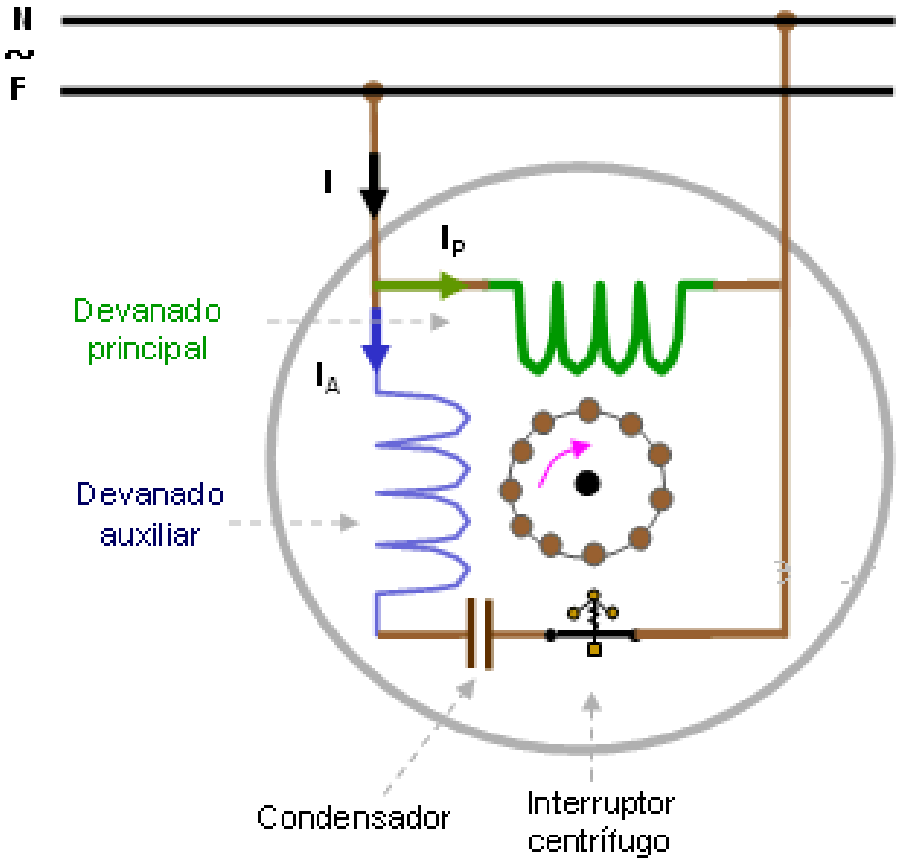
El ángulo formado por U e I_P es superior al que existe entre U e I_A , en virtud de la mayor reactancia del devanado principal.

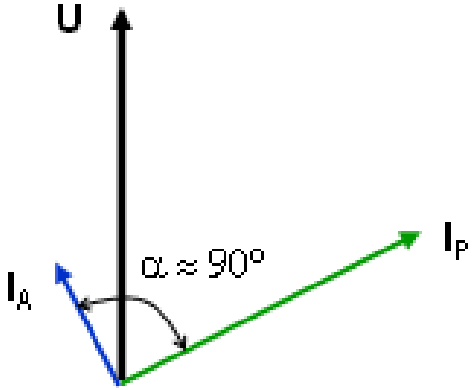
En la practica el ángulo α que forman las corrientes es próximo a los 30°, y como los arrollamientos están desfasados 90° en el espacio, resulta un campo giratorio de naturaleza elíptica debido a que los módulos de I_A e I_P no son iguales y forman entre si 90°, este campo giratorio produce el despegue del motor, y cuando la velocidad del rotor alcanza un valor del orden del 70% de nominal, el interruptor centrifugo desconecta el devanado auxiliar que al estar realizado con un hilo delgado no es capaz de soportar un funcionamiento continuo

