



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE
INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA"

206785

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JUAN LUIS SANCHEZ GONZALEZ

ASESOR: ING. RAMON OSORIO GALICIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES,



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Iluminación e Instalaciones Eléctricas"

Mantenimiento Preventivo a Motores de Inducción Tipo Jaula de
Ardilla".

que presenta el pasante: Juan Luis Sánchez González

con número de cuenta: 8962175-4 para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de Junio de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
1	Ing. Jaime Rodríguez Martínez	
3	Ing. Pedro Guzmán Tinajero	
4	Ing. Ramon Osorio Galicia	

A MIS PADRES:

*"a pedro y carmen gracias por su apoyo y cariño"
A ellos que me dieron la vida
Me cuidaron y educaron.
Inculcándome valores y principios
Solo a ellos que me han apoyado
Para lograr superarme tanto personal como profesionalmente.
A ellos que a pesar del tiempo transcurrido
Dieron siempre su apoyo incondicional
Recordando que en la lucha de la vida
El apoyo de la familia es siempre lo principal y
Solo a mis padres se los debo agradecer.*

ALA UNAM (FES- CUAUTITLAN).

*A esta gloriosa institución que me educo
Durante el tiempo que estuve en sus aulas.
A el personal docente que dio su tiempo
para nuestra formación.
A esta institución le agradezco la
Oportunidad que me otorgo para poder
Desarrollarme como persona y poder
Relacionarme . Aquí se queda gran parte
De mi vida y grandes amistades echas
Durante el tiempo que aquí pase.
Por todo esto gracias.*

A DIOS.

*Agradezco la oportunidad que me a dado para vivir y
tratate de aprovechar cada día que me otorgue para cumplir
con mi deber honrando al señor.*

*La educación nunca se deberá de considerar concluida al
terminar la escuela, sino que siempre se aprenderá de los
tropiezos que se tienen en la vida. Por que de los errores siempre
se puede aprender para ser mejor.*

JUAN LUIS

*Para un hombre ocupado no existe un día largo y el fin de un
trabajo será el principio de otro mejor.*

SENECA

INDICE.

	Pag.
- INTRODUCCIÓN.....	2
I.- MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA.....	3
1.1.- Componentes del motor de inducción jaula de ardilla (construcción).....	3
1.2.- Características y funcionamiento del motor de inducción jaula de ardilla.....	7
II.- PRUEBAS ELECTRICAS A MOTORES.....	14
2.1.- Pruebas de aislamiento.....	14
2.2.- MEGGER.....	14
2.3.- Factores que afectan el aislamiento.....	17
2.4.- Prueba de resistencia de tierras.....	22
III.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE INDUCCIÓN	
TIPO JAULA DE ARDILLA.....	24
3.1.- Lubricación.....	27
3.2.- Sistemas de enfriamiento.....	27
3.3.- Embobinado.....	30
3.4.- Rotor.....	39
3.5.- Supervisión en operación (INSPECCION).....	40
3.6.- Fallas y soluciones de problemas más frecuentes en un motor.....	41
- CONCLUSIÓN.....	45
- BIBLIOGRAFÍA.....	46

-INTRODUCCIÓN.

En la industria las instalaciones eléctricas son diseñadas de acuerdo a la carga que se estima. Será aplicada de acuerdo al tipo de equipo a conectar una parte de este equipo y que se podría considerar como importante son los motores, en la mayoría de los casos motores de inducción tipo jaula de ardilla. El motor de inducción jaula de ardilla es ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales a velocidad constante. Es considerado el motor eléctrico más sencillo y, por su construcción robusta, es particularmente adecuado para las altas velocidades y para trabajar en condiciones severas. Como sólo es necesario aislar el devanado estatórico, la construcción tan simple del rotor, sin necesidad de anillos colectores ni escobillas, se traduce en un motor de precio bajo que requiere un mantenimiento mínimo y que se debe emplear en todos los casos en que sus características sean adecuadas. Otra ventaja a su favor es el bajo costo de los mecanismos de control cuando se compara con el de los motores de anillos rozantes.

Debido a la corriente inicial relativamente grande de los primeros tipos de motores de jaula y a la limitada potencia disponible en las líneas, el uso de este tipo de motores fue restringido por muchos años. En los últimos años se están instalando motores de jaula de arranque directo en lugar de los anillos, debido a la capacidad creciente de las líneas y a la tendencia existente de suministrar corriente de alta tensión a todas las industrias.

No es correcto suponer, sin embargo, que los motores de jaula son adecuados para todos los casos. Existe una clara limitación en su empleo con cargas de gran inercia, o cuando es necesario arrancar o variar la carga frecuentemente. Por lo tanto se debe saber que en estos motores sólo existen dos componentes que se desgastan más rápidamente y estos son sus rodamientos. Por lo tanto a pesar de todo se debe aplicar cierto mantenimiento para evitar fallas mayores y con esto se eleven los costos para su reparación y se lleguen a tener pérdidas por el paro de la producción.

I. MOTORES DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA.

I.1. Componentes del motor de inducción jaula de ardilla (construcción).

Los motores polifásicos del tipo jaula de ardilla se fabrican apartir de ½ H.P., hasta tamaños más grandes que alcanzan varios miles de H.P. Los motores de inducción por lo general están constituidos por los siguientes elementos:

a) ESTATOR

b) ROTOR

c) CARCAZA

d) AUXILIARES:

- Tapa Anterior y posterior.
- Chumaceras
- Tornillos de Sujeción.
- Caja de Conexiones.
- Base ó Soporte.

ESTATOR: El estator ó campo del motor de inducción, está formado por laminaciones que son troqueladas en línea. La lámina es de acero al Silicio de alta calidad que no presenta cambio en sus propiedades por envejecimiento. Antes del tratamiento térmico se pasan por una lijadora para eliminar la rebaba. Después del recocido, se le aplica un proceso químico de adherencia al nivel molecular con un compuesto basándose en fosfato de aluminio, para una alta resistencia interlaminar. Esta película es altamente resistente al calor, y a la presión, no afectándose tampoco por la humedad, con lo cual se obtiene un núcleo altamente confiable y con bajas pérdidas. El espesor de las láminas es usualmente de 0.35 mm., A 0.48 mm. Para máquinas de pequeño diámetro las laminaciones del estator se troquelan de una sola pieza y para diámetros mayores se troquela en segmentos Fig. 1.1.

Cuando la longitud del núcleo del estator es grande, deberá dividirse en secciones, mediante ductos radiales de ventilación para asegurar el enfriamiento de núcleos y devanados.

Los armazones del estator para motores muy grandes, se hacen por regla general de placas de acero rolado y soldado. En la Fig. 1.2. nos muestra un estator con ranuras abiertas; en los cuales van colocados los embobinados. Cuando se introduce el rotor dentro del estator, debe existir una separación entre estos, esta separación se llama entrehierro el cual debe ser el mínimo posible, usualmente es de 1 a 3 mm.

ROTOR: La construcción del rotor se hace de láminas de acero al Silicio, troqueladas generalmente de la misma manera que el motor.

Para máquinas pequeñas y medianas son troqueladas de una sola pieza y se ajustan en la flecha. En el caso de las máquinas grandes se usan los troquelados en forma de segmentos. Estos se arman sobre una araña y se sujetan entre dos placas externas mediante tornillos largos.

Cuándo se necesitan ductos de ventilación en el estator, se coloca un mismo numero de ductos del mismo tamaño en el rotor. En estos caso del rotor jaula de ardilla, las ranuras son generalmente angostas y poco profundas, los soportes de dientes y ductos de ventilación de cada extremo de la armadura se omiten frecuentemente.

El devanado jaula de ardilla, se hace generalmente de cobre redondo ó de sección rectangular, en forma de barras unidas en cada extremo, por un anillo de cobre. Con este método de construcción es posible usar un gran número de ranuras del rotor en diámetros pequeños, sin excesivas densidades en los dientes, debido a que pueden usar dientes con caras paralelas y ranuras trapezoidales.

La construcción del núcleo del rotor se hace utilizando las placas robustas de acero en sus extremos, para evitar que las barras conductoras de la jaula queden sujetas a esfuerzos debido al "floreo" de las laminaciones. Los núcleos se montan en caliente y al contraerse quedan fijos sobre la flecha; además se usa cuña para evitar el movimiento del núcleo en la flecha.

Ahora para evitar que las barras de la jaula vibren dentro de las ranuras, se recalca cada barra para obtener un ajuste apretado dentro de la ranura. De no evitarse esta vibración, existe gran probabilidad de falla por fatiga de las barras. El proceso de soldadura se hace con flama de gas y con soldadura de plata de alta calidad, dada la gran importancia que tiene la obtención de una perfecta unión entre los anillos y las barras.

La extensión de las barras más allá del núcleo, y la forma y masa del anillo de cortocircuito, se han optimizado para obtener esfuerzos mínimos por efecto de la expansión térmica. Además en los casos donde se estima necesario se usan anillos de retención de acero en rotores de alta velocidad periférica.

La Fig. 1.3. nos muestra un rotor de jaula de ardilla usado en los motores de inducción de C.A., los cuales son extremadamente simples en su construcción.

CARCAZA. La carcaza recibe también el nombre de soporte por ser el elemento que contiene el estator y los elementos auxiliares del motor.

Las carcazas son de construcción sólida de fierro fundido y que puede tener aletas externas diseñadas para tener un máximo enfriamiento y gran facilidad de limpieza. Las orejas de levantamiento están integradas con la fundición de la carcaza.

El diseño de la carcaza y sus métodos de manufactura, son seleccionados especialmente para lograr la máxima transmisión del núcleo del estator a la carcaza para su disipación al medio ambiente. Además son diseñados especialmente los ductos de aire en el interior de la carcaza los cuales permiten la circulación del aire internamente en el circuito completo a través del rotor, por lo que con este diseño se permite un enfriamiento adicional en este.

