

Motores de inducción

monofásicos asincrónicos

ÍNDICE

• Introducción	4
• Tipos de motores monofásicos (MIMA)	
♦ Motor de fase partida	6
♦ Motor de funcionamiento capacitivo	12
♦ Motor con condensador permanente	15
♦ Motor capacitivos y de arranque capacitivo	19
• Principio de funcionamiento de los(MIMA)	21
· Funcionamiento del (MIMA)	21
· El motor asincrónico	22
• Campo magnético rotatorio en los (MIMA)	23
♦ Generalidades	23
♦ Teoría del doble campo giratorio	24
♦ Teoría del campo cruzado	24
• MIMA con bobinado auxiliar e interruptor centrífugo	26
· Componentes	26
· Estructura	26
· Funcionamiento	27
• MIMA con bobinado auxiliar y condensador de partida	28
• Componentes	28
• Estructura	28
• Funcionamiento	29
• MIMA con bobinado auxiliar, condensador de partida y de trabajo	30

• Componentes	30
• Estructura	30
• Funcionamiento	31
• MIMA de repulsión	32
• MIMA universal	35
• MIMA de polos de sombra	37
• Motor paso a paso	41
• Ensayos de máquinas a los MIMA	45
• Rendimiento de los MIMA	46
• Curvas características de los MIMA	47
• Circuito equivalente del MIMA	52
• Conclusión dl tema	55
• Bibliografía	56

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es un desarrollo explicativo del funcionamiento de los motores monofásicos de inducción, y además estos mismos son maquinas transformadoras estáticas.

Nos referimos al motor asincrónico. Este es una maquina de corriente alterna, de la que solamente una parte: el rotor o el estator, esta conectado a la red y la otra parte trabaja por inducción, siendo la frecuencia de las fuerzas electromotrices inducidas proporcionalmente al resbalamiento.

Por consiguiente la elección de un motor de cualquier tipo para una determinada instalación requiere el conocimiento de los conjuntos de características, las del motor y las de la instalación, algunas necesarias porque están impuestas, y no pueden ser elegidas arbitrariamente, otros en cambio pueden ser seleccionadas entre un conjunto de posibilidades.

Para adoptar efectivamente el motor se debe tener en cuenta, las exigencias de la instalación donde se ha utilizar, considerando que como el motor tendrá ciertos limites, los cuales no deberán ser superadas; por otra parte el motor con sus características propias, impondrá a la instalación ciertos requerimientos, que esta deberá satisfacer y a la vez se pueden utilizar directamente.

El comportamiento de estas maquinas cuando son sometidas a condiciones normales de trabajo, sus componentes y estructura son algunos de los temas que se trataran en este trabajo.

Cada tipo de motor de los mencionados a continuación posee características que lo diferencian de los demás tipos, sin embargo, todos funcionan bajo los mismos principios y leyes. Y varia la forma en que están contruidos otorgándole así características especificas a cada una de las configuraciones adoptadas que a su vez han sido diseñadas para satisfacer necesidades distintas.

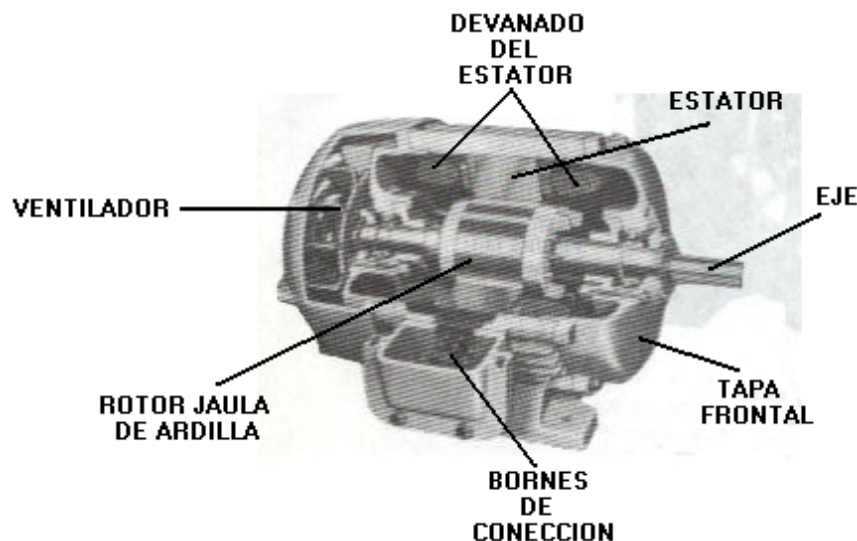
El motor jaula de ardilla, como el Shunt de corriente continua, marcha a velocidad prácticamente constante. Como el rotor no puede alcanzar la velocidad de rotación del campo magnético, debe siempre marchar con cierto grado de deslizamiento. En vacío, el deslizamiento es muy pequeño. Al aplicar la carga al rotor se requiere del aumento de la densidad de la corriente que pasa por el, para desarrollar el par necesario para vencer el aumento de la carga si se introduce una resistencia al circuito del rotor de un motor de inducción, el deslizamiento aumentara para un valor determinado del par.

El par es proporcional al flujo, la corriente en el inducido y al coseno del ángulo alfa de desfase entre el flujo y la corriente.

El flujo del motor de inducción es prácticamente constante porque lo es la FCEM. Si se agrega una resistencia al circuito del rotor, la impedancia del rotor aumentará.

Los motores pueden ser de jaula de ardilla, o de rotor bobinado, los primeros en general se prefieren por razones de simplicidad, solidez y costo. Sin embargo los motores de rotor bobinado poseen características diferentes a las de un motor de rotor en jaula de ardilla que los hacen más eficientes en determinadas condiciones de trabajo. Por lo tanto, que era la selección de un motor adecuado es necesario contar con la mayor cantidad de información sobre diferentes tipos de motores y sus características de funcionamiento y así poder llevar a cabo la selección de un motor que cubra las necesidades requeridas.

MOTOR DE FASE PARTIDA



Fueron los primeros motores monofásicos usados en la industria y aun perduran. Un motor fase partida es un motor de inducción monofásico con dos embobinados de. Estator, uno principal (M) y otro auxiliar de arranque (A). Ambos bobinados se conectan en paralelo y la tensión de la red se aplica a ambos. Estos dos embobinados están separados por un espacio de 90 grados eléctricos a lo largo del estator, y el embobinado auxiliar está diseñado para desconectarse del circuito a una determinada velocidad mediante un interruptor centrífugo; Además, este embobinado está diseñado para tener un cociente resistencia / reactancia mayor que el embobinado principal, de tal manera que la corriente del embobinado auxiliar adelante la corriente en el embobinado principal. Generalmente esta mayor relación R / X se logra al utilizar alambre de menor diámetro para el embobinado auxiliar. Se permite este tipo de alambre allí porque se usa sólo para el arranque y por tanto no tiene que tomar continuamente corriente plena.

Puesto que la corriente del embobinado auxiliar adelante la corriente del embobinado principal, el campo magnético B_a alcanza su punto máximo antes que el campo magnético principal B_m . Como B_a alcanza primero su punto máximo luego B_m , hay una rotación neta en el campo magnético, con dirección contraria al avance de las agujas del reloj. En otras palabras, el embobinado auxiliar hace que uno de los campos magnéticos del estator con rotación contraria sea mayor que el otro y suministre un momento de arranque neto al motor.

La diferencia de fase es más pequeña de 90° , que es la ideal, la inductancia de la bobina de arranque es bastante pequeña, así que durante el arranque existe un gran flujo de corriente típicamente de siete o diez veces la corriente acumulada. Una gran parte de esta energía se consume en la bobina de arranque, así que para eliminar el peligro de sobrecalentamiento es necesario desconectar la parte de arranque tan pronto como el motor es acelerado lo suficiente, casi siempre al segundo mas o menos del arranque. Esto se hace normalmente por un interruptor de centrífugo montado en la cubierta y que se opera mediante un muelle de

carga situado en el rotor.

El resultado se esquematiza en la curva momento / velocidad que muestra la figura 1 – A. Los puntos discontinuos pertenecen a los puntos de desconexión del arranque debido a la fuerza centrífuga. La discontinuidad situada en la parte derecha es donde actuaría en un arranque normal la fuerza centrífuga. La discontinuidad situada a la izquierda es donde el interruptor se volvería a cerrar si el motor esta sobre forzado; esto nunca debe permitirse en un uso habitual ya que la energía disipada en el embobinado puede llegar a ser unas cincuenta veces la normal y se puede sobrecalentar en segundos.

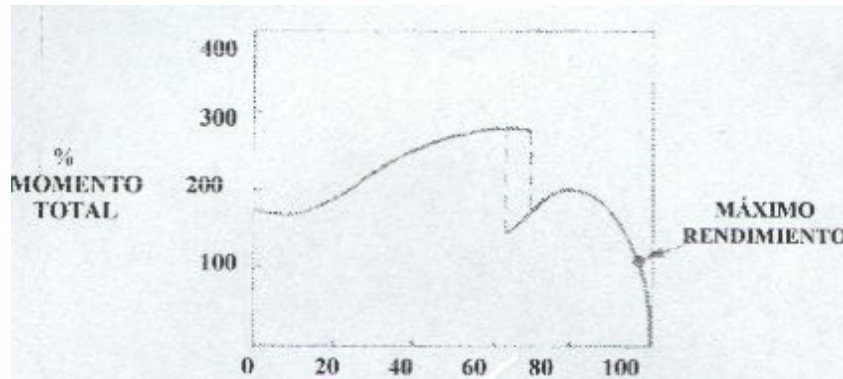


Fig. 1-A Curva momento / velocidad de un motor monofásico con embobinados de arranque

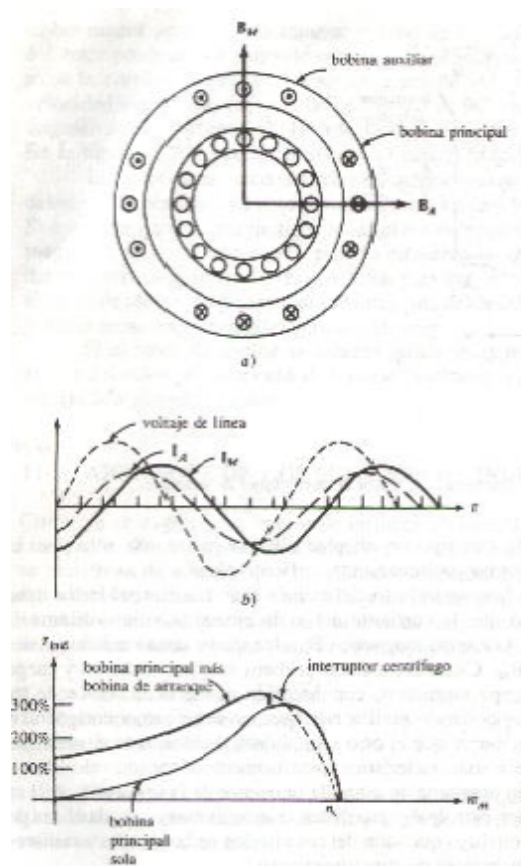
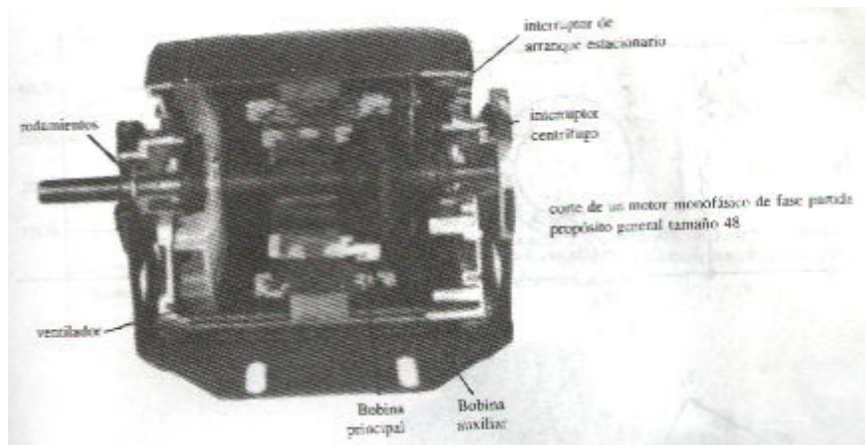


Fig. 2-B Puesto que I_a alcanza su punto máximo antes que I_m hay una rotación neta de los campos magnéticos, con dirección contraria al avance de las agujas del reloj. En C) aparece la característica momento de torsión velocidad resultante.