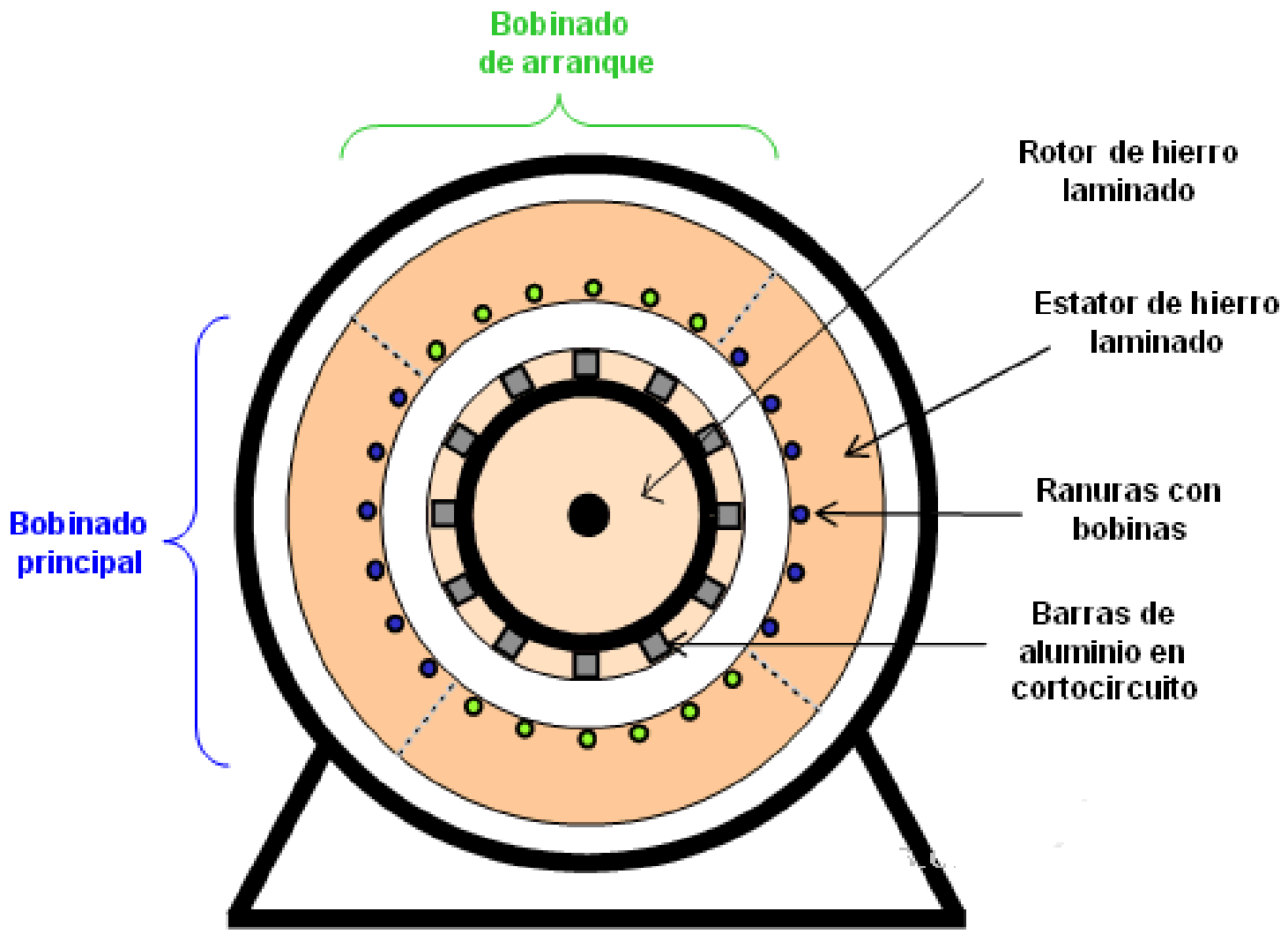




b) Añadir al devanado secundario un condensador en serie, con ello se logra que la corriente que pase por la rama principal y por esta ultima queden desfasados casi 90°. Una vez arrancado el motor se puede desconectar el condensador(con un interruptor montado en el eje por ejemplo).