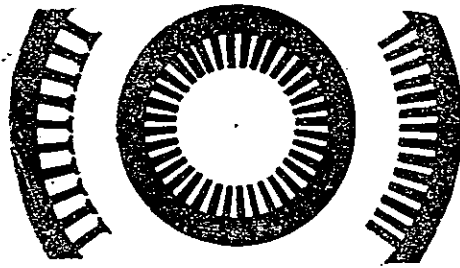


FIG. 1.1. Representa los troquelados del estator de un motor de inducción.



FIG:1.2. Armazón del estator.

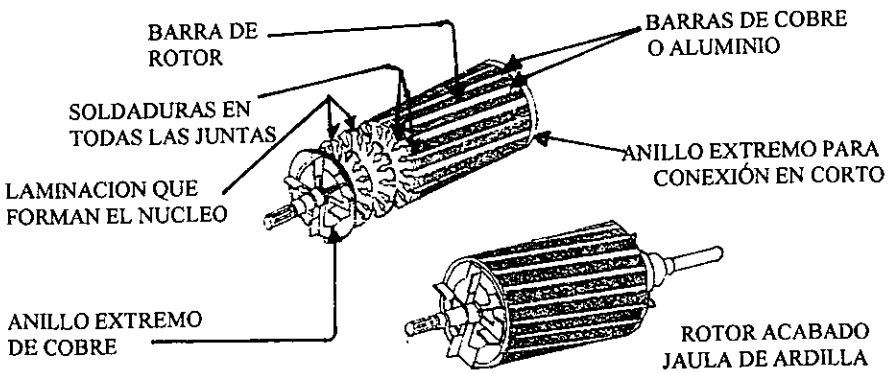


FIG: 1.3. Rotor jaula de ardilla usado en los motores de inducción.

AUXILIARES: Los elementos auxiliares del rotor de inducción son elementos necesarios para el funcionamiento de éste, y depende del tipo de motor. Las TAPAS se construyen a base de fundido de hierro, teniendo un diseño plano para localizar el cojinete o chumacera en el mismo plano de la placa principal del refuerzo del armazón.

CAJA DE CONEXIONES: Se suministra en varios tamaños para facilitar las conexiones. Se pueden surtir fabricadas de láminas de acero o de fundición, llevando además un empaque para lograr mejor protección contra el medio ambiente.

LA BASE : Viene integrada en la carcaza, sirve para asentar el cuerpo del motor en una área determinada.

LOS TORNILLOS DE SUJECIÓN: Sirven para aprisionar el motor evitando que se mueva al momento de estar funcionando.

1.2. Características y funcionamiento del motor de inducción jaula de ardilla.

El principio del funcionamiento del motor de inducción jaula de ardilla se debe principalmente a dos factores:

- 1-. En el estator se tienen 3 embobinados con ejes separados a 120° entre si y es alimentado por tres corrientes trifásicas balanceadas, esto quiere decir que son ondas eléctricas separadas $1/3$ de ciclo en el tiempo entre si. Esta combinación produce un flujo magnético rotatorio a la velocidad sincrónica y con magnitud constante, esta magnitud es $3/2$ el valor máximo del flujo senoidal que produce cada fase.
- 2-. Se dispone en el rotor un devanado, generalmente tipo jaula de ardilla en cortocircuito, esto es al girar el flujo magnético del estator corta los conductores del rotor, esto induce fuerzas electromotrices por estar en cortocircuito produciendo corrientes. Estas corrientes magnetizan el rotor de forma que se convierte en un electroimán. Por lo tanto el flujo magnético rotatorio del estator atrae al rotor y lo hace girar.

Con lo anteriores se puede decir que los motores de inducción están provistos de puestas en marcha por rotación que son usados en aparatos monofásicos de dos fases ó

trifásicos. En principio el número de fases utilizadas podrá crecer sin limitación, pero no existen ventajas prácticas cuando se excede de tres.

Con el fin de hacerlo más eficiente posible el uso del hierro y el cobre en el circuito el embobinado se disminuye en pequeñas hendiduras hechas en hierro laminado del arranque. El arranque se construye con el empaquetamiento de aros (laminados) digamos que son paquetes de hojas de metal eléctrico. Cada hoja de metálica se aísla de la vecina con una fina capa de barniz.

Esto hace que el arranque haga girar el embobinado. Si utilizásemos un arranque formado por un solo bloque metálico se produciría un pequeño giro y las corrientes de remolino producidas serían de gran importancia. El hecho de barnizar las láminas en el arranque rompe el paso de la corriente entre las hojas metálicas y previene estos sucesos.

Es común que la bobina de cada arranque que se distribuya entre los núcleos de los otros arranques. Sin embargo, en lo que concierne al rotor existe un único embobinado, uno para cada fase, cada bobina del arranque genera un campo transversal al rotor como se ve en las Figuras 1.4, 1.5 y 1.6 para una, dos y tres fases.

En las Figuras 1.7, 1.8 y 1.9 nos muestran como varía con el tiempo la corriente en el embobinado a través de un ciclo completo de corriente suministrada con cierta frecuencia para cada uno de los tres casos anteriores. Con la dirección, con la dirección del campo magnético resultante en puntos diferentes del giro. En los tres casos se obtiene un resultado similar, pero en el caso trifásico se tiene un comportamiento más cercano al ideal.

El rotor tiene la forma de un cilindro metálico con una disposición simétrica del cable conductor enrollado (normalmente se le llama jaula de ardilla por su forma), y el campo

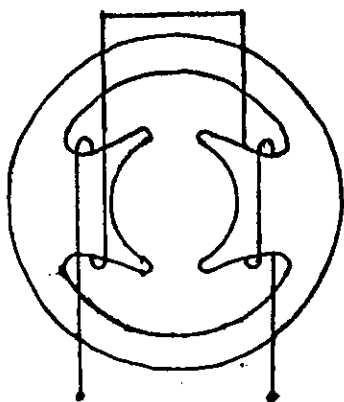


FIG. 1.4. Embobinado en un arranque de dos fases, cada trama se enrolla en dos de los bloques.

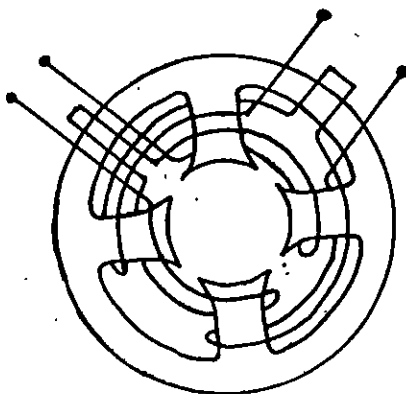


FIG. 1.5. Embobinado en un arranque monofásico

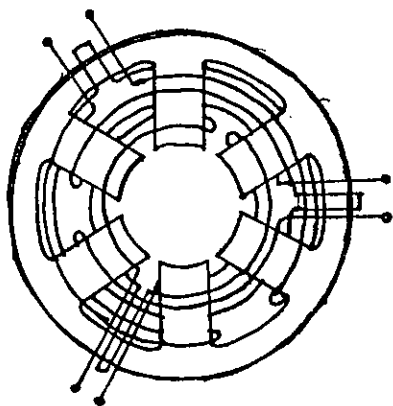


FIG. 1.6. Embobinado en un arranque Trifásico, cada trama se enrolla en tres de los bloques.

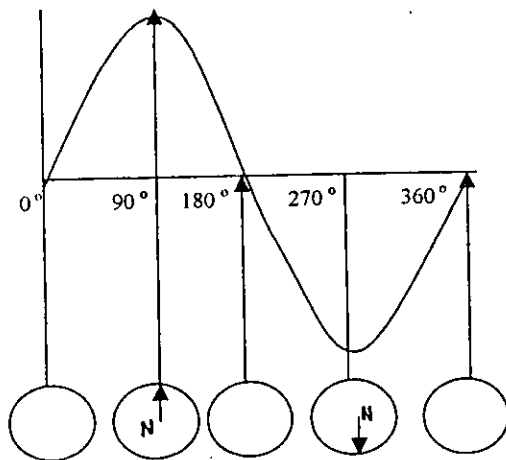


FIG. 1.7. Arranque monofásico, corriente y campo magnético.

