


ÍNDICE M3

Capítulo 18. Motores de Corriente Alterna

18.0. GENERALIDADES.	3.18.2
18.1. FABRICACION, PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS DE MOTORES SINCRONOS Y DE INDUCCION DE CORRIENTE ALTERNA, MONOFASICOS Y POLIFASICOS.....	3.18.2
18.1.1. Motores universales.	3.18.2
18.1.2. Motores de inducción. Generalidades.	3.18.3
18.1.3. Motor de inducción monofásico.	3.18.4
18.1.4. Motor de inducción trifásico.	3.18.5
18.1.5. Motores síncronos.	3.18.6
18.1.6. Motores trifásicos.	3.18.8
18.3. METODOS DE CONTROL DE LA VELOCIDAD Y DEL SENTIDO DE GIRO	3.18.9
18.4. INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE MOTORES DE CA.	3.18.11
18.5. INVERSORES.	3.18.11

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

CAPÍTULO 18

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

18.0. GENERALIDADES.

Los motores de CA funcionan basados en los mismos principios de electromagnetismo que los motores de CC, pero con la principal ventaja de que son capaces de desarrollar mayor potencia a menor peso, son más baratos y, en muchos casos, no usan escobillas ni colectores de delgas con lo que se evitan los problemas derivados del desgaste de escobillas y colectores y del chisporroteo.

La velocidad de un motor de CA viene dada por la fórmula:

$$\text{rpm} = \frac{120 \times \text{frecuencia}}{\text{N}^\circ \text{ de polos}} = \frac{60 \times \text{frecuencia}}{\text{N}^\circ \text{ pares de polos}}$$

Como la frecuencia de la CA en el avión es de 400 Hz, un motor de aviación tiene una velocidad 8 veces superior al mismo motor funcionando a 50 Hz, la frecuencia de la red comercial. Gracias a esta alta velocidad de funcionamiento, los motores de CA, con pequeños rotores de alta velocidad y sus correspondientes trenes de engranaje, son ampliamente usados en el avión para mover cargas pesadas como los flaps de las alas, el tren de aterrizaje retráctil etc. Un motor de CA se identifica por su potencia, voltaje y frecuencia de funcionamiento, intensidad a plena carga, velocidad y número de fases y factor de potencia.

18.1. FABRICACION, PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS DE MOTORES SINCRONOS Y DE INDUCCION DE CORRIENTE ALTERNA, MONOFASICOS Y POLIFASICOS

Los tipos principales de motores de CA son: **motor universal, motor de inducción y motor síncrono.**

18.1.1. Motores universales.

El motor universal es idéntico a un motor de CC, ya que tiene escobillas y colector de delgas, y puede funcionar con CC o con CA.

Como la tensión se aplica simultáneamente a campo y a inducido, el par creado tendrá siempre la misma dirección a pesar de que la tensión cambie de sentido. Estos motores no se emplean en aviación ya que a 400 Hz tienen mayores pérdidas por histéresis. Se emplean en ventiladores, herramientas portátiles como taladradoras, sierras etc.

18.1.2. Motores de inducción. Generalidades.

El motor de inducción es el más popular de los motores de CA por ser muy utilizable en un amplio margen de cargas siempre que no se precise una velocidad exacta y constante. Este motor consta de un **rotor** y de un **estator** y debe su nombre a que la corriente producida en el rotor se debe a la fem inducida creada por el campo magnético giratorio establecido por la CA que circula por los devanados del estator. No hay, por tanto, más conexión entre rotor y estator que un campo magnético, sin necesidad de escobillas, con la consiguiente reducción de mantenimiento y averías.

El estator consta de varias chapas anulares provistas de ranuras en su parte interior, en las que van alojadas bobinas conectadas en serie, de modo similar a los devanados del inducido de un motor de CC. Cuando el estator se alimenta con una corriente eléctrica alterna, sus bobinas crean un campo magnético variable en intensidad y sentido con la misma frecuencia que la de la corriente alterna, o sea un campo magnético rotatorio.

Recuérdese que un motor precisa de un campo magnético y de un conductor recorrido por una corriente eléctrica para que se ejerza una fuerza sobre ese conductor.

El rotor consta de un núcleo cilíndrico de chapas de hierro laminado, provisto de un cierto número de barras longitudinales de cobre o aluminio, distribuidas uniformemente en la periferia del cilindro. Estas barras se unen en sus extremos por aros de cobre o aluminio que las cortocircuita de modo que formen una estructura conocida como jaula de ardilla, que tiene la forma mostrada en la figura 3.18.1. El campo magnético variable creado por el estator induce una f.e.m. en las barras del rotor que, al estar cortocircuitadas en sus extremos, producen una alta intensidad de corriente. Esta intensidad de corriente genera, a su vez, un campo magnético de alta intensidad que reacciona con el campo magnético creado por el estator, haciendo girar al rotor.

También en el núcleo del rotor se induce un voltaje, pero como está fabricado de finas chapas de acero cubiertas de óxido, la resistencia es alta y la corriente muy baja. Esas corrientes darán lugar a pérdidas que se conocen como pérdidas en el hierro.