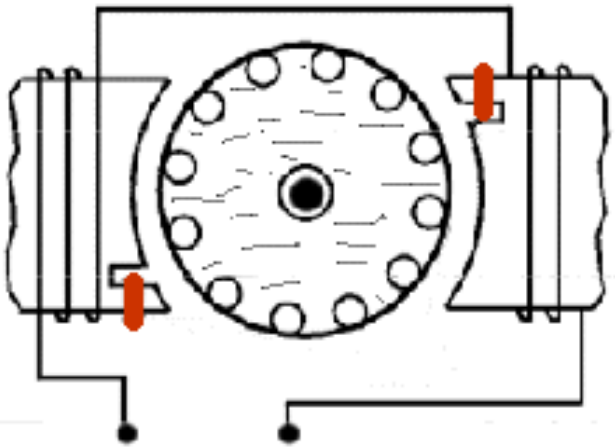


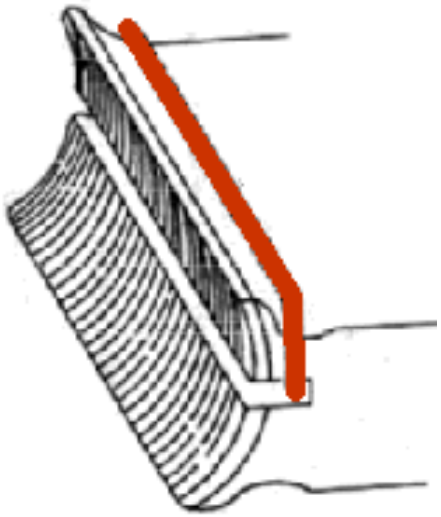

Bobinado
de arranque
Rotor de hierro
laminado
Estator de hierro
laminado
Bobinado
principal
Ranuras con
bobinas
Barras de
aluminio en
cortocircuito

Motor de espira de sombra

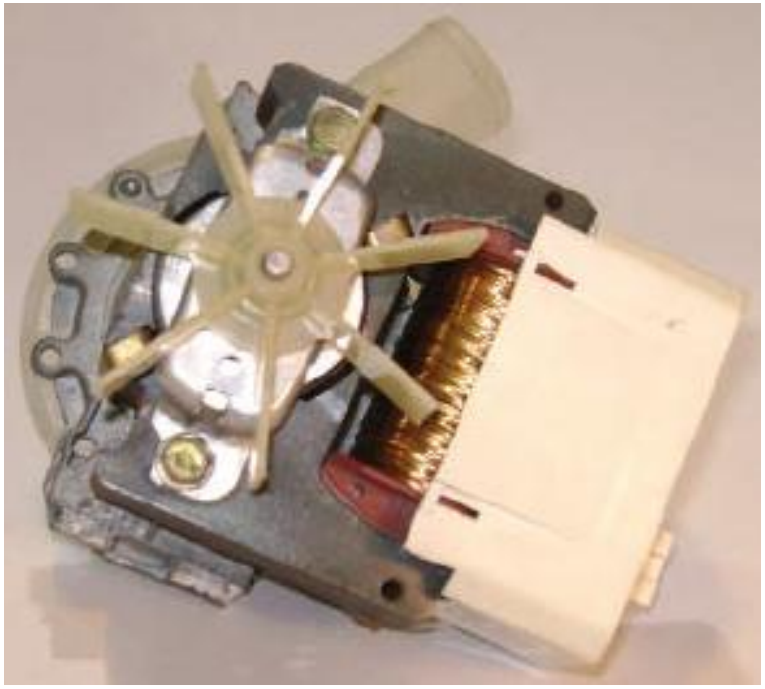
El método de la espira de sombra, se usa para los motores muy pequeños.

