



UNIVERSIDADE
DE VIGO

MÁQUINAS ASÍNCRONAS

Motores de inducción monofásicos

Manuel Pérez Donsión

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Vigo

MOTORES DE INDUCCIÓN MONOFÁSICOS

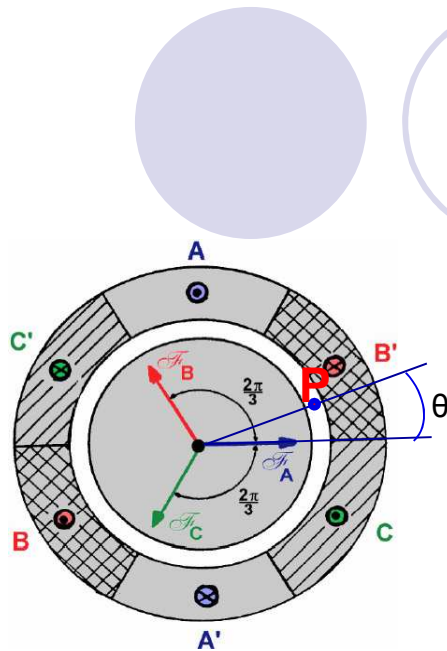
Para aplicaciones de muy baja potencia (de hasta 3 CV) y, también, en aquellas instalaciones en las que no se disponga de un sistema trifásico de tensiones, se pueden utilizar motores de inducción monofásicos, en los cuales el estator se alimenta por una única tensión, por lo que no es posible generar un campo magnético giratorio, consiguiéndose tan sólo un campo pulsante.



TIPO	$P \leq 750W$	$0,75 \text{ kW} < P < 375 \text{ kW}$
Corriente Alterna Monofásica	67.019.000	6.379.000
Corriente Alterna Trifásica	11.700.000	10.175.000

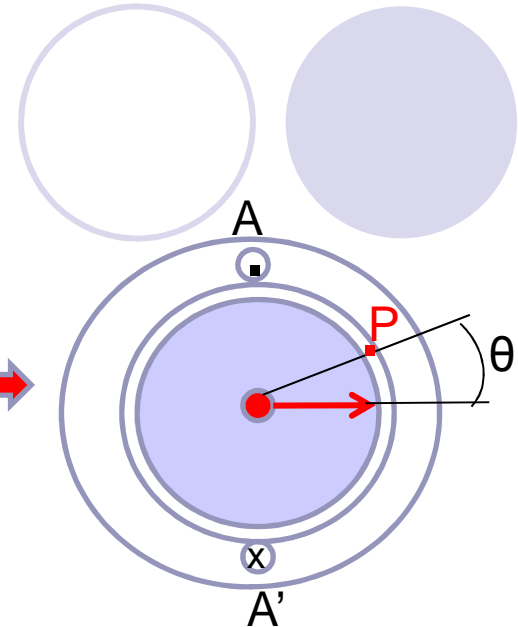
tabla 1: Producción de motores eléctricos de ca de tamaño pequeño y medio en el año 2.010 en la unión europea

Sistema Monofásico



Sistema trifásico

Si en el sistema trifásico
suprimimos las bobinas
B y C nos quedará un
sistema monofásico



Sistema monofásico

El campo magnético h en el
punto P, vendrá dado ahora por:

$$h(\theta, t) = H_m \cdot \cos(\omega t) \cdot \cos(p\theta)$$

Que se puede poner como:

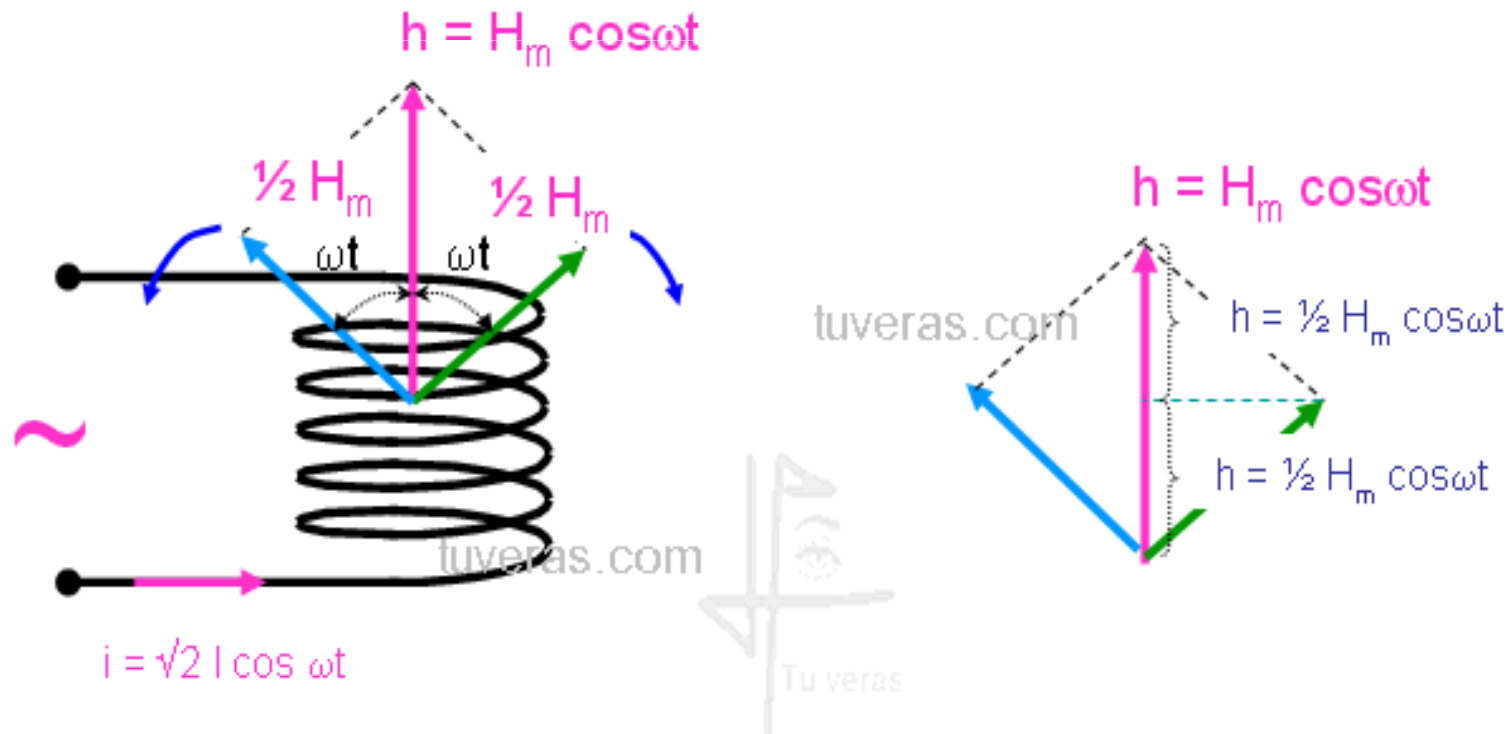
$$h(\theta, t) = \frac{1}{2} H_m \cdot \cos(p\theta + \omega t) + \frac{1}{2} H_m \cdot \cos(p\theta - \omega t)$$

La expresión anterior demuestra que el campo magnético h en un punto genérico del entrehierro P, es la suma de dos campos debidos a dos conjuntos de p pares de polos ficticios de valor $\frac{1}{2}H_m$, uno gira a la velocidad w/p y otro a la velocidad $-w/p$

Teorema de Leblanc

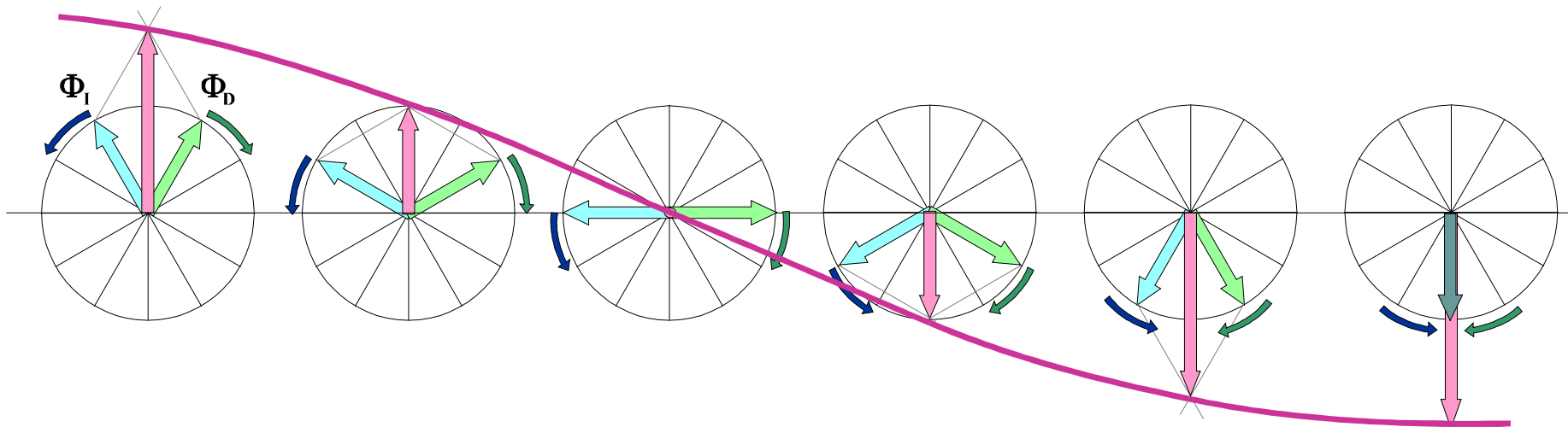
"El campo magnético $\mathbf{h} = H_m \cos \omega t$ en el eje de una bobina recorrida por una corriente alterna $i = \sqrt{2} I \cos \omega t$ se puede considerar como la resultante de dos campos magnéticos de valor $H_m/2$ que giran en sentidos opuestos con la velocidad angular ω "

$$\mathbf{h} = 2 \left(\frac{1}{2} H_m \right) \cos \omega t = H_m \cos \omega t$$