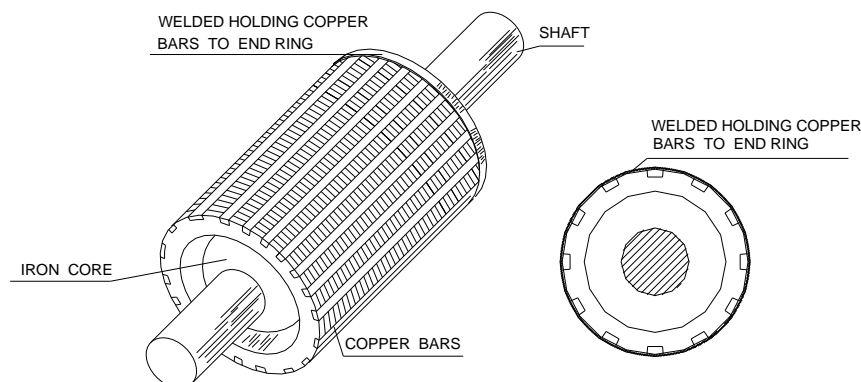


Fig. 3.18.1. Rotor en jaula de ardilla

El rotor de un motor de inducción adopta siempre una posición, con respecto al estator, tal que sea mínimo el voltaje inducido en las barras del rotor. Dicho de otra manera, el rotor de un motor de inducción gira a una velocidad ligeramente inferior a la frecuencia de la corriente aplicada al estator (o sea a las variaciones del campo magnético del estator). La diferencia entre ambas velocidades es la justa para que el voltaje inducido en el rotor genere la intensidad de corriente necesaria para superar las pérdidas mecánicas y eléctricas del rotor. Si el rotor girase a la misma velocidad que gira el campo magnético del estator, las barras del rotor no cortarían las líneas de fuerza del campo magnético del estator, no existiría voltaje inducido, no se crearía campo magnético, ni existiría par de torsión que hiciera girar al rotor. Entonces, el rotor tiene que girar ligeramente más lento que el campo del estator y esa diferencia se conoce con el nombre de **slip (deslizamiento)**. El deslizamiento es absolutamente necesario para que gire el motor de inducción.

18.1.3. Motor de inducción monofásico.

Como su nombre indica, el estator tiene un solo devanado. Entonces, el campo creado por el estator no es realmente un campo giratorio sino un campo cuyas líneas de fuerza van en un sentido aumentando de un cero a un máximo, cayendo a cero y, seguidamente, invirtiendo su sentido. El campo creado en el rotor, como consecuencia del voltaje inducido, es opuesto a del estator, luego las fuerzas de giro que se ejercen en la parte superior e inferior del rotor intentan hacer girar al rotor a su posición 180°. Como esas fuerzas se ejercen en el centro del rotor, el par de giro es nulo y el rotor no gira. Si el rotor ya estuviese girando, continuaría girando en el mismo sentido que hubiera arrancado puesto que las fuerzas de giro se sumarían a las del momento del rotor.

O sea, un motor de inducción no tiene autoarranque. De aquí que se hayan desarrollado sistemas para el autoarranque de los motores de inducción. Hay motores en los que se dispone de un devanado de arranque desplazado 90° del devanado de giro y se hace que la corriente que circula por estos devanados esté desfasada la una con respecto a la otra y se pueda generar un campo rotatorio como en un motor bifásico. Esto se conoce con el nombre de **desplazamiento de fase (phase splitting)** y a este tipo de motor se le conoce como **motor de fase dividida (split – phase motor)**.

El atraso o adelanto de las corrientes de los devanados se consigue haciendo que la razón de la reactancia inductiva a la resistencia de un devanado difiera considerablemente de la del otro devanado. Los métodos más usuales para conseguir esto se conocen como: arranque de resistencia, arranque de inductancia, arranque de resistencia-inductancia y arranque de capacidad, dependiendo del método de desfase usado. El tipo empleado dependerá fundamentalmente de la potencia del motor.

Los tres primeros métodos se emplean únicamente durante el arranque del motor, porque si los dos devanados quedan en circuito durante el funcionamiento el rendimiento del motor se vería afectado adversamente. Además, un motor monofásico de CA puede girar perfectamente una vez alcanzada una determinada velocidad. El circuito del devanado de arranque se desconecta, entonces, una vez alcanzada la velocidad de régimen mediante un interruptor centrífugo.

El arranque de capacidad es el más utilizado y se puede emplear para motores hasta 2 CV. La figura 3.18.2 muestra un motor de condensador del tipo jaula de ardilla, alimentado a 115 V 400 Hz, que se conoce con el nombre de **motor de condensador (capacitor motor)**.

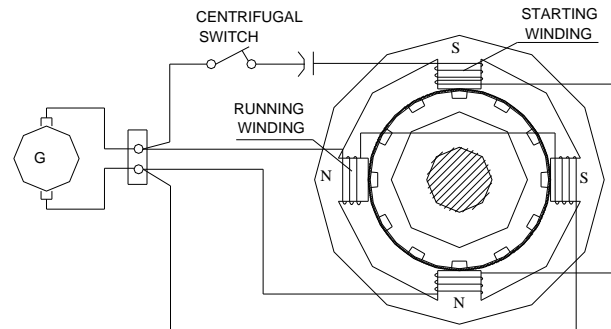


Fig. 3.18.2. Motor de condensador. Diagrama esquemático.

18.1.4. Motor de inducción trifásico.

El principio de funcionamiento de un motor de CA trifásico se puede comprender con ayuda de la figura 3.18.3.

