



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

M A N T E N I M I E N T O
P R E V E N T I V O Y
C O R R E C T I V O E N
M O T O R E S
T R I F A S I C O S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO
ELECTRICO



P R E S E N T A :

APOLINAR HERMENEGILDO VALENCIA

ASESOR: M. en I. MARIA DE LOURDES MARIN EMILIO

2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo tiene la finalidad de desarrollar el tema de motores eléctricos es de aportar información que puede ser interesante al acervo de la biblioteca, y una idea más amplia en lo que se refiere a un mantenimiento preventivo y correctivo de estos.

Se podrá reconocer la importancia que existe hoy en día de la intervención de los motores en la industria reconociendo y reafirmando los diferentes tipos de motores, partes que los conforman, cómo funcionan, las diferentes fallas que puedan tener, pero sobre todo cómo podemos corregir estas. Para los alumnos y profesores de ingeniería que requieran desarrollar algún tema relacionado con estos poder ampliar sus conocimientos. Así mismo revisando este trabajo cualquier ingeniero egresado o no egresado pueda emprender su propio negocio.

OBJETIVO:

El objetivo principal de este trabajo es presentar un manual de mantenimiento para identificar las fallas que se pueden presentarse en un motor trifásico y plantear el caso de estudio para un motor trifásico de marca RELIANCE de 0.5 HP. I

En donde tomando en cuenta los temas que mencionaremos y analizaremos para definir si el motor estará en condiciones de trabajar de acuerdo a nuestra necesidad, realizando las pruebas necesarias en su devanado para así poder decidir y realizar un mejor mantenimiento preventivo o en su defecto, llevar a cabo un mantenimiento correctivo en donde se hará un reemplazo desde su bobinado, tomando en cuenta cada una de las especificaciones y conexiones que debe llevar y finalizando con el reemplazo de los accesorios tanto eléctricos como mecánicos tomando en cuenta los datos de placa. Este motor reparado se acoplará en un motor reductor de la misma marca RELIANCE y de la misma capacidad 0.5 HP. Acoplados darán funcionamiento a un elevador casero.

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVO.....	1
ÍNDICE.....	2
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 1.....	12
1.0 CONCEPTOS BÁSICOS.....	12
1.1 DEFINICIONES.....	12
1.2 ACOMETIDA.....	12
1.3 LEY DE OHM.....	13
1.4 AMPERAJE.....	13
1.5 RESISTENCIA.....	13
1.6 CAÍDA DE TENSIÓN.....	14
1.7 LEY DE WATT.....	14
1.8 MOTOR ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO.....	15
1.9 PRINCIPIOS BÁSICOS.....	16
1.10 FUNDAMENTOS DE MAGNETISMO.....	16

CAPÍTULO 2.....	21
PARTES DEL MOTOR.....	21
2.1 MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.....	21
2.2 MOTORES MONOFÁSICOS DE FASE PARTIDA.....	22
2.3 RELEVADOR DE CORRIENTE.....	24
2.4 CONEXIONES DEL MOTOR DE FASE PARTIDA.....	25
2.5 MOTORES DE ARRANQUE CON CAPACITOR.....	26
2.6 MOTORES DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR PERMANENTE.....	29
2.7 MOTORES DE INDUCCIÓN – REPULSIÓN.....	30
2.7.1 PRINCIPALES DESVENTAJAS DE MOTORES DE POLOS SOMBREADOS.....	33
2.8 MOTORES UNIVERSALES.....	34
2.9 MOTORES TRIFÁSICOS.....	36
2.10 TENSIONES, INTENSIDADES EN ESTATOR DE MOTORES TRIFÁSICOS.....	38
2.11 MOTOR DE CORTOCIRCUITO.....	41
2.12 ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO (Y - Δ).....	43
2.13 ARRANQUE MEDIANTE AUTOTRANSFORMADOR.....	45

2.14	ARRANQUE CON RESISTENCIAS EN SERIE Y BOBINADO DE ESTATOR.....	46
2.15	MOTOR DE ROTOR BOBINADO Y ANILLOS ROZANTES.....	46
2.15.1	DESPIECE DEL MOTOR DE ROTOR BOBINADO.....	47
2.16	SENTIDO DE GIRO DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS.....	48
2.17	HERRAMIENTAS Y MATERIALES.....	50
2.18	TERMINALES PARA CONDUCTORES.....	55
2.19	MOTORES DE CONDENSADOR.....	56
2.20	CARACTERÍSTICAS.....	57
	CAPÍTULO 3.....	65
	MANTENIMIENTO.....	65
3.1.1	REBOBINADO DE UN MOTOR CON CONDENSADOR... ..	65
3.1.2	TOMA DE DATOS Y DESARMADOS.....	65
3.1.2	DESARMADO DE LAS BOBINAS DEFECTUOSAS.....	65
3.1.3	AISLAMIENTO DE RANURAS.....	65
3.1.5	REBOBINADO.....	65