Consiste en utilizar un estator con polos salientes. Cada polo saliente se divide en dos partes, y en una de ellas se coloca una bobina conductora que lo abraza. Por estas bobinas, cuando el flujo que pasa por ella varié, aparecerán sendas corrientes que crearan otros tantos campos magnéticos, debilitando al flujo que los crearon oponiéndose a ellos. De esta forma se consigue debilitar el campo magnético en los polos sombreados cuando el campo esta creciendo, y aguantar la magnitud del campo cuando esta disminuyendo. El efecto total es que se tiene dos campos magnéticos pulsantes, no están desplazados en el espacio 90°(como mucho 45°, pero su efecto conjunto es la creación de un campo débil giratorio que posibilite el arranque del motor



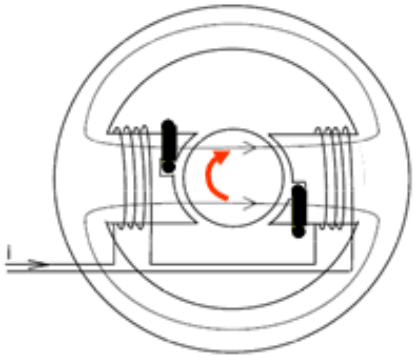


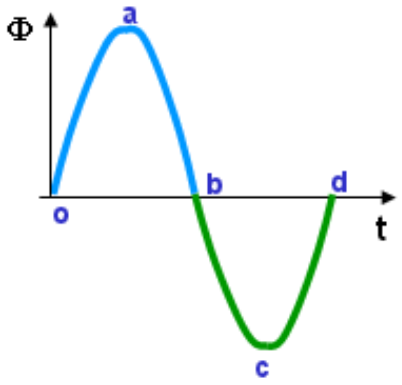




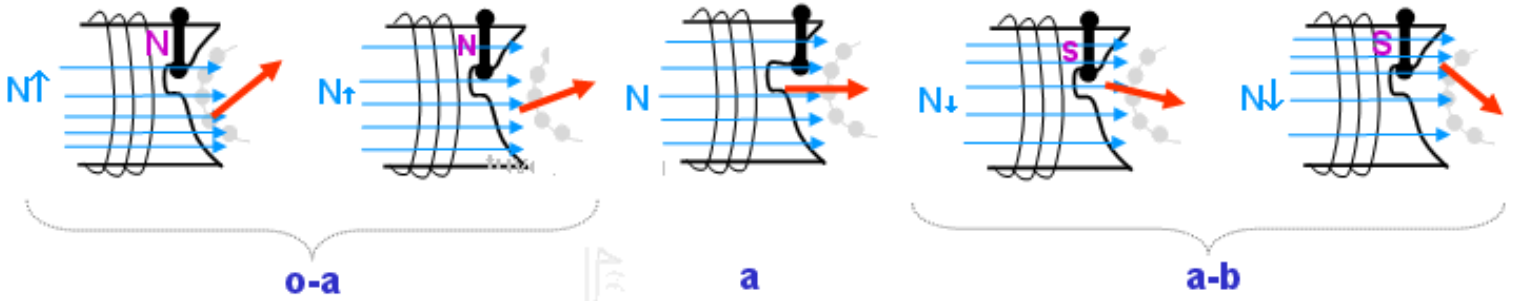
Motor monofásico de espira en cortocircuito para bomba de desagüe de lavadora.

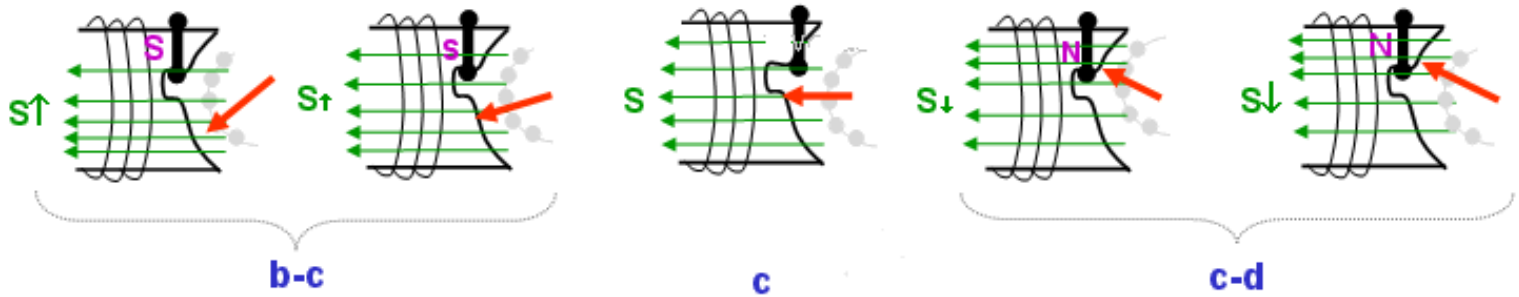
Veamos las diferentes fases del flujo resultante (para conocer la polaridad de las corrientes inducidas en la espira de sombra, recuerda la Ley de Lenz):