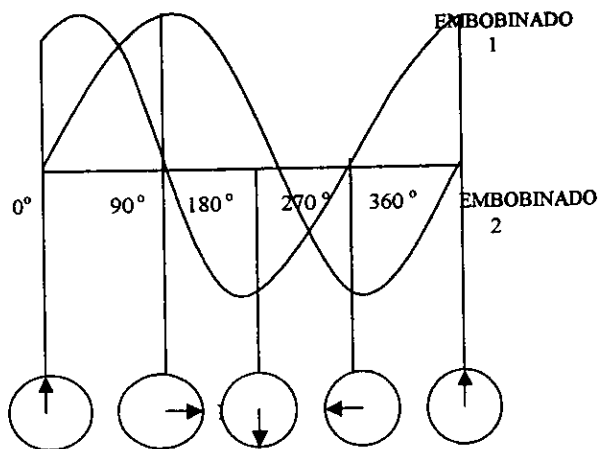


FIG. 1.8. Arranque bifásico, corriente y Campo magnético

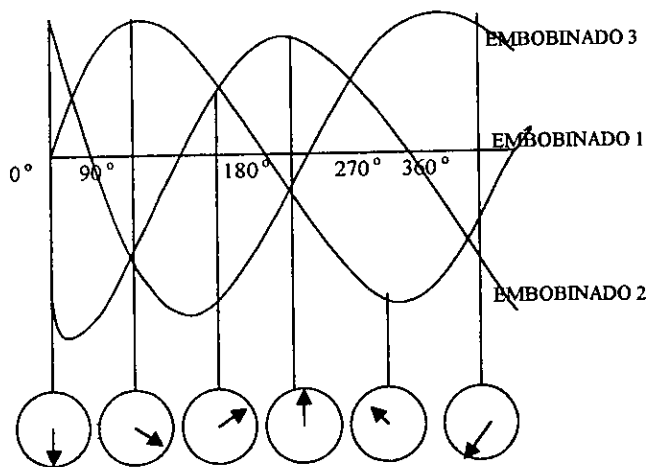


FIG. 1.9. Arranque trifásico, corriente y Campo magnético

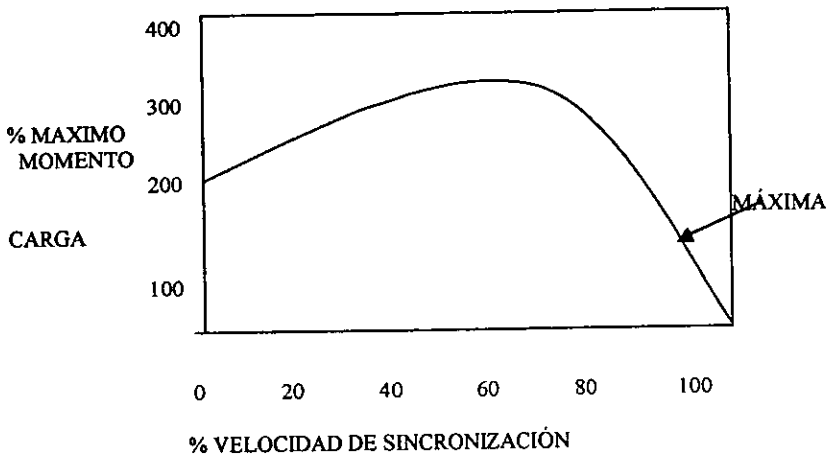


FIG. 1.10. Curva momento / velocidad en un motor trifásico

magnético generado por el arranque induce corrientes en el embobinado del rotor. La interacción entre el campo magnético generado por estas corrientes y el campo magnético que rota produce un momento en el eje de salida.

La magnitud de la corriente inducida en el rotor está determinada en la misma proporción que el cambio del campo dentro del rotor, es grande cuando en el rotor es estacionario, tendiendo hacia cero cuando la velocidad del rotor es igual a la velocidad de rotación del campo. Esto quiere decir que un rotor normal como el de ardilla nunca podrá alcanzar una velocidad sincrónica; la velocidad del rotor debe ser siempre más baja que la velocidad del campo rotante (velocidad de deslizamiento ó frecuencia de deslizamiento) para que esta pueda inducir suficiente corriente en los conductores del rotor.

En la mayoría de los motores de inducción se acoplan rotores de baja resistencia (es decir, conductores de gran sección) esto permitirá que se induzcan grandes flujos de corriente en los conductores del rotor cuando la velocidad de sincronización. A esta baja frecuencia de deslizamiento la inductancia del rotor tiene poca importancia y a efectos prácticos toda la corriente que circula produce un momento útil en el eje.

Sin embargo, si por alguna causa la velocidad del rotor se reduce sustancialmente, la frecuencia de deslizamiento se incrementa y para esta frecuencia mayor la inductancia del rotor crece de forma que es la parte más importante de la impedancia, en este caso se induce corriente en los conductores del rotor y mueve el campo magnético efectivo así que sólo una parte de la corriente produce momento útil sobre el eje, Fig. 1.10.

Para una velocidad sincronizada no existe movimiento relativo entre los conductores que forman el rotor y el campo rotante generado por el arranque, así como el momento resultante es cero. Así tan pronto la velocidad del rotor baja (se incrementa la frecuencia de deslizamiento y la corriente del rotor) el momento generado por la corriente inducida en el rotor se incrementa rápidamente. Introduciendo una diferencia aproximada de 1% entre velocidades se produce momento suficiente para que no existan pérdidas mecánicas dando una velocidad cercana al 99% de la velocidad de sincronización. El máximo aprovechamiento de momento se alcanza casi siempre en el 95% de la sincronización dando una velocidad característica.

El rendimiento en el eje tanto como decrece la velocidad, y el momento resultante útil tiene un pico de dos o tres veces el momento total en algún lugar situado entre una mitad y dos tercios de la velocidad de sincronización. También para velocidades más bajas la corriente que circula en el rotor se incrementa, aunque el efecto de la inductancia en el rotor se hace dominante debido a la alta frecuencia de deslizamiento reduciendo el momento total y haciendo caer un factor dos el rendimiento a una velocidad cero. Este es el momento de arranque también llamado a menudo locked rotor torque, y es el mayor momento que el rotor puede alcanzar.

Aunque el rotor se pueda desviar algo del momento y de la velocidad máxima, el rango de velocidades comprendido entre esta velocidad máxima y cero es bastante inestable. Si se hace un intento para que el motor exceda el máximo momento, la velocidad del motor cae de forma que el momento útil se reduce. Esto es un efecto acumulativo a cada caída en la velocidad sigue de una reducción en el momento útil hasta que el motor se para de forma brusca.

El motor sólo puede operar de forma estable en la parte de la curva de la velocidad del momento cuyos puntos corresponden a una rápida disminución de la velocidad. Un ejemplo de este funcionamiento son los ventiladores (el momento que en un ventilador se ejerce se incrementa como el cuadrado de su velocidad) una de las razones que hace posible el control en un amplio rango de velocidades en un motor de inducción, en un ventilador es la variación de la corriente que circula por éste.

Se debe tener en consideración que un motor sólo puede operar por debajo de su velocidad óptima en el encendido ó en cortos intervalos de tiempo de sobreesfuerzo. Un prolongado funcionamiento en esta situación produce un sobrecalentamiento si no existe un dispositivo que regule la corriente de entrada.

Con todo lo anterior nos podemos dar una idea de cómo funciona el motor de inducción, ahora para el caso de que fuera necesario realizar un cambio de sentido giro de los motores trifásicos sería intercambiando dos de cualesquiera de sus entradas. Esto haría que la dirección del campo rotante cambie el sentido de giro una vez que se ha alcanzado la velocidad máxima (a veces llamada *plugging*), cuando se invierte la corriente esta excede por mucho a la corriente inicial de arranque y el calentamiento en el motor es al menos igual al que se produciría por dos puestas en marcha sucesivas.

II. PRUEBAS ELECTRICAS A MOTORES.

Para un buen funcionamiento dentro de una instalación eléctrica ó una maquina eléctrica se recomienda comprobar por medio de algunas pruebas que no existan fallas y en caso de que se presenten se logren reparar, por lo tanto estas pruebas son:

2.1. Pruebas de aislamiento

El propósito de un aislamiento en un circuito eléctrico es confinar el campo eléctrico y la corriente en áreas y trayectorias previamente establecidas. Todo aislamiento tiene las características principales siguientes:

- Capacidad de aislamiento.

El valor de un buen material dieléctrico tiende a cero, en función de su calidad.

- Resistencia de aislamiento.

El valor en un material dieléctrico tiende a infinito, en función de su calidad.

- Rigidez dieléctrica.

Se define como la capacidad del material para soportar la tensión eléctrica, sin que se presente la ruptura dieléctrica, o de otra forma es la tensión eléctrica que soporta un material por unidad de longitud en el instante en que se presenta la ruptura.

- Resistencia eléctrica.

Se define como la resistencia que presenta un material al paso de la corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial.

- Pérdidas dieléctricas.

Son las pérdidas producidas por la corriente que circula a través del dieléctrico al aplicar una diferencia de potencial, que se transforman en calor.

2.2. MEGGER.

El megóhmetro o megger es el aparato que proporciona directamente la medida de la resistencia de aislamiento (Fig. 2.1), estos aparatos imponen una tensión continua estabilizada entre los terminales de los devanados y tierra, dando una interpretación a la fuga de tierra que se presenta en término de megaohmios de resistencia de aislamiento.

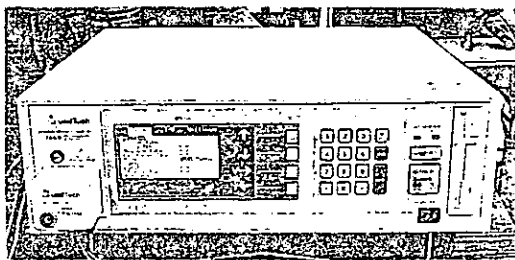


Fig. 2.1 Megohmetro digital

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle una tensión de CD, durante un tiempo dado (como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 min.), la que se mide con un megger véase tabla 2.1.

- Absorción dieléctrica .

La resistencia de aislamiento varia directamente con el espesor del aislamiento inversamente con el área del mismo, cuando repentinamente se aplica un voltaje de CD a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente aumenta con el tiempo hasta estabilizarse.

- Curva de absorción dieléctrica.

Se define como curva de absorción dieléctrica a la grafica de los valores de resistencia de aislamiento contra tiempo y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad de aislamiento.

Si el aislamiento esta húmedo o sucio se alcanzara un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

- Índices de absorción y polarización.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la resistencia de dos lecturas de resistencia de aislamientos tomados a diferentes intervalos de tiempo durante la prueba y se les conoce como:

- Índice de absorción es la relación de 60 a 30 segundos.
- Índice de polarización es la relación de 10 a 1 minuto.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del aislamiento de devanados de generadores y transformadores y es indispensable que se obtenga antes de efectuar la prueba de alta tensión en motores, véase tabla 2.2.

Tabla 2.1

INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGHOMETRO. (MEGGER).