TEORÍA DEL DOBLE CAMPO GIRATORIO

La teoría del doble campo giratorio establece que si se suman dos campos giratorios de sentido de giro opuesto y de igual magnitud se obtiene como resultado un campo alterno

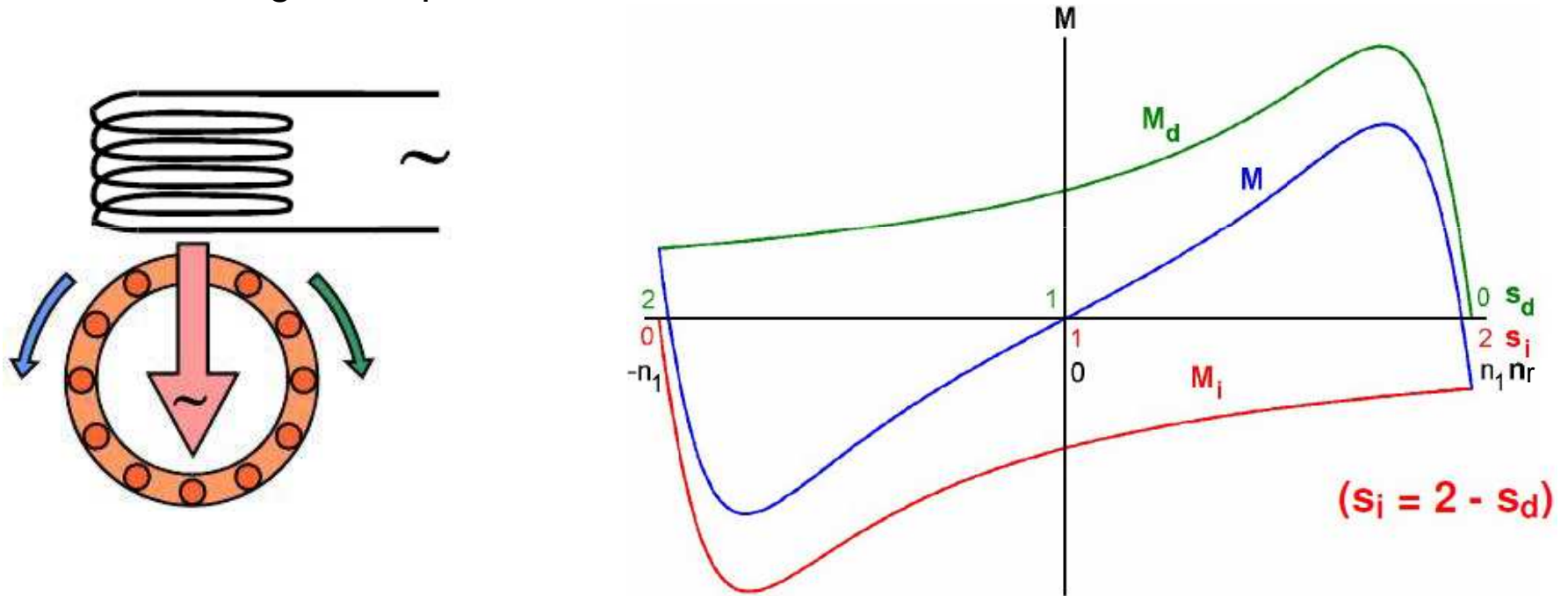


En la figura se ve que si se hace girar dos vectores de igual magnitud en sentido opuesto y los vamos sumando vectorialmente punto a punto la resultante aparece siempre en el eje vertical y sigue una evolución de característica alterna.

Con idéntico criterio se puede admitir que un campo alterno se puede descomponer en dos campos giratorios de sentido opuesto.

ARRANQUE DEL MOTOR ASÍNCRONO MONOFÁSICO

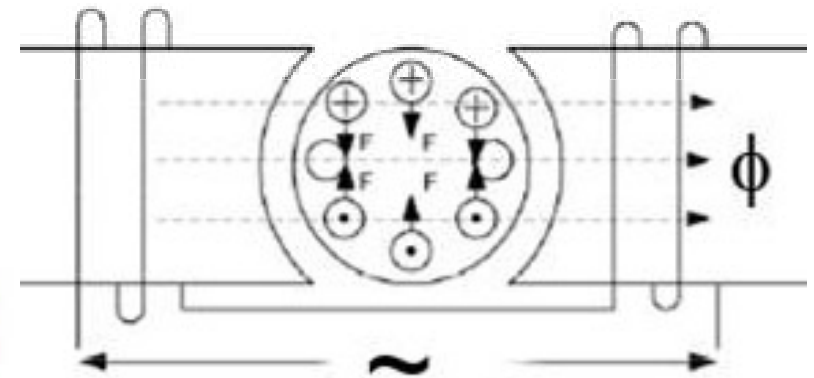
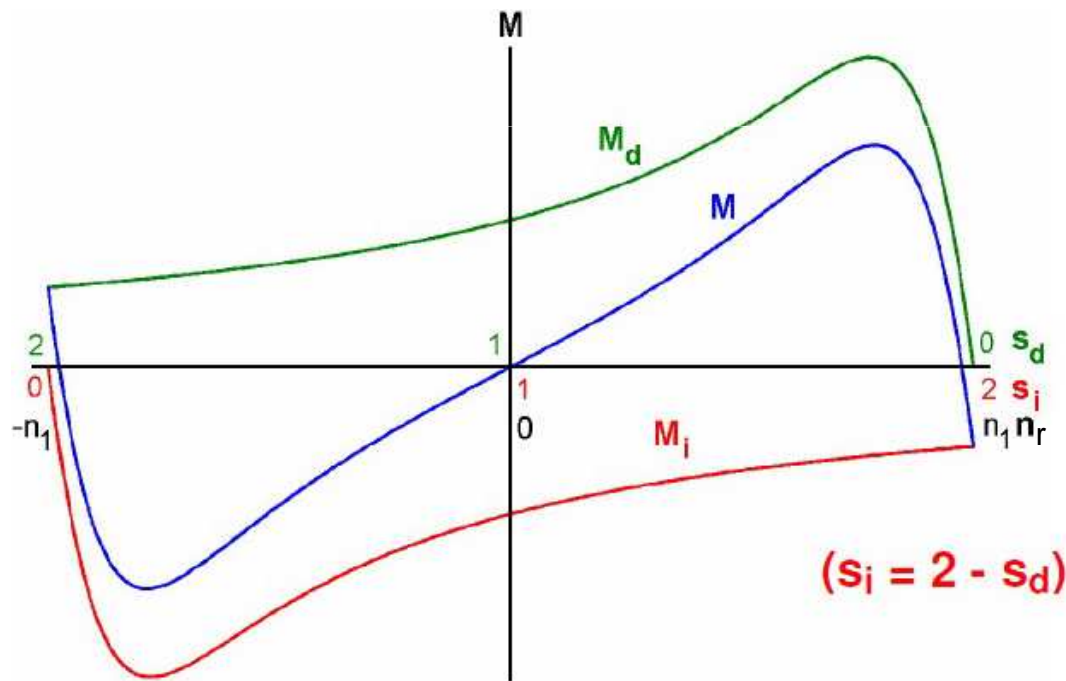
Si para cada uno de los campos giratorios mencionados dibujamos la característica par-velocidad del motor asíncrono, pero en sentido opuesto la una de la otra, obtendremos el gráfico que se muestra a continuación.



Superponiendo o sumando ambas curvas características (verde+roja), se obtiene la curva característica central (azul) en la que se observa que no hay par para $n_r = 0$ (arranque) pero si se hace girar el motor en un sentido aparece un par en ese mismo sentido que lleva al rotor al régimen de trabajo.

Motor asíncrono monofásico

En definitiva, en el arranque, rotor parado ($n_r=0$), los dos pares (Par Directo, M_d y Par Inverso, M_i) 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, aparecerá inmediatamente un par que si es superior al par resistente pondrá en funcionamiento la máquina.

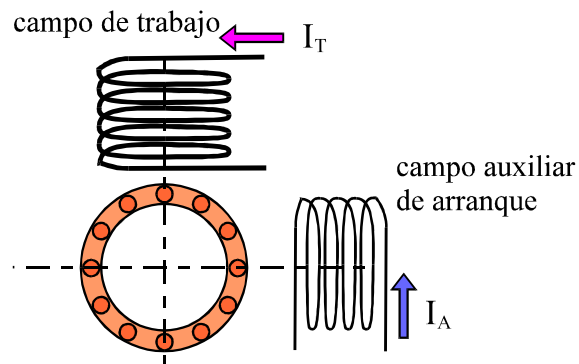


Como el par inverso M_i se opone al par directo M_d , este motor consume más corriente que si solo actuase un único campo giratorio.

