

riormente estos bobinados, se consigue variar el número de polos y, por lo tanto, la velocidad. La conexión más empleada es la Dahlander.

En el esquema de la Figura 22.16 se ha representado el circuito de fuerza de un motor trifásico de polos conmutables para dos velocidades en conexión Dahlander.

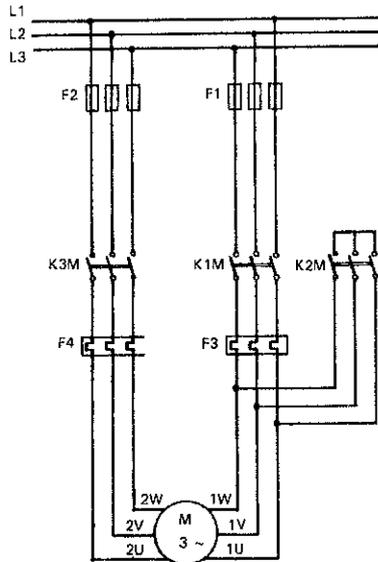


Figura 22.16. Esquema de fuerza de motor de dos velocidades en conexión Dahlander.

La velocidad inferior se obtiene cuando el contactor K1M está únicamente accionado. La velocidad superior se consigue desconectando K1M y accionando en conjunto los contactores K2M y K3M.

22.4.2 Motor de dos velocidades con dos devanados separados

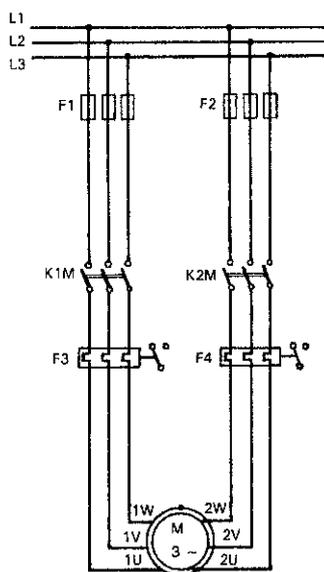


Figura 22.17. Esquema de fuerza de motor trifásico de dos velocidades con devanados separados.

También es posible conseguir dos velocidades de giro diferentes con dos devanados separados. Cada uno de los devanados posee un número de polos acorde con la velocidad deseada. Dependiendo del devanado que se conecte conseguimos una velocidad u otra.

En el esquema de la Figura 22.17 se ha representado el circuito de fuerza de un motor trifásico para dos velocidades de giro con dos devanados separados.

Cuando se acciona el contactor KM1 el motor marcha a velocidad más lenta. Al desconectar KM1 y conectar KM2, el motor funciona a la velocidad más alta.

22.4.3 Regulación de velocidad con variadores de frecuencia

Mediante un equipo electrónico especial, a base de tiristores, se puede regular la frecuencia de alimentación del motor. Con ello se consigue modificar entre amplios límites la velocidad de el motor (Figura 22.18).

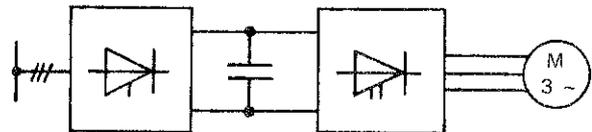


Figura 22.18. Variador de velocidad de un motor asíncrono trifásico a base de modificar la frecuencia de alimentación.

22.5 Motores monofásicos

El suministro de C.A. trifásica no siempre esta disponible en todas las instalaciones eléctricas. Así, por ejemplo, las viviendas son alimentadas con C.A. monofásica (fase + neutro). En estos casos, dada la sencillez, robustez, bajo precio y ausencia de chispas, son de gran aplicación los motores asíncronos monofásicos de inducción de rotor en cortocircuito. Para pequeños electrodomésticos (batidoras, molinillos, etc.) la tendencia es utilizar el motor universal. En cualquier caso, la utilización de motores monofásicos será factible para aplicaciones de pequeña potencia.

22.5.1 Motor monofásico de inducción de rotor en cortocircuito

Al igual que los trifásicos, están constituidos por un rotor de jaula de ardilla y un estator donde se alojaran los devanados inductores. Su principio de funcionamiento es similar a los asíncronos trifásicos, es decir se basan en las fuerzas que aparecen en los conductores del rotor en cortocircuito cuando es sometido a la acción de un campo giratorio. Aprovechando este principio se pueden construir diferentes tipos de motores, de los cuales estudiaremos los siguientes: *motor monofásico de fase partida*, *motor monofásico de fase partida con condensador de arranque*, *motor monofásico con espira en cortocircuito* y *motor trifásico como monofásico*.