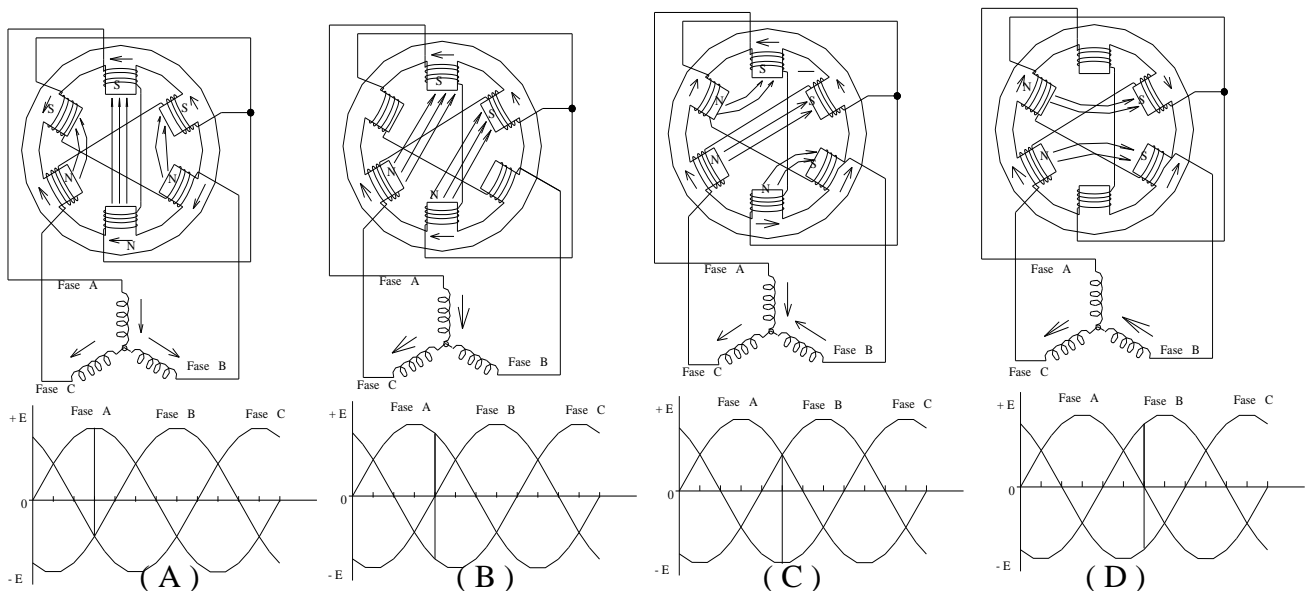


Fig. 3.18.3. Principio de funcionamiento de un motor trifásico

En (A), la fase A se encuentra en un máximo positivo y las fases B y C son iguales y negativas, dando lugar al esquema de conducciones mostrado en el que las piezas polares del estator se han polarizado como se muestra. El campo magnético creado por el estator es vertical.

En la posición (B), la fase en las tres bobinas del estator ha avanzado 30°, el voltaje de la fase B se ha hecho cero y los voltajes de las fases A y C son iguales y opuestos. Las piezas polares del estator han cambiado, dado que las piezas de la fase C han dejado de crear flujo magnético, con el resultado mostrado en la figura. Claramente se aprecia que las líneas de fuerza del campo magnético resultante han girado 30°.

En la posición (C), la fase C se encuentra en un máximo negativo y las fases B y A son iguales y positivas, dando lugar al esquema de conducciones mostrado en el que las piezas polares del estator se han polarizado como se muestra. Las líneas de fuerza del campo magnético resultante han girado 60° con respecto a las del campo de la posición (A).

En la posición (D), es la fase A la que se ha hecho cero y los voltajes de las fases B y C son iguales y opuestos. Las piezas polares del estator han cambiado, dado que las piezas de la fase A han dejado de crear flujo magnético, con el resultado mostrado en la figura. Claramente se aprecia que las líneas de fuerza del campo magnético resultante han girado 90° con respecto a las del campo de la posición A.

En consecuencia, el campo magnético creado por el estator gira en sincronismo con la frecuencia del voltaje aplicado al estator. El rotor, sumergido en el campo magnético rotatorio, girará a la misma velocidad que gira el campo magnético del estator.

Cuando el motor se conecta mecánicamente a una carga, la carga tiende a frenar el movimiento del rotor, el deslizamiento aumenta y el rotor (que gira a velocidad inferior a la de variación del campo del estator) corta más líneas de fuerza del campo del estator aumentando la corriente inducida y la intensidad de campo del rotor con lo que aumenta el par de torsión.

La velocidad síncrona de un motor de inducción viene determinada por la fórmula:

$$\text{Velocidad síncrona (rpm)} = \frac{\text{Frecuencia (Hz)} \times 60}{\text{Nº pares polos}}$$

18.1.5. Motores síncronos.

Como su nombre indica, los motores síncronos giran a una velocidad sincronizada con la corriente alterna aplicada. Estos motores tienen características comunes con los motores de inducción y una construcción similar a la de los alternadores. El estator es una carcasa de hierro dulce laminado con los devanados bobinados en alojamientos de la superficie interna. Si el motor fuese trifásico, el estator tendría tres devanados independientes que producirían un campo magnético rotatorio igual que lo hace un motor de inducción. En los motores síncronos pequeños, el rotor puede ser un imán permanente, pero en los motores de mayor potencia, el rotor es un electroimán alimentado por una fuente externa de corriente continua. El rotor, entonces, tiene un devanado de alta resistencia en jaula de ardilla para producir un par de arranque alto.