TEORÍA DEL DOBLE CAMPO GIRATORIO

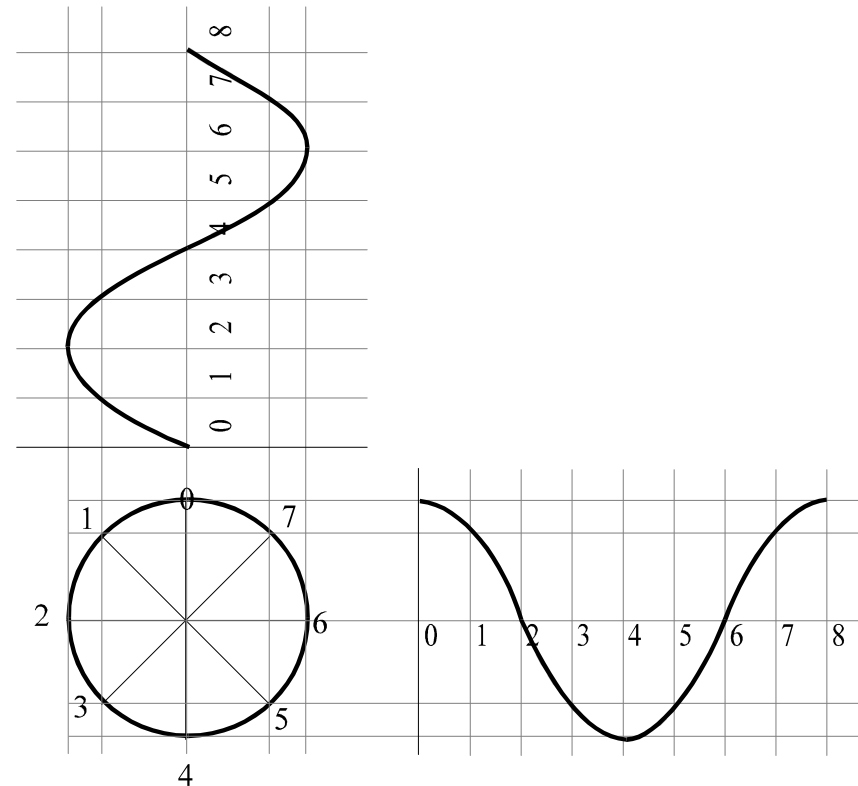
CONCLUSIÓN: El motor de inducción monofásico para funcionar requiere de algún impulso de arranque.

Para que el motor monofásico arranque se requiere de un pequeño campo giratorio inicial. Esto se logra, por ejemplo, con un bobinado auxiliar colocado a 90° y alimentado con una corriente que tiene un desfase con respecto a la corriente del bobinado principal.



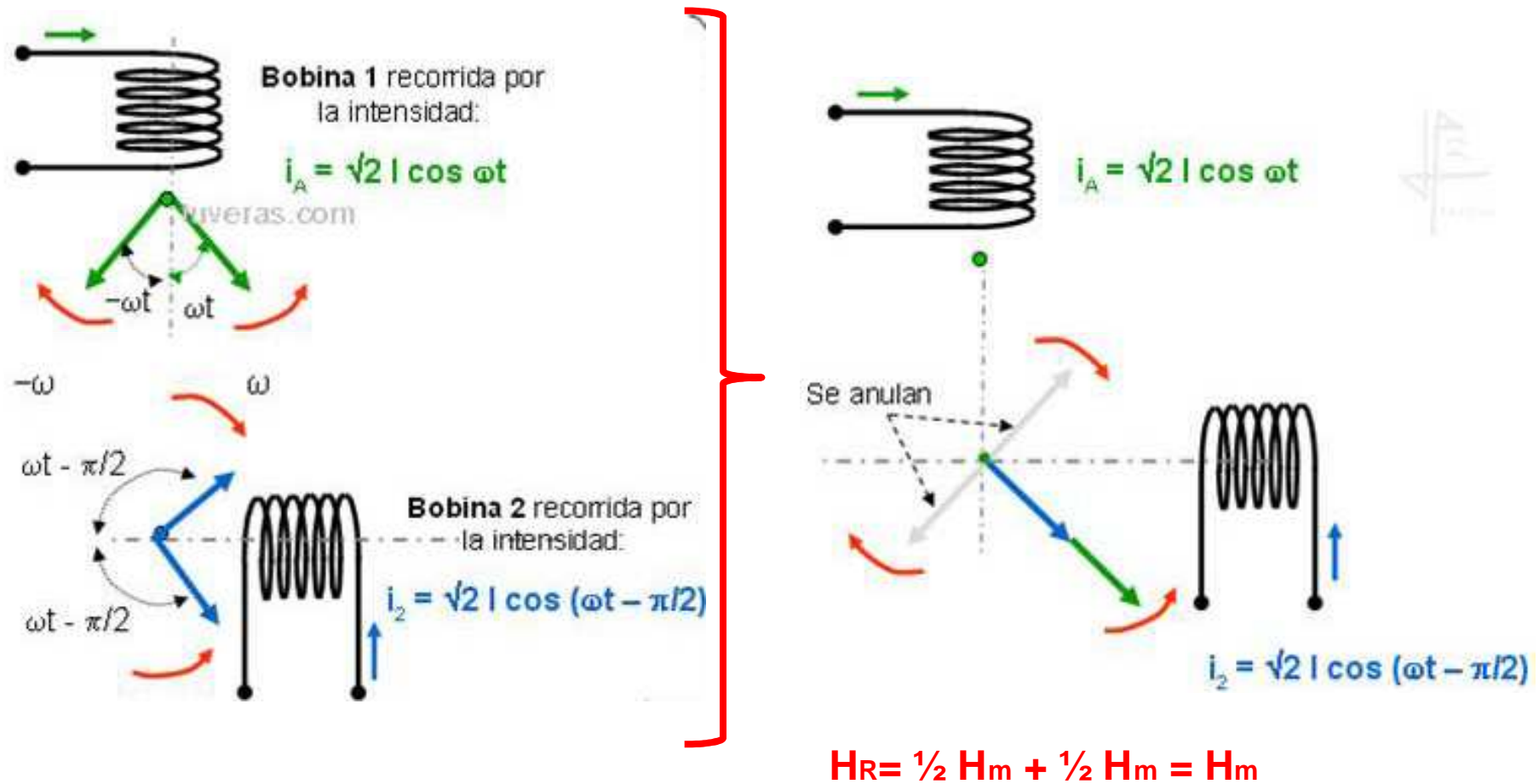
Si el desfase que se logra es de 90° se obtiene el mejor resultado para el arranque.

Para desfases menores a 90° se obtienen campos giratorios elípticos que pueden ser suficientes para que el motor arranque.



Aplicación del Teorema de Maurice-Leblanc

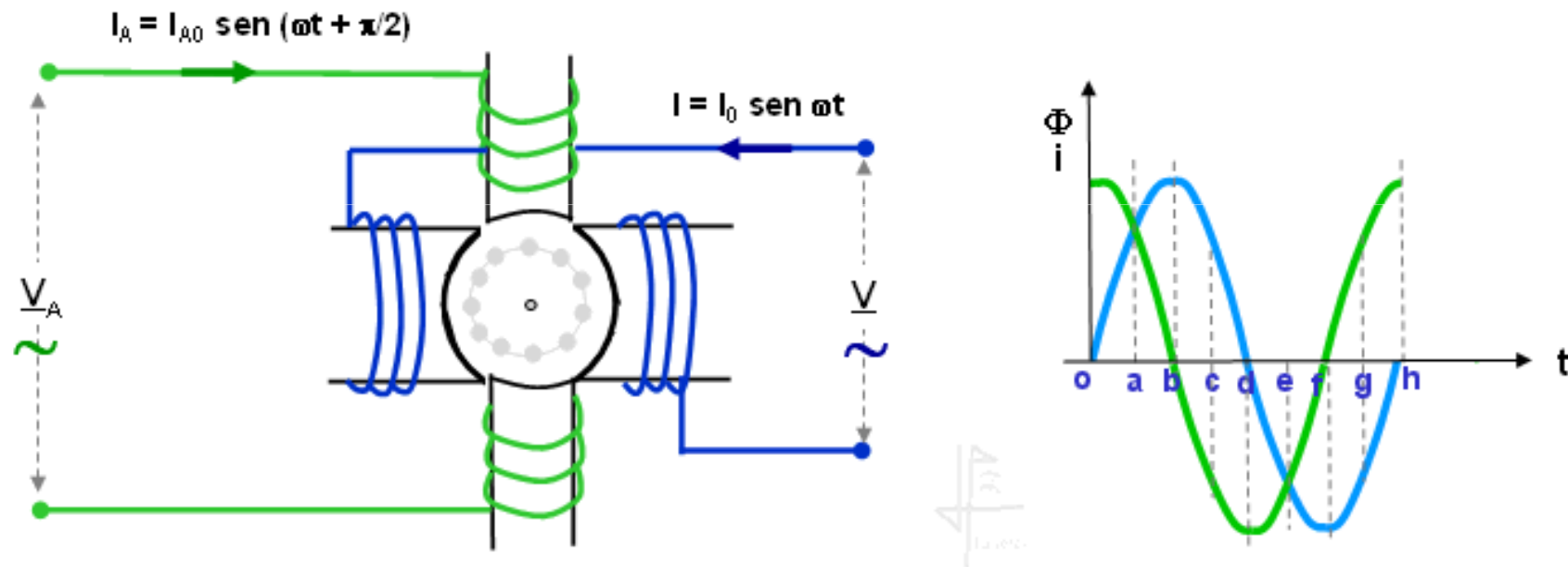
La aplicación del Teorema de Maurice-Leblanc, da como resultado un campo giratorio de intensidad constante H_R y pulsación ω .



Se tiene, en definitiva, un campo giratorio bifásico.

Motor Asíncrono Monofásico: Arranque

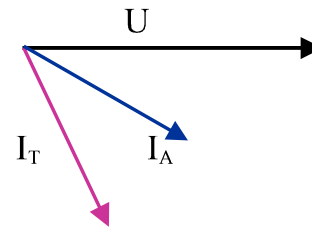
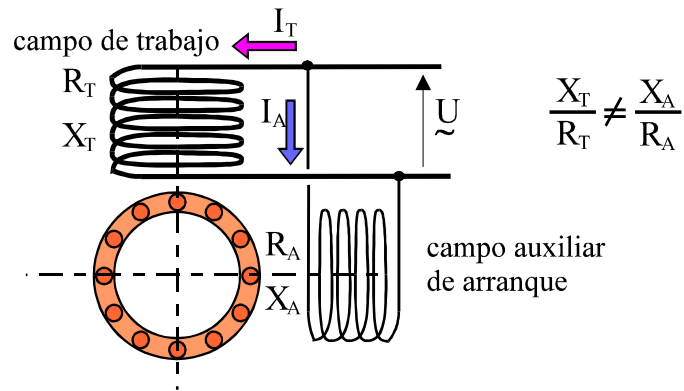
Para el arranque se crea un campo giratorio bifásico, aproximadamente, disponiendo dos devanados dispuestos formando un ángulo de 90° , y haciendo que las corrientes I_A e I que pasan por ellos estén desfasadas 90° .