- 1-. Coloque el aparato en una base bien nivelada.
- 2-. Seleccione y ajuste el voltaje de prueba a utilizar.
- 3-. Verifique el infinito del aparato operándolo en vacío ó ajustándolo con el tornillo de ajuste
- 4-. Conecte en cortocircuito las terminales de línea y tierra para verificar:
 - Que los cables no estén abiertos.
 - Ajuste del cero en el aparato (con potenciómetro de ajuste).
- 5-. En caso de haber desenergizado el equipo a probar, se deberá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para eliminar toda carga capacitiva que pueda afectar la medición.
- 6-. Registre la temperatura del equipo bajo prueba, anotándola en el formato de prueba.
- 7-. Al efectuar pruebas de absorción en equipos con un volumen grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de descargar toda corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de prueba.

Tabla 2.2.

INDICES DE ABSORCIÓN Y POLARIZACION.

INDICE DE POLARIZACION	CLASIFICACION
1.0	Peligroso
1.5	Pobre
1.5 a 2.0	Dudoso
2.0 a 3.0	Aceptable
3.0 a 4.0	Bueno
4.0	Excelente

2.3. Factores que afectan el aislamiento.

Los factores que afectan principalmente la resistencia de aislamiento son:

- Contaminación.

Originada por partículas de carbón, polvo o aceites depositados en las superficies. Este factor es particularmente importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes, expuestas al medio ambiente contaminante.

El polvo depositado sobre las superficies aislantes, ordinariamente no es conductor cuando está seco. Pero cuando se expone a la humedad se vuelve parcialmente conductor y baja la resistencia de aislamiento, por lo que se deberá eliminar toda materia extraña que esté depositada sobre el mismo antes de efectuar la prueba.

- Humedad.

Influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son aceites, papel, cartón y algunas cintas, por ser materiales higroscópicos capaces de absorber humedad, ocasionando reducción de la resistencia.

- Temperatura.

La resistencia de aislamiento, varía inversamente con la temperatura en la mayoría de los materiales aislantes. Normalmente todas las pruebas de resistencias de aislamiento, se refieren a una temperatura estándar llamada temperatura base.

Las bases recomendadas por las normas son:

- Máquinas rotatorias	40 °C
- Transformadores	2 °C
- Cables	15.6 °C

Al realizar pruebas de resistencia de aislamiento, es muy importante la medición de la temperatura en los equipos, ya sea por medio de termopares o detectores de temperatura.

- Potencial de prueba aplicado.

La medición de la resistencia de aislamiento es una prueba de potencial y debe restringirse a valores apropiados, dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento, ya que si la tensión de prueba es alta se puede provocar fatiga en el aislamiento. Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5000 VCD.

Las lecturas de resistencia de aislamiento, disminuyen al utilizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no sobrepasen el valor nominal de operación del equipo que se probara.

En la tabla 2.3 se presentan los valores de prueba, los cuales brindan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable. Mientras que en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6 podemos observar comparación de valores de resistencia de aislamiento, tabla de comparación de prueba de energización en tierra, guarda, etc. y los métodos de medición de la resistencia de aislamiento.

- Duración de voltaje aplicado de prueba.

Este efecto tiene una importancia notable en el caso de las grandes máquinas rotatorias con aislamiento en buenas condiciones.

- Utilizando la conexión de guarda.

Todos los megger con rango mayor de 1000 megaohms están equipados con una terminal de guarda.

El propósito de esta terminal, es contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles. Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de todo componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.

Tabla 2.3

POTENCIAL DE PRUEBA APLICADO.

TENSIÓN DE PRUEBA DE MEGGER	TENSIÓN DE EQUIPO A PROBAR
100 Y 250 V	Hasta 100 V, incluyendo algunos tipos de equipo de señalización y control.
500 V	De 100 a 400 V.
1000 V	De 400 a 1000 V.
2500 V	De 1000 V en adelante.

Tabla 2.4

COMPARACIÓN DE VALORES DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

CLASE DE AISLAMIENTO (kV)	REGLA 1 M/KVA (M)	SEGÚN FABRICANTE (M)	PRUEBAS Y C DE CALIDAD (M)
0.220	11	6	37
6	288	162	300
23	1104	621	1000
85	4080	2295	3100
230	11040	6210	8500
400	19200	10800	15000
	K=48	K=27	K=37.5

Tabla 2.5.

Prueba	Energizar	Tierra	Guarda	UST	Medición
1	H	L	-	-	H + HL
2	H	-	L	-	H
3	H	-	-	L + HL	I
4	L	-	H	-	L
5	-	Prueba	(1-2)	-	HL
6	-	Prueba	(3-4)	-	HL
7	H	-	-	L	HL
8	L	-	-	H	HL

Tabla 2.6

METODOS DE MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

1-. Método de tiempo corto.

Aplicable para las pruebas de rutina rápida, principalmente en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción, como son los interruptores, cables, apartarrayos.

Se aplica el voltaje de prueba durante 60 segundos, para fines de normalización, que permitan efectuar comparaciones con una base común para los datos de prueba existentes y futuros.

2-. Método tiempo resistencia o absorción dieléctrica.

Se aplica el voltaje de prueba durante un periodo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de un minuto.

Permite evaluar el estado de aislamiento en aquellos equipos con características de absorción notable (grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia), sobre todo cuando no existe historia de pruebas anteriores.

3-. Método de voltajes múltiples.

Su principal aplicación es en la evaluación de aislamientos de las máquinas rotatorias y en menor grado para el de los transformadores. Su aplicación requiere el uso de un instrumento con varios voltajes para poder aplicar dos ó mas voltajes en pasos, por ejemplo 500 V y después con 1000V.

Este método se basa en el hecho de al mayor voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, al aproximarse o superarse las condiciones de operación.

La influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de resistencia adquirirá mayor importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite, cuando esto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.

Se recomienda aplicar voltajes con relación de 1 a 5 ó mayor (por ejemplo 500 y 2500 V); para esta relación, según la experiencia, un cambio del 25 % en el valor de la resistencia de aislamiento, generalmente se debe a excesiva humedad u otros contaminantes en los aislamientos.

La prueba se realiza aplicando cada paso de voltaje durante el tiempo necesario para que desaparezca la corriente de absorción, descargando el aislamiento en cada paso. Se considera que el aislamiento está en buenas condiciones, si la relación entre resistencia y voltaje permanece constante.

2.4 Prueba de resistencia de tierras.

El probador de resistencia es un megger de tierras.

Las instalaciones deben contar con medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico a otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores.

La conexión a tierra tiene como objetivo:

- Limitar las sobretensiones debidas a:
 - a) descargas atmosféricas.
 - b) Fenómenos transitorios en el propio circuito.
- Contactos accidentales con líneas de mayor tensión.
- Limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal.

Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección, como la protección contra la sobrecorriente, en caso de fallas de tierra.

Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestos a tierra con el objeto de evitar que éstas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representen riesgo para las personas.

2.4.1 Resistencias a tierra de diferentes tipos de instalaciones.

- Electrodo artificiales.

No debe ser mayor a 25 ohms en las condiciones mas desfavorables.

Se recomienda probar la resistencia a tierra de los electrodos al instalarse y repetir la prueba periódicamente.

- Sistemas de tubería metálica continua y subterránea para la conducción de agua. tiene en general una resistencia a tierra menor de 3 ohms.

- Estructura de edificios. Tiene en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 ohms.

III.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO A MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA.

En esta sección se mencionara los principales puntos a seguir para el mantenimiento a los motores de inducción tipo jaula de ardilla. Para el adecuado desarrollo del mantenimiento es necesario conocer del equipo sus:

a. Características; esto es datos de la placa.

b. Medir el comportamiento: esto es la eficiencia, para determinar el orden de las eficiencias esperadas del equipo se presentan los valores estimados en la tabla 3.1. Estos valores están dados conforme a la NOM-001-SEMP, base de referencia sobre la cual se puede obtener una versión del estado del equipo. En la tabla 3.2 se proporcionan valores aproximados de factores de potencia de los motores.

Mientras en la tabla 3.3 se presentan los valores de eficiencia de una bomba para poder obtener el valor combinado de eficiencia de un conjunto; los equipos mecánicos son menos eficientes que los eléctricos. Los equipos aumentan de eficiencia a medida que aumentan de tamaño (las pérdidas no son lineales, ni proporcionales). En la tabla 3.4 podemos observar los valores recomendables de tensión en motores.

c. Operación; Una vez ubicado el problema en los valores indicados, es fundamental que entienda el comportamiento del motor (curvas características) y conozca las condiciones de operación:

- mínima	- máxima
- normal	- caso de emergencia

d. Equipo accionado; donde se debe conocer su comportamiento, para comprender las sobrecargas y posibles variaciones en el funcionamiento.

e. Estado del sistema motriz en forma integral (motor, equipo accionado y transmisión).

A continuación se relacionan algunos de los problemas y fallas que se pudieran presentar con más frecuencia.

Tabla 3.1.

EFICIENCIA DE MOTORES ELECTRICOS

Factor de potencia =FP

Pot.Nominal Tamaño	INDUCCION JAULA DE ARDILLA						SINCRONO		
	127 V		1f	220 V		3f	220 V		3f
HP	(A)	(W)	(%)	(A)	(W)	(%)	(A)	(W)	(%)
1/6	4.0	506	25						
1/4	5.3	667	28						
1/3	6.5	828	30						
1/2	8.9	1127	33	2.1	796	46.8			
3/4	12.5	1587	35	2.9	1115	50.2			
1	14.5	1840	41	3.8	1433	52.0			
1.5	18.1	2300	49	5.4	2070	54.1			
2	21.7	2760	54	7.1	2707	55.1			
3	30.8	3910	57	10.0	3822	58.6			
5	50.7	6440	58	15.9	6052	61.6			
7.5	72.4	9200	61	23.0	8759	63.9			
10	90.6	####	65	29.3	####	66.9			
15				43.9	16.7	66.9			
20				56.5	21.5	69.4			
25				71.1	27.1	68.9	55.4	21.1	88.4
30				83.6	31.9	70.3	65.9	25.1	89.2
40			kW	108.7	41.4	72.1	86.8	33.0	90.3
50				135.9	51.8	72.1	108.7	41.4	90.1
60				161.0	61.3	73.0	128.6	49.0	91.4
75				200.7	76.4	73.2	162.0	61.7	90.7
100				259.3	98.7	75.6	211.2	80.4	92.8
125				326.2	124.2	75.1	264.5	100.7	92.6
150				376.4	143.3	78.1	315.7	120.2	93.1
200				501.8	191.1	78.1	418.2	159.3	93.7

Los valores anotados en los sincros corresponden a un FP = 1. FP fa

Los valores de corriente se modifican con fa. 1.0 1.00
0.9 1.10
0.8 1.25

Advertencia: Los valores de eficiencia obtenidos para el motor sincro son superiores a los reales. Se sugiere obtener estos valores de los fabricantes, con la precaución de que sean certificados o con consultores con experiencia real, respaldada.