En la figura aparece un diagrama en corte de un motor de fase partida. Allí se observa fácilmente los embobinados principal y auxiliares (estos últimos, con alambres de menor diámetro) y el interruptor centrífugo que saca del circuito los embobinados auxiliares cuando el motor se aproxima a la velocidad de funcionamiento (78–80% de su velocidad).



Sección de un motor de fase partida, donde se observan los embobinados principal y auxiliares y el interruptor centrífugo.

Si el interruptor centrífugo se encuentra abierto en el momento del arranque la corriente del bobinado de trabajo se eleva debido a la falta de giro del motor.

Esto es comparable a un transformador al que le hemos hecho un cortocircuito en el bobinado secundario.

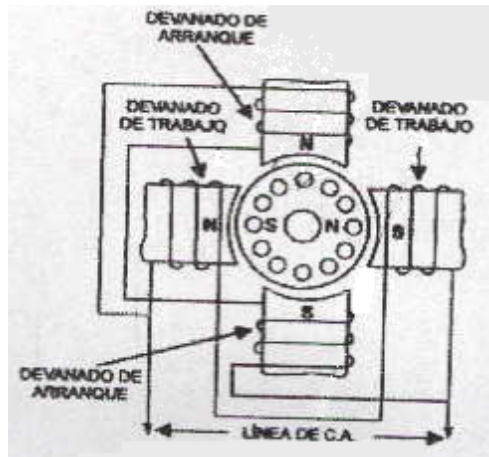
En este caso el secundario en el motor está representado por el bobinado del rotor que en este caso (jaula de ardilla) es prácticamente un cortocircuito.

Los motores de fase partida tienen un moderado momento de arranque con una corriente de arranque medianamente baja. Se utiliza en equipos que no necesitan momentos de arranque muy altos, como ventiladores, secadores y bombas centrífugas; Se fabrican en potencias de 1/30 (25 W) a ½ HP (373 W).

En un motor de fase partida, la corriente de los embobinados auxiliares siempre alcanza su punto máximo antes que la del embobinado principal, y por tanto el campo magnético del embobinado auxiliar siempre llega a ese punto antes que el campo magnético del embobinado principal. La dirección de rotación del motor está determinada por el hecho de que el ángulo del campo magnético del embobinado auxiliar esté 90° adelante o 90° atrás del ángulo del embobinado principal. Puesto que ese ángulo puede cambiarse de la posición de 90° adelante a la 90° atrás solo con la manipulación de las conexiones del embobinado auxiliar, la dirección de rotación del motor puede invertirse mediante la manipulación de las conexiones del embobinado auxiliar sin cambiar las conexiones del embobinado principal.

El momento producido es típicamente de media a dos veces el momento normal, el cual tiene un amplio rango para pequeñas máquinas, por ejemplo, prensas, tornos, trituradores.

Sin embargo, aunque el motor esté funcionando por debajo de su temperatura máxima, la puesta en funcionamiento sobrecalienta el arranque. Si esto es imposible es mejor el uso de un motor de arranque capacitivo (que se describe más adelante) o dejar el motor en funcionamiento continuo y efectuar las paradas y encendidos mediante un embrague.



La figura muestra el desplazamiento de los devanados y operaciones para motores de dos polos de fase partida.

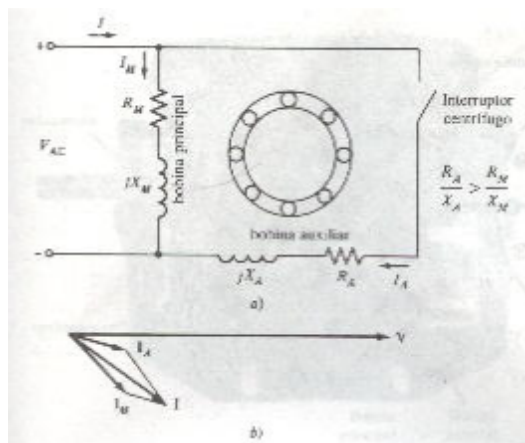


Figura – A Muestra un motor de inducción de fase partidas

Figura – B Muestra las corrientes del motor en condiciones de arranque

El devanado de arranque ayuda a arrancar al motor de C.A de fase partida y es removido del circuito por un switch centrífugo cuando el motor alcanza del 75% al 80% de su velocidad nominal.

Los devanados de arranque y principal están desfasados en 90° aproximadamente

MOTOR DE FUNCIONAMIENTO CAPACITIVO

Algunas veces también son denominados motores capacitivos de división de fase permanente, éstos constituyen la extensión lógica de los motores de encendido capacitivo, pero donde el condensador permanece en funcionamiento durante todo el tiempo. Esto elimina el interruptor de centrifugado, pero introduce nuevos problemas que limitan el uso de estos motores a unas pocas aplicaciones muy especializados.

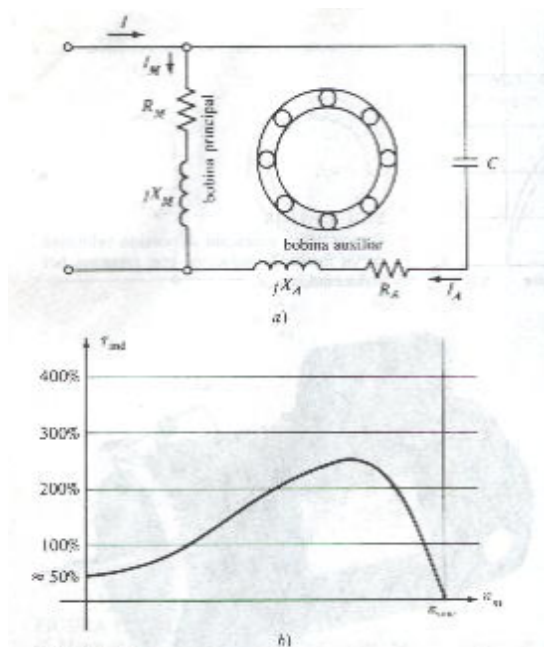
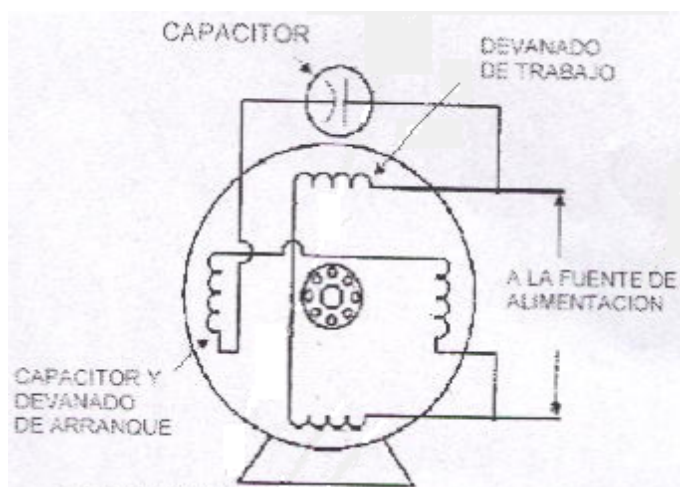


Figura – A muestra el motor de inducción con condensador partida permanente

Figura – B característica momento de torsión velocidad de este motor

El problema está dado por el cambio en la impedancia de la bobina, cuando en el motor se acelera el rotor desde una posición de paro, hasta la velocidad de funcionamiento final. Cuando el rotor está parado, los conductores que lo componen se acoplan en un corto giro al embobinado de arranque, y esto resulta una impedancia baja del embobinado. Conforme la velocidad se incrementa este efecto se reduce hasta que para. Con la velocidad final, la impedancia de bobina es tres o más veces superior. El valor óptimo del condensador cambia según su finalidad, así que se debe escoger de forma que se adecuó a un buen arranque o a un funcionamiento optimo, pero no de ambos.



La figura muestra el motor de C.A monofásico con capacitor permanente, no requiere switch centrifugo. Ya que el capacitor nunca se mueve del circuito.

El segundo problema deriva del condensador en sí mismo. Los condensadores electrónicos utilizados como condensadores de arranque en los motores no son aptos para un uso continuo y es necesario que el uso de condensadores diseñados para tal fin en C.A.

Estos condensadores utilizan usualmente como material electrolítico polipropileno o papel impregnado de aceite y son de mayor tamaño y coste que sus equivalentes electrónicos.

Debido a que estos motores son optimizados al máximo para su uso con una impedancia alta (es decir, más vueltas) la fase del condensador reduce la capacidad total necesaria. Cuando el motor alcanza su velocidad optima trabaja como un verdadero motor bifásico, siendo más silencioso y produciendo menos vibraciones que la mayoría de los motores monofásicos.

Como contrapartida, estos motores tienen un pobre momento de arranque, pocas veces mayor que el momento total y la mayor parte de ellos una quinta parte del momento total. Incluso para la operación de arranque es necesario el uso del diseño de rotores con una resistencia muy alta que resultan en frecuencias de deslizamiento muy altas de forma que la velocidad del eje alcanza sólo el 90% de la sincronización en vez del 95% alcanzando con un rotor normal de baja resistencia.

Estos motores se utilizan principalmente en poleas, ya que éstas no necesitan de un gran momento inicial, o en motores muy reducidos donde no existe el espacio suficiente para alojar un interruptor de centrifugado.