3.1.6	CONEXIÓN DE LAS NUEVAS BOBINAS.....	65
3.1.7	VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DE LAS NUEVAS BOBINAS.....	65
3.1.8	SECADO E IMPREGNACIÓN.....	65
3.1.9	ARMADO.....	65
3.2	SACADO DE LAS BOBINAS VIEJAS.....	71
3.3	BOBINADO A MANO DEVANADO DE LAS BOBINAS DE TRABAJO.....	72
3.4	EMBOBINADO CON MOLDE.....	75
3.5	EMBOBINADO EN MADEJAS.....	76
	CAPÍTULO 4.....	80
	MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	80
	APLICACIÓN DEL TEMA.....	80
4.1	DETECCIÓN DE FALLAS (EL MOTOR NO CAMINA).....	80
4.1.1	CONDENSADOR DEFECTUOSO.....	81
4.1.2	INTERRUPCIÓN EN LAS BOBINAS.....	81
4.1.3	CONTACTO A TIERRA.....	82
4.1.4	BOBINA QUEMADA O EN CORTOCIRCUITO.....	82

4.1.5	PROTECTOR TÉRMICO ABIERTO.....	83
4.1.6	SOBRECARGA EXCESIVA.....	83
4.1.7	BALEROS DESGASTADOS Y ATORADOS.....	83
4.1.8	TAPAS MONTADAS EN FORMA INCORRECTA.....	83
4.1.9	EJE DEL ROTOR TORCIDO.....	83
4.2	EL MOTOR GIRE A UNA VELOCIDAD INFERIOR.....	84
4.2.1	CORTOCIRCUITO.....	84
4.2.2	INVERSIÓN DE POLARIDAD EN LAS BOBINAS.....	84
4.2.3	CONEXIONES ERRÓNEAS EN EL ESTATOR.....	84
4.2.4	BALEROS DESGASTADO.....	84
4.2.5	BARRAS DEL ROTOR DESPRENDIDAS DE LOS ANILLOS	84
4.3	EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO.....	84
4.4	EL MOTOR FUNCIONA RUIDOSAMENTE.....	84
4.4.1	CORTOCIRCUITO.....	85
4.4.2	CONEXIONES ERRÓNEAS ENTRE POLOS.....	85
4.4.3	BARRAS DEL ROTOR DESPRENDIDAS.....	85

4.4.4	BALEROS DESGASTADOS.....	85
4.4.5	INTERRUPTOR CENTRÍFUGO DETERIORADO.....	85
4.4.6	JUEGO DE EJE EXCESIVO.....	85
4.5	BOBINADO DE MOTORES TRIFÁSICOS.....	85
4.6	REBOBINADO.....	88
4.7	TOMA DE DATOS.....	88
4.8	COLOCACIÓN DE LAS BOBINAS.....	89
4.9	CIRCUITO DE POTENCIA.....	90
4.10	DESBALANCE DE VOLTAJE.....	92
4.11	ARMÓNICAS.....	93
4.11.1	SECUENCIA POSITIVA.....	93
4.11.2	SECUENCIA NEGATIVA.....	93
4.11.3	SECUENCIA CERO.....	93
4.12	AISLAMIENTO.....	95
4.13	ESTATOR.....	99
	APLICACIÓN DEL TEMA.....	101

4.14	MOTOR MARCA RELIANCE.....	101
4.15	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	101
4.16	DESPIECE DEL MOTOR RELIANCE.....	102
4.16.1	ESTATOR.....	102
4.16.2	ROTOR.....	102
4.16.3	ESCUDOS (TAPAS DEL MOTOR).....	102
4.16.4	EJE DEL MOTOR.....	102
4.16.5	RODAMIENTOS.....	103
4.16.6	FASES DEL MOTOR.....	103
4.16.7	CARCASA.....	103
4.16.8	DEVANADO.....	103
4.17	CUERPO FÍSICO DEL MOTOR RELIANCE Y SUS PARTES.....	104
4.18	CARACTERÍSTICAS DE PLACA.....	105
4.18.1	NÚMERO DE SERIE.....	105
4.18.2	VELOCIDAD DEL MOTOR.....	105
4.18.3	TIPO DE MOTOR.....	105