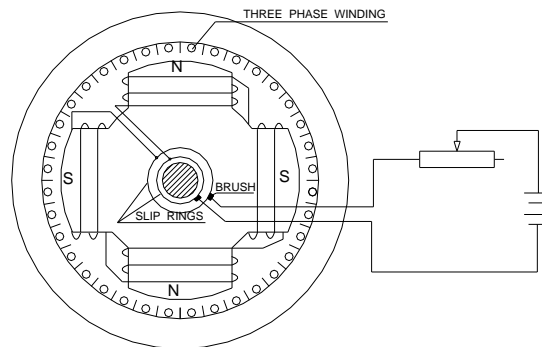


Fig. 3.18.4. Motor síncrono

La figura 3.18.4 muestra el esquema de un motor síncrono con el rotor alimentado a corriente continua mediante un reostato. La teoría de funcionamiento de un motor síncrono es muy sencilla. Si se coloca un imán que pueda girar libremente en el seno de un campo magnético rotatorio, éste se alineará con el campo magnético y girará con él a la misma velocidad. Si el motor no tiene carga, el centro de los polos del rotor estará alineado con el centro de los polos del campo del estator, aunque en la práctica no ocurre exactamente así debido al rozamiento del eje del rotor. Este rozamiento y la carga hacen que el centro de los polos del rotor se atrase con respecto al centro de los polos del campo del estator en un ángulo llamado **retraso (lag)**, que aumenta cuando se incrementa la carga aplicada al motor. Si la carga es excesiva, se alcanza el punto de sobrecarga, el motor se para y la corriente de entrada se eleva enormemente como si se hubiese producido un cortocircuito.

Los motores síncronos tienen un bajo par de arranque por lo que suelen estar dotados de medios para incrementar el par. Uno de ellos puede ser un reostato en serie con la alimentación del rotor que haga incrementar la intensidad del campo del rotor en el arranque y que la haga disminuir una vez ha alcanzado su velocidad de régimen.

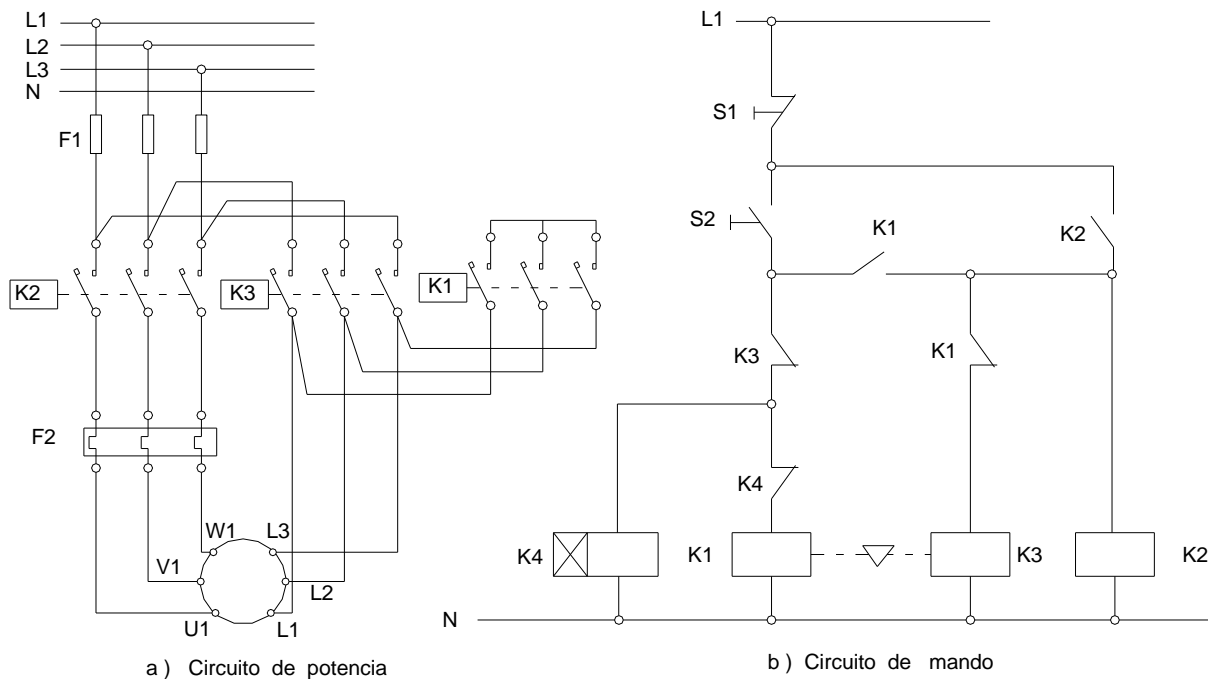
Cuando un motor síncrono funciona dentro de los límites de su carga, el rotor girará con la misma velocidad que el generador que alimenta al estator, supuesto que generador y motor tienen el mismo número de polos, de aquí que se usen cuando se deseen frecuencias o velocidades constantes. Uno de los usos comunes de estos motores es el cambiar la frecuencia de una corriente alterna. Para ello se emplea un motor síncrono, que funciona a una velocidad, que hace girar a un alternador a través de un tren de engranajes a una velocidad distinta a la del alternador que alimenta al motor.

Otro de los usos de los motores síncronos es como tacómetros eléctricos para el motor del avión. Al eje del motor del avión se conecta un alternador trifásico, en el que la frecuencia del voltaje generado es proporcional a la velocidad de giro. Este alternador se conecta a un motor síncrono que girará a la misma velocidad que el alternador y, consecuentemente, que el motor del avión. La presentación de las rpm en un indicador se efectúa mediante un imán permanente tal que hace moverse la aguja con un desplazamiento proporcional a las revoluciones del motor.

18.1.6. Motores trifásicos.

Los motores de ca trifásicos que se emplean en aviación son similares a los motores comerciales, con la diferencia de que la frecuencia de la corriente alterna es de 400 Hz., lo que permite conseguir mayores potencias con menor peso. Estos motores se emplean en los grandes aviones de transporte como bombas hidráulicas, ventiladores grandes, bombas de transferencia y reforzadoras de combustible y otros sistemas que requieren gran cantidad de energía mecánica.