Si en el estator situamos un bobinado monofásico y lo sometemos a una tensión alterna senoidal, el campo magnético que se obtiene no es giratorio. Lo que se produce es un campo magnético alternativo y fijo (el campo cambia de polaridad con la frecuencia de forma alternativa). El motor se comporta como un transformador, induciéndose en los conductores del rotor una f.e.m. y una corriente que no es capaz de provocar un par de arranque efectivo en el rotor (los conductores del rotor desarrollan primero un par de fuerzas en un sentido y cuando cambia el flujo magnético desarrollan el par de fuerzas en sentido contrario, no consiguiendo así poner en marcha el motor) (véase Figura 22.19 a).

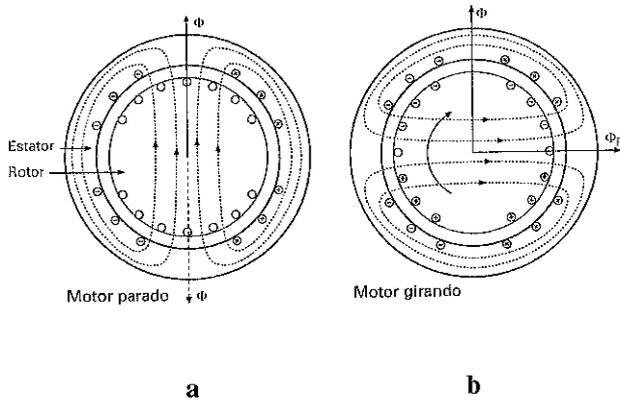


Figura 22.19. Motor monofásico de inducción. a) Al ser el campo generado por el devanado del estator alternativo, el motor no arranca; b) al empujar al rotor, se desplaza el campo magnético y el rotor se pone en movimiento.

Si en estas condiciones empujamos el rotor manualmente en uno de los sentidos, conseguiremos desplazar el eje del campo magnético del rotor y el motor comenzará a girar hasta alcanzar su velocidad nominal (Figura 22.19 b). Hay que tener en cuenta que al ponerse el rotor en movimiento, en los conductores del mismo aparece una nueva f.e.m. inducida debida al giro de los mismos en el seno del campo magnético alternativo producido por el estator. Esta f.e.m. genera unas corrientes que dan lugar a un campo magnético de reacción que queda desfasado un ángulo de 90° respecto al principal del estator. En estas condiciones ya aparece un par de fuerzas sobre el rotor que lo hace girar en el mismo sentido en el que se le haya impulsado inicialmente.

Al igual que los motores asíncronos trifásicos, la velocidad de estos motores depende del número de pares de polos del devanado y de la frecuencia de la red.

22.5.2 Motor asíncrono monofásico de fase partida

Por supuesto, no sería muy práctico tener que arrancar los motores asíncronos trifásicos de una forma manual. Para conseguir que el motor arranque automáticamente se inserta en las ranuras del estator un segundo bobinado auxiliar que ocupa 1/3 de las mismas. En la Figura 22.20 se muestra un esquema de la disposición de los dos bobinados para un par de polos en un estator de 12 ranuras. Los terminales marcados con las letras mayúsculas U, X, indican el principio y final del bobinado principal, y los marcados con minúsculas u, x, los del auxiliar.

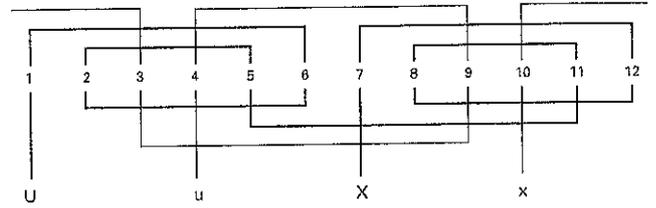


Figura 22.20. Bobinado principal y auxiliar de un motor asíncrono monofásico de fase partida.

Como la impedancia de las dos bobinas es diferente, se produce un ángulo de desfase en la corriente absorbida por el bobinado auxiliar respecto a la del principal. Este ángulo suele ser de adelanto, debido a que el bobinado auxiliar es de menor sección y, por lo tanto, más resistivo. El flujo que produce dicha bobina queda también adelantado al principal, lo que hace que se forme un campo giratorio suficiente para impulsar a moverse al rotor. Dado que el ángulo de desfase entre ambos flujos resulta muy pequeño, el par de arranque también lo es.

En la Figura 22.21 se muestra el esquema de conexiones de un motor asíncrono monofásico de fase partida, donde se puede observar que el devanado auxiliar se conecta en paralelo con el principal. Dada la alta resistencia que posee el devanado auxiliar, es conveniente desconectarlo una vez que el rotor gira a una velocidad cercana al 75% de su velocidad nominal. Para no tener que hacer esta operación de una forma manual, se intercala en el devanado auxiliar un interruptor centrífugo acoplado al eje de giro del motor, de tal forma que una vez arrancado y superado una cierta velocidad, el interruptor se abre y desconecta el devanado auxiliar.