4.18.4 FRECUENCIA.....	105
4.18.5 AMPERIOS.....	105
4.18.6 VOLTAJE.....	105
4.19 ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE FALLA EN EL MOTOR.....	105
4.20 MANTENIMIENTO DE MOTOR RELIANCE.....	106
4.20.1 PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO.....	106
4.21 CÁLCULO DE MOTORES DE INDUCCIÓN.....	108
4.22 MOTOR RELIANCE.....	110
4.26 CONCLUSIONES.....	116
REFERENCIAS.....	118

INTRODUCCIÓN

El constante y creciente aumento de la electricidad, conjuntado a la gran demanda de una infraestructura eléctrica industrial por la urbanización en México y en todo el mundo. Esto implica inevitablemente una transformación en el uso de los recursos naturales y para realizar esta transformación se requiere incrementar la cantidad de máquinas industriales. Todos los aparatos electrodomésticos y máquinas tendrán que ser accionados por motores eléctricos y así poder transformar la energía eléctrica en energía mecánica, convirtiendo y transformando la materia prima.

En siguientes capítulos, se describirán los pasos que se deben seguir para aplicar un mantenimiento preventivo y/o correctivo en motores monofásicos y trifásicos. Para este trabajo, se enfocará en un motor trifásico de 0.5 hp.

El primer capítulo como técnico en mantenimiento de motores nos basaremos en las definiciones y conceptos básicos descritos en libros, manuales, pero también haremos una bitácora de todo servicio que se realiza a los motores. Estos registros los obtendremos a través de la continua aplicación de servicios que se harán a diferentes tipos de motores. Estos podrán ser de distintas capacidades y voltajes.

En nuestro capítulo dos conoceremos las diversas partes que conforman a los motores tanto monofásico y trifásicos, herramientas y aparatos que nos servirán para realizar el mantenimiento en general de nuestro motor, también conoceremos las partes que podrán ser intercambiables.

En el tercer capítulo se describirán los procedimientos que se llevan a cabo para realizar el

mantenimiento, que en este caso es específico de un motor que es específico de marca Reliance.

En nuestro cuarto capítulo señalaremos las fallas que puedan surgir en nuestro motor trifásico de 0.5 HP, así como tablas y fórmulas que nos servirán de guías y calibres en el alambrado de bobinado en caso de que lo requiera nuestro motor. Que como objetivo principal es aportar a maestros y alumnos de ingeniería el cómo realizar un mantenimiento a detalle, que les pueda servir por si en un futuro quieren hacer algo relacionado con motores eléctricos de corriente alterna. Como lo podemos mostrar en este trabajo y que será reciclar un motor trifásico de marca RELIANCE de 0.5 HP. En donde analizaremos este motor y si está en condiciones de trabajar con un básico mantenimiento preventivo realizando las pruebas necesarias en su devanado o en su defecto, llevar a cabo un mantenimiento correctivo en donde se hará un reemplazo desde su bobinado, tomando en cuenta cada una de las especificaciones y conexiones que debe llevar y finalizando con el reemplazo de los accesorios tanto eléctricos como mecánicos tomando en cuenta los datos de placa. Este motor reparado se acoplará en un motor reductor de la misma marca RELIANCE y de la misma capacidad 0.5 HP.

CAPÍTULO 1

1.0 CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 DEFINICIONES

Términos comúnmente utilizados en electricidad e indispensables en el funcionamiento de un motor eléctrico. Con base en las normas técnicas de instalaciones eléctricas, se definen los conceptos siguientes.

1.2 ACOMETIDA. *Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep*

Son los conductores que ligan a la red de distribución del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario. Interruptores el dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico, que se encuentra interconectado incluyendo los conductores y demás elementos de interconexión y accesorios, dentro de un espacio o localización determinados.

1.3 LEY DE OHM.

Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep

En el estudio de la Ley de Ohm intervienen los conceptos de voltaje, intensidad de corriente y resistencia. A continuación, se definen:

1.4 AMPERAJE.

Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep

El amperaje no es otra cosa que la fuerza o la potencia eléctrica circulando entre dos puntos, estos son el negativo y el positivo a través de un conductor o cable eléctrico. La corriente eléctrica circula del negativo hacia el positivo.

La forma de saber que amperaje circula por una corriente eléctrica es conectada en serie un amperímetro, para esto debe de haber una carga entre el negativo y el positivo, por ejemplo, un receptor de radio, una lavadora de ropa, etc.

1.5 RESISTENCIA.

Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep

Definida como todo aquello que se opone al flujo eléctrico, por ejemplo, el cobre se opone muy poco al flujo eléctrico, por eso es usado en los circuitos eléctricos como conductos, por el contrario, el plomo, es mal conductor, así como otros materiales como la madera, el vidrio, etc.