Un motor de inducción trifásico consiste esencialmente en un estator trifásico bobinado en estrella (Y) y un rotor convencional de jaula de ardilla. Como se ha visto anteriormente, el estator produce un campo magnético giratorio que induce una corriente en el rotor. La corriente del rotor crea, a su vez, un campo magnético que se opone al del estator, con el resultado que el rotor intenta girar a una velocidad que le mantenga su campo magnético en adelante con respecto al campo magnético del rotor.



SECUENCIA ACCIONAMIENTO RELES CIRCUITO ESTRELLA - TRIANGULO

S1	S2	K1	K2	K3	K4	ACCION / EFECTO
—	—	—	—	—	—	EN REPOSO
—	+	+	+	—	—	RED ESTRELLA - MOTOR ESTRELLA
	TRAS	TEMPORIZACION				
—	—	—	+	+	+	
—	—	—	+	+	—	RED ESTRELLA - MOTOR TRIANGULO
+	—	—	—	—	—	ACCION DE APAGAR . REPOSO

Fig. 3.18.5. Arrancador estrella – triángulo industrial

Cuando los motores de inducción trifásicos son de gran potencia es muy alta la intensidad de corriente durante el arranque, lo que obliga a disponer de un alternador de alta capacidad. Para evitar esto, se utiliza un dispositivo de arranque conocido como **arranque estrella – triángulo** mediante el cual durante el arranque se aplica al motor $1/\sqrt{3}$ de la tensión nominal y, seguidamente, aplicar la nominal durante el funcionamiento como se ve en la figura 3.18.5

Los interruptores S1 y S2 son pulsadores, o sea vuelven a su posición de reposo tras ser accionados. El relé K4, merced a un devanado en oposición al devanado principal, es un relé temporizado que tarda unos segundos en cerrarse. La elección de este relé es una función del tipo de motor a arrancar, del tiempo que tarda en arrancar o de la rampa de arrastre característica del motor.

18.3. METODOS DE CONTROL DE LA VELOCIDAD Y DEL SENTIDO DE GIRO.

Ya se ha estudiado en apartados precedentes la velocidad de giro de un motor de CA de inducción y síncrono.

El sentido de giro en un **motor de inducción monofásico reversible** se puede invertir gracias al doble devanado del campo del estator necesario para originar el par necesario para producir el arranque del motor bajo condiciones de carga.

La figura 3.18.6 siguiente muestra el diagrama esquemático de un motor de inducción monofásico reversible

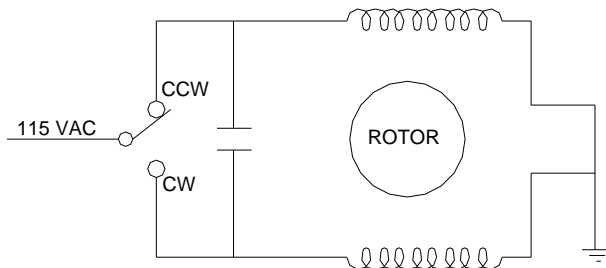
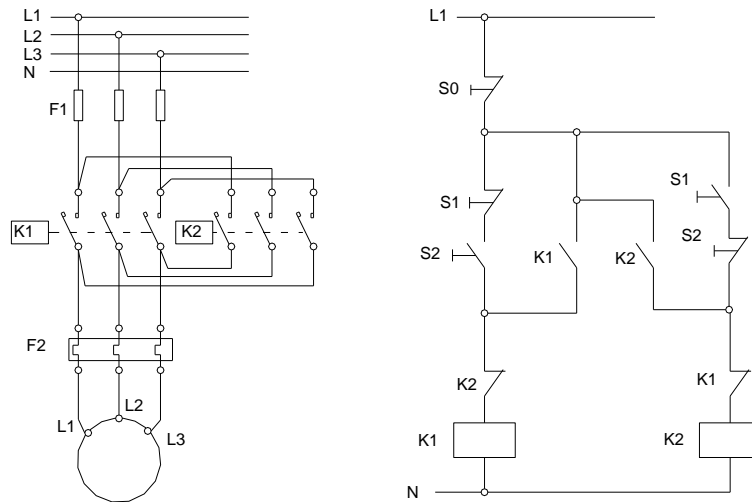


Fig. 3.18.6. Motor de inducción monofásico reversible

Nótese en a) que cuando el interruptor está en la posición CW (clockwise = sentido de las agujas del reloj), el devanado CW recibe la corriente directamente, mientras que el devanado CCW (counterclockwise = sentido contrario a las agujas del reloj) el devanado CCW recibe la corriente a través de un condensador. Esto hace que la bobina CCW tenga su corriente en adelanto con respecto a la de la bobina CW con lo que el campo magnético gira en el sentido de las agujas del reloj. Inversamente, cuando el interruptor está en la posición CCW, el campo magnético creado gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

La figura 3.18.7 siguiente muestra el esquema de un circuito inversor industrial para un motor trifásico. La figura 3.18.8 muestra el mismo esquema pero expresado en forma diferente.



a) Circuito de potencia

b) Circuito de mando

SECUENCIA ACCIONAMIENTO RELES DE CIRCUITO INVERSOR

<u>S0</u>	<u>S1</u>	<u>S2</u>	<u>K1</u>	<u>K2</u>	<u>ACCION / EFECTO</u>
-	-	-	-	-	en reposo
-	+	-	-	+	Arranque en un sentido
+	-	-	-	-	Apagar
-	-	+	+	-	Arranque en sentido contrario

