

COLEGIO PREPARATORIO DE XALAPA

Motores en corriente alterna

Electricidad IV

Oscar Pulido

01/06/2013

Índice

Introducción	2
Motor Corriente alterna	3
Motores asincrónicos	4
• Jaula de ardilla	6
• Motor de inducción rotor devanado	7
Motores sincrónicos	9
Motores monofásicos	12
Conclusión	14
Bibliografía	15

Introducción

Los motores eléctricos son de gran importancia en nuestra vida diaria y aunque no los ocupemos directamente, muchas ocasiones varios de los elementos que ocupamos son previamente contruidos mediante motores eléctricos o en su proceso requirieron de este. Otras veces estos motores eléctricos los ocupamos en el hogar, en nuestros trabajos o escuelas en forma de artefactos electrodomésticos o herramientas de trabajo como taladros, caladoras, motosierras, etc. Y es que gracias a que se ha podido reducir el tamaño de los motores sin afectar la potencia es posible ver motores en aparatos muy útiles en la vida cotidiana.

La función principal de un motor es convertir cualquier tipo de energía, en energía mecánica de rotación o par por medio de una repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente.

Existen tres tipos de motores según la forma en que se les suministre energía, estos son de corriente continua, corriente alterna o motores trifásicos, en este proyecto hablaremos de los motores de corriente alterna, como se divide, además mencionaremos las características de sus divisiones y aplicaciones.

MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos. Partes básicas de un motor de corriente alterna

- Carcasa
- Estator
- Rotor

Los motores de corriente alterna se clasifican por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación.

- Por su velocidad de giro:
 - 1. Asíncronos
 - 2. Síncronos
- Por el tipo de rotor:
 - 1. Motores de anillos rozantes.
 - 2. Motores con colector
 - 3. Motores de jaula de ardilla
- Por su número de fases de alimentación:
 - 1. Monofásicos
 - 2. Bifásicos
 - 3. Trifásicos

La eficiencia de un motor se define como la relación que existe entre la potencia de salida (mecánica) y la potencia de entrada (eléctrico). Esta puede ser medida de manera directa o indirecta.

- Medición directa: implica el cálculo de la potencia eléctrica de entrada en función del voltaje y de las corrientes suministradas, y de la potencia mecánica de salida en función de la velocidad rotacional y el torque disponible en el eje.
- Medición indirecta consiste en medir la potencia de entrada y calcular la potencia mecánica de salida considerando todas las pérdidas en el motor.

Las pérdidas del motor pueden dividirse en cinco grandes áreas:

- Pérdidas en el bobinado
- Pérdidas en el estator.
- Pérdidas en el rotor.
- Pérdidas por fricción y ventilación.
- Pérdidas adicionales con carga (SLL).

De ellos, los primeros cuatro tipos de pérdidas se pueden determinar a partir de la potencia de entrada y corriente del motor

Motores asíncrónicos

Dado que la mayoría de las máquinas utilizadas en la industria están movidas por motores asíncronos alimentados por corriente alterna trifásica, en este apartado daremos unas ideas muy generales y básicas de este tipo de motores.

Como toda máquina eléctrica, los motores asíncronos constan de dos partes fundamentales y distintas:

El estator: Es la parte fija del motor, está constituido por una carcasa en la que está fijada una corona de chapas de acero al silicio provistas de unas ranuras. Los bobinados de sección apropiada están dispuestos en dichas ranuras formando las

bobinas que se dispondrán en tantos circuitos como fases tenga la red a la que se conectará la máquina.

El rotor: Es la parte móvil del motor: Está situado en el interior del estator y consiste en un núcleo de chapas de acero al silicio apiladas que forman un cilindro, en el interior del cual se dispone un bobinado eléctrico. Los tipos más utilizados son:

- Rotor de jaula de ardilla
- Rotor bobinado

A este tipo de motores se les denomina motores de inducción debido a que su funcionamiento se basa en la interacción de campos magnéticos producidos por corrientes eléctricas. En el caso de los motores a los que hace referencia estas notas, las corrientes que circulan por el rotor son producidas por el fenómeno de inducción electromagnética, conocido comúnmente como ley de Faraday, que establece que si una espira es atravesada por un campo magnético variable en el tiempo se establece entre sus extremos una diferencia de potencial.