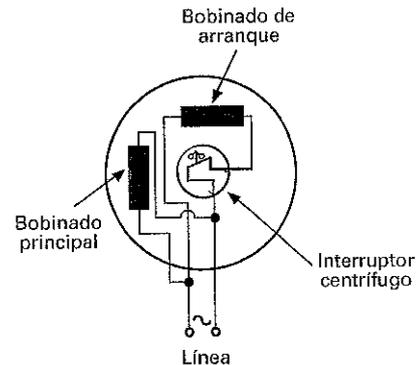


Figura 22.21. Esquema de conexiones de arranque motor asíncrono monofásico de fase partida mediante interruptor centrífugo.

Para invertir el sentido de giro de estos motores basta con invertir las conexiones del devanado auxiliar de arranque.

22.5.3 Motor asíncrono monofásico con condensador de arranque

Para aumentar el par de arranque de estos motores se añade un condensador en serie con el bobinado auxiliar, de tal forma

que el ángulo de desfase entre los flujos producidos por ambas bobinas se acerque a 90°. Dado que el desfase entre ambos devanados se consigue fundamentalmente gracias al condensador, es posible aumentar la sección de los conductores del devanado auxiliar, así como su número de espiras.

El par de arranque conseguido por estos motores aumenta con la capacidad del condensador. Sin embargo una capacidad excesivamente elevada puede reducir la impedancia total del devanado auxiliar a valores muy pequeños, lo que trae consigo un aumento de la corriente absorbida por el bobinado auxiliar. Si este devanado no se desconecta una vez arrancado el motor, el calor producido por la fuerte corriente puede llegar a destruirlo. Para que esto no ocurra, una vez que el motor ha alcanzado ciertas revoluciones, se procede a la desconexión del conjunto formado por el condensador y el devanado auxiliar mediante un interruptor centrífugo, tal como se muestra en el esquema de conexiones de la Figura 22.22.

Existen motores donde el condensador y el devanado auxiliar de arranque se mantienen conectados en paralelo y de forma permanente con el devanado principal. De esta forma se evita el uso del interruptor centrífugo, consiguiendo que el motor sea más silencioso. En este tipo de motores la capacidad del condensador debe ser más pequeña, por lo que el par de arranque se ve reducido. En la Tabla 22.2 se muestra, como ejemplo, las características técnicas de una gama de motores monofásicos comerciales con condensador permanente. Aquí podemos comprobar como el par de arranque conseguido es

bastante inferior que el de los motores trifásicos. Observa también como aumenta la capacidad del condensador con la potencia nominal del motor.

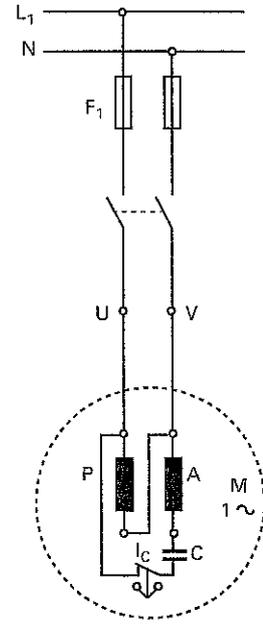


Figura 22.22. Esquema de conexiones de motor asíncrono monofásico con condensador de arranque e interruptor centrífugo.

Potencia nominal según VDE 0530		Tamaño constructivo	Tipo	Peso neto (kg)	Momento de inercia $J = \frac{GD^2}{4}$ (Kg.m ²)	Valores de servicio a potencia nominal					Relación entre:		Condensador	
kW	CV					Velocidad (r.p.m)	Rendimiento (η%)	Factor de potencia (cos φ)	Intensidad a 220 V (A)	Par en N.m	Par de arranque y nominal	Corriente de arranque y nominal	permanente (μF)	arranque (μF)

3000 r.p.m. (2 polos)

0,12	0,16	63	1LF3 060-2AJ20	3,8	0,00018	2685	0,47	0,97	1,20	0,43	0,90	2,3	5	—
0,18	0,25		1LF3 063-2AJ20	4,4	0,0002	2660	0,50	0,92	1,80	0,65	0,95	2,4	6	—
0,26	0,33	71	1LF3 070-2AJ20	5,5	0,00038	2730	0,56	0,96	2,00	0,88	0,90	3,0	10	—
0,37	0,50		1LF3 073-2AJ20	7,0	0,00045	2740	0,60	0,93	3,10	1,30	0,85	3,1	12	—
0,55	0,75	80	1LF3 080-2AJ20	8,6	0,00085	2800	0,63	0,97	4,00	1,88	0,78	3,8	20	—
0,75	1,0		1LF3 083-2AJ20	10,4	0,0011	2810	0,66	0,97	5,25	2,56	0,76	4,0	25	—
1,1	1,5	90 S	1LF3 092-2AJ20	13,1	0,0018	2780	0,67	0,94	8,00	3,81	0,73	4,2	40	—
1,5	2,0	90 L	1LF3 098-2AJ20	16,8	0,002	2790	0,68	0,95	10,70	5,18	0,70	4,3	50	—

Tabla 22.2. Características técnicas de una gama de motores monofásicos comerciales con condensador de arranque permanente.