1.6 CAÍDA DE TENSIÓN.

Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep.

Una caída de tensión es simplemente la caída voltaje que existe entre dos puntos de un circuito.

1.7 LEY DE WATT.

Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep

La potencia mecánica de los motores se expresa, ya sea en caballos de fuerza (HP) o kilowatts.

La relación entre estas cantidades se da por medio de la expresión.

HP = Kilowatts / 0.746 . *Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep*

Estas medidas cuantifican la cantidad de trabajo que un motor es capaz de desarrollar en un período específico de tiempo.

El par es una medida de la fuerza que tiende a producir la rotación, se mide en libras-pie o Newton-metro. La velocidad del motor se establece comúnmente en revoluciones por minuto (RPM), La relación entre la potencia, el par y la velocidad se dan con la expresión:

$$HP = \frac{\text{Velocidad (RPM)} \times \text{Par (lb-pie)}}{5.252}$$
 . *Torres Juárez A. (2014) Manual del curso de Electricidad en Alta y Baja Tensión C. P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep*

Entonces se observa que, a mayor velocidad de operación del motor, es mayor el par que debe desarrollar para entregar la misma potencia de salida para soportar un par grande. Los motores de baja a velocidad necesitan componentes más robustas que aquellas que operan a alta velocidad para la misma potencia nominal. Los motores lentos son generalmente más grandes, pesados más caros que los motores de altas revoluciones para una potencia equivalente.

1.8 MOTOR ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

El motor eléctrico es el equipo más utilizado por el ser humano en su trayectoria, en busca de la evolución del mismo, ya que la mayoría de las máquinas y muchos inventos encontrados dependen de él. Como desarrolla un papel muy importante para la comodidad y bienestar de la humanidad el motor eléctrico necesita ser identificado y tratado como una máquina motriz cuyas características envuelven determinados cuidados de los cuales son la instalación y mantenimiento. Esto significa que el motor debe de ser tratado de una forma adecuada. La instalación y el mantenimiento exigen cuidados específicos, para garantizar el adecuado funcionamiento y prolongar la vida del mismo motor.

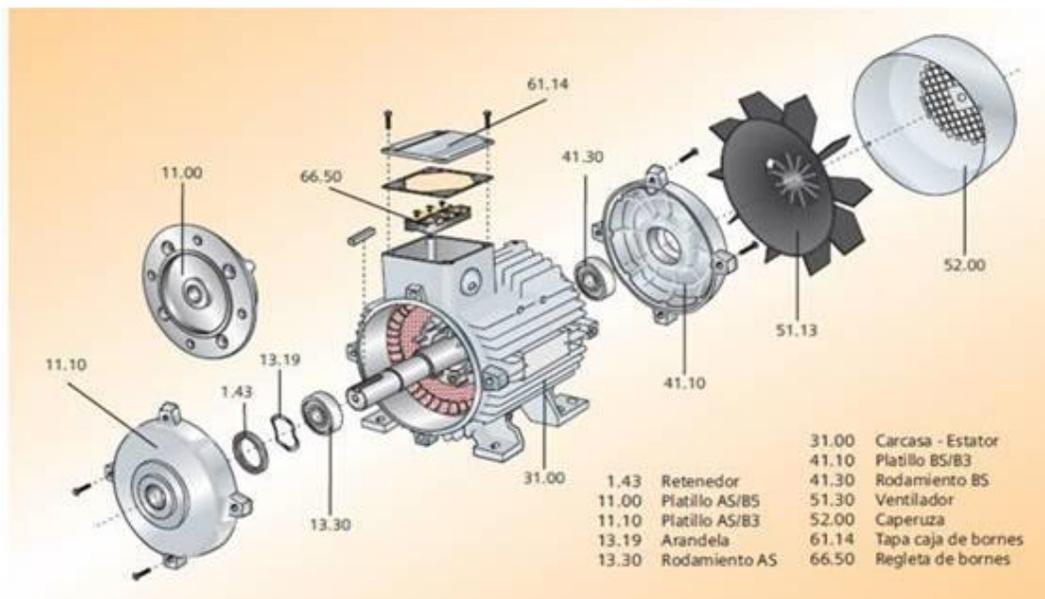


Figura 1. Despiece de un motor eléctrico de inducción trifásico 08/03/2018/

10:27p.m.<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/image009.jpg>

1.9 PRINCIPIOS BÁSICOS

Cada operación en los motores depende de la interacción de campos magnéticos. Para entender cómo opera un motor, se debe definir las reglas del magnetismo, así como la relación que existe entre el flujo de corriente y el campo magnético.