La ley de Lenz establece que la polaridad del voltaje inducido en la bobina es tal que si sus extremos se pusieran en cortocircuito, produciría una corriente que causaría un flujo para oponerse al cambio de flujo original. Puesto que el voltaje inducido se opone al cambio que lo causa, se incluye el signo menos en la ecuación.

Si se distribuye espacialmente alrededor del estator de un motor los bobinados de un sistema de tensiones trifásicos decaladas 120° se genera un campo magnético giratorio.

La velocidad de giro de este campo magnético, denominada velocidad de sincronismo.

En los motores eléctricos, la velocidad de giro del rotor es ligeramente inferior a la velocidad de giro del campo magnético del estator, debido a la fricción del rotor en los cojinetes, rozamiento con el aire y a la carga acoplada al eje del rotor, por tal motivo se les conoce a estos motores con el nombre de motores asíncronos

Tal y como se acaba de indicar, la velocidad de giro del rotor es ligeramente inferior a la velocidad de sincronismo, a ésta diferencia se le da el nombre de deslizamiento que se expresa generalmente en tanto por ciento, referido a la velocidad de sincronismo.

La frecuencia a que están sometidos los conductores del rotor es

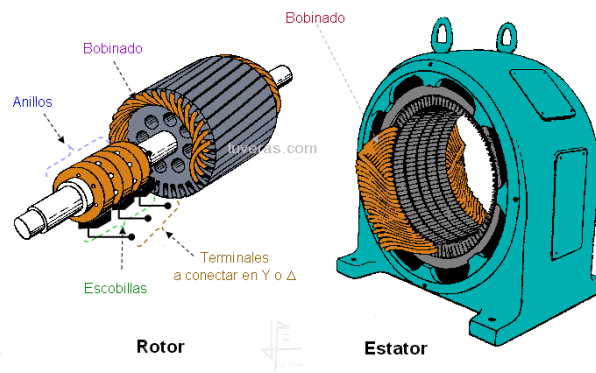
$$f_r = s \cdot f \quad (f = \text{frecuencia en Hz de la red eléctrica de alimentación al motor})$$

Jaula de ardilla: El motor de rotor de jaula de ardilla, también llamado de rotor en corto circuito, es el más sencillo y el más utilizado actualmente. En núcleo del rotor está construido de chapas estampadas de acero al silicio en el interior de las cuales se disponen unas barras, generalmente de aluminio moldeado a presión.

Las barras del devanado van conectadas a unos anillos conductores denominados anillos extremos. El bobinado así dispuesto tiene forma de jaula de ardilla.

Las ranuras del rotor y suelen hacerse oblicuas respecto al eje para evitar así puntos muertos en la inducción electromagnética.

Un inconveniente de los motores con rotor de jaula de ardilla es que en el arranque absorbe una corriente muy intensa (de 4 a 7 veces la nominal o asignada), y lo hace además con un bajo factor de potencia, y a pesar de ello, el par de arranque suele ser bajo.



La baja resistencia del rotor hace que los motores de jaula de ardilla tengan excelentes características para marchas a velocidad constante.

Hasta hace unos cuantos años (década de los 90), un inconveniente de los motores con rotor de jaula de ardilla era que su velocidad no era regulable, pero actualmente con los variadores de velocidad electrónicos se puede conseguir un control perfecto de la práctica totalidad de parámetros del motor, entre los que destacan el par, la corriente absorbida y la velocidad de giro.