Fig. 3.18.7. Circuito inversor para motor trifásico

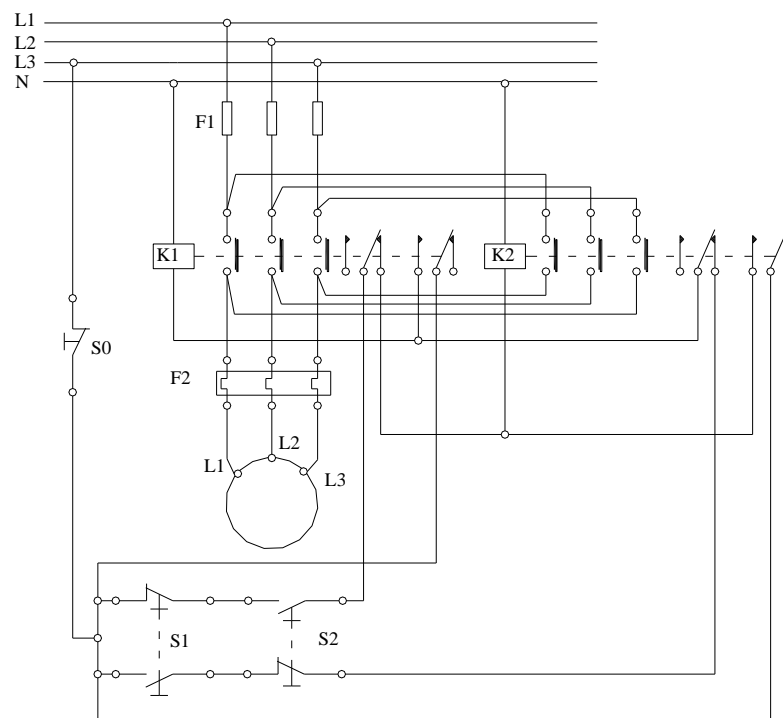



Fig. 3.18.8. Circuito inversor de giro de motores de CA

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

18.4. INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE MOTORES DE CA.

En el capítulo 12 se estudiaron los procedimientos para el mantenimiento de generadores y motores de corriente continua. La mayor parte de estos procedimientos son aplicables a los de corriente alterna puesto que ambos son similares, con la diferencia que los componentes de corriente alterna no tienen escobillas ni colector de delgas, excepto los motores universales, que prácticamente no se usan a bordo.

Normalmente, las inspecciones prevuelo de los motores son operacionales. Esto es, se conecta el interruptor del motor y si gira adecuadamente, no precisa más comprobación. Es indudable que los actuadores, por ejemplo del tren de aterrizaje, no se pueden comprobar de este modo, pero si no ha hecho mención alguna a estos componentes, no es necesario más que una inspección visual.

El desmontaje y la instalación de motores y alternadores de corriente alterna se deben efectuar en todo momento siguiendo las instrucciones del fabricante y/o el manual del avión.

Hay que ser muy cuidadoso con el cableado eléctrico y con los conectores en el momento de montar o desmontar componentes. Una vez desmontado, se deben aislar los terminales eléctricos para evitar un eventual cortocircuito si se acciona inadvertidamente el interruptor de la batería.

Si el desmontaje de un motor deja al descubierto huecos por los que se puedan colar materias extrañas hasta el interior de mecanismos que estaban acoplados al elemento desmontado, es imprescindible cubrir estos huecos cuidadosamente para evitar que un elemento metálico caiga en su interior y provoque grandes daños.

18.5. INVERSORES.

Un inversor es un dispositivo que transforma la CC en CA a la frecuencia y tensión deseadas, que en el avión son 120 V. para las tensiones monofásicas y 308 V. para las tensiones trifásicas, 400 Hz., como bien se sabe.

En aviones pequeños, en los que se precisan pequeñas potencias de CA, se pueden usar estos inversores para generar, alimentados por CC, la CA que necesitan. En aviones grandes, se suelen usar como dispositivos de emergencia para alimentar en CA los equipos esenciales en caso de fallo de los alternadores.

Los inversores se clasifican en **rotativos y estáticos**. Los estáticos son más empleados últimamente dada su mayor fiabilidad, eficiencia y su menor peso que los rotativos.

El inversor rotativo es, simplemente, un motor de CC de velocidad constante que hace girar el rotor de un alternador. El motor suele ser de cuatro polos, devanado compuesto, cuyo eje es solidario con el eje del alternador y está equilibrado dinámicamente. El motor se alimenta a una tensión de 26 a 29 VCC y la salida del generador es la habitual de 208/120 VCA trifásica a 400 Hz. La figura 3.18.9 siguiente muestra un inversor estático.

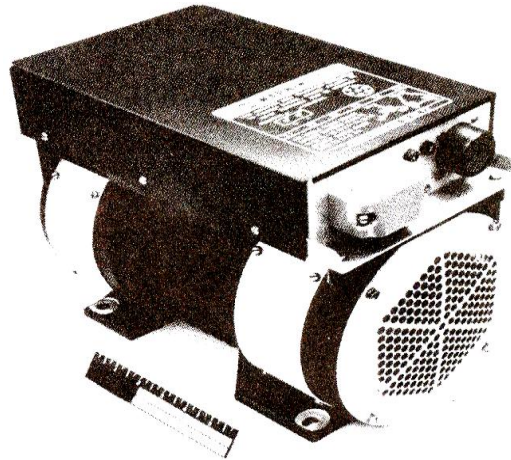


Fig. 3.18.9. Inversor rotativo

El inversor estático, o de estado sólido, tiene las mismas funciones que un inversor rotativo, pero convierte la CC en CA mediante unos circuitos consistentes en un oscilador que genera la tensión de 400 Hz que se filtra para conseguir la forma de onda adecuada. En él no existen elementos rotatorios por lo que exige un menor mantenimiento y tiene más fiabilidad. La figura 3.18.10 siguiente muestra un inversor estático fabricado por Bendix Corporation, Electrical and fluid Power Division.