MOTOR CON CONDENSADOR PERMANENTE

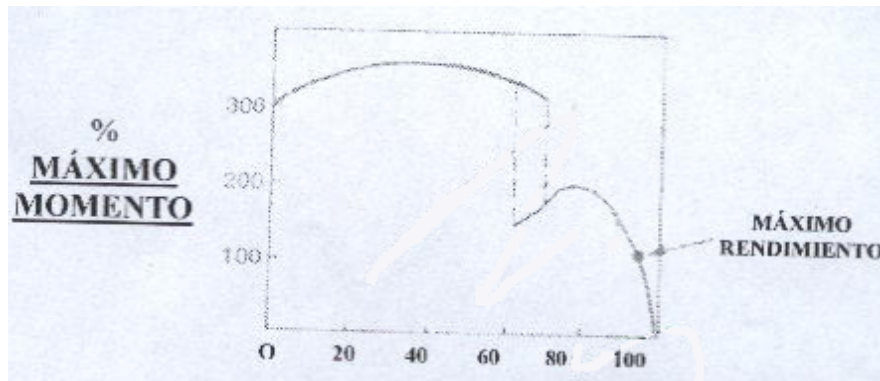
Se ha desarrollado un motor monofásico que funciona con los devanados permanentes. Los dos devanados tienen la misma sección y tiene el mismo numero de espiras, es decir los dos devanados son idénticos. Este motor no tiene centrifugo el motor arranca y funciona por la partición de fase en cuadratura producido por dos devanados idénticos desfasados, este motor tiene un par de arranque bajo, en el momento de arranque la corriente en la rama capacitiva es pequeña y el par de arranque es alrededor del 50% del par nominal.

Debido al campo magnético giratorio producido por devanados iguales cuyas corrientes desfasan en casi 90° el par de funcionamiento es uniforme y el motor no presenta zumbidos al igual que otros motores monofásicos. El valor del condensador se elige de forma que las corrientes de marcha en ambos devanados son iguales y desfasados en 90°. El conmutador puede cambiar de posición con cierto tiempo por lo tanto, los devanados funcionan independientes y mediante el condensador en serie.

Motor de arranque capacitivo

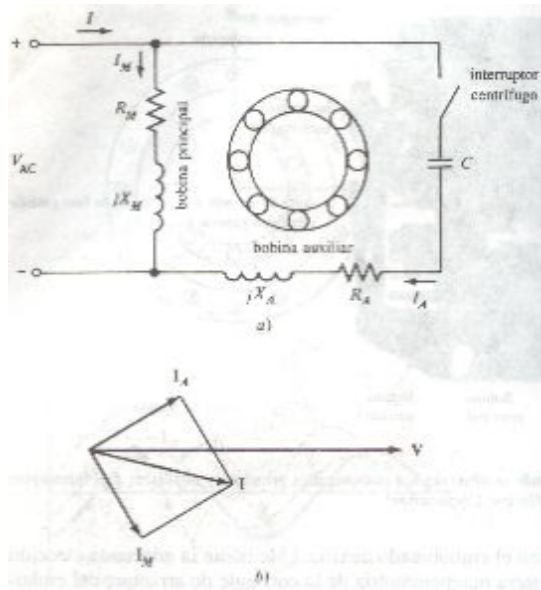
Estos se diferencian de los motores de división de fases en el hecho de que las bobinas de encendido tienen más vueltas (frecuentemente más que el embobinado principal) y se alimenta mediante condensadores en serie. El resultado de complicar mínimamente el circuito es el de un mejor encendido. Los condensadores en serie son la causa de que la corriente que se da en la bobina de arranque esté atrasada respecto a la fase de la tensión suministrada, escogiendo de forma correcta la bobina y el condensador, podemos aproximar en gran manera la diferencia de fase ideal de 90°.

El condensador de encendido tiene la ventaja de dar una corriente de encendido más baja y momento inicial mayor que su equivalente motor de división de fase. En la figura 3 – C se muestra una curva momento / velocidad típica de estos motores.



La figura 3 – C muestra el porcentaje de velocidad d sincronización

El momento inicial es ahora dos o tres veces mayor que el momento total con una corriente inicial cuyos valores están comprendidos entre cuatro y seis veces la corriente normal. Para conseguir este funcionamiento se necesitan valores altos de la capacidad, usualmente unos 50HZ o más por caballo de potencia a 240V 50 HZ y s6bre unas cuatro veces superior para 115V 60HZ. El único tipo de condensador que puede proveer esta capacidad s dicho tensión con un tamaño y coste aceptable es el condensador electrónico. Este es una variedad de condensadores donde la carga se almacena en capas en forma de ánodos aislados, extremadamente finas y formadas electrónicamente por aluminio puro. Un electrodo del condensador está formado por la capa de aluminio, el otro es un liquido conductor que está en contacto con la película en forma de ánodo. Esto nos da la gran capacidad necesaria en un volumen muy pequeño, pero desafortunadamente producen pequeñas aunque significantes pérdidas, que incrementan de forma muy espectacular la temperatura interna cuando circulan corrientes alternas muy altas. Esto no es de gran importancia cuando se utiliza únicamente como motor de arranque (en la mayor parte de los motores si se les da un mal uso, se quemaría primero el embobinado de arranque que el condensador), pero no se utilizan en un circuito de uso permanente.



La figura – A Muestra el motor de inducción con arranque por condensador

La figura – B Muestra el ángulo de la corriente en el arranque de este motor

El motor de encendido capacitivo monofásico es el más adecuado para utensilios domésticos. Tiene un gran momento inicial, tolera frecuentes paradas y puestas en marcha y es tan sólo un poco más caro que el de

motor de división de fase. Es fácil de reconocer debido al pequeño saliente situado en la carcasa y que aloja el condensador cilíndrico para el arranque.

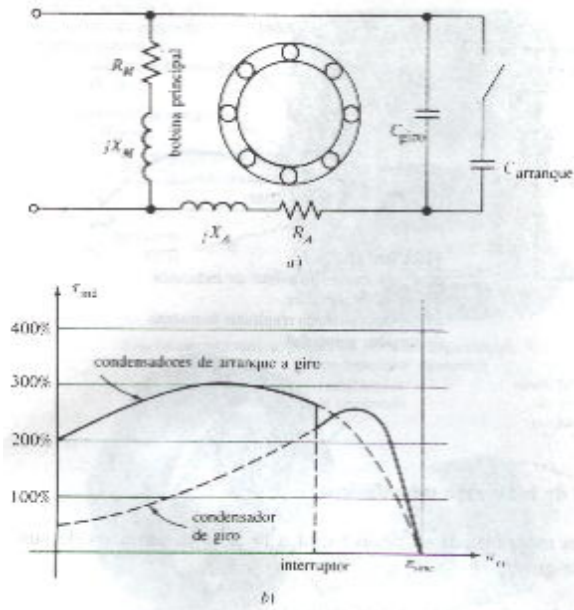


La figura – A Muestra el motor de inducción con condensador de arranque

La figura – B Muestra los componentes de este motor

MOTORES CAPACITIVOS Y DE ARRANQUE CAPACITIVO

Estos utilizan un gran condensador de arranque para ofrecer un buen momento en el encendido y, tan pronto como el motor alcanza una velocidad óptima, cambia a un valor más pequeño que se adapta mejor a las condiciones de funcionamiento permanente, esto combina el buen encendido que ofrece un motor de arranque capacitivo con el funcionamiento sin vibraciones de un motor de funcionamiento capacitivo. Este tipo de motor es de uso poco frecuentes y se utilizan para motores monofásicos de gran tamaño donde el uso sin vibraciones y un incremento en el factor de potencia son realmente factores considerables.

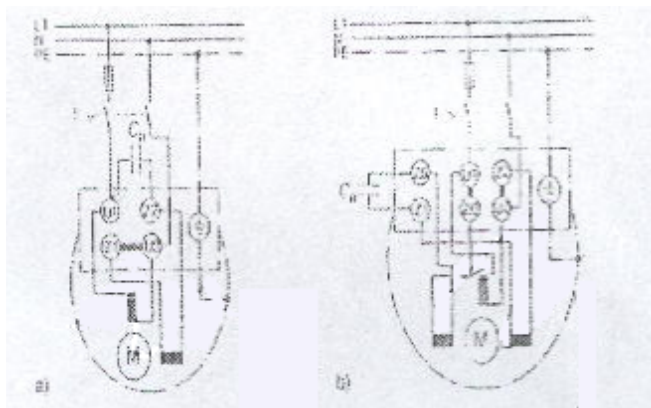


La figura – A Muestra el motor de inducción con condensador de arranque y condensador de marcha

La figura – B Muestra la característica momento de torsión – velocidad de este motor

Un motor de funcionamiento capacitivo como un motor trifásico, pero con un pobre momento inicial. Su sentido de giro se puede cambiar si se intercambiando las conexiones en el embobinado principal, no importa cual de ellas.

Tanto los motores de división de fase como los de arranque capacitivo pueden cambiar de sentido de giro intercambiando las conexiones en el embobinado de arranque, o intercambiando las conexiones de la bobina principal. Sin embargo, esto es factible sólo cuando se realiza en el reposo, una vez el motor ha alcanzado su velocidad de funcionamiento las bobinas de arranque se desconectan por el interruptor de fuerza centrífuga y el intercambio de las conexiones no produce ningún efecto en el sentido de giro del motor.



La figura – A Muestra el giro hacia la derecha

La figura – B Muestra el giro a la izquierda (dos devanados auxiliares separados)

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MIMA

Funcionamiento del mima

El campo del motor asincrónico, se produce por inducción desde el estator y el flujo del rotor permanece normal mientras se aplique tensión al estator desde una fuente exterior. Si esta es eliminada bruscamente, como en el caso de que se produzca un cortocircuito en el sistema, el flujo en el rotor no puede variar instantáneamente. Teniendo en cuenta esto y que el motor se mantiene en movimiento por inercia, se deduce que en los arrollamientos del estator se generará una tensión que hará circular una corriente de cortocircuito por la falla, hasta que el flujo del rotor caiga a cero.

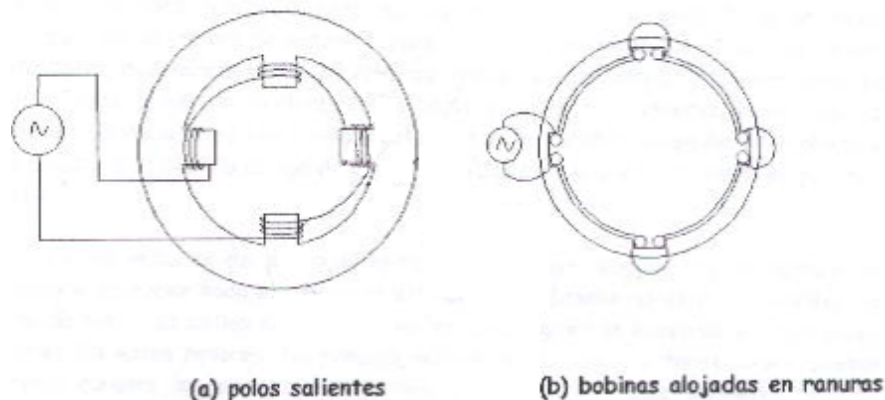
La corriente desaparece casi completamente en 4 ciclos, ya que no existe una corriente de campo que mantenga el flujo, como en el caso de las máquinas síncronas. Sin embargo el flujo magnético se mantiene el tiempo suficiente como para producir corriente de cortocircuito de magnitud tal que puedan llegar a efectuar al régimen de trabajo instantáneo en los interruptores y el régimen de trabajo de interrupción en dispositivos que abren dentro de uno o dos ciclos después de producido el cortocircuito. El valor de la corriente de cortocircuito producida por los motores de inducción depende de su potencia, de su tensión de régimen nominal, de la reactancia del motor y de la reactancia del tramo de líneas hasta el punto de cortocircuito. La impedancia que tiene ralmente la máquina en el instante del cortocircuito, es prácticamente igual a la impedancia de la máquina parada. Por consiguiente, el valor inicial simétrico de la corriente de cortocircuito, es aproximadamente igual a la corriente de arranque que tendría el motor si se aplicara directamente a sus bornes la tensión nominal.