Motor de inducción rotor devanado: Si se introduce una resistencia en el circuito del rotor de un motor de inducción, el deslizamiento aumentará para un valor dado del par. El par es proporcional al flujo, a la corriente en el inducido y al coseno del ángulo de desfase entre el flujo y la corriente. El flujo del motor de inducción es prácticamente constante porque lo es la f.c.e.m. Si se agrega una resistencia al circuito del rotor, la impedancia del rotor aumenta. (Para los valores del deslizamiento correspondientes a los valores normales del par, la reactancia del inducido es pequeña comparada con su resistencia y, por consiguiente, la impedancia del inducido es casi sólo resistencia.) Si el deslizamiento es constante, la f.e.m. inducida en el rotor es invariable. La corriente en el inducido, que es igual a esta f.e.m. dividida por la impedancia del rotor, decrece. Como $\cos \theta$ no crece tan rápidamente como decrece la corriente del inducido, el par debe disminuir. Para hacer que el par vuelva a adquirir su valor primitivo debe aumentarse la intensidad de la corriente en el inducido. Para aumentar esta corriente debe aumentarse la f.e.m. en el inducido. Como el flujo es constante, el aumento de f.e.m. inducida sólo se puede obtener aumentando la velocidad con que los conductores del rotor cortan el flujo. Para un valor dado del par, por lo tanto, el deslizamiento debe aumentar cuando se intercala una resistencia en el circuito del rotor.

En los motores de rotor bobinado, el arrollamiento rotórico está constituido por unas bobinas de hilo de cobre por lo general.

Y cuyos extremos están conexiados a unos anillos (anillos rozantes) por los que se alimentaran las bobinas. Para el arrollamiento del rotor se utilizan, conductores de sección circular o rectangular, aislados generalmente con doble capa de algodón o barnices apropiados e introducidos en las ranuras y aislados de ellas y entre sí, por medio de presspan, tela aceitada, etc...

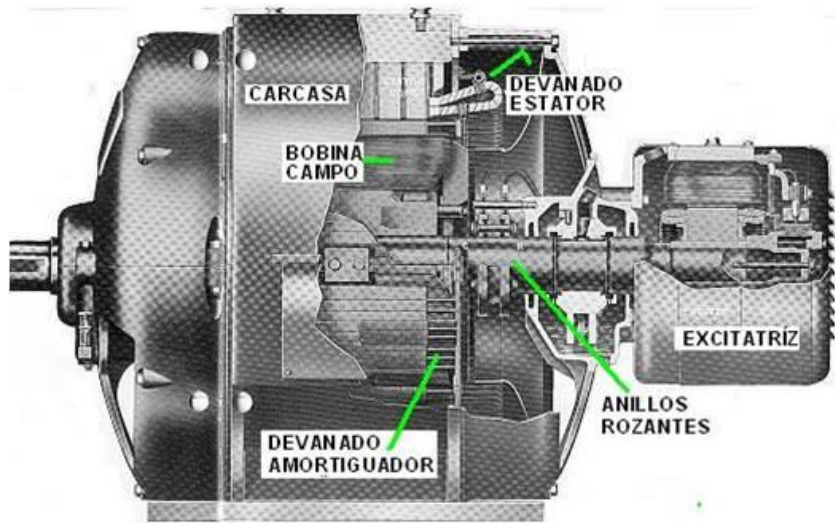
Antes de describir los procedimientos de fijación de los arrollamientos del rotor, será conveniente revisar las formas de ranuras existentes y los métodos para aislar los conductores en las ranuras. En los motores de rotor bobinado se emplean ranuras abiertas y sobre todo semi-cerradas de forma rectangular con una profundidad de aproximadamente 3 a 4 veces el ancho.

Las ranuras abiertas tienen la ventaja de que las bobinas que se han construido previamente, pueden colocarse en su posición a través de la parte superior de la ranura y de esta manera el arrollamiento queda montado en poco tiempo; además las bobinas pueden sacarse fácilmente en caso de reparación o de sustitución.