Existe también la posibilidad de dotar a los motores asíncronos monofásicos de un doble condensador, tal como se muestra en el esquema de conexiones de la Figura 22.23. En este caso se conecta un condensador fijo C en paralelo con el devanado principal y otro en serie con el devanado auxiliar de arranque. Aquí sí se incorpora un interruptor centrífugo para la desconexión del devanado auxiliar una vez arrancado el motor.

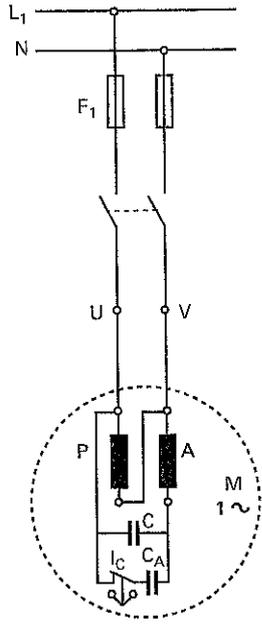


Figura 22.23. Esquema de conexiones de motor asíncrono monofásico de fase partida con doble condensador.

En la Figura 22.24 se muestra el aspecto de un motor con doble condensador.

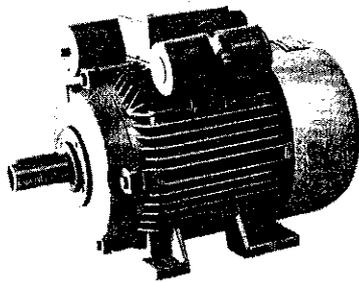


Figura 22.24. Motor asíncrono monofásico de fase partida con doble condensador.

Los motores con condensador poseen un buen factor de potencia y un rendimiento aceptable (es inferior al de los motores trifásicos) y se aplican, por ejemplo, para electrodomésticos, máquinas herramientas, bombas, etc.

En los motores sin condensador el campo de aplicación se ve limitado por su bajo par de arranque, por lo que se emplean, por ejemplo, para ventiladores, bombas centrífugas, etc.

22.5.4 Motor monofásico con espira en cortocircuito

Este motor es de muy sencilla construcción y se aplica para motores de pequeñas potencias (hasta 100 o 200 W).

El rotor de estos motores es de jaula de ardilla. El estator es de polos salientes, en el cual se arrolla la bobina principal como si fuese el primario de un transformador. En la parte extrema de cada polo se coloca una espira de cobre en cortocircuito (Figura 22.25). El devanado principal produce un campo magnético alternativo que atraviesa el rotor y las dos espiras en cortocircuito situadas en el estator. En estas espiras se induce una f.e.m. que hace que aparezca una pequeña corriente y un pequeño flujo magnético que queda retrasado respecto al flujo principal, lo que es suficiente para provocar un pequeño par de arranque en el motor.

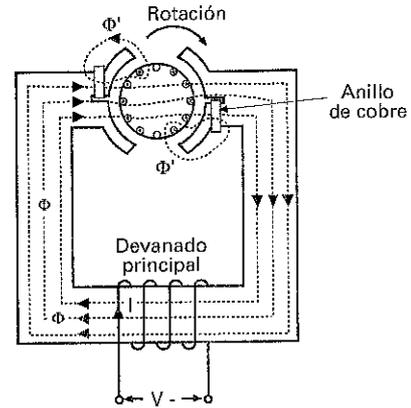


Figura 22.25. Motor monofásico con espira en cortocircuito.

El sentido de giro de estos motores depende de la disposición relativa de las espiras de cortocircuito y de los polos principales.

A pesar de que el par de arranque, el rendimiento y el factor de potencia de estos motores no es muy bueno, la gran sencillez de este motor lo hace ideal para aplicaciones de poca potencia y en los que el par de arranque no sea muy importante.

22.5.5 Motor trifásico como monofásico

Existe la posibilidad de hacer funcionar un motor trifásico conectándolo a una red monofásica. Para ello se realiza la conexión de una de sus fases mediante un condensador, tal como se muestra en el esquema de conexiones de la Figura 22.26.

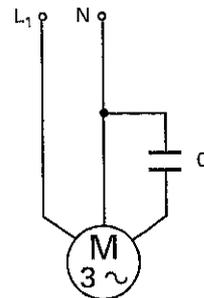


Figura 22.26. Motor trifásico funcionando como monofásico mediante condensador.