El motor de inducción monofásico tipo jaula de ardilla asincrónico, se puede representar por los siguientes dibujos dependiendo de su fabricación.

MOTOR ASINCRÓNICO

Evidentemente no tiene hacer girar a los polos exteriores con la intención de hacer girar a un motor y al exterior explicación ha sido una nueva aproximación.

Supongamos ahora que en lugar de obligar a girar a los polos, se genera los polos aplicando corriente eléctrica alterna como se muestra en la figura.



Se observa que hay cuatro polos magnéticos cuyos valores y sentidos de flujo magnético se alteran y se genera un efecto algo similar a obligar a girar a los polos externos.

Nótese además que los cuatro polos pueden formarse de acuerdo a la figura a) o de acuerdo a b). El segundo caso será más común que el primero.

La variación del sentido y la magnitud de tensión aplicada a las bobinas de los polos (aplicada al

estator), originan una variación de flujo que a su vez origina la operación de corriente inducidas en el motor. La variación de flujo tendrá una frecuencia (f_s) y el girará a una velocidad con una frecuencia (f) cercana, pero no igual a f_s . Si se carga el motor obligándolo a realizar algún trabajo, la velocidad del motor disminuirá, aumentara la corriente en el motor además aumentara la corriente en el bobinado de la parte fija o estator. Es raro que las barras de la jaula se malogren por el exceso de corriente, siendo más común que el bobinado del estator sea el que hay que reparar o rebobinar cuando el motor se queme

CAMPO MAGNETICO ROTATORIO EN LOS MIMA

Generalidades

Los motores monofásicos asíncronos o también llamados motores monofásicos de inducción son las maquinas de impulsión eléctrica mas utilizadas por su sencillez, seguridad y costo. En general en todo las dependencias industriales se necesitan pequeños motores que funcionen mediante alimentación monofásica pra los diversos aparatos eléctricos.

La denominación motor pequeño se aplica a motores de potencia inferior a un caballo de fuerza, es decir, menor a un HP. También llamado motor de potencia fraccional y casi la totalidad de los motores monofásicos son de potencia fraccional. Aun cuando, se fabrican en potencias enteras normalizadas: 1.5, 2.5, 5, 7.5 y 10 HP tanto para tensiones de 115, 230 e incluso 440 volt para las potencias de 7.5 y 10 HP

El motor monofásico de inducción es netamente inferior al motor de inducción trifásico. Para iguales pesos, su potencia bordea solo el 60% de la del motor de inducción trifásico; tiene un factor de potencia más bajo y menor rendimiento.

Estos motores también presentan una gran desventaja: puesto que hay una sola fase en el bobinado del estator, el campo magnético de este motor no gira; en cambio, pulsa, al principio con gran intensidad que va disminuyendo luego, pero permaneciendo en la misma dirección. Como no hay campo magnético giratorio en el estator, un motor de inducción no tiene momento de arranque.

El hecho que los motores de inducción monofásico no tenga momento de arranque intrínseco constituyó un grave problema para el desarrollo inicial del motor de inducción. Los primeros sistemas disponibles con potencia de corriente alterna eran monofásicos de 133 HZ. Que con los materiales y técnicas del momento era prácticamente imposible construir un motor que funcionara de buena manera.

Sin embargo, una vez que comienza a girar el rotor se producirá en este un momento inducido. Existen dos teorías básicas que explican por que se produce momento en el rotor cuando este comienza a girar. La teoría del doble campo giratorio de los motores de inducción monofásicos y la teoría de campo cruzado de dicho motores. Ambas explicadas a continuación.

TEORÍA DEL DOBLE CAMPO GIRATORIO

Básicamente, esta teoría sostiene que un campo magnético pulsante y estacionario puede descomponerse en dos campos magnéticos giratorios de igual magnitud pero que giran en direcciones opuestas. El motor responde separadamente a cada campo magnético, y el momento neto de la maquina será la suma de los momentos correspondientes a cada uno de los dos campos magnéticos.

Que a la velocidad cero no tendrá momento neto, y lo cual explica el par que este tipo de motor no tiene momento de arranque.

Por otra parte, en un motor monofásico los campos magnéticos tanto de avance como de inversión están presentes y ambos son producidos por la misma corriente.

TEORÍA DEL CAMPO CRUZADO

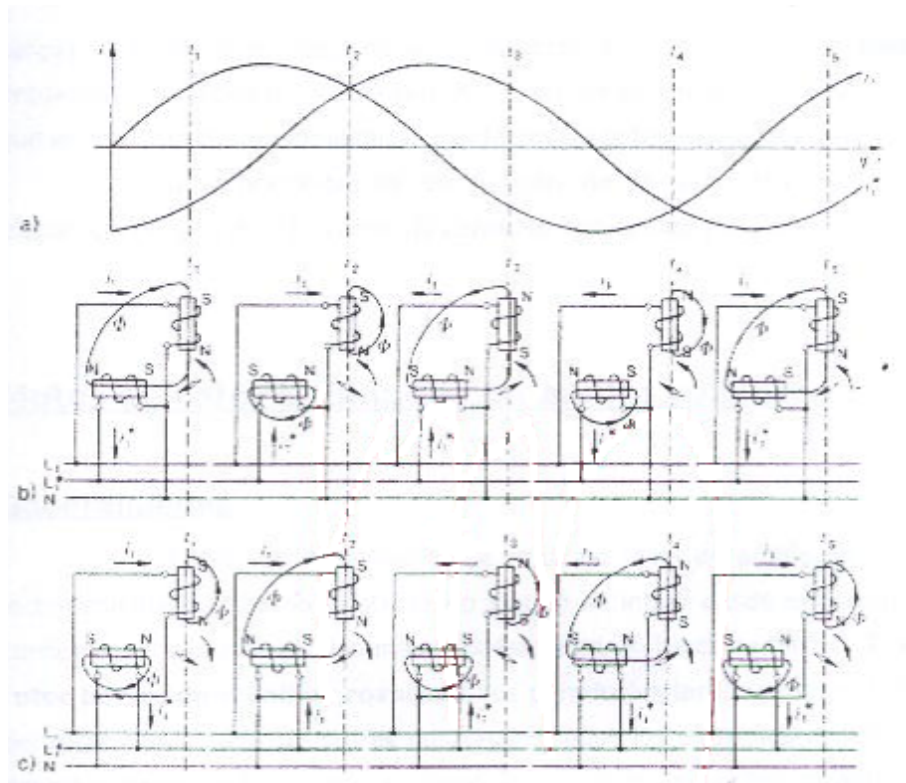
Esta teoría considera el motor de inducción desde un punto de vista totalmente diferente, y se ocupa de las tensiones y corrientes que el campo magnético estacionario del estator puede inducir en las barras del rotor cuando esta se halla en movimiento.

Las tensiones del rotor producen un flujo de corriente en el mismo, pero debido a la alta reactancia del rotor la corriente atrasa a la tensión en cerca de 90° . Como el rotor está girando casi a la velocidad sincrónica, este retardo de tiempo de 90° en la corriente produce una desviación angular de casi 90° entre el plano de la tensión máxima del rotor y el plano de la corriente máxima.

El campo magnético del rotor es, por tanto, un poco menor que el campo magnético del estator debido a las pérdidas del rotor, pero difieren en casi 90° tanto en espacio como en tiempo.

El estator de este tipo de motores es físicamente el mismo que el de una máquina sincrónica, es decir, un estator típico de dos polos. Pero la construcción del rotor constituye la diferencia fundamental entre un motor de inducción trifásico y un motor de inducción monofásico. No existe conexión física entre el rotor y el estator, ya que se encuentran separadas uniformemente (entrehierro).

Las ranuras del estator están distribuidas uniformemente, y, en general, se utiliza un devanado dividido imbricado de doble capa monofásico. Ya que un devanado monofásico simple no produciría campo magnético giratorio ni par de arranque. Lo que explican las teorías antes mencionadas.



Obtención del campo giratorio con corriente alterna

- Grafica de las intensidades de las corrientes en las bobinas

- Campos magnéticos para los instantes t1 a t5
- Campos magnéticos para los instantes t1 a t5 después de intercambiar los terminales

MIMA CON BOBINADO AUXILIAR E INTERRUPTOR

CENTRIFUGO

Componentes

Los motores monofásicos están constituidos principalmente como ha sido explicado al comienzo de este trabajo. Y varían algunos de sus componentes dependiendo de los diferentes diseños y sistemas que éstos utilicen.

Un motor de fase partida esta compuesto por dos bobinados de estator, el bobinado principal y el auxiliar (o de arranque). Los cuales están separados por un espacio de 90° eléctricos. El bobinado auxiliar esta construido con alambre de menor diámetro que el bobinado principal, con la finalidad de que este posea un mayor cociente resistencia / reactancia de manera tal que la corriente de éste adelante a la del bobinado principal.

Se utiliza este tipo de alambre ya que este bobinado solo actúa en el arranque del motor y por lo tanto no tiene que tomar continuamente corriente plena.

Además este motor posee un dispositivo que desconectara el bobinado auxiliar cuando el motor haya alcanzado una velocidad determinada el cual se denomina interruptor centrifugo.

Estructura

Como los motores monofásicos de inducción no arrancan por si solos se disponen medios auxiliares para obtener un par suficiente. Uno de los sistemas consiste en dividir la fase por medio de la combinación de la autoinducción, la resistencia y la capacidad.

En los motores de inducción monofásicos con devanado auxiliar, los devanados estatóricos se componen de dos devanados desplazados en 90° uno de otro: el devanado principal (de marcha) y el auxiliar (arranque). Los cuales están conectados en serie entre sí.

Existen diversos tipos de motores monofásicos con devanado auxiliar, que se diferencian según la forma de obtención del desfase entre las corrientes de los dos devanados. El devanado de auxiliar tiene menos espiras y esta construido con un conductor de menor sección que el devanado principal. El devanado auxiliar, por consiguiente, presentara una resistencia elevada y una reactancia reducida. Inversamente, el devanado principal (conductor de mayor sección y mayor numero de espiras) presentara una resistencia reducida y una reactancia elevada.

A causa de su menor impedancia, la corriente en el devanado principal, es mayor que la corriente en el devanado auxiliar. Los motores de fase partida necesitan una corriente de arranque medianamente baja. Por lo que, se utilizan en equipos que no necesitan momentos de arranque muy altos, como ventiladores, secadores y algunos tipos de bombas; no son costosos y se consiguen en tamaños de frecuencia de HP.

Funcionamiento

La corriente en el devanado auxiliar se encuentra retrazada aproximadamente en 15° respecto de la tensión de alimentación. En tanto que la corriente del devanado principal, que es mayor, esta retrazada

en unos 40° respecto de la tensión monofásica. A pesar del hecho que la corriente en los dos devanados en cuadratura en el espacio no es igual, aún cuando las componentes en cuadratura son prácticamente iguales.

Si los devanados están desplazados en 90° en el espacio y si las componentes en cuadratura de la corriente, que están desfasadas en 90° , son prácticamente iguales, se produce entonces un campo giratorio bifásico equivalente en el arranque que desarrolla el par suficiente para acelerar el rotor en el sentido del campo giratorio producido por las corrientes.