Se tienen dos procedimientos para tener este campo giratorio bifásico: **Método de fase partida** y **Método del condensador**.

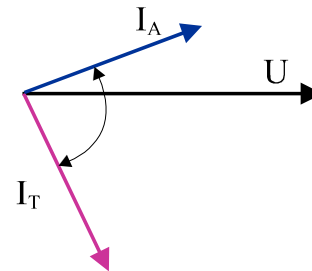
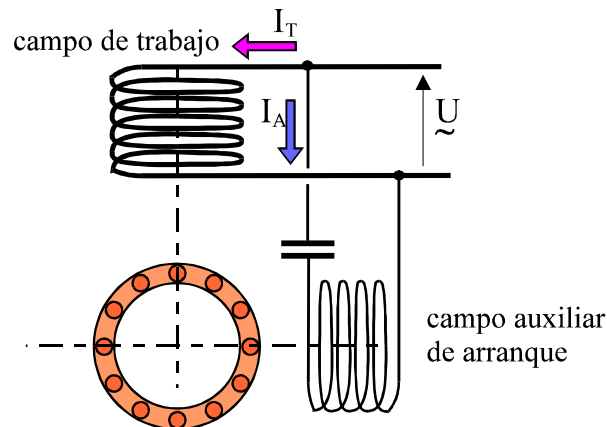
Arranque del motor asíncrono monofásico

Para lograr estos desfases hay distintos recursos . Uno de ellos es hacer el bobinado auxiliar de arranque con una relación reactancia/resistencia distinta de la del campo principal de trabajo.



Método de arranque de fase partida

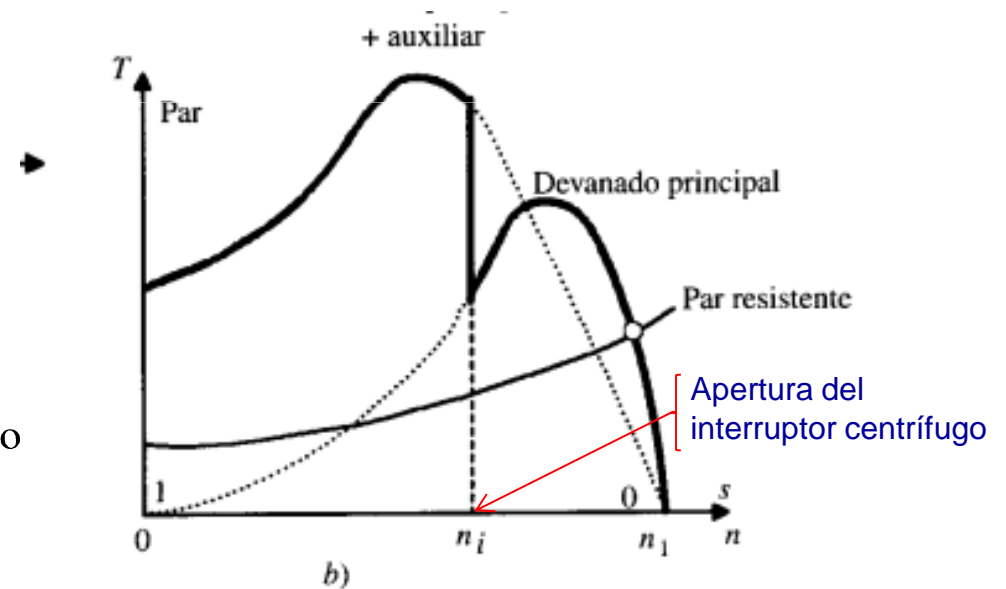
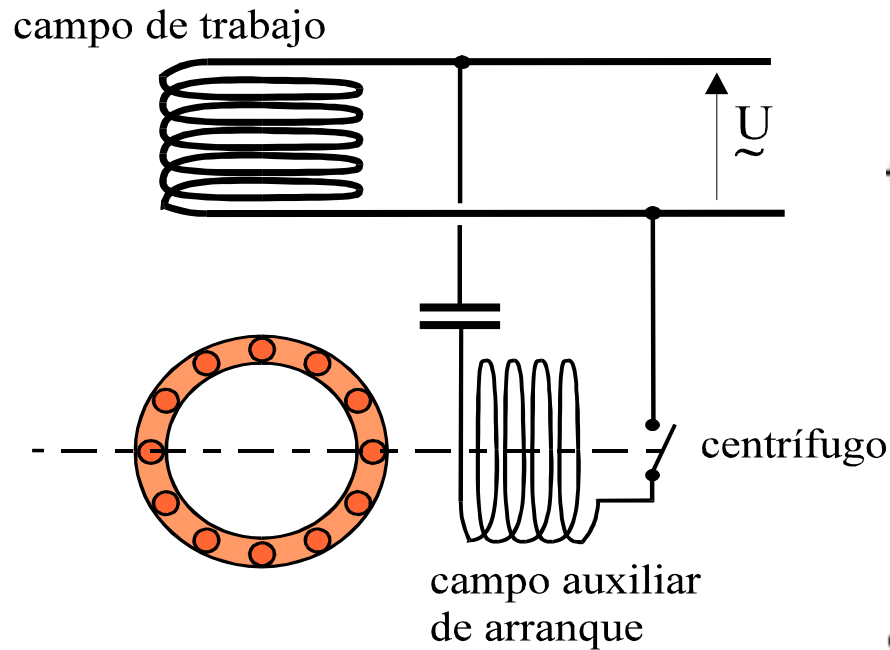
Otro recurso más efectivo para lograr el desfase de corrientes en los dos bobinados es colocar un condensador en serie con el bobinado auxiliar de arranque.



Método de arranque por condensador

Arranque del motor asíncrono monofásico

Cualquiera sea el criterio para lograr el desfase hay dos tipos de motores monofásicos asíncronos con campo auxiliar de arranque: los de **campo auxiliar permanente** y los de **campo auxiliar transitorio**. Estos últimos tienen un dispositivo centrífugo o electromagnético que desconecta el campo auxiliar una vez que se ha completado el arranque.

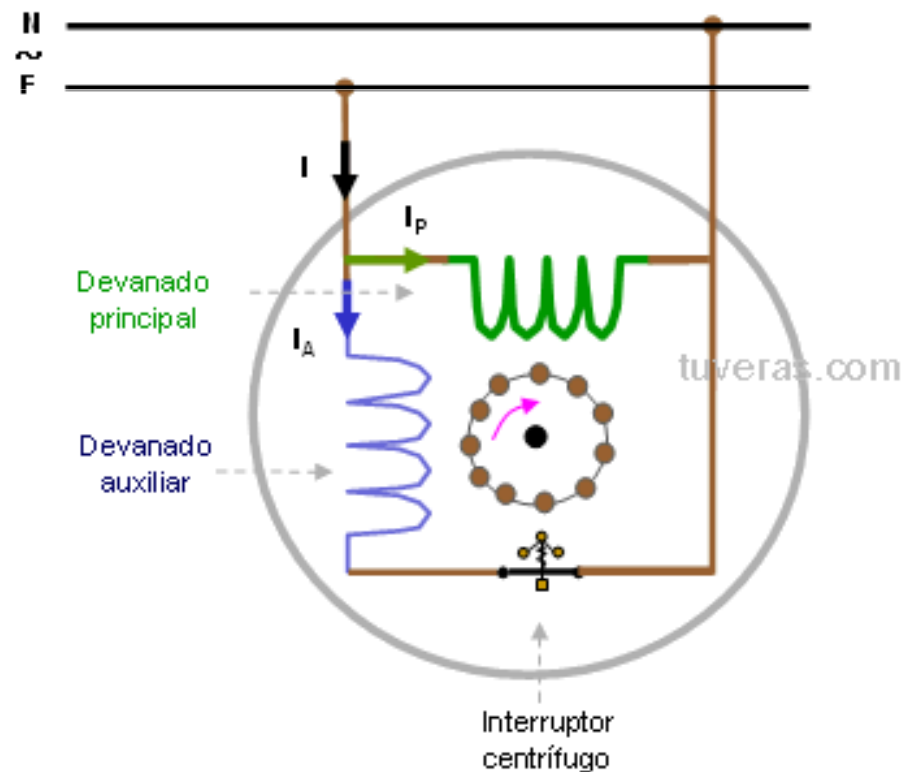


curva par-velocidad de un motor monofásico con condensador.

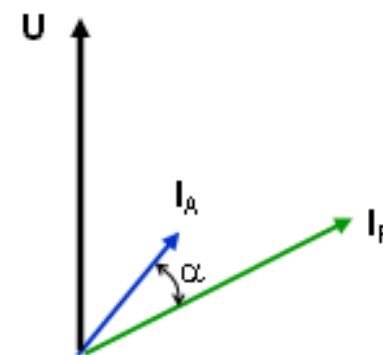
🔑 Método de Fase Partida.