Tabla 3.2.

**FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS
(INDUCCIÓN, JAULA DE ARDILLA)**

% CARGA (3600 / 1800 rpm *)					
HP	100	75	50	20	10
200	90 / 88	89 / 87	83 / 79	72 / 66	60 / 52
300	91 / 90	89 / 88	84 / 81	72 / 67	61 / 54
500	91 / 90	90 / 89	86 / 83	73 / 68	62 / 56
750	91 / 90	90 / 89	87 / 84	74 / 69	63 / 58
1000	92 / 91	91 / 89	88 / 90	77 / 71	66 / 60

- FP a plena carga aumenta con el tamaño de los motores.

Tabla 3.3.

EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS AL VARIAR EL % DE CARGA

HP	EFICIENCIAS (% carga ** a 3600 / 1800rpm)					
	100%	75%	50%	25%	15%	10%
¼	68	67	64			
50						
200	925 / 92	92 / 91.5	91 / 90.5	77	67	57
300	935 / 925	93 / 92.5	92 / 91			
500	94 / 93	945 / 93.5	93 / 91.5			
750	945 / 93	945 / 93.5	934 / 91.8			
1000	95 / 94	46 / 93	935 / 920			

Tabla 3.4.

TENSIÓN RECOMENDABLE EN MOTORES

V	Potencia de motores (hp)		
	mínimo	medio	Máxima
127	.04-0.2	1	5
220	2	10	50
440	20	100	500
2300*	200	1000	5000
4160	200	1000	5000
13200	2000	10000	50000

Nota:

La tensión recomendable es función, adicionalmente de la capacidad, de factores tales como: tipo de arranque, capacidad de los transformadores y del sistema de suministro, rebasándose ocasionalmente los rangos anotados.

* En general no se recomienda esta tensión, dado que los costos de arrancador y cableado no se modifican a tensiones de 4160 V.

3.1. Lubricación.

El mantenimiento preventivo y los procedimientos de inducción rutinarios conservan y prolongan la vida de la maquinaria eléctrica. Las máquinas de inducción requieren sólo lubricación periódica, mientras que algunas, equipadas con cojinetes de autolubricación (duración ilimitada), estos no requieren de lubricación de ningún tipo. En la lubricación de la maquinaria eléctrica, en caso de engrasamiento excesivo es tan perjudicial como el engrasado insuficiente que se puede presentar.

Las fugas de aceite en el interior del estator pueden provocar defectos de aislamiento en los devanado estáticos de c.a. La mayoría de los tipos de maquinaria eléctrica solo requerirán un mínimo de mantenimiento limitándose solo a una lubricación reducida.

Con lo anterior se reducirá el mantenimiento general y solo será necesario aplicar lubricación rutinaria, la inspección se convertirá en un factor importante para la prolongación de la vida de la maquinaria y por lo cual no debería descuidarse. En este caso se puede mencionar que se consideran de extrema importancia la utilización de cuatro de los cinco sentidos y los cuales son: vista, oído, olfato y tacto.

La inspección visual nos revelará un conjunto de averías, un motor ruidoso indicará cojinetes desgastados, sobrecargas ó funcionamiento en una sola fase. Un olor a quemado será característico de la combustión del aislamiento, esto será síntoma de sobrecarga ó de agarrotamiento. Un cojinete ó devanado sobrecalentado es detectado con el tacto, ya que si esta caliente alguno de estos elementos al momento de querer tocarlos no lo podrá hacer.

Además, en la investigación de averías, se identifican ciertos síntomas automáticamente eliminándose otras posibilidades tal como podría ser un fusible fundido o el de no poder arrancar.

3.2. Sistemas de Enfriamiento.

MOTORES CERRADOS DE LARGA VIDA CON VENTILACIÓN EXTERIOR: Con un máximo enfriamiento y un mínimo de ruido, se presentan características resultantes de la tensión especial en la selección de los ventiladores y el diseño de flujo de aire a través de la carcasa y tapas.

La ventilación externa se obtiene a partir del ventilador principal, que se localiza en la parte delantera del motor, el aire es succionado a través de las rejillas de la cubierta por el ventilador e impulsado por el mismo y dirigido a lo largo del aleteado de la carcasa la cual esta hecha de fierro fundido.

El calor generado en el núcleo del estator es conducido mediante las partes metálicas de la carcasa y disipado al medio ambiente. Así mismo, las superficies internas y externas con las tapas con aleteado robusto utilizan el flujo interno y externo del aire, para lograr una máxima capa de enfriamiento.

El ventilador posterior localizado al extremo de la flecha es usado para hacer circular el aire frío alrededor de la caja del rodamiento posterior, proporcionando una operación mas fría de lo que sería normalmente.

VENTILACIÓN MEJORADA DE MOTORES VERTICALES APRUEBA DE GOTEO; Estos motores tienen un sistema de doble ventilación en donde el aire de refresco entra por las ventanas de la base y por entre la tapa y la cubierta superior; el aire caliente se expulsa por la parte superior entre el anillo y la tapa, desviado por un deflector para evitar su recirculación en el motor.

Con este sistema de ventilación se permite una disipación de pérdida más uniforme, alargándose con esto la vida del motor. Como consecuencia de las ventajas señaladas, los motores verticales en armazón compacta son más confiables, lo que nos daría una reducción de costos de mantenimiento; sin embargo, para asegurar una mayor vida útil libre de problemas es recomendable seguir algunas instrucciones, por ejemplo, el revisar el motor para comprobar que no haya sufrido daño alguno durante su traslado. Se debe mencionar que a estos motores se les conoce como motores de línea T.

SISTEMA DE VENTILACIÓN ABIERTO EN MOTORES APRUEBA DE GOTEO; Este sistema de ventilación está diseñado para tomar el aire del medio ambiente a través de las ventanas inferiores y laterales de la tapa, que lo introducen en las partes calientes del motor estos serían el núcleo y los embobinados, con esto se aprovecha al máximo las corrientes de aire fresco.

En este sistema no se crean turbulencias que obstaculicen su recorrido hacia las ventanas de escape en la carcasa.

3.3. Embobinado.

EMBOBINADO DE ARMADURA DE C.A.: El embobinado de armadura de una máquina de c.a., al igual que para una máquina de c.d., es desde la fuente de voltaje inducido y por esa razón, alguno de los aspectos más elementales de los embobinados de c.a. se tratan aquí.

Los embobinados de armadura están generalmente comprendidos de una ó más vueltas, y están de tal manera interconectadas que los efectos eléctricos y magnéticos son acumulativos. Las bobinas podrán tener paso completo ó paso fraccional. Una bobina de paso completo se expande 180° medidos eléctricamente y una bobina de paso fraccional se expande menos de 180° pero pocas veces menos de 120° . Este tipo de bobinas las podemos observar en las Fig. 3.1 y 3.2.

La armadura dela Fig. 3.1. tienen tres ranuras por polo que corresponde a una armadura por fase y polo para un embobinado trifásico. Las tres bobinas que se muestran pertenecen a una fase que arbitrariamente se designa como la fase "a", de aquí la designación de las letras a_1 , a_2 , a_3 . Estas tres bobinas pueden conectarse en serie para formar un embobinado de circuito único, o pueden conectarse en paralelo con el resultado de un embobinado de tres circuitos. Una vista desarrollada de la conexión del circuito único, se muestra en la Fig. No.3.1b, y una vista lateral de los lados de la bobina en las ranuras se muestra en la Fig. No.3.1c. Solamente los más sencillos de una gran variedad de embobinados de armadura usados en máquinas trifásicas son tratados aquí. Sin embargo los principios que enmarcan las características de los embobinados simples son básicas con modificaciones menores también para los arreglos más complejos.