Pero las ranuras abiertas aumentan la reluctancia del circuito magnético por lo que en muchas ocasiones, resultan más adecuadas las ranuras semi-cerradas; estas ranuras permiten que se inserten en ellas bobinas previamente construidas, pero éstas han de tener un ancho no superior a la mitad del ancho de ranura, por lo que el montaje del arrollamiento será algo más costoso. De todas formas y debido a las mejores condiciones magnéticas obtenidas con las ranuras semi-cerradas, éstas son las más utilizadas en los motores de rotor bobinado para medianas y grandes potencias.

Motores sincrónicos

Los motores sincrónicos son un tipo de motor de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté



conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo".

Los motores sincrónicos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales. Los motores sincrónicos se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante.

Características:

La característica distintiva de un generador síncrono (que suministra P) es que E_A está delante de $V \Phi$. Mientras que en un motor E_A está detrás de $V \Phi$. La característica distintiva de una máquina que suministra potencia reactiva Q es que $E_A \cos \delta > V \Phi$ sin importar si la máquina actúa como generador o como motor. Si una máquina consume potencia reactiva Q , $E_A \cos \delta < V \Phi$.

Una característica del motor síncrono es que si el rotor es "sobreeexcitado", esto es, si el campo magnético es superior a un cierto valor, el motor se comporta como un capacitor a través de la línea de poder. Esto puede ser útil para la corrección del factor de fuerza en plantas industriales que usan muchos motores de inducción.

Tipos más comunes de motores sincrónicos

- **Motor sincrónico de Imán Permanente (PMSM motors):** Los motores de AC que utilizan imanes para producir el campo magnético en el entrehierro, se denominan Motores de Imán Permanente (PMM o PMAC)
- **Motores de imán permanente sin escobillas o brushless (BLDC motors):** El rotor tiene dos imanes que cubren cada uno aprox.180° del perímetro del rotor y producen una densidad de flujo quasi-rectangular en el entre hierro. El estator tiene un bobinado trifásico donde los conductores de cada fase están distribuidos uniformemente en porciones de arcos de 60°. Cuando los bordes del imán del rotor alcanzan el límite entre las fases del estator, un detector, tal como un sensor de efecto Hall montado en el estator, detectará la inversión del campo magnético del entrehierro y causa una apropiada secuencia de conmutación de los transistores.
- **Motor de Reluctancia variable (VRM motors):** Los motores de Reluctancia eliminan los imanes permanentes (PMs), las escobillas, y los conmutadores. El estator consiste en unas laminaciones de acero que forman postes salientes. Sin bobinas del rotor, el rotor es básicamente diseñado para formar polos salientes.
- **Motor paso a paso (Stepper motors):** Básicamente los de IP están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Los motores de pasos pueden ser vistos como motores eléctricos sin conmutadores. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente o, en el caso de los motores de paso de reluctancia variable, una pieza dentada hecha de un material magnético. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejado por un controlador o driver.

Etapas de arranque de un Motor Sincrónico

La primera etapa se considera desde el momento inicial de conexión, con el rotor en reposo, y el devanado de campo cerrado a través de una resistencia de descarga, en la cual el campo rotante estático genera un par asincrónico sobre el damper como si se tratara de un motor de inducción, y lo acelera hasta una velocidad subsincrónica sobre la característica mecánica del damper, en un estado de estacionario dado por la intersección de las características mecánicas del damper y de la carga.

La segunda etapa se inicia al excitar el rotor con una corriente continua de magnitud adecuada, generando un par adicional que lo puede llevar o no hasta la velocidad sincrónica de funcionamiento donde el proceso de arranque finaliza. A esta etapa se le denomina de sincronización y es la más delicada y compleja de todo el proceso de aceleración. Al conectar la excitación es preferible una ligera sobreexcitación a una subexcitación pues sobreexcitando el motor posee una mayor estabilidad y además tomará una corriente capacitiva que compensa las componentes inductivas tomadas por otras cargas de la línea reduciendo la magnitud de la corriente de línea.