Cuando el rotor acelera genera su propia Fem. De rotación (teoría del campo transversal) y tiende a producir un par resultante en virtud de su propia rotación en un sentido particular (teoría del campo giratorio). El par desarrollado por el campo principal pulsatorio (producido por el devanado principal) supera al desarrollo por ambos devanados a un valor del deslizamiento de alrededor del 15%. Asimismo, es evidente, que la corriente sola produciría menos pérdida ya que se eliminarían las pérdidas del devanado auxiliar. Por estas dos razones se utiliza un interruptor centrífugo (normalmente cerrado en reposo) que se accione a un deslizamiento de alrededor de un 25% (par máximo como motor monofásico), con lo que el motor alcanza su deslizamiento nominal (aproximadamente el 5% o menos según la carga aplicada) como motor monofásico en virtud de su propio campo transversal.

Las características nominales de un motor del devanado auxiliar se basan en razón de su servicio intermitente. Si el interruptor centrífugo se descompone y no abre (por lo general debido a contactos soldados), la temperatura presente en el devanado auxiliar es alta, debido a la alta resistencia que presenta éste. Al averiarse el interruptor centrífugo la temperatura aumentara excesivamente en el estator pudiendo provocar su avería por sobrecalentamiento.

MIMA CON BOBINADO AUXILIAR Y CONDENSADOR DE PARTIDA

Componentes

- Conjunto rotor – interruptor de arranque giratorio
- conjunto estator
- tapas de rodamientos o cojinetes
- condensador de arranque
- cubierta del condensador
- ventilador
- interruptor estacionario
- bloque de terminales
- cubierta de ventilador

Estructura

En estos motores se utiliza la capacidad para dividir la fase, en lugar de resistencias el empleo de condensadores tiene muchas ventajas. Puede conseguirse que los flujos de las dos fases estén desfasados prácticamente en 90° , de modo que el motor queda convertido en bifásico. El par de arranque es, pues, considerablemente mayor que en el motor corriente de fase partida, de idénticas características. Hasta hace un tiempo, el alto costo de los condensadores impedía su uso en arranque de motores; su bajo costo actual permite emplearlos en motores de potencia fraccional.

En algunos equipos, el momento de arranque proporcionado por un motor de fase partida es insuficiente para arrancar la carga en el eje del motor. En tales casos pueden utilizarse los motores de arranque por condensadores. En los motores de este tipo se conecta un condensador en serie con el bobinado auxiliar.

Funcionamiento

Mediante la adecuada elección del tamaño del condensador, la fuerza magnetomotriz de la corriente de arranque del bobinado auxiliar puede ajustarse para que sea igual a la fuerza magnetomotriz de la corriente del bobinado principal, y puede lograrse que el ángulo de fase de la corriente del bobinado auxiliar adelante la corriente del bobinado principal a 90° . Ya que los dos bobinados están separados físicamente en 90° , una diferencia de fase de 90° en la corriente producirá un solo campo magnético de estator de rotación uniforme, y el motor se comportara como si arrancara mediante una fuente de potencia trifásica. En este caso el momento de arranque puede superar el 300% de su valor nominal.

En el motor de arranque por condensador el desfase entre las corrientes de los devanados se logra, como ya lo mencionamos, conectando un condensador en serie con el devanado auxiliar. El comportamiento de régimen del motor dependerá de la capacidad de dicho condensador: cuanto mayor sea la capacidad mayor será también el par de arranque.

No obstante, si la capacidad es muy grande circulará por el devanado una corriente de gran intensidad que provocará un calentamiento excesivo. Por tanto, la capacidad no deberá ser demasiado grande. Se recomienda que durante el funcionamiento el condensador de régimen deberá absorber una potencia reactiva de 1 Kva. Por cada Kw. de potencia de motor. Sin embargo, esto provocará por lado, que el motor presenta un par de arranque reducido.

La conexión en serie del condensador de régimen y del devanado de lugar a un circuito resonante serie. Por lo tanto, el condensador quedará sometido a tensiones mayores que las nominales del motor, tensiones que deberá poder soportar el condensador de régimen.

Los motores de arranque por condensador son más costosos que los de fase partida, y se utiliza en equipos donde es absolutamente necesario un alto momento de torsión de arranque. Estos motores tienen aplicación habitual en compresores, bombas, acondicionadores de aire, y otros equipos que deben arrancar bajo carga.

MIMA CON BOBINADO AUXILIAR, CONDENSADOR DE PARTIDA Y DE TRABAJO

Componentes

Los componentes de este tipo de motor solo varían de los del motor de fase partida con bobinado auxiliar y condensador de arranque, en que este motor posee además un condensador de menor valor que permanece conectado al bobinado auxiliar después del arranque, y no posee interruptor de arranque estacionario.

Estructura

El condensador de arranque hace tan buen trabajo de mejoramiento de la características momento torsión – velocidad de un motor de inducción, que a veces se deja permanentemente en el circuito del motor un bobinado auxiliar con un condensador más pequeño. Si se escoge correctamente el valor de condensador, tal motor tendrá un campo magnético giratorio perfectamente uniforme a cierta carga específica, y en ese punto se comportara como un motor de inducción trifásico.

Los motores de condensador partida permanente son más sencillos que los de arranque por condensador, ya que no necesitan interruptores de arranque. A cargas normales, son más eficientes y tiene mayor factor de potencia y un momento de torsión mas uniforme que los motores de inducción monofásicos comunes.

Una desventaja en este tipo de motores es que poseen un menor momento de arranque que los motores de arranque por condensador, ya que al condensador debe tener un valor adecuado para equilibrar las corrientes de los bobinados auxiliares y principal en condiciones normales de carga. Puesto que la corriente de arranque es mucho mayor que la de carga normal, un condensador adecuado ayuda mucho en el balance de las fases con carga normal en condiciones de arranque.

Cuando se hace necesario un mayor momento de arranque y mejores condiciones de funcionamiento, pueden utilizarse dos condensadores con el bobinado auxiliar. A estos motores se les llama también motores con condensadores de arranque y condensador de giro, o motores con condensador de dos valores.

Funcionamiento

Debido a que éste motor continuamente como un motor de fase partida permanente, no se precisa interruptor centrífugo. El motor arranca y funciona gracias a la partición de fase de cuadratura producida por dos devanados idénticos desfasados temporal y especialmente. Como resultado, este motor no posee el elevado par de marcha producido tanto en el motor de arranque por resistencias, como de arranque por condensador. Además, el condensador utilizado en el motor de fase partida permanente con condensador de un solo valor se proyecta para servicio continuo y es del tipo de aceite. El valor del condensador se determina en función de una marcha óptima en lugar de por su característica de arranque. En el momento del arranque, la corriente en la rama capacitiva es muy pequeña. El resultado es que el motor de fase partida permanente con condensador de un solo valor (a diferencia del motor de arranque por condensador) tiene un par de arranque muy pobre, de alrededor del 50% al 100% del par nominal.

MIMA DE REPULSIÓN

Clasificación: de un modo general estos motores pueden ser clasificados en tres distintos tipos: 1, motores de repulsión como tal; 2, motores de repulsión solo en arranque; 3, motores de repulsión e inducción. En razón de su característica común se les conoce también con el nombre de motores monofásicos de rotor bobinado, y están definidos en los siguientes términos.

Motor de repulsión

Es un motor monofásico provisto de un arroyamiento estatórico destinado a ser conectado a una red de alimentación, y de un arroyamiento rotórico unido a un colector. Las escobillas que frotan sobre el colector están unidas en cortocircuito y dispuestas de manera que el eje del campo magnético creado por el arrollamiento esté inclinado respecto al eje del campo magnético estatórico. Este tipo de motores tiene una característica de velocidad muy variable con la carga.

Motor de repulsión sólo en el arranque

Es el motor monofásico provisto de los mismos arrollamientos que uno de repulsión, en el cual, al alcanzarse una velocidad predeterminada, el arrollamiento rotórico queda puesto en cortocircuito o bien conectado en forma de resultante equivalente a uno en jaula de ardilla. Este tipo arranca como motor de repulsión, pero una vez en régimen de servicio funciona como motor de inducción, es decir, con una característica de velocidad casi constante.

Motor de inducción e inducción

Es un motor monofásico cuyo rotor lleva, además del arrollamiento propio de un motor de repulsión, otro de jaula de ardilla. Este tipo funciona simultáneamente como motor de repulsión y como motor de

inducción, y su característica de velocidad puede ser variable o constante.

La única característica que comparten en común es la presencia de un devanado retórico unido a un colector. Estos motores se alimentan con corriente monofásica procedente de una red de iluminación o de fuerza, según la potencia de los mismos.

Construcción: la mayoría de los motores de repulsión consta de las siguientes partes:

- 1- Un estator similar al de un motor fase partida o al de uno con condensador, provisto de un arrollamiento, normalmente subdividido en dos secciones y análogo al de trabajo que llevan los motores de los tipos citados para dos tensiones de servicio.
- 2- Un rotor, consistente en un núcleo de chapas de hierro ranurada donde va alojado un arrollamiento unido a un colector. Este rotor es similar, en cuanto a construcción, al inducido de un motor de corriente continua, y por este motivo será designado indistintamente con los nombres de rotor o inducido. Las ranuras suelen estar algo inclinadas con respecto al eje rotórico para que el par de arranque no depende de la posición del rotor y para reducir el zumbido magnético. El colector puede ser de dos tipos: axial con delgas en forma de cuñas perpendiculares al eje.
- 3- Dos escudos provistos de los cojinetes donde se apoya el eje del inducido.
- 4- Escobillas del carbón encajadas en sendos porta escobillas, qué al rozar las delgas del colector permiten la circulación de corriente por el inducido.
- 5- Porta escobillas, montadas sobre el escudo o sobre el eje rotórico, según el tipo del motor.

Motor de repulsión solo en arranque

Estos motores monofásicos, que se fabrican con potencias comprendida entre $\frac{1}{4}$ y 10 cv, poseen un par de arranque elevado y una característica de velocidad constante. Se utilizan en frigoríficos, compresores, bombas y otras aplicaciones en las que se requiere un par elevado.

Existen dos modalidades constructivas diferentes, según que las escobillas permanezcan o no en contacto con las delgas del colector. En variantes con escobillas separables, estas se separan automáticamente del colector cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su plena velocidad de régimen. El colector suele ser normalmente del tipo radial. En la variante con escobillas no separables éstas como su nombre lo indica, permanecen siempre en contacto con el colector. El colector suele ser en tal caso de tipo axial por lo que respecta al resto del funcionamiento ambas variantes son absolutamente idénticas.

Funcionamiento del motor con escobillas separables

Para conseguir que un motor de inducción monofásico de inducción pueda arrancar con un par elevado, se bobina un arrollamiento estatórico a la red, la corriente que circula por él engendra un flujo magnético, y este induce a su vez una tensión en el arrollamiento rotórico. Como dicho arrollamiento queda cerrado por las escobillas, circula corriente a su vez, la cual origina otro flujo magnético. Los polos magnéticos creados en el estator y en el rotor son del mismo signo, y por tanto dan lugar a un par de repulsión; de ahí el nombre que recibe estos motores.

Cuando el motor alcanza aproximadamente el 75% de su plena velocidad de régimen, las delgas del colector quedan puestas en cortocircuito por la acción de un mecanismo centrifugo, y las escobillas son separadas automáticamente del colector. El inducido se convierte entonces en un rotor de jaula de

ardilla, y el motor sigue girando como uno de inducción.