Un embobinado trifásico resulta de la suma de otros dos conjuntos de bobinas de armadura desplazados 120° y 240° medidos eléctricamente, de la primera fase para producir un sistema de tres voltajes iguales en magnitud y desplazados entre si por 120° . Un embobinado trifásico de

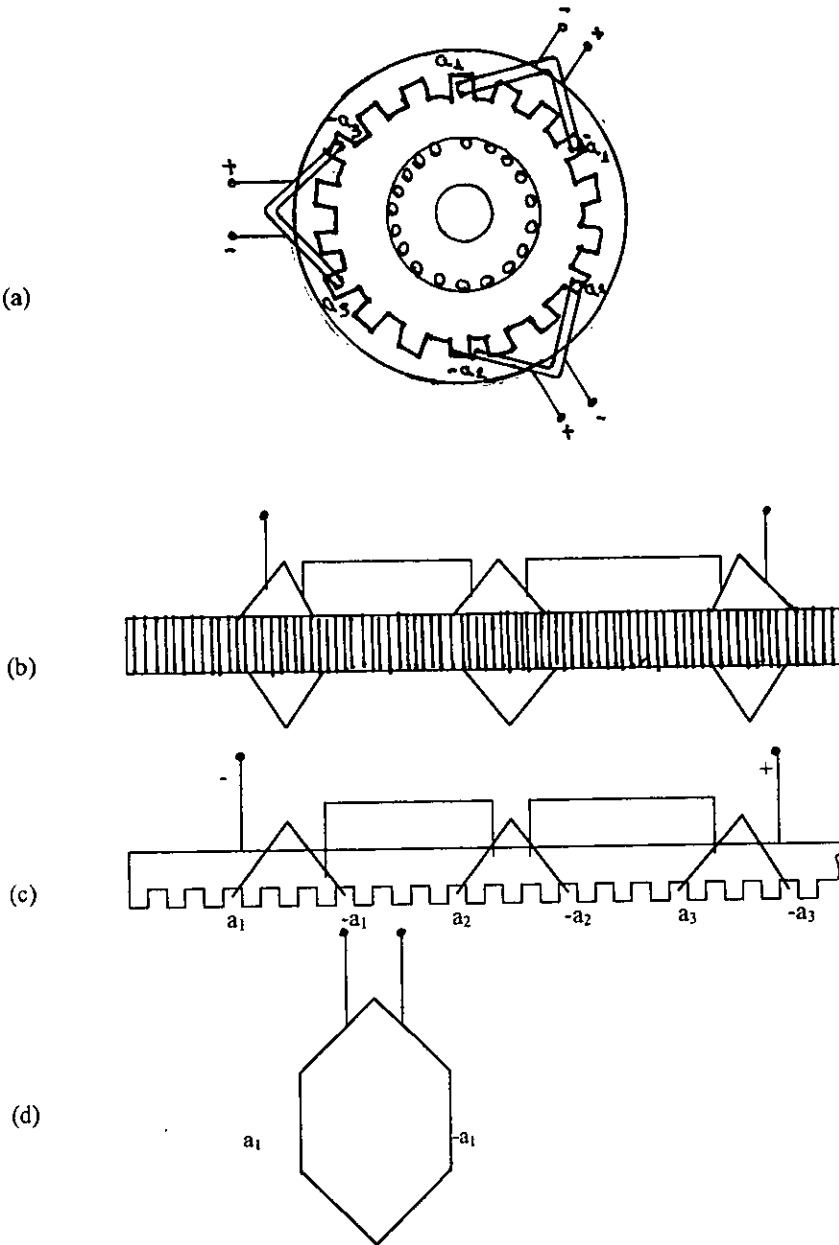
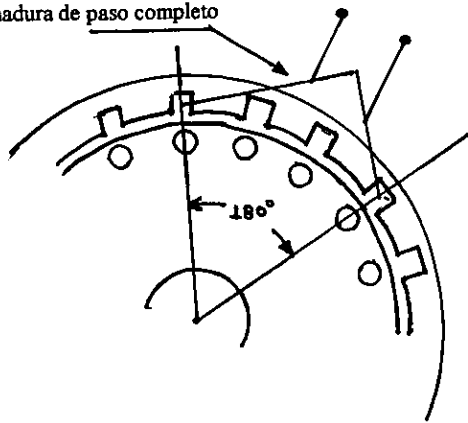


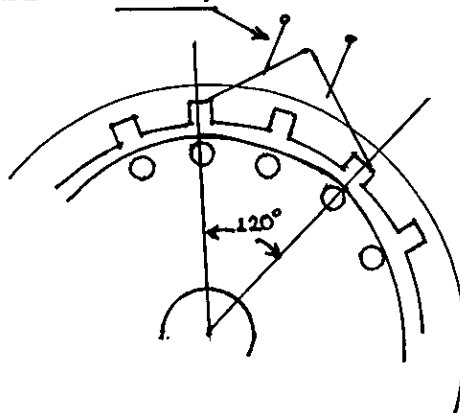
FIG.3.1. (a) ESTRUCTURA MAGNETICA SIMPLIFICADA DE UNA MAQUINA QUE MUESTRA TRES BOBINAS DE PASO COMPLETO PARA UNA SOLA FASE. (b) VISTA DESARROLLADA DE LAS BOBINAS DE ARMADURA CONECTADAS EN SERIE. (c) VISTA LATERAL DE LAS RANURAS Y CONEXIONES FINALES. (d) REPRESENTACIÓN ESQUEMATICA DE UNA BOBINA DE ARMADURA.

Bobina de la armadura de paso completo



(a)

Bobina de la armadura de 2/3 de paso



(b)

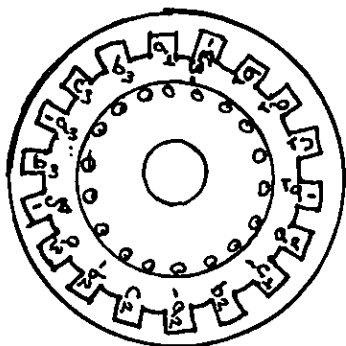
FIG. 3.2. BOBINAS DE ARMADURA DE MAQUINAS ASINCRONAS.
(a) PASO COMPLETO.
(b) PASO FRACCIONAL DE 2/3.

paso completo se muestra en la Fig. 3.3(a, b, c), en donde la fase "b" se desplaza de la fase "a" por dos ranuras en la dirección de la rotación con la fase "c" igualmente desplazada de la fase "b". Debido a que cada ranura corresponde a 60° medidos eléctricamente, los embobinados están desplazados de tal manera que los voltajes de la fase "b" y la fase "c" atrasados del voltaje de la fase "a" por 120° y 240° respectivamente, como se muestra en la Fig.3.3d del diagrama de fasores. Esta secuencia de fase en a, b y c, se le llama secuencia de fases positivas. Una inversión en la dirección de la rotación resulta en una secuencia de fase negativa, esto sería a, c, y b como se puede observar en el diagrama de fasores de la Fig. 3.3e. El embobinado que se observa en la Fig. 3.3 tiene la mitad de bobinas de acuerdo a la cantidad de ranuras ó bien un lado de bobina por ranura.

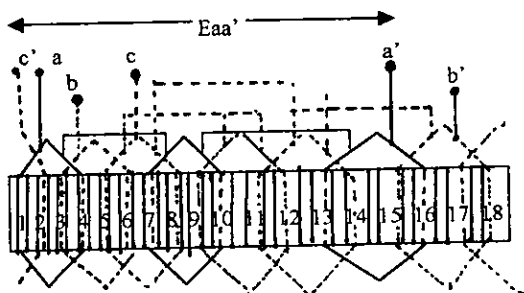
El arreglo más común de dos lados de bobina por ranura se observa en la Fig. 3.4, con solamente una fase mostrada en la Fig. 3.4(a y b). En una vista lateral de las ranuras y de los lados de la bobina para las tres fases como se ve en la Fig. 3.4c. En una comparación de la Fig. 3.4a con la Fig. 3.3, muestra que la primera tiene dos capas de lados de bobina en las ranuras y la última tiene una capa, por lo tanto, el término de embobinado de dos capas y una capa. Aunque los embobinados de una sola capa no son comunes, son algunas veces usados en motores de inducción de potencia de 10 h.p. ó menores.

Ahora la principal ventaja del embobinado de dos capas es la de su acomodación de bobinas de paso fraccional que cuentan con menor cantidad de terminales o conexiones finales que las bobinas de pasos completo y que como consecuencia tienen menor resistencia sin tener una disminución proporcional del encadenamiento en su flujo.

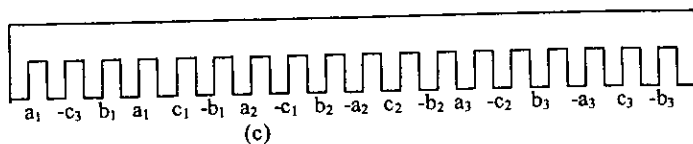
El paso fraccional también nos sirve para mejorar la forma de onda de la fmm de la armadura. Tres bobinas con un paso fraccional de $2/3$ se puede observar en la Fig. 3.5, y un embobinado de paso de $5/6$ en la Fig. 3.6.



(a)



(b)



(c)

FIG. 3.3. MAQUINA TRIFÁSICA, ASINCRONA.

(a) COLOCACIÓN DE LOS LADOS DE LA BOBINA CON LAS RANURAS DEL ESTATOR.