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

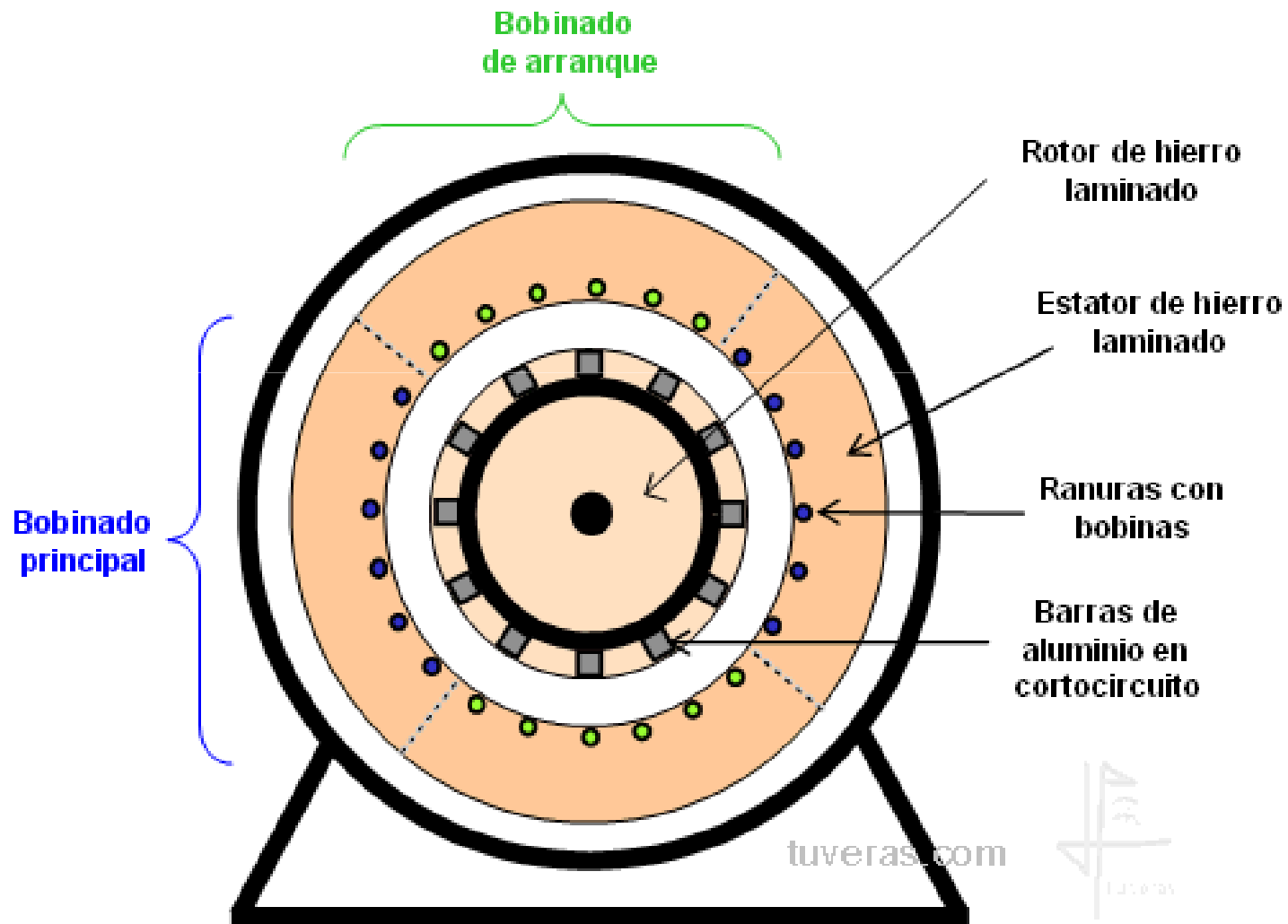
a) En este motor se sitúan en el estator dos devanados desfasados 90° eléctricos en el espacio según la siguiente figura. El primer devanado, denominado principal cubre el $2/3$ de las ranuras y tiene gran reactancia y baja resistencia, mientras que el otro denominado auxiliar, cubre el resto del estator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



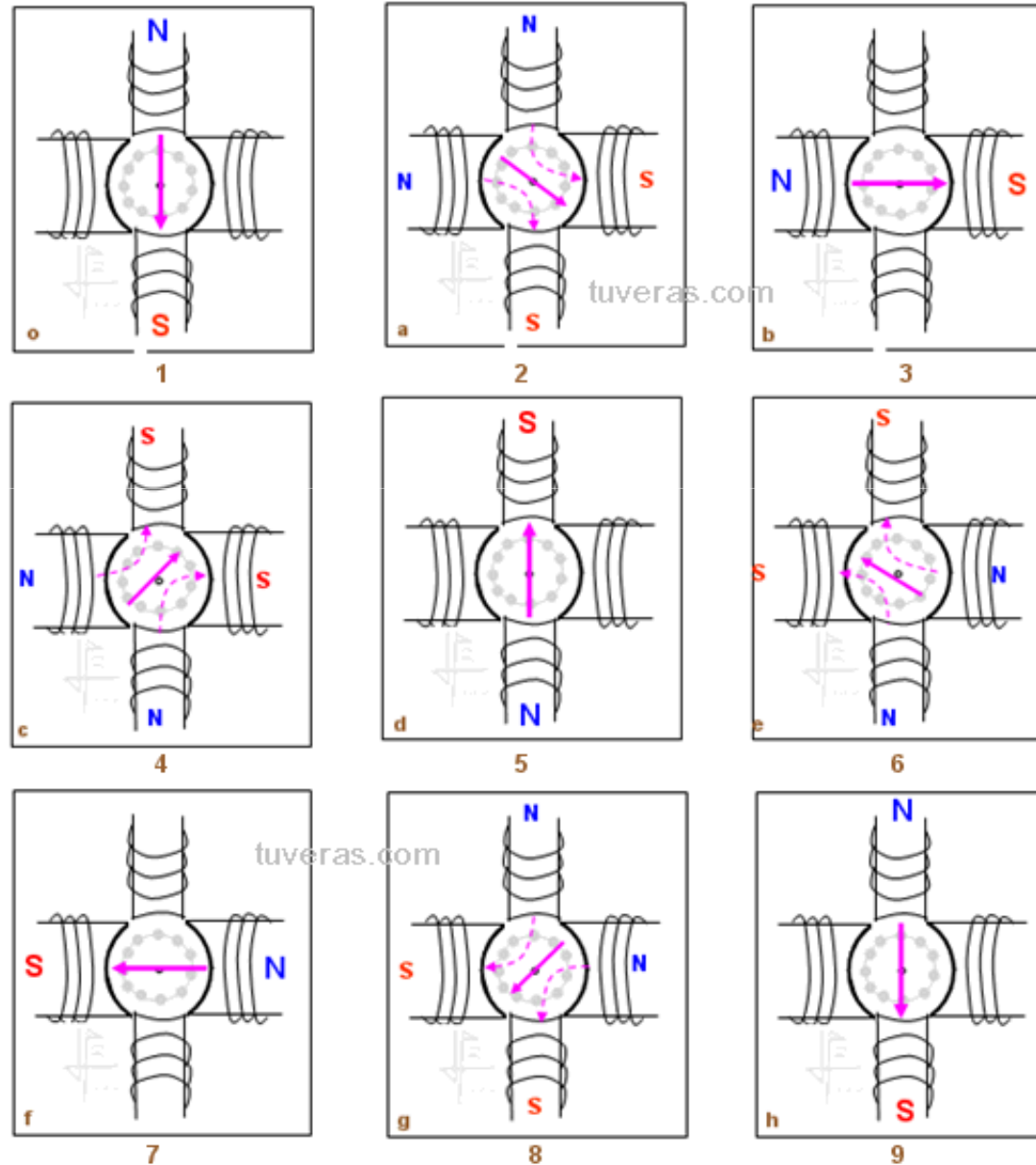
Motor de fase partida



Motor de Fase Partida



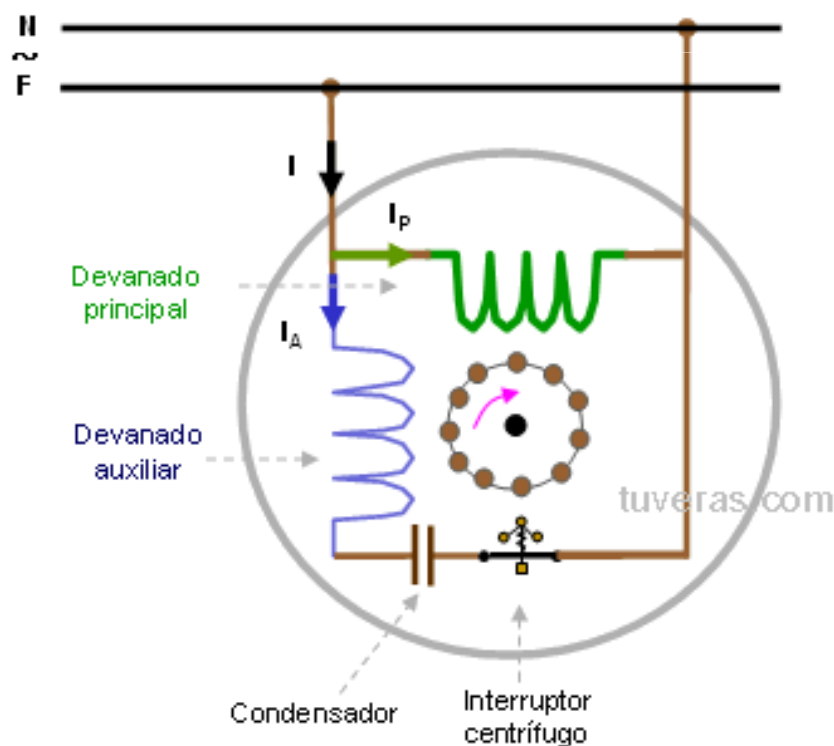
Funcionamiento de un motor de fase partida



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 práctica en 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 sí 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 centrífugo desconecta el devanado auxiliar que al estar realizado con un hilo delgado no es capaz de soportar un funcionamiento continuo

Método de arranque por condensador

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 última queden desfasados casi 90° . Una vez arrancado el motor se puede desconectar el condensador (con un interruptor centrífugo montado en el eje, por ejemplo).