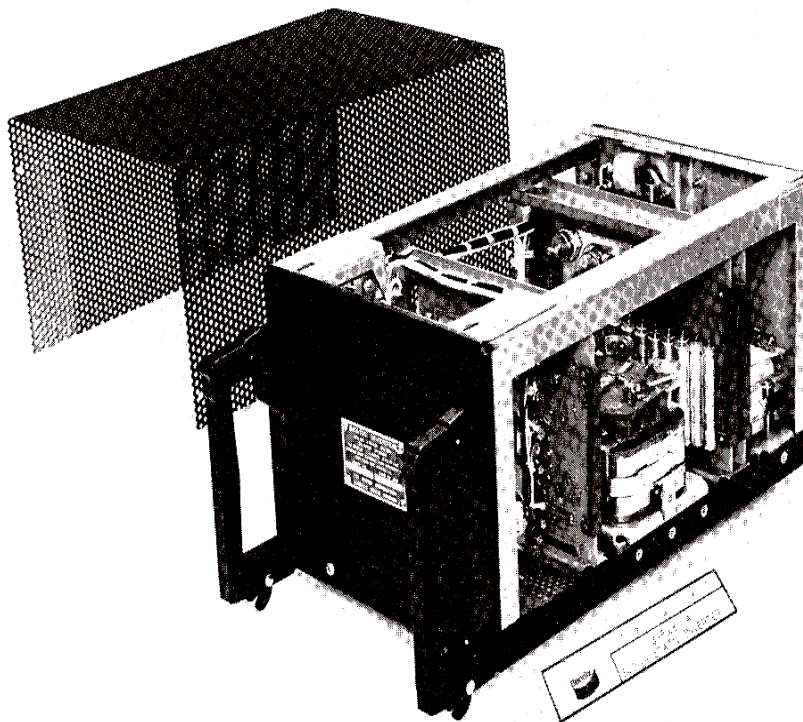


Fig. 3.18.10 Inversor estático

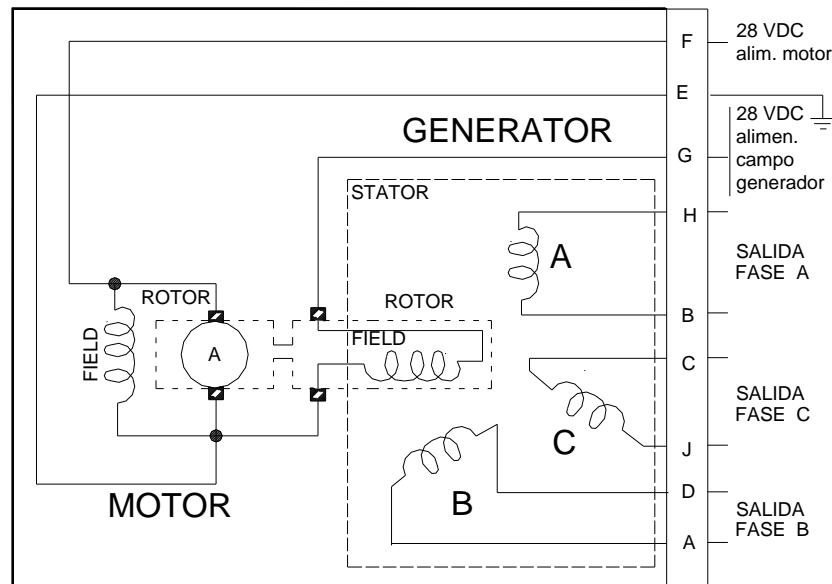


Fig. 3.18.11. Inversor rotatorio

El esquema de un inversor rotatorio se muestra en la figura 3.18.11. El inversor consta de dos partes perfectamente diferenciadas y unidas por un eje común, un motor y un generador.

El motor es un motor de corriente continua bobinado paralelo, con velocidad constante, que se alimenta a 28 VDC, entre las patillas F (positivo) y E (masa). Carece de regulación de velocidad.

El alternador es un generador de corriente alterna trifásico que recibe alimentación en la bobina del campo, entre la patilla G (positivo) y (masa), recibe 28 VDC de la barra principal.

La salida del alternador se obtiene entre las patillas A y B para la fase A, entre las patillas C y J para la fase C y entre las patillas D y A para la fase B.

Un estudio comparativo entre generadores y motores de CA se muestra en la tabla siguiente.

ESTUDIO COMPARATIVO GENERADORES AC – MOTORES AC	
ALTERNADORES	MOTORES AC
<p><u>Rotor.</u> Tambor giratorio en cuyas ranuras se devanan las espiras de la bobina. La bobina se alimenta con DC, para crear un campo magnético uniforme, a través de escobillas o directamente.</p>	<p><u>Rotor.</u> Tambor giratorio en cuyas ranuras se devanan las espiras de la bobina. La bobina se alimenta con AC a través de escobillas o por inducción desde el campo magnético del estator.</p>
<p><u>Estator.</u> Bobinas situadas sobre alojamientos practicados en las piezas anulares en las que se induce un voltaje al girar el campo magnético del rotor en el interior del estator.</p>	<p><u>Estator.</u> Bobinas devanadas sobre alojamientos practicados en las piezas anulares a las que se aplica un voltaje AC monofásico o trifásico para crear un campo magnético giratorio.</p>
<p><u>Voltaje de salida</u> del generador AC depende de la intensidad del campo magnético del rotor y del número de espiras de la bobina del estator. La intensidad del campo magnético del rotor se varía modificando el valor del voltaje aplicado a la bobina.</p>	<p><u>Velocidad de giro síncrona</u> de un motor de AC viene definido por la frecuencia de AC de alimentación:</p> $\text{RPM} = \frac{\text{fr (Hz)} \times 60}{\text{N}^\circ \text{ pares de polos}}$
<p>La <u>frecuencia de salida</u> del generador de AC tiene el valor:</p> $\text{fr} = \frac{\text{RPM} \times \text{N}^\circ \text{ pares polos}}{60} \text{ (Hz)}$ <p>La frecuencia de un alternador tiene que ser constante o solo podría ser utilizado para alimentación de cargas puramente resistivas, como calefactores.</p>	<p>El <u>motor de inducción</u> no precisa escobillas ni colector. Tiene un <u>rotor</u> en cuyas ranuras se han introducido barras de cobre o aluminio que se cortocircuitan con aros de cobre o aluminio en ambos extremos. Se conoce como “jaula de ardilla”.</p> <p>Tiene un <u>estator</u> con bobinas que crean un campo magnético giratorio cuando se alimentan con AC.</p> <p>El campo magnético creado por el estator induce fem en el rotor. Al ser de baja resistencia, la corriente es alta y el campo magnético muy intenso.</p> <p>Esos campos magnéticos reaccionan entre sí y hacen girar al rotor.</p>