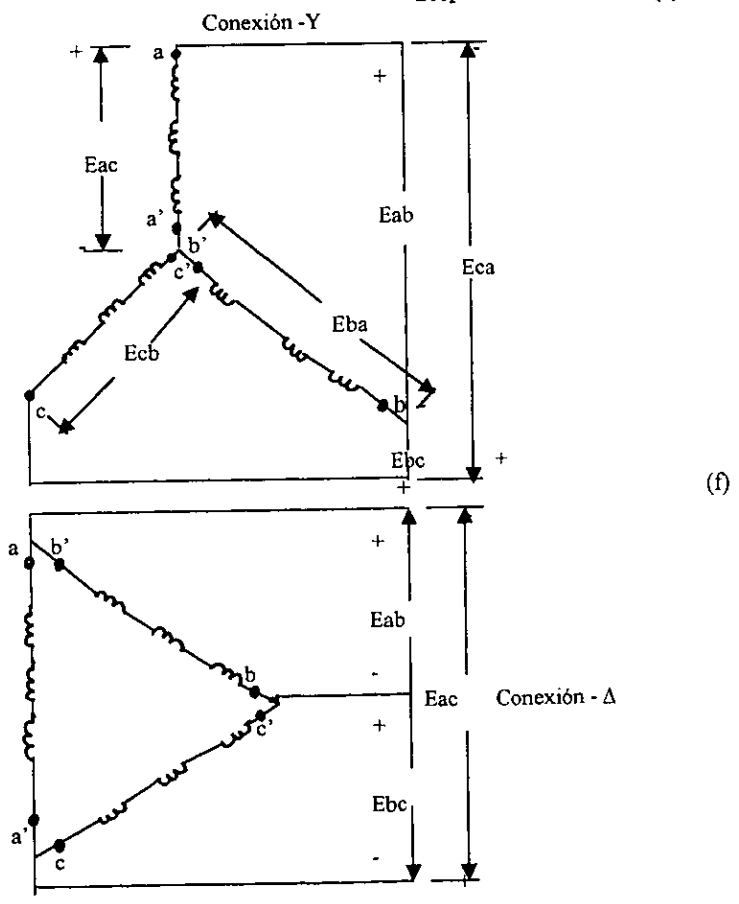
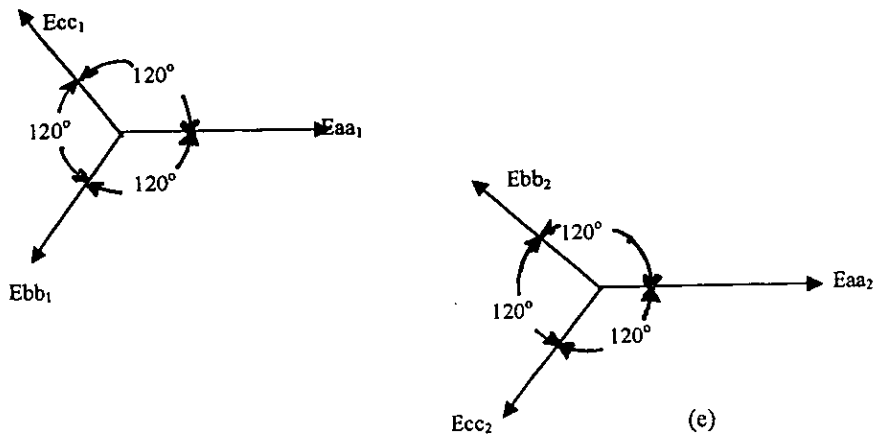
(b) VISTA DESARROLLADA DEL EMBOBINADO DE LA ARMADURA.

(c) VISTA LATERAL DESARROLLADA DE LAS RANURAS.

(d) FASORES DE VOLTAJE DE SECUENCIA POSITIVA.

(e) FASORES DE VOLTAJE DE SECUENCIA NEGATIVA.

(f) CONEXIONES Y y Δ .



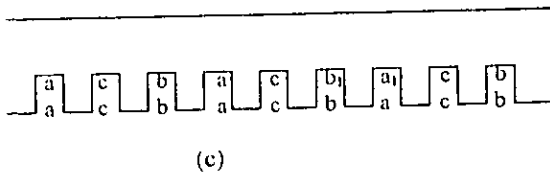
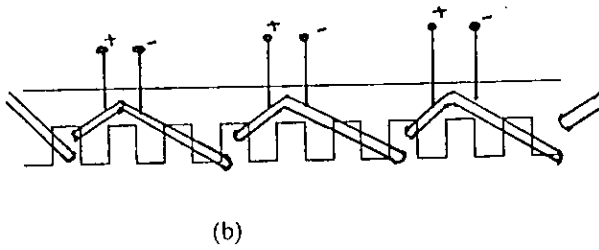
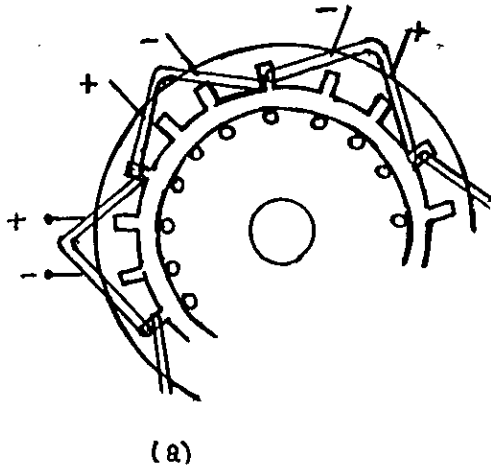
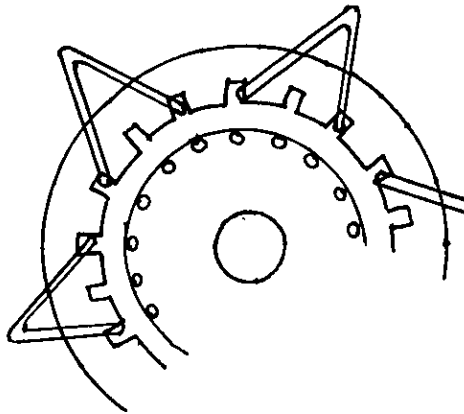
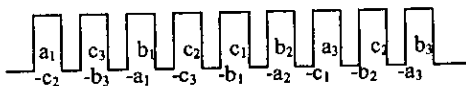


FIG. 3.4. (a) REPRESENTACIÓN PARCIAL DE UNA FASE DE PASO COMPLETO DOS CAPAS, EMBOBINADO TRIFÁSICO.
 (b) VISTA DESARROLLADA
 (c) ARREGLO DE LOS LADOS DE LA BOBINA EN TODAS LAS TRES FASES

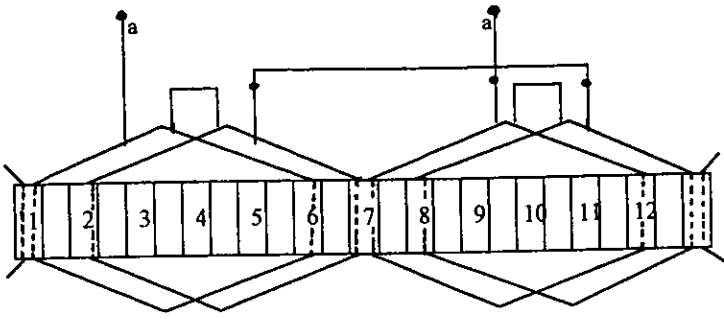


(a)

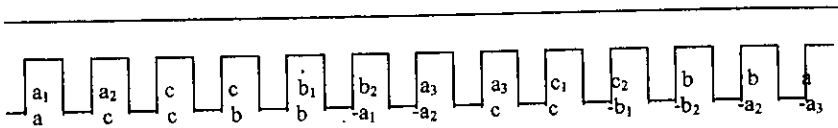


(b)

FIG. 3.5. (a) REPRESENTACIÓN PARCIAL DE UNA FASE DE UN EMOBINADO TRIFÁSICO DE PASO FRACCIONAL $2/3$.
 (b) ARREGLO DE LOS LADOS DE LA BOBINA PARA TODAS LAS TRES FASES.



(a)



(b)

FIG. 3.6. (a) VISTA DESARROLLADA DE UNA FASE DE PASO FRACCIONAL $5/6$, EMBOBINADO TRIFÁSICO.

(b) VISTA LATERAL DE LOS LADOS DE LA BOBINA EN LAS RANURAS.

Los embobinados aquí mencionados se les llama embobinados de ranura integral, ya que utilizan una estructura en el que número de ranuras por polo es un integral. El análisis de los embobinados de ranura integral es más sencillo que el del embobinado de ranura fraccional y aun así sirve para mostrar para mostrar los principios básicos relacionados con la fmm e inductancias de los embobinados de armadura.

Los embobinados de paso fraccional tienen dos ventajas que son: a) Es posible usar las mismas laminaciones del estator con el resultado de una menor inversión en dados, para estructuras de polos salientes con una variedad en el número de polos, y b) la contribución hacia una buena forma de onda es equivalente a aquella de un embobinado de ranura integral con un gran número de ranuras por polo. Por lo anterior es muy común el uso de este tipo de arreglos en máquinas de c.a., también los embobinados de ranuras fraccional son usados para extensiones de motores de inducción.

3.4. Rotor.

Deberá establecerse un programa de mantenimiento para inspeccionar todas las partes en movimiento, la frecuencia de estas revisiones dependerá de las condiciones de trabajo. Al principio es recomendable efectuar inspecciones diarias a fin de determinar la frecuencia de revisión más adecuada.

Con respecto al mantenimiento preventivo aplicable al rotor será necesario aplicar ciertos puntos que nos permitan evitar fallas, que con el tiempo disminuyan la capacidad productiva de la máquina que sea de revisar.

Los puntos que se deberán seguir son:

- Revisar que en la jaula de ardilla no exista un aumento de la resistencia, ya que esto provocaría un deslizamiento del rotor, esto quiere decir que a plena carga bajará su velocidad.
- Se deberá observar que en la jaula de ardilla no existan barras rotas, ya que esto puede producir un aumento de vibración.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- Se detectara por medio de un fasómetro que no existan oscilaciones de corrientes con su respectivo ángulo de fase. Esto podría provocar que se tengan pulsaciones del par, esto es altibajos en la velocidad del rotor.
- Checar que no existan partículas u objetos que puedan provocar obstrucciones, como son: polvo, cascajo, madera, etc.
- Inspeccionar que no haya desgastes o acumulación de polvo; se deberá realizar limpieza periódicamente, para lo cual pueden utilizarse chorros de aire comprimido, o también cepillos de alambre, esto ayudará a reducir el desbalanceo.
- Para equipos que van a permanecer fuera de operación por períodos prolongados, se recomienda girar el rotor diariamente 1 1/3 de vuelta (480°) a fin de evitar que la flecha sufra deformación.
- También es importante tener en cuenta que cuándo el motor se encuentra fuera de servicio períodos prolongados, se debe de checar que el rotor y los devanados de la carcaza estén secos, esto es debido a que la humedad puede producir oxidación y con esto que se provoquen corrosión del material.