Aplicación

Los motores síncronos son máquinas utilizadas para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica. Su principal aplicación es el regulamiento del factor de potencia ya que este tipo de máquina al ser sobreexcitado puede hacerse capacitivo o inductivo con lo que se puede corregir el factor de potencia a nuestra conveniencia. También es una máquina que brinda confiabilidad en la estabilidad de su velocidad, pero como se detalla en este documento se ven los efectos cuando se varía la carga.

Motores monofásicos

Cuando están en operación, este tipo de motores de inducción desarrollan un campo magnético rotatorio, pero antes de que el rotor inicie la rotación, el estator produce solo un campo estacionario pulsante. Para producir un campo rotatorio y, por lo tanto, un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar desfasado 90° con



respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se remueve del circuito. Estos motores han sido perfeccionados a través de los años, a partir del tipo original de repulsión, en varios tipos mejorados que en la actualidad se conocen como:

- Motor de fase de partida: Posee dos bobinados independientes, uno de trabajo y otro auxiliar desplazado 90° . Al conectarlo a la red arranca y al alcanzar una determinada velocidad se desconecta del bobinado auxiliar por la acción de un interruptor centrífugo que va solidario con el eje del motor.
- Motor de condensador: Similar al de fase de partida, solo que va provisto de un condensador electrolítico conectado en serie. Consigue un fuerte par de arranque de hasta 3,5 veces el par nominal. Su potencia y rendimiento también son elevados.
- Motor con espira auxiliar: Es diferente en cuanto a construcción ya que el estator es de polos salientes, cada uno de ellos con una espira gruesa de cobre cerrada en cortocircuito. El rotor es de jaula de ardilla, tiene un par de arranque muy débil y solo tiene aplicaciones en máquinas pequeñas y de arranque en vacío.

- Motor universal: Puede funcionar tanto en CC como en CA. Se parece mucho al motor de CC en serie, se diferencia en que el núcleo del estator esta formado por un paquete de chapas magnéticas. Presenta un par de arranque elevado y la velocidad variable con la carga, aunque tiene peligro de embalsarse al desaparecer la carga.

Características

Este motor es el que mejores características presenta entre los motores de tipo fraccionario.

El capacitor de arranque le permite desarrollar mejor par de arranque en el motor mientras que el capacitor de marcha permite mejorar funcionamiento.

Otra característica de este motor es que ambos devanados tienen el mismo calibre de conductor ya que la corriente del motor será compartida en ellos. Se recomienda utilizarlos cuando se requiere accionar cargas con mínimo par de arranque.

Conclusión

Los motores de corriente alterna son de gran utilidad porque representa una manera fácil, práctica y eficaz de obtener formas de energía mecánica. Estos van desde lograr que funcione una simple rasuradora hasta llegar a las grandes industrias en el momento que hacen funcionar barcos, trenes u otro tipo de maquinaria pesada.

Como ya se mencionó, los motores de corriente alterna se dividen en dos, asíncronos y síncronos, los cuales pueden usar una corriente monofásica o trifásica, según se requiera, por lo general encontraremos los motores con corriente trifásica en las grandes industrias, y esto se debe a que los motores monofásicos son menos eficaces.

En este trabajo también se habló sobre los tipos de motores asíncronos, estos son el motor de jaula de ardilla, que como su nombre lo dice tiene una forma similar a la de una jaula, una de las principales razones de uso es que el mantenimiento es mínimo, además de ser potente y resistente en las grandes industrias, por otro lado el motor devanado o bobinado es una variación del motor jaula de ardilla, basando su funcionamiento en anillos rozantes, aumenta su resistencia mediante los anillos colectores.

Bibliografía

http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf

http://www.slideshare.net/gmo_salinas/motores-sincronos

<http://es.scribd.com/doc/44021467/LOS-MOTORES-MONOFASICOS-DE-CORRIENTE-ALTERNA>