$N\uparrow \equiv d\phi/dt$





MOTOR UNIVERSAL

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Es un motor monofásico que puede funcionar tanto en corriente continua como alterna. Su constitución es esencialmente la del motor serie de corriente continua, y sus características de funcionamiento son análogas. En la Figura podemos ver representado de forma esquemática este motor.

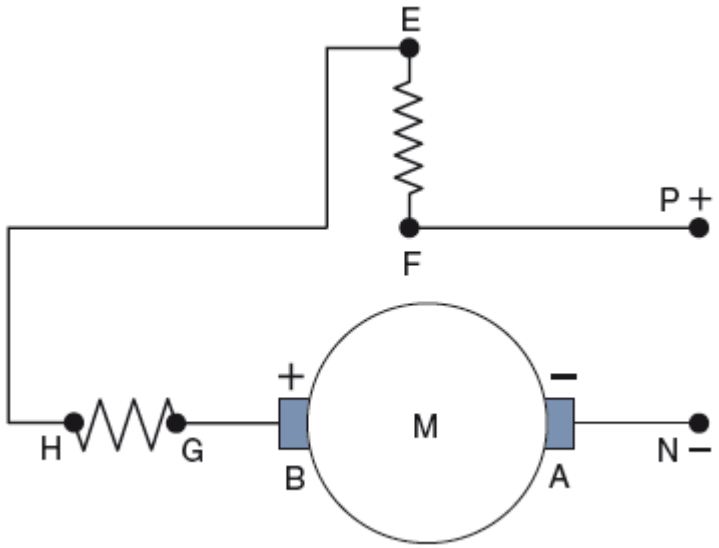


Fig. Esquema de conexiones del motor universal

El motor serie de corriente continua se caracteriza por tener un fuerte par de arranque y su velocidad está en función inversa a la carga, llegando a embalarse cuando funciona en vacío.

Funcionando en corriente alterna, este inconveniente se ve reducido porque su aplicación suele ser en motores de pequeña potencia y las pérdidas por rozamientos, cojinetes, etc., son elevadas con respecto a la total, por lo que no presentan el peligro de embalarse, pero sí alcanzan velocidades de hasta 20000 revoluciones por minuto (rpm), que los hace bastante idóneos para pequeños electrodomésticos y máquinas herramientas portátiles.

Para que un motor de este tipo pueda funcionar con corriente alterna, es necesario que el empilado de su inductor (el núcleo de los electroimanes) sea de chapa magnética para evitar las pérdidas en el hierro.

El motor universal es, sin duda, el más utilizado en la industria del electrodoméstico. Tienen la ventaja de poder regular la velocidad sin grandes inconvenientes.

En la Figura, podemos ver el detalle del motor universal para un taladro eléctrico.



Fig. *Motor monofásico universal para un taladro eléctrico.*

El bobinado inductor de los motores universales suele ser bipolar, con dos bobinas inductoras. El motor universal funciona en corriente continua exactamente igual que un motor serie. Si el motor se alimenta con corriente alterna, arranca por sí solo, ya que la corriente que recorre el bobinado inductor presenta cien alternancias por segundo, lo mismo que le ocurre a la corriente que recorre el bobinado inducido, por lo que el momento de rotación y el sentido de giro permanecen constantes.