3.5. Supervisión en Operación (INSPECCIÓN).

Ahora enumeraremos en una lista los puntos que deberán ser inspeccionados en un motor en donde se tiene evidencia de que existe una falla ó se sospecha que puede haberla:

- 1-. Se deberá realizar una revisión de la limpieza en el embobinado del estator.
- 2-. Se realizara una revisión de la limpieza del rotor.
- 3-. Una revisión de los interruptores de contacto.
- 4-. La verificación de que exista una operación correcta del interruptor.
- 5-. Checar que no exista deterioro en el aislamiento de los cables.
- 6-. Verificar el correcto apriete del anclaje.
- 7-. Asegurarse del correcto alineamiento y nivelación del motor.
- 8-. Revisar que no exista arrastre del rotor en el estator ó rozamiento del ventilador.
- 9-. Revisar el envejecimiento de las bobinas, esto seria si existiera resquebrajamiento en el aislamiento.
- 10-. Checado de la conexión a tierra de la carcaza, esto en especial se realiza en motores sentados en exteriores y torres de enfriamiento.

- 11-. En caso de que se trate de motores grandes se deberá revisar la holgura axial del rotor
- 12-. Revisión del estado de lubricación del motor,(aceite y grasa).
- 13-. Verificar que no existan fugas en los empaques del sistema de lubricación.
- 14-. Revisar la limpieza existente en la carcaza y los ductos.
- 15-. Checar el estado de los ventiladores .
- 16-. Revisar las medidas existentes del entrehierro alrededor del motor.
- 17-. Revisión mecánica de los cojinetes o baleros.
- 18-. Revisar el estado de laminación existente del rotor.
- 19-. Revisar el estado de laminación existente del estator.
- 20-. Checar las soldaduras que unen las barras de jaula de ardilla al anillo que las cortocircuita.
- 21-. Verificar que conexiones de puentes y terminales estén firmes y bien encintadas.
- 22-. Revisar que no existan cuñas sueltas ó flojas.
- 23-. Revisar que no existan amarres flojos en los cabezales.

3.6. Fallas y soluciones de problemas más frecuentes en un motor.

Con todo lo visto anteriormente podemos resumir de la siguiente manera las fallas más comunes y como se pueden solucionar:

a) Fallas en motor bloqueado al arranque.

C1-. freno mecánico accionado

S1a-. Revise que el freno este liberado

S1b-. Revisar ajuste inadecuado del freno.

C2-. Rotor bloqueado mecánicamente.

S2-. Revise que la carga accionada, incluyendo sus mecanismos no se encuentren bloqueados.

C3-. Presión baja del aceite de lubricación.

S3-. Revise el sistema de lubricación: tubería obstruida , fugas, etc.

C4-. Nivel de aceite bajo en el tanque de almacenamiento del lubricante.

S4-. Verificar el nivel en el tanque de almacenamiento.

C5-. Presión y gasto de agua de enfriamiento insuficiente.

S5-. Verificar el sistema de enfriamiento: Fugas, obstrucción de la tubería y revisión del bombeo

C6-. Protección del arrancador bloqueado.

S6-. Verifique el arrancador interruptor, protecciones y conexiones.

b) Sobre calentamiento de las chumaceras.

C1-. Flecha torcida y / ó pandeada.

S1-. Verifique la flecha, rectifíquese o reemplácela.

C2-. Presión o gasto de lubricante inadecuado.

S2-. Revise el sistema de lubricación.

C3-. Elementos rotos o pistas cascadas de los rodamientos.

S3-. Reemplace el rodamiento defectuoso.

C4-. La chumacera trabaja con sobrecarga.

S4-. Verifique el alineamiento, revise los empujes a que está sujeta la chumacera y estado de desgaste de la chumacera.

C5-. Características del aceite incorrectas.

S5a-. Verifique la viscosidad especificada del aceite de lubricación.

S5b-. Revise posible contaminación del lubricante.

c) Sobrecalentamiento de las bobinas o devanados.

C1-. El motor esta sobrecargado.

S1-. Revise las condiciones de operación del motor, voltaje, corriente, potencia, etc.

Verifique la línea de suministro del motor (tensión).

C2-. Falla en el aislamiento de los devanados.

S2-. Verificar la resistencia del aislamiento.

C3-. Falla en el sistema de enfriamiento.

S3-. Verifique el sistema de enfriamiento del motor: - Gasto

- Presión.

d) Motor sucio.

C1-. Ventilación obstruida, las bobinas del rotor sucias y / o empolvadas.

S1a-. Limpieza, se deberá desarmar y limpiar todas sus partes. Un motor limpio funciona con una temperatura de 10 a 30°C menor que uno sucio.

S1b-. Verifique el entorno y condiciones extremas de trabajo. En caso de incremento de la suciedad del medio, plantearla modificación de la protección del motor, o bien la instalación de una cubierta externa adicional.

e) Motor mojado ó húmedo.

C1-. El motor estaba sujeto a goteo, chorro de agua ó inundación.

S1a-. El motor deberá protegerse adecuadamente y deberá secarse con chorro de aire. En caso de inundación el motor se deberá desarmar y secar con horno ó con resistencias eléctricas.

S1b-. Verifique el barniz aislante y la resistencia a tierra de los devanados.

C2-. Ambiente húmedo.

S2-. Si el motor se encuentra parado, se deberán conectar las resistencias del rotor para calentarlo y evitar la condensación en los devanados.

f) Consumo excesivo de energía eléctrica.

Este punto es de máxima importancia (desde 1973), al incremento notable de los precios de energéticos a nivel mundial. Con la apertura comercial (México 1994), es necesario incrementar la productividad de la empresa para poder ser competitivos, lo que puede lograrse fácilmente mediante el ahorro de energía, aplicando el motor correcto, entre otras medidas. En función de la carga se debe calcular el consumo de energía en los motores.

C1-. Sobrecapacidad del motor (error de proyecto).

S1a-. Sustituya el motor.

S1b-. Revise la carga.

S1c-. Revise la operación.

C2-. Sobrecapacidad del motor (cambio de las condiciones del trabajo).

S2a-. Adecuar las características del motor.

S2b-. Revise la posibilidad de modificar la operación del motor mediante la transmisión y /
o la variación de la frecuencia (inversor).

g) Consideraciones de operación.

Respecto a la carga nominal, la eficiencia de los motores unitarios baja muy ligeramente (aprox. 1%) a $\frac{3}{4}$ y $1\frac{1}{4}$ de la carga.

A $\frac{1}{2}$ carga los motores mayores de 10 hp no bajan más del 1% respecto a los $\frac{3}{4}$ de la carga, los de 1 a 7.5 bajan alrededor del 3% y los fraccionarios alrededor del 4%. Las eficiencias en motores unitarios a $\frac{5}{4}$ de carga son aproximadamente intermedios entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la carga; en los fraccionarios son aproximadamente iguales a las de $\frac{3}{4}$.

Las eficiencias decrecen notablemente a menos del 50% de carga y muy drásticamente a partir del 25%.

El porcentaje de carga se puede determinar aproximadamente:

$$\% \text{ carga} = 100 (V_s - V_{\text{medida}}) / (V_s - V_{100\%}).$$

CONCLUSIONES.

Dentro de la utilización de los motores eléctricos en este caso de los motores de inducción tipo jaula de ardilla en la industria, se puede considerar que el tema de mantenimiento preventivo ya es muy conocido. Pero en la realidad la aplicación de los puntos de revisión del motor para su mantenimiento no son realizados adecuadamente, con lo cual en muchos de los casos se llega hasta el punto crítico de tener que cambiar completamente el motor por uno nuevo lo que provoca realizar un mayor gasto y mayores pérdidas en la producción debido a que en diversos casos el uso que se le da al motor dentro del área de producción provocara que se detenga completamente la maquinaria en horas pico, y solo se podrá echar a andar al sustituirse el motor dañado para poder seguir trabajando. Este tiempo perdido podrá ser variable dependiendo si se cuenta con reemplazo adecuado en almacén ó un sustituto temporal hasta lograr conseguir uno nuevo de acuerdo a las características requeridas.

Por lo tanto siempre es recomendable realizar los trabajos de mantenimiento preventivo regularmente, aplicando un plan de trabajo de acuerdo al tipo de uso que se le da al equipo, con lo cual solo será necesario aplicar algunas reparaciones menores y se podrá prever más fácilmente la posibilidad de cambiar completamente o no un motor por medio de una programación de trabajos de reparación y evitándose pérdidas mayores. Por lo tanto se realizaría:

- Recopilación de información de la operación antes de que surja cualquier falla.
- Al existir alguna falla se deberá recopilar información de los testigos de la falla, estos serian operadores y tableristas.
- Desconectar el equipo para su revisión y reparación.
- Realizar pruebas de aislamiento

Por lo tanto se puede decir que el mantenimiento preventivo es aquel que nos aislara cualquier desperfecto y con lo cual se podrá evitar.

BIBLIOGRAFÍA.

- MOTORES ELÉCTRICOS

Autor: JIMCOX

Editorial: GG/ MÉXICO.

Año de impresión 1995

- REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Autor: Robert Rosenberg

Editorial: Gustavo Illing.

- MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES Y DISPOSITIVOS DE CONTROL.

Autor: F. T. BARTHO

Editorial: URMO.

Año de impresión 1968

- MIB. MANUAL DE MANTENIMIENTO A INSTALACIONES BASICAS.

Serie AE Libro Rojo, SOMMAC (Sociedad Mexicana de Mto. A.C.)

Autor: Jesús A. Ávila Espinosa.

- MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES

Autor: J. L. Kosow

Editorial: PRENTICE HALL

Año de impresión 1991

- MAQUINAS ELECTRICAS

Autor: Thaler.

- TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO Y DIAGNOSTICO DE MAQUINAS
ELECTRICAS ROTATIVAS.

Autores: Manes Fernández Cabanas Editorial: MARCOMBO – ABB

Manuel García Melero

Año de impresión 1998 ESPAÑA