Motor con arranque por condensador

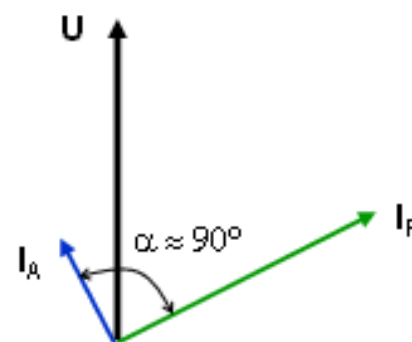
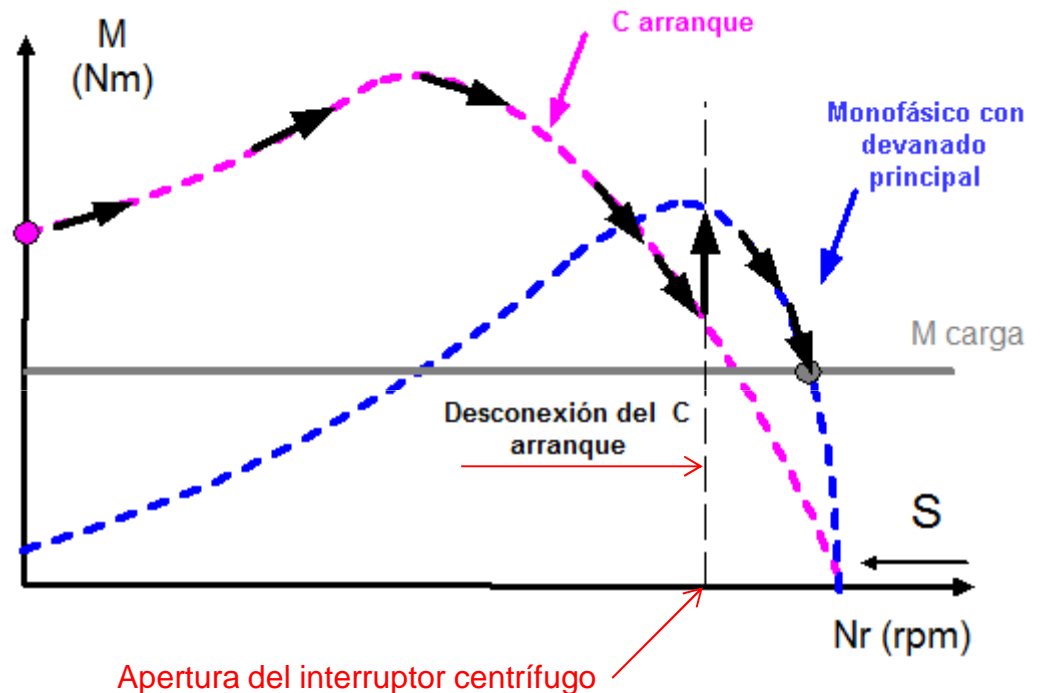
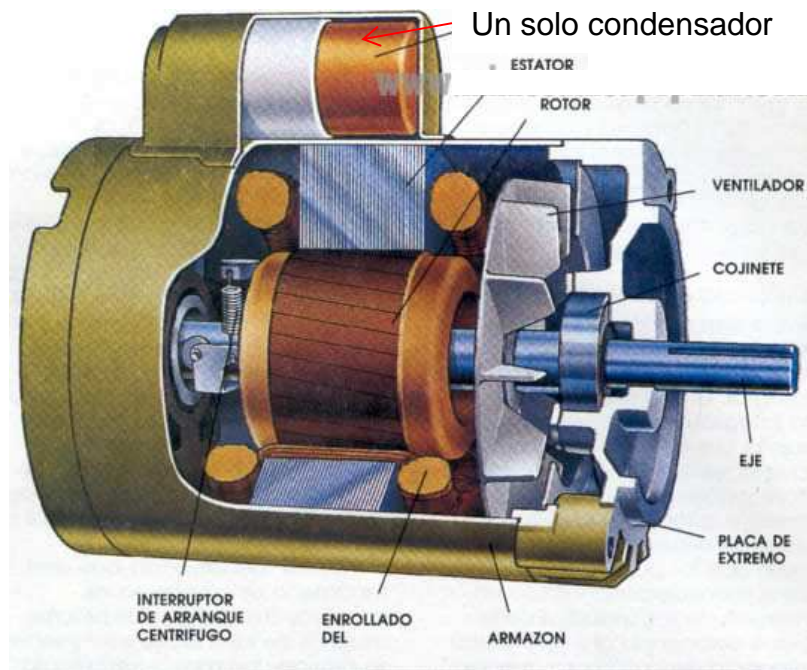


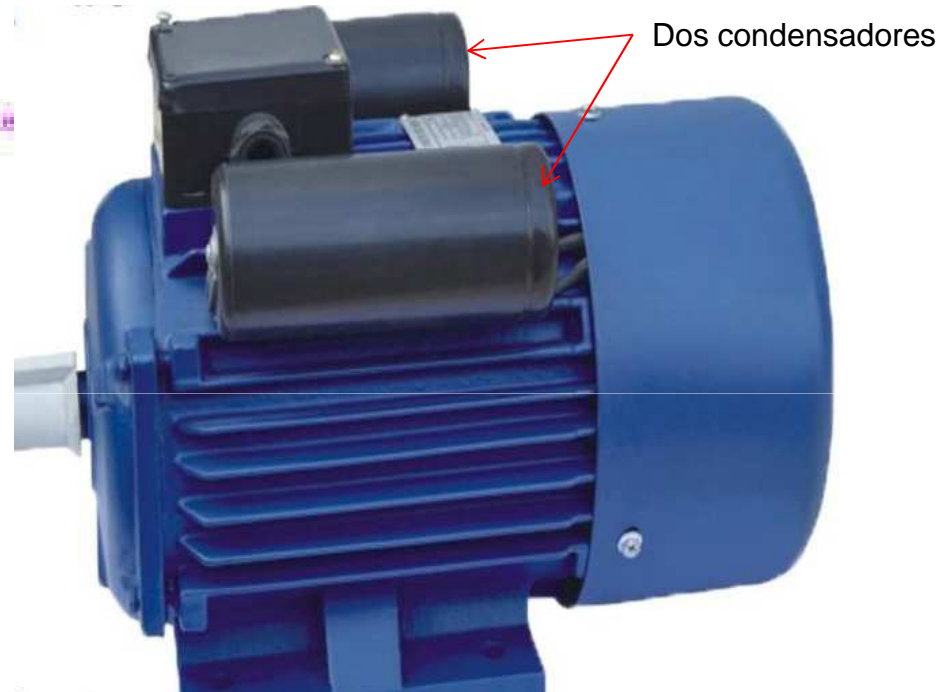
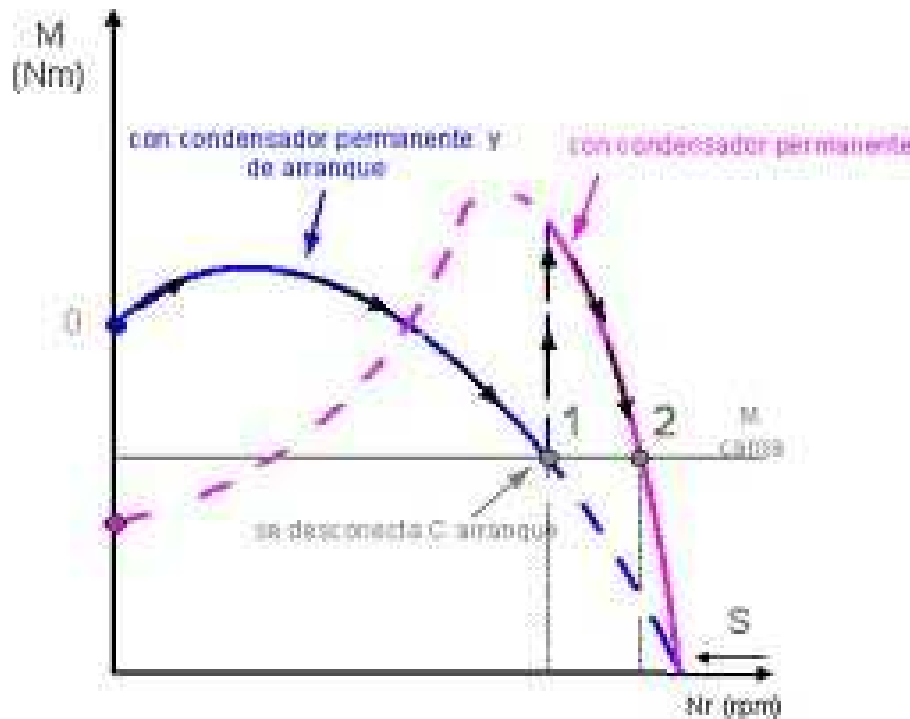
Diagrama vectorial

Motor con arranque por condensador



Las principales ventajas del motor de inducción con arranque por condensador son su elevado par de arranque, ya que puede ser de 3,5 veces el par nominal, sin un excesivo aumento de corriente, y su simplicidad mecánica.