Funcionamiento del motor con escobillas no separables

Este tipo de motor posee un colector axial, y las escobillas se apoyan sobre la superficie longitudinal de las delgas.

El mecanismo centrífugo más corrientemente empleado en tal caso consiste en una serie de segmentos de cobre, sostenidos por un muelle circular que los une. El conjunto va dispuesto en el hueco central del colector, de forma que, por efecto de la fuerza centrífuga, los segmentos pongan en cortocircuito las delgas del colector cuando el motor alcanza una velocidad determinada. Cuando se para el motor, los segmentos vuelven a su posición inicial, accionando por el muelle circular y dejan de establecer contacto con el colector. Mientras más delgas de hallan en cortocircuito el motor funciona como uno de inducción.

Existen diversos tipos de mecanismos centrífugos aptos para este motor, pero su principio de funcionamiento es básicamente el mismo. En este tipo de motores, una vez alcanzada la velocidad que hace entrar en acción el mecanismo centrífugo ya no circula corriente alguna por las escobillas, a pesar de permanecer en contacto con él colector. El numero de escobillas varia en función del numero de polos del motor. Así, un motor tetrapolar suele llevar cuatro escobillas, sin embargo, pueden ser suficientes dos si el arrollamiento del inducido es ondulado o el colector lleva conexiones equipotenciales. Esta condición se cumple para todos los motores e repulsión, sea cual fuera el numero de polos o de escobillas de los mismos.

MIMA UNIVERSAL

A grandes rasgos el motor universal es o son maquinas que trabajan tanto con DC como con AC son semejantes a los motores serie DC, tiene su misma característica velocidad – torque, y se fabrica con potencias desde 0.01 HP hasta 2 HP. Se utilizan principalmente para impulsar electrodomésticos pequeños y herramientas portátiles, como: maquinas de cocer, aspiradoras, batidoras, taladros, sierra, etc.

Sus principales ventajas con su alto torque de arranque y su amplio rango de velocidad de trabajo, en muchos casos superior a los 10.000 r.p.m

Aspectos mas técnicos del motor universal

Quizás el enfoque más sencillo utilizado para diseñar un motor que funcione con una fuente de potencia de CA monofásica consiste en tomar una maquina de CC ponerla en marcha con un suministro de CA

Si se invierte la polaridad de la tensión aplicada a un motor de CC en serie tanto la dirección del flujo de campo como la dirección de la corriente inducida se invierten, y el momento inducido resultante continua en la misma dirección que tenia antes. Por tanto, debería ser posible alcanzar un momento pulsante pero unidireccional a partir de un motor de CC conectado a una fuente de potencia de CA.

Este tipo de diseño solo resulta practica para el motor de CC serie, puesto que la corriente inducida y la corriente de campo de la maquina debe invertirse exactamente al mismo tiempo. Para los motores de CC en derivación, altísima inductancia de campo tiende a retardar la inversión de la corriente de campo y por ende a reducir de manera inconveniente el momento inducido promedio del motor. Para que un motor de CC funcione efectivamente con CA, sus polos de campo y el marco del estator debe estar completamente laminados. Si no lo estuvieran, las perdidas de núcleo serian enormes. Al estar laminados los polos y el estator, el motor se llama generalmente motor universal por cuanto éste puede

marchar a partir de una fuente bien sea de CA como CC.

Cuando el motor está funcionando con una fuente de CA, la conmutación será mucho más pobre que con una fuente de CC el chispeo extra en las escobillas se deben a las tensiones que inducen acción transformadora en las escobillas y en algunos ambientes pueden ser una fuente de interferencia para las frecuencias radiales.

Una característica típica en momento de torsión – velocidad de un motor universal; ésta difiere de la característica de la misma máquina que funciona con una fuente de tensión de CC, por dos razones:

1– Los embobinados de inducción y de campo tienen unas reactancias grandes a 50 o 60 HZ, una parte significativamente de la tensión de entrada cae a través de estas reactancias, y por tanto la tensión A es más pequeña para una determinada tensión de entrada durante el funcionamiento con CA que con CC puesto que para una determinada corriente de inducido y un momento de inducido, el motor es más lento con corriente alterna que con corriente continua.

2– Además, la tensión cresta de un sistema de CA es raíz de dos veces su valor rms y por esto la saturación magnética podría ocurrir cerca de la corriente cresta de la máquina. Esta saturación podría disminuir notablemente el valor del flujo rms del motor para determinado nivel de corriente, teniendo a reducir el momento inducido de la máquina. Se debe tener presente que una disminución del flujo aumenta la velocidad de una máquina de corriente continua, por lo cual este efecto puede compensar principalmente la disminución de velocidad ocasionada por el primer efecto.

Control de velocidad de los motores universales

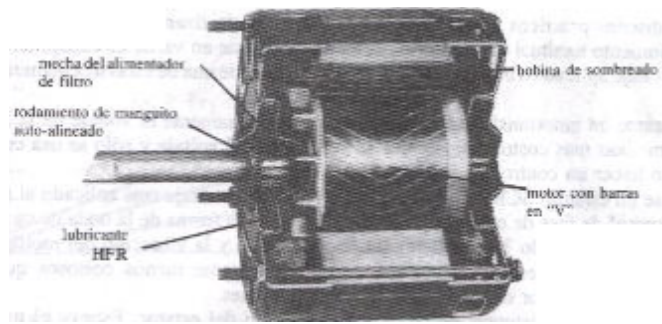
La mejor manera de controlar la velocidad de un motor es variar el valor rms de su tensión de entrada. Cuando más alto sea esta tensión, mayor será la velocidad resultante de este motor. En la práctica la tensión promedio aplicado a este motor varía con uno de los circuitos SCR, o TRAC. La función específica de los SCR es comandar la tensión que se le aplica al motor para controlar su velocidad de funcionamiento. Como se dice anteriormente entre más cerca se dispara el SCR mayor tensión alcanzará el motor.

MIMAS DE POLOS DE SOMBRA

La invención está relacionada con la electrotecnia, y en específico con los motores con polo sombreado o pantalleado, la misma puede ser utilizada en la industria de la construcción de pequeños motores monofásicos (ventiladores, extractores, etc.).

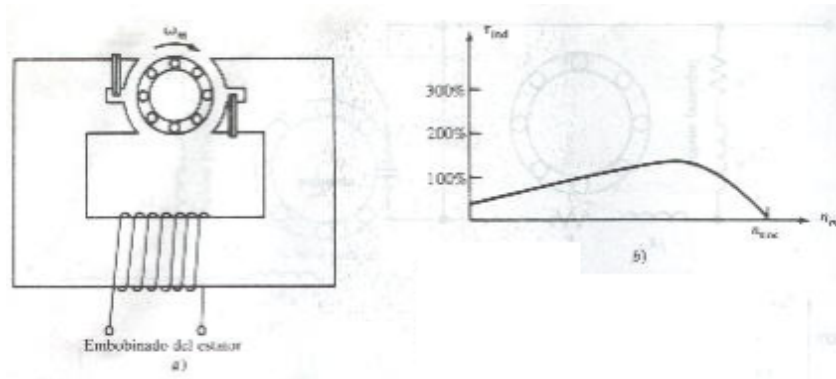
Son conocidos los motores asíncronos monofásicos con polo sombreado en los cuales entre los polos próximos se colocan un puente electromagnético, para de esa forma lograr un entrehierro uniforme entre estator y rotor con lo que se logra una disminución de las pérdidas provocadas por las armónicas superiores en el rotor. La ejecución tecnológica de los motores de este tipo es no factible y acelera considerablemente el gasto de instrumentos en el estampado de las laminas.

Además con esta construcción, no se logra una altura completamente uniforme del entrehierro, ya que en la zona en que está colocado el anillo cortocircuitado ésta aumenta en varias veces.



.-Corte de un motor de inducción de polos sombreados

Todos los motores descritos anteriormente hacen uso de una bobina encendida de múltiples vueltas. El motor de polo sombreado se diferencia en que la bobina de encendido forma parte del circuito en todo instante y adquiere la forma de dos lazos de cobre que rodean parte de cada polo de arranque. Estas partes sombreadas del campo producido por el polo del arranque principal y la corriente inducida en el lazo hacen que el campo generado por esta parte sombreada atrase el campo principal. La variación en la fase es menor que la ideal de 90° y el módulo del campo sombreado considerablemente menor que el campo principal. Debido a esto el momento inicial es muy pequeño, típicamente es sólo la mitad del momento total.



a) Diagrama de un motor de inducción de polos sombreados

b) Su característica resultante momento de torsión- velocidad

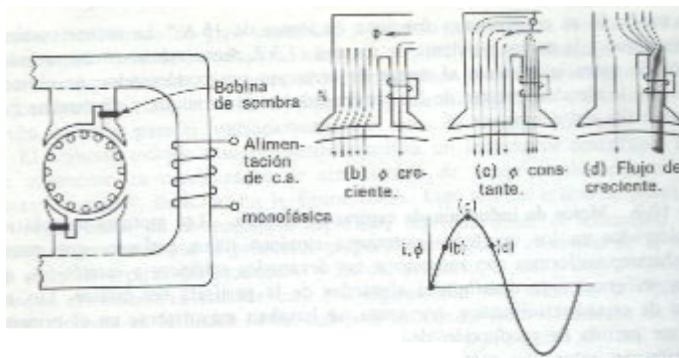
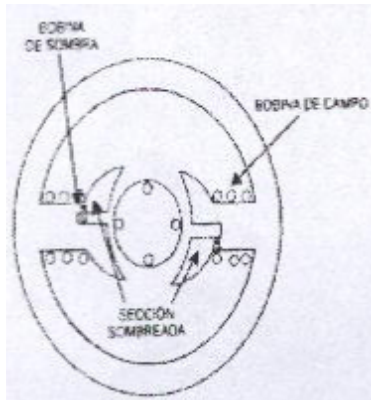
Una parte considerable de la energía se pierde en los lazos que están en el circuito en todo instante y esto da como resultado una baja eficiencia. Una eficiencia mayor del 20% es muy difícil de encontrar y en los motores pequeños puede ser tan pequeño como un 2 o 3%. Esto también trae consigo una pobre regulación de la velocidad.

Bajo la óptica de su uso, el motor de polo sombreado es de uso muy extendido debido a su simplicidad, su bajo coste y su idoneidad para usos en baja potencia. La potencia de salida oscila entre 1 y 50 W (0.001 a 0.07 HP) y para estos valores tan bajos de potencia requerida la eficiencia es raramente un problema. Sin embargo, debido a sus grandes pérdidas, este tipo de motores trabajan siempre a altas temperaturas, incluso sin realizar ningún tipo de esfuerzo.

Las grandes máquinas bipolares y cuadrupolares utilizan simples arranques de laminación circular con bloques en cada uno de los polos de los anillos sombreados (en algunos casos el anillo es de hecho rectangular).

Cuando se ensambla en su carcasa no parece muy diferentes de su primo el motor de división de fase. Sin embargo, su reducido tamaño y su construcción radicalmente diferentes se utilizan para reducir los gastos de producción.

El estator por lo general es de polos salientes, esta formado por un paquete de chapas con zapata polar, alrededor de la zapata se junta los bobinados de campo. El rotor es de tipo jaula de ardilla. Los escudos son de hierro fundido.