<p><u>Alternador con escobillas.</u> El voltaje DC. o excitación, se aplica a la bobina del rotor a través de dos escobillas que están en contacto con su semisector del colector del rotor.</p> <p><u>Alternador sin escobillas (Brushless Generator).</u> Es el constituido por un generador excitador y un generador principal. La excitación se consigue alimentando con DC las bobinas devanadas en el estator, que inducen un voltaje de AC en bobinas de estator (o generador excitador).</p> <p>A continuación se rectifica en rectificador solidario al eje del rotor y ésta DC alimenta la bobina del rotor del generador principal, que induce en el estator del generador principal el voltaje AC de salida.</p> <p>Un caso particular es el PMG (Permanent Magnetic Generator) o Generador de Imán Permanente, en el que el voltaje inicial se obtiene de un imán permanente que gira solidario al eje del rotor, crea el primer voltaje de AC, que, rectificado y amplificado, se utiliza para alimentar al generador excitador.</p>	<p><u>Velocidad de Deslizamiento</u> es la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad del rotor.</p> <p><u>Deslizamiento</u> es el porcentaje entre velocidad de deslizamiento y síncrona. Si no hubiese deslizamiento no giraría el motor ya que los campos crearían fuerzas iguales y contrarias y no habría par de giro.</p> <p>El <u>motor de inducción trifásico</u> tiene autoarranque y su sentido de giro esta definido por la secuencia de fases. Se puede invertir el sentido de giro de un motor trifásico invirtiendo dos de las fases, o sea conectando la fase A del generador en el terminal de la fase C del motor y el terminal de la fase C del generador en el terminal de la fase A del motor.</p> <p>El <u>motor de inducción monofásico</u> no arranca por sí solo, pero una vez arrancado, al igual que el trifásico, mantiene su velocidad ligeramente por debajo de la velocidad síncrona. Según el tipo de arranque usado, el motor de inducción monofásico se clasifica en motor de arranque dividido (split-phase motor) con dos devanados a 90° en el estator (el devanado de arranque se desconecta tras arrancar), en motor de arranque a condensador que emplea un condensador para desfazar la corriente entre estator y rotor y producir campos magnéticos diferentes y otros tipos poco usados a bordo.</p>
<p>En función del número de bobinas devanadas en el estator, los alternadores se clasifican en monofásicos, bifásicos o trifásicos.</p> <p>El alternador <u>monofásico</u> solo tiene una bobina en su estator.</p> <p>El alternador <u>bifásico</u> no se fabrica.</p>	<p>El <u>motor síncrono</u> gira a una velocidad sincronizada con AC de alimentación.</p> <p>El <u>estator</u> consiste en láminas de acero de forma anular con las bobinas en las ranuras internas de esas láminas, al igual que un motor de inducción.</p> <p>El <u>rotor</u> es un electroimán excitado por una DC.</p>

El alternador trifásico tiene tres bobinas, espaciadas 120° , en su estator. En cada bobina se induce un voltaje del mismo valor, pero independiente, de modo que dispone de tres voltajes separados 120° en el tiempo.

Las tres bobinas de un alternador trifásico se pueden interconectar en estrella (Y) o en triángulo (Δ delta).

Estrella (Y):

$$E_L = E_F \sqrt{3}$$

Triángulo (Δ):

$$I_L = I_F \sqrt{3}$$

E_L = Voltaje línea o entre fase y fase.

E_F = Voltaje de fase

I_L = Intensidad de línea

I_F = Intensidad de fase

La potencia obtenida de un alternador trifásico:

$$P_a = E_F I_F \sqrt{3}$$

Se mejora el rendimiento de un alternador trifásico con respecto a un monofásico en 1.73 veces, siempre que las tres fases estén equilibradas, o sea que los receptores estén consumiendo la misma potencia de cada una de las fases.

El rotor girará siempre alineado con el campo magnético giratorio del estator y a la misma velocidad. El rozamiento hace que el rotor se retrase ligeramente con respecto al estator. El ángulo que forma el campo del rotor con el campo del estator se conoce como "lag" y se incrementa con el incremento de la carga.

Se usan como motores de velocidad constante y como tacómetros.

Un alternador trifásico es accionado por el eje del motor y la salida del alternador se aplica a un motor síncrono. La frecuencia del alternador es proporcional a las revoluciones del motor y el motor síncrono girará sincronizado con la frecuencia del alternador, o con las revoluciones del motor. La aguja indicadora de rpm se acopla al motor síncrono a través del un imán permanente de modo que el movimiento de la aguja es proporcional a la velocidad del motor.