Motor con arranque por dos condensadores

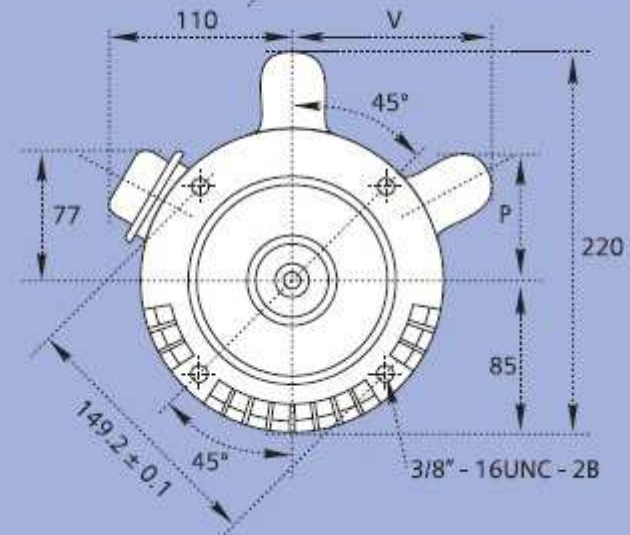
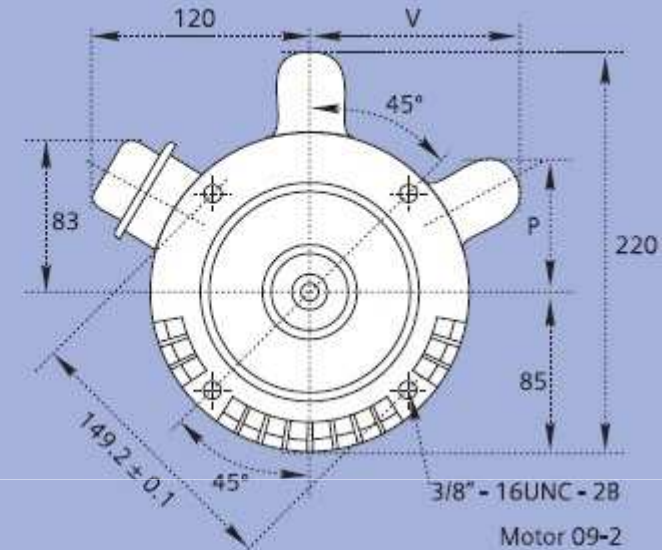
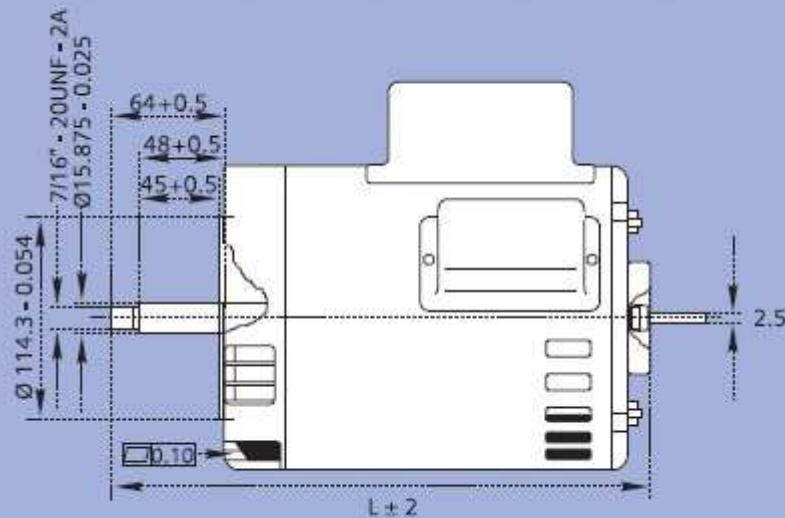


En ocasiones se recurre a incrementar la capacidad en el arranque colocando dos condensadores, de los cuales uno permanece constantemente conectado y el segundo, de capacidad mucho mayor, sólo interviene en el proceso de arranque.

Motor con arranque por dos condensadores

Dimensiones generales (en milímetros)

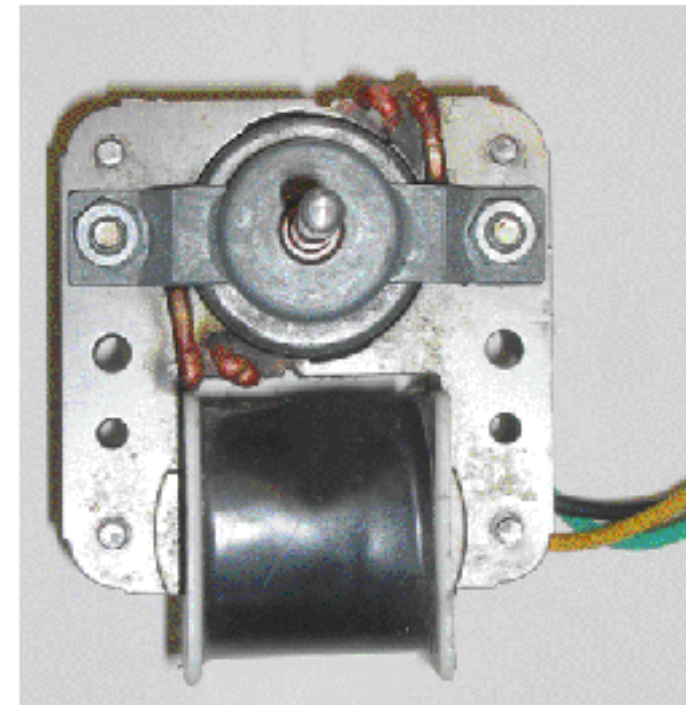
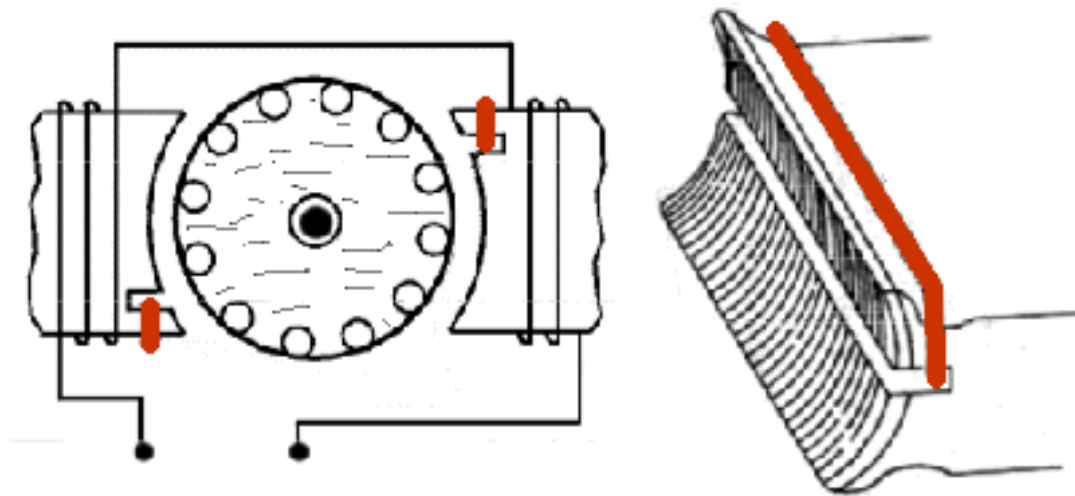
Tipo 1RF3	Potencia HP	L	p	v	Peso (Kg)
092 - 2	1/3	271	66	116	7.90
093 - 2	1/2	271	66	116	9.10
094 - 2	3/4	296	66	116	10.40
095 - 2	1.0	297	73	125	11.90
096 - 2	1.5	317	73	125	14.50
097 - 2	2.0	325	67	118	15.00
098 - 2	3.0	350	73	125	17.50



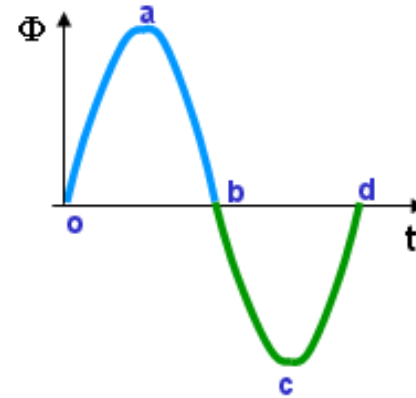
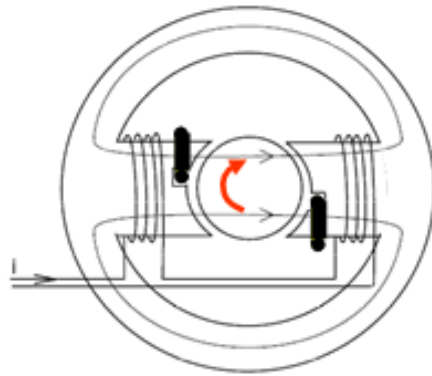
Dimensiones de motores de inducción monofásicos de ABB con arranque por dos condensadores

🔑 Método 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 esas bobinas, cuando el flujo que pasa por ella varíe, aparecerán sendas corrientes que crearán 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 está creciendo, y aguantar la magnitud del campo cuando éste está disminuyendo. El efecto total es que se tiene dos campos magnéticos pulsantes; no están desplazados en el espacio 90 grados (como mucho 45 grados), pero su efecto conjunto es la creación de un débil campo giratorio que posibilite el arranque del motor