.-Construcción general y principio del motor con espiras de sombra

En los motores de polos rasgados la dirección de rotación ésta determinada por la posición de los anillos rasgados, el rotor siempre gira hacia el lado más en punta de los polos. La única forma de hacer que un motor de polos rasgados gire al revés es demostrarlo y volverlo a montar, pero intercambiando esta vez los extremos del rotor. Esto no es normalmente dificultoso, tan sólo se han de cambiar de posición un par de clavijas.



MOTOR PASO A PASO

Un motor paso a paso es un tipo especial de motor sincrónico diseñado para rotar un determinado número de grados por cada pulso eléctrico que recibe por su unidad de control. Los pasos habituales son 7.5° o 15° por pulso. Estos motores se usan en muchos sistemas de control, puesto que la posición de un eje o de otra pieza mecánica puede controlarse de modo preciso mediante ellos.

Un estator trifásico bipolar con rotor de imán permanente. Si se aplica una tensión de CC a la fase (a) del estator sin aplicar ninguna tensión a las fases (b), (c) entonces en el rotor se inducirá un momento de inducción lo que hace alinearse con el campo magnético (bs), del estator.

Supongamos que se apaga la fase (a) y que se aplica en la fase (c) una tensión continua negativo. El nuevo campo magnético del estator (a) gira 60° con respecto al campo magnético previo, y el rotor del motor lo limita. Continuando este modelo, es posible construir una tabla que muestra la función del estator en función de la tensión aplicada al rotor. Si la tensión producida por la unidad de control cambia con cada pulso de entrada, entonces el motor paso a paso avanzará 60° con cada pulso de entrada.

Es fácil construir un motor paso a paso con intervalo de paso mejor mediante el aumento del número de polos del motor la cantidad de grados mecánicos que corresponde a determinada cantidad de grados eléctricos en cada paso de la tabla corresponde a 60° eléctricos, la cantidad de grados mecánicos movidos por paso disminuye al aumentar el número de polos. Por ejemplo si el motor paso a paso tiene 8 polos, entonces el ángulo mecánico del eje del motor cambiará a 15° por paso.

La velocidad de un motor paso a paso puede relacionarse con la cantidad de pulsos que han en su unidad de control por unidad de tiempo hay una ecuación que da el ángulo mecánico de un motor paso a paso en función del ángulo eléctrico. Los dos lados de esta ecuación están diferenciados con respecto al tiempo, entonces tenemos una relación entre las velocidades eléctrica y mecánica de rotación del motor.

Hay dos tipos de motores básicos Paso a paso, que solo difieren en la disposición de rotor: el de imán permanente y el de reluctancia. El primero tiene un rotor de imán permanente, mientras el segundo tiene un rotor ferromagnético que no es un imán permanente. (El rotor antes descrito es el del tipo reluctancia). En general, el motor paso a paso de imán permanente puede producir mayor momento de torsión que el de tipo reluctancia, puesto que el de imán permanente tiene momento de torsión tanto del campo magnético del rotor como de los efectos de reluctancia.

Generalmente los motores paso a paso de tipo reluctancia se construyen con un embobinado de estator de cuatro fases en vez del embobinado trifásico descrito anteriormente. El embobinado de estator de cuatro fases reduce el paso entre los pulsos, de 60° a 45° eléctricos. Como mencionamos anteriormente, el momento de torsión de un motor de reluctancia varía en proporción a $\sin 2\gamma$, por lo cual el momento de torsión de reluctancia entre los pasos será máximo para un ángulo de 45° por tanto, un determinado motor paso a paso puede producir mayor momento de torsión con un embobinado de estator de cuatro fases que con uno trifásico.

Esto puede generalizarse con el fin de aplicar a todos los motores paso a paso, independientes del número de fases de los embobinados de estator. En general si un estator tiene n fases, se requieren dos n pulsos por revolución eléctrica en tal motor. Por consiguiente, la relación entre la velocidad del motor y rpm y el número de pulsos por minuto es: $nm = 1/np * n$ pulsos.

Los motores paso a paso se utiliza frecuentemente en sistemas de control y posición porque el computador que efectúa el control puede saber la velocidad y la posición exactas del motor paso a paso sin necesitar información de retorno del eje del motor.

Los motores paso a paso son ideal para la construcción de mecanismos en donde se requieran movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores, es él hecho es de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, para completar un giro completo de 360°.

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o totalmente libre. Si una o más de sus bobinas esta energizada, el motor estará enclavados en la posición correspondiente y por el contrario quedara completamente libre si no circula corriente por sus bobinas.

Principio de funcionamiento

Básicamente estos motores están contruidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintas imágenes permanentes y por un cierto numero de bobinas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deben ser externamente manejadas por un controlador.

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente

Bipolar: estos tienen generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Unipolar: estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno, este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar, se puede controlar un motor paso a paso unipolar mediante el uso de un ULM2803, el cual es un array de 8 transistores de tipo darlington capaces de manejar cargas de hasta 500ma las entradas de activación (activa A, B, C y D) pueden ser directamente activadas mediante un microcontrolador.

Secuencias para manejar motores paso a paso bipolares

Como se dijo anteriormente, estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada, cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido esta determinado por la secuencia seguida.

A continuación veremos la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo bipolares.

PASO TERMINALES

A B C D

. +V - V + V - V
. +V - V - V + V
. -V + V - V + V
. -V + V + V - V

Secuencia para manejar motores paso a paso unipolar

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todo las secuencias comienzan nuevamente por el paso uno, una vez alcanzado el peso final (4u 8) para revertir el sentido de giro, simplemente se debe ejecutar las secuencias en modo inverso.

Secuencia normal

Esta es la secuencia mas usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtienen un alto torque de paso y de retención.

Paso bob a bob b bob c bob c

1 on off off off

2 off on on off

3 off off on on

4 on off off on

ENSAYOS DE MÁQUINAS A LOS MIMA

Ensayo sin carga (vacío)

El motor de inducción se conecta a una alimentación a su tensión nominal y se hace funcionar sin (ninguna) carga acoplada a su eje. En estas condiciones, como en el caso de los anteriores ensayos en vacío, la potencia de entrada al inducido estático del motor de inducción presenta (1) las pérdidas por rotación (pérdidas en el hierro y mecánicas), y (2) unas pequeñas pérdidas en vacío equivalentes a las pérdidas en el cobre del estátor y el rotor.

Ensayo con rotor bloqueado (cortocircuito)

El motor se desconecta y su rotor se bloquea para impedir su rotación. Al estator se aplica una pequeña y gradualmente creciente tensión trifásica (procedente o bien de un variac trifásico o de un regulador de inducción polifásico) hasta que circule la corriente nominal de línea indicada en la placa de características. Como en el ensayo de cortocircuito del transformador, y por las razones justificadas en el apartado 12-11, las pérdidas en el hierro son despreciables y no hay pérdidas mecánicas ya que el motor no gira. La potencia total absorbida por el motor representa, por tanto, las pérdidas eléctricas en el cobre a plena carga del estator y del rotor.

RENDIMIENTO DE LOS MIMA

El rendimiento de los motores monofásicos de potencia fraccional se determina ordinariamente por cualquiera de los siguientes métodos.

1- Ensayos dinámometrico en los que el motor se acopla a un generador dinamométrico de CC cargado con una resistencia y cuyo estator se asienta mediante gorriones. Al estator dinamométrica se suelda una palanca de par, que se opone a su rotación mediante un muelle calibrado o instrumento del tipo chatillon para medir la fuerza o par desarrollados por el dinamométrico. Este método emplea la carga directa.

2- También puede utilizarse generadores calibrados (de rendimiento conocido) para medir los rendimientos relativos de los métodos monofásicos de potencia fraccional. Este método también emplea carga directa.

3- Los motores monofásicos no fraccionales de pequeña potencia pueden

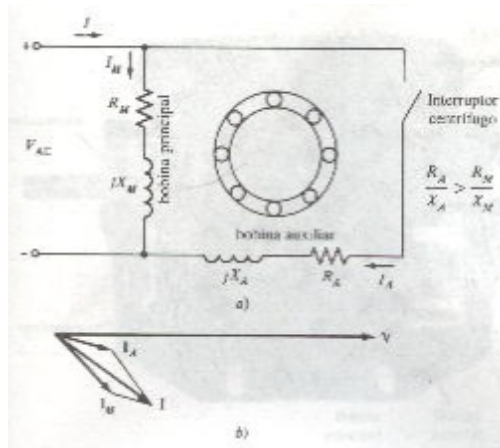
ensayarse mediante el método clásico a rotor bloqueado. La técnica es algo más fácil debido a la relatividad sencillez de los cálculos monofásicos y no se precisa equipo especial.

4- El método de la AIEE de carga directa descrito, también puede utilizarse si esta garantizada una determinación del rendimiento más precisa.

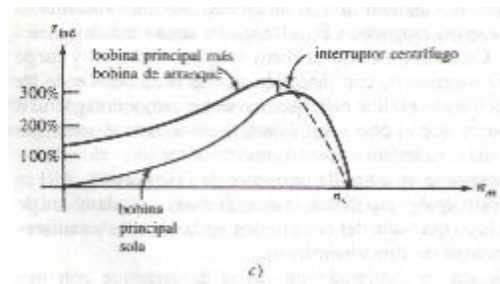
5- A veces se utiliza un freno de prony en el punto (1) anterior en lugar del generador dinamométrico con una palanca de par y escala para leer los HP de salida por carga directa.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MIMA

Curvas características del motor de fase partida

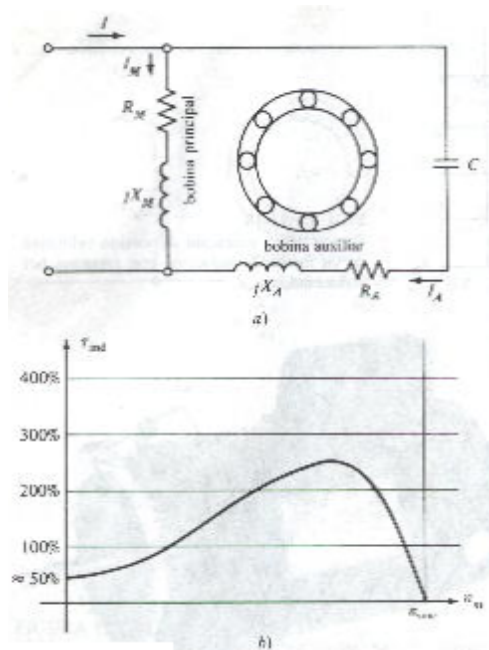


a) Motor de inducción de fase partida. b) Corrientes del motor en condiciones de arranque.