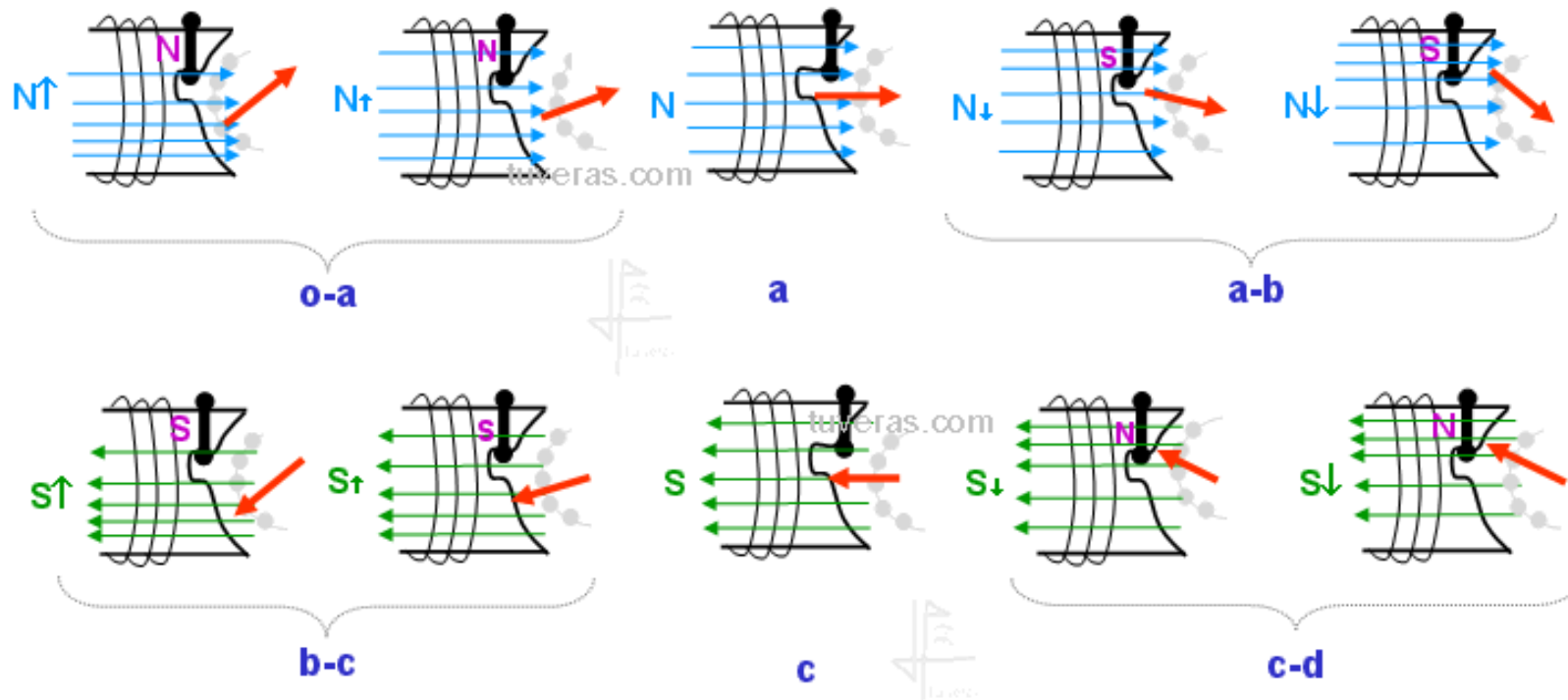


Funcionamiento de un motor de espira de sombra

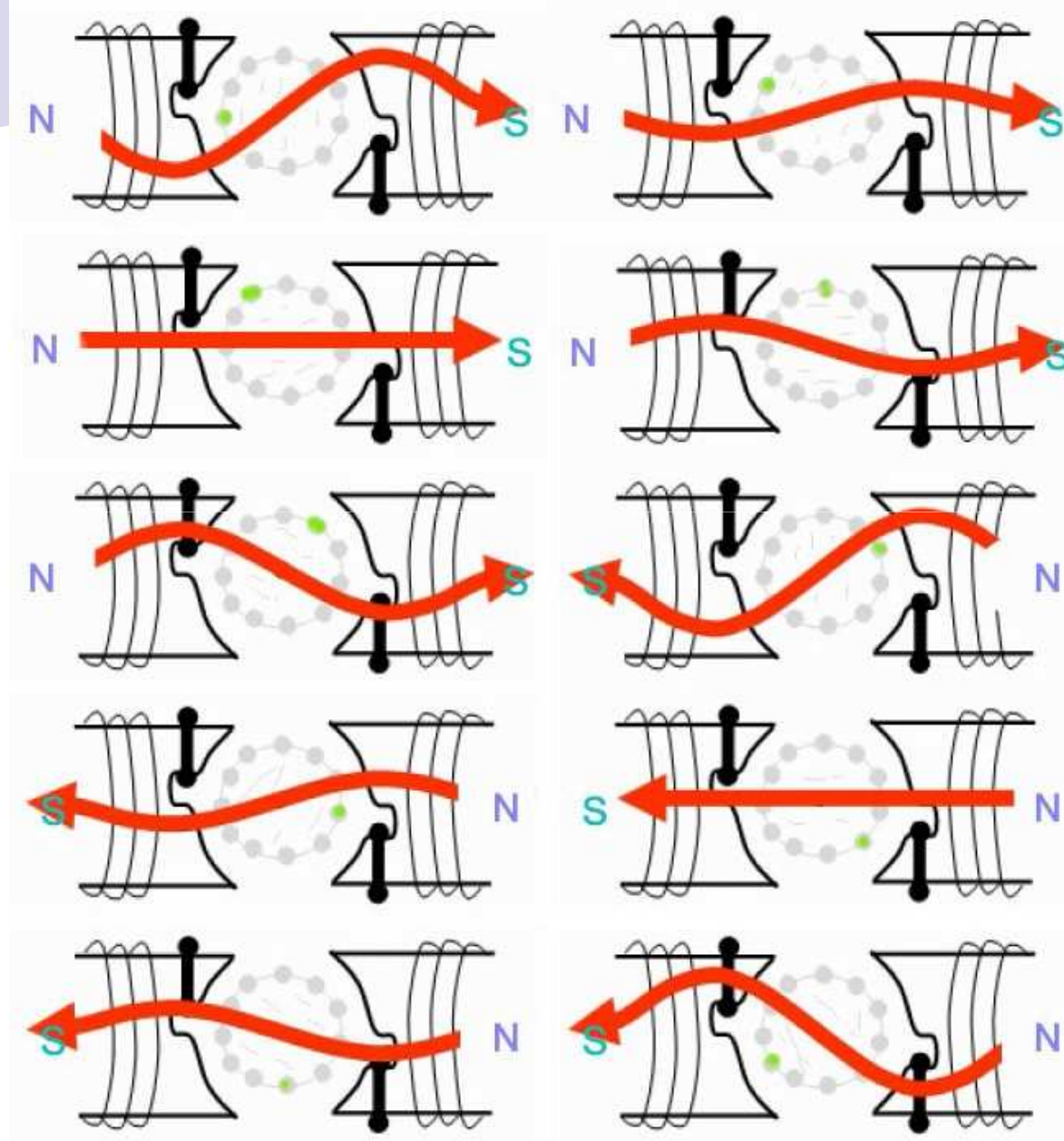


$$N\uparrow \equiv d\phi/dt$$

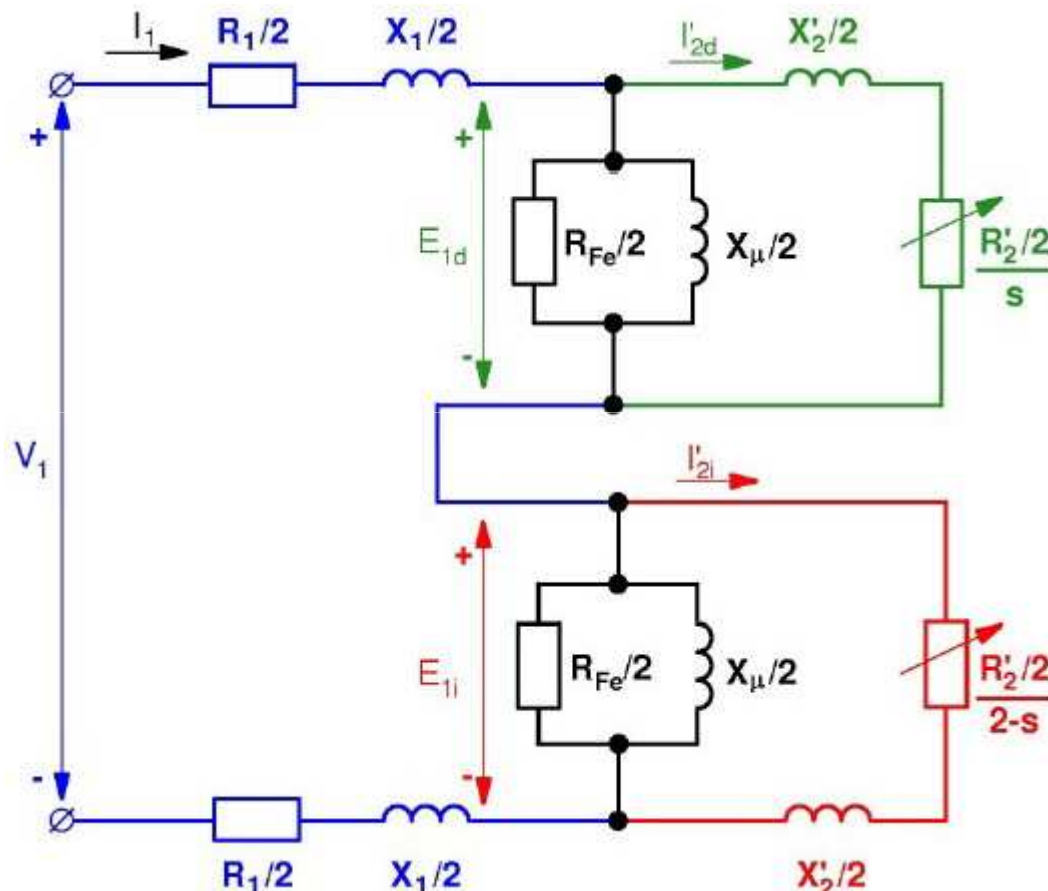
tuveras.com



Funcionamiento de un motor de espira de sombra



Circuito equivalente del motor de inducción monofásico



Conectando los circuitos equivalentes, de los dos motores trifásicos, el que produce el par directo y el que produce el par inverso, tal cual lo están sus devanados estáticos y rotóricos, se deduce el esquema equivalente del motor monofásico de inducción que se puede ver en la figura-.

El análisis de los motores de inducción monofásico se realiza mediante el circuito equivalente que se representa en la figura.

Aplicaciones de los motores monofásicos de inducción

Motores de fase partida

- Máquinas que arrancan en vacío o con un pequeño par resistente:
- Ventiladores
- Pequeñas bombas centrífugas
- Máquinas pequeñas de coser
- Máquinas herramientas
- Lavadoras de tambor giratorio, etc.

Motores con condensador

- Pequeñas bombas de pistón
- Compresores de émbolo
- Molinos
- Molinillos de café
- Cámaras frigoríficas
- Neveras eléctricas
- Máquinas herramientas

Motores de expira de sombra

- Aspiradores
- Ventiladores de sobremesa
- Motores de tocadiscos
- Magnetofones
- Para relés
- Para minuterías, etc.