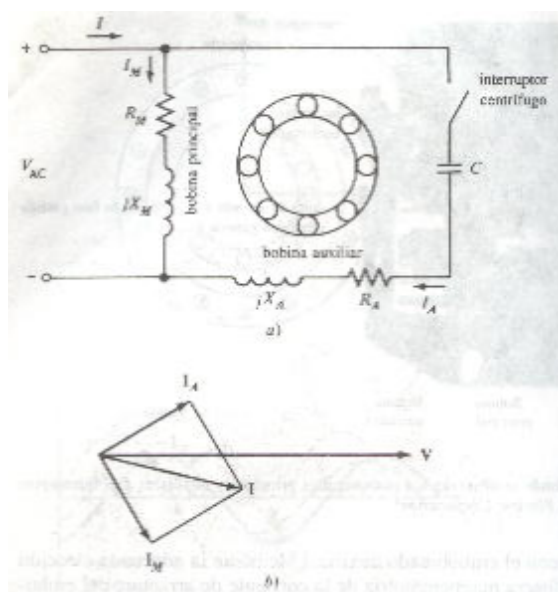
Los motores de fase partida tienen un par de arranque moderado con una corriente de arranque relativamente baja. Se emplean en aplicaciones que no requieren par de arranque muy elevados.

Curva característica del motor de funcionamiento capacitivo

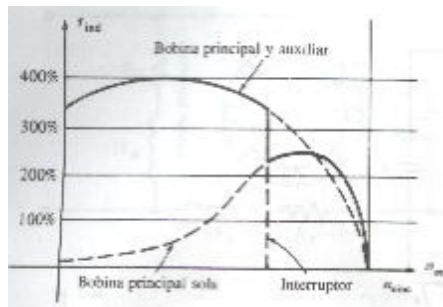


- Motor de inducción con condensador partida permanente.
- Característica momento de torsión – velocidad de este motor.

Curva característica del motor de arranque capacitivo

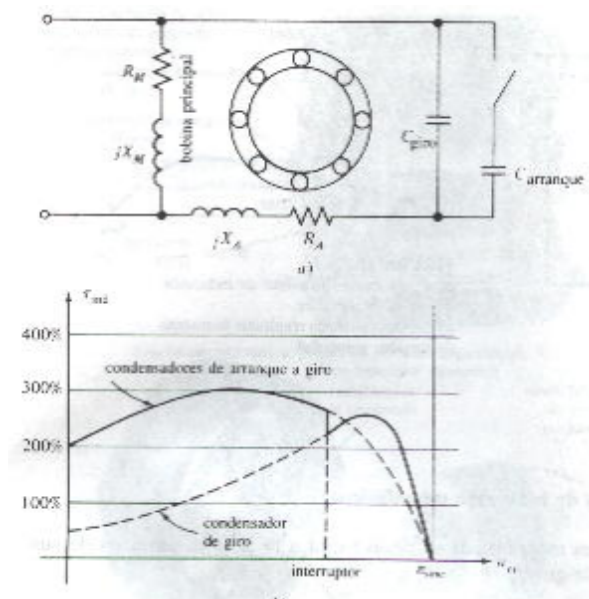


- Motor de inducción con arranque por condensador.
- Angulo de la corriente en el arranque de este motor.



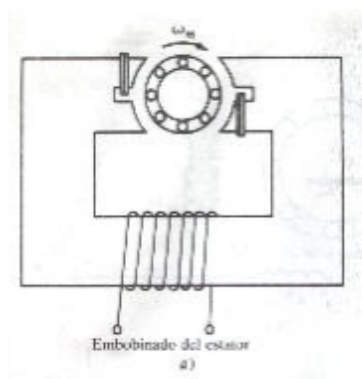
c) Característica momento de torsión – velocidad de un motor de inducción con arranque por condensador.

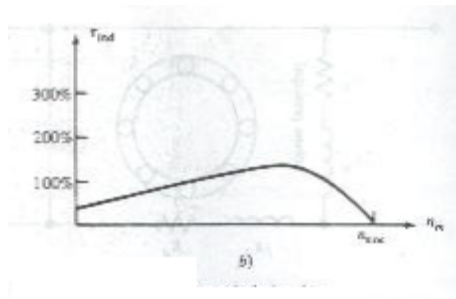
Curva característica del motor capacitivo y arranque capacitivo



- Motor de inducción con condensador de arranque y condensador de marcha
- Característica momento de torsión – velocidad de este motor

Curvas características del motor polos de sombra





- Diagrama de un motor de inducción de polos sombreados.
- Su característica resultante momento de torsión – velocidad.

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MIMA

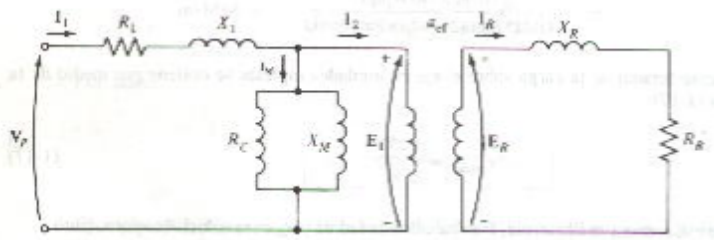
Un motor de inducción depende por su funcionamiento de que el circuito del estator induzca tensiones y corrientes en el circuito del rotor (acción transformadora). Puesto que la inducción de tensiones y corrientes en el circuito del rotor de un motor de inducción es, esencialmente, una operación de transformación; el circuito equivalente de un motor de inducción, terminara por ser muy similar al circuito equivalente de un transformador. A un motor de inducción se le da el nombre de máquinas individualmente excitada (al contrario de máquina síncrona doblemente excitada), puesto que la potencia se entregará únicamente al circuito del estator. Como un motor de inducción no tiene circuito de campo independiente, su prototipo no tendrá una fuente de tensión interno, como la tensión generada internamente (E_a) de una máquina síncrona.

Es posible deducir el circuito equivalente de un motor de inducción basándose en el conocimiento de los transformadores y de lo que ya sabemos sobre la variación de la frecuencia del rotor, con la velocidad en los motores de inducción. El prototipo del motor de inducción se desarrollará con base en el modelo de transformador del capítulo 2 y luego resolviendo cómo considerar la frecuencia variable del rotor y teniendo en cuenta otros efectos similares del motor de inducción.

Modelo de un motor de inducción como transformador

En la figura se ve el circuito equivalente por fase de un transformador, que representa el funcionamiento de un motor de inducción.

Como cualquier transformador, hay una cierta resistencia y autoinductancia en los embobinados primarios (estator), los cuales deben resentarse en el circuito equivalente de la máquina. La resistencia del estator se denomina R_1 , y la reactancia de dispersión del estator X_1 . Estas dos componentes aparecen justo a la entrada del modelo de la máquina.



Modelo de transformador de un motor de inducción, con rotor y estator conectados por medio de un transformador ideal con relación de espiras (A_{ef})

También como cualquier transformador con un núcleo de hierro, el flujo en la máquina está relacionado con la tensión aplicada E_1 . En la figura a) – 4 la fuerza magnetomotriz – versus – la curva de flujo (curva de magnetización) de la máquina se coteja con una curva similar de un transformador de potencia. Observe que la pendiente de la curva del flujo versus fuerza magnetomotriz del motor de inducción es mucho menos pronunciada que la curva de un buen transformador. Esto sucede, porque existe un entrehierro en el motor de inducción, que aumenta enormemente la reluctancia de la trayectoria del flujo y por tanto debilita el acoplamiento entre los embobinados primario y secundario. Cuanto más alta la reluctancia causada por el entrehierro, se necesita una corriente de magnetización más alta para lograr un nivel de flujo determinado. Por tanto, la reactancia de magnetización en el circuito equivalente X_m tendrá un valor mucho menor (o la susceptancia B_m tendrá un valor mucho mayor que el que correspondería a un transformador corriente).

La tensión primaria interna del estator E_1 se acopla con el secundario E_r por medio de un transformador ideal con una relación de espiras A_{ef} . La relación de espiras efectiva A_{ef} es bastante fácil de determinar para un motor de rotor devanado; es básicamente la relación del número de conductores por fase del estator, con el número de conductores por fase en el rotor, modificada por cualesquiera diferencias de factores de paso y de distribución.

En cambio, es un poco difícil definir exactamente A_{ef} , en el caso de un motor de rotor de jaula de ardilla, porque no hay embobinados diferentes en el rotor de jaula de ardilla. En ambos casos, hay una relación de espiras efectivas para el motor. La tensión E_r producido en el rotor produce, a su vez, un flujo de corriente en el circuito del rotor de la máquina (o secundario) , puesto en cortocircuito.

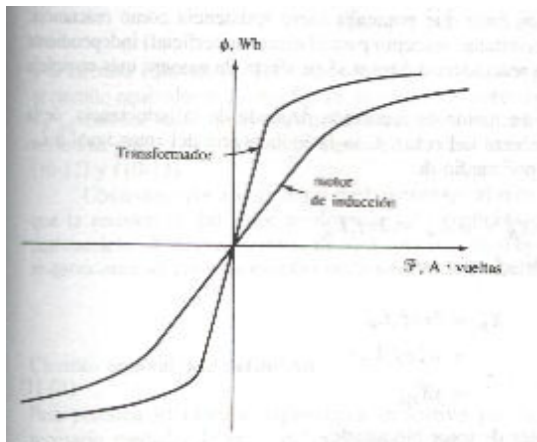


Fig. a) – 4 Muestra la curva de magnetización de un motor de inducción cotejada con la de un transformador.

Las impedancias del primario y la corriente de magnetización del motor de inducción son muy parecidas a los componentes correspondientes del circuito equivalente de un transformador. El circuito equivalente de un motor de inducción se diferencia del circuito equivalente de un transformador, primera, en los efectos que tiene la frecuencia variable del rotor sobre la tensión E_r y las impedancias R_r y jX_r , del mismo.

CONCLUSIONES

Al inicio del desarrollo de los motores monofásicos se debieron enfrentar obstáculos de considerable importancia, primero por que la corriente de tensión monofásica no produce un campo magnético giratorio. Luego de sortear este obstáculo los fabricantes se encontraron con la problemática que trae consigo el hecho que los motores monofásicos no poseen par de arranque intrínseco.

Con el paso del tiempo se han ido desarrollando diversas técnicas orientadas a solucionar estos problemas. Dando paso a los motores monofásicos que hemos conocido en este trabajo.

Las aplicaciones de los motores monofásicos hoy son muy amplias, puesto que cada sistema esta diseñado con características específicas, sin embargo cada una de las diferentes configuraciones tienen ventajas y desventajas tanto una con respecto de otra, como cada una con respecto a la instalación misma donde será ubicada.

Los diferentes motores que hemos conocido han hecho posible el desarrollo de nuevas maquinas, herramientas y aparatos, tanto para su aplicación industrial o domestica.

Cada sistema de los estudiantes tienen como objetivo principal introducir alguna mejora a los motores ya existentes, estos cambios consisten en: mejorar el par de arranque, el factor de potencia, la disipación de calor a través del mismo motor (en el caso de los motores que presentan altas resistencias) , evitar corrientes excesivas en el momento del arranque y evitar que las reactancias (inductiva o capacitiva) influyan negativamente en la instalación que los rodea.

También se han desarrollado motores pequeños (micro motores) que pueden ser utilizados en pequeñas maquinas herramientas (taladros, sierras circulares y otras), y otros que se utilizan en aparatos domésticos (bombas de agua de maquinas lavadoras, hornos giratorios y otros electro domésticos).

BIBLIOGRAFÍA

- MÁQUINAS ELÉCTRICAS (Segunda edición)

Stephen J . Chapman

- MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES

Irving L . Kosow, PH. D.

- ELEMENTOS DE LA ELECTRICIDAD TOMO II C.A

Hernan Carrasco Alveal

- MOTORES ELÉCTRICOS

Gustavo Gilli