1.10 FUNDAMENTOS DE MAGNETISMO

Toda persona que se relacione con el uso, aplique y repare motores eléctricos, deberá estar familiarizada con los principios de magnetismo. Los imanes permanentes, ya sea en forma de herradura o de barra, con los que se recogen limaduras o pequeños objetos de metal, atraen objetos metálicos debido a la fuerza conocida como magnetismo o atracción magnética. Estos imanes tienen polos. El polo positivo también llamado sur, y el polo negativo, conocido igualmente como norte. Entre ambos corren unas líneas de fuerza magnética invisible, misma que se notan al recoger limaduras de hierro sobre un papel y pasar un imán por debajo. En los imanes, los polos se repelen rechazan uno al otro. Así, los polos norte de dos imanes se repelen, al igual que los polos sur. En cambio, los polos distintos uno al otro.

Debido a que los polos distintos se atraen, el imán libre sigue girando. Los polos distintos se juntan y quedan quietos como se muestra en la figura siguiente. Los electroimanes, o imanes que se activan con electricidad, son parecidos a los imanes permanentes, aunque mucho más fuertes. Como lo podemos ver en la figura siguiente.

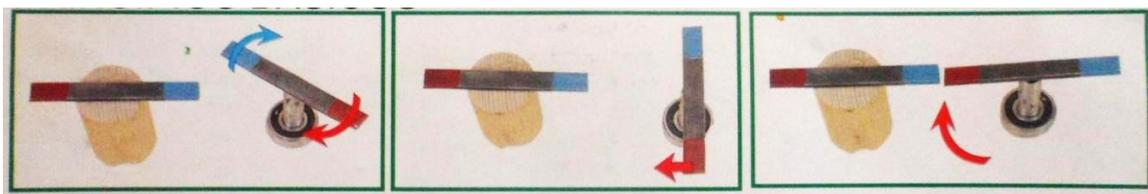


Figura 2. Atracción y Repulsión de polos diferentes e iguales. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas.

Los electroimanes, o imanes que se activan con electricidad, son parecidos a los imanes permanentes, aunque mucho más fuertes. Son los que se usan en los motores. Cuando envolvemos una varilla con una espiral de alambre de cobre aislado, llamada bobina, y los dos extremos de alambre se conectan a una batería eléctrica, la corriente corre a través de la bobina.

Entonces el corazón de hierro se imana. Al igual que los imanes permanentes, tiene un polo positivo y otro negativo. Las baterías producen una corriente que solamente viaja en una dirección y que se conoce como corriente directa. En cambio, la corriente alterna, como la que hay en las casas, cambia de dirección constantemente, sesenta veces en un segundo. Así mismo cambian constantemente los polos de un electroimán que trabaja con corriente alterna.

En electroimán permanente que gira libremente. Los polos iguales se rechazan y los polos contrarios se atraen uno al otro. Cuando los cables que salen de la batería se intercambian, cambian también la dirección de la corriente y se invierten los polos del electroimán, de modo que los polos iguales vuelven a quedar juntos de nuevo y el imán libre es rechazado o empujado, con lo que continúa dando vuelta. Así da otra media vuelta y los polos contrarios vuelven a quedar juntos, porque se atraen uno al otro como se muestra en la figura siguiente.

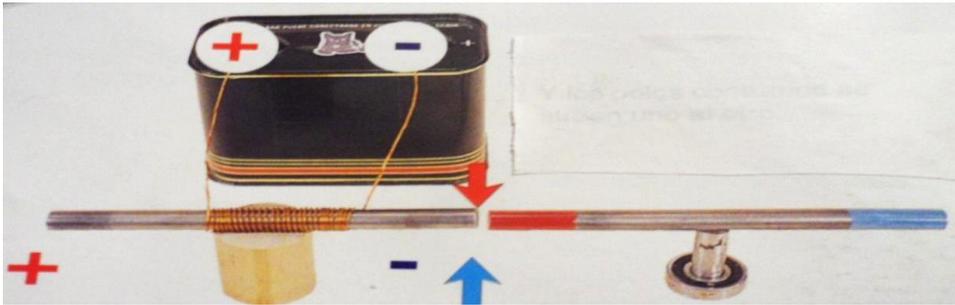


Figura 3. Si se coloca un electroimán cerca de un imán de polos distintos se atraen. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas.

Si queremos hacer un motor eléctrico simple, se construye un electroimán con la forma de una herradura y se conecta a una batería. Ya que es mucho más fácil para las fuerzas magnéticas viajar por el metal que por el aire, es mejor equipar un electroimán con unas zapatas curvas que se acerquen más al electroimán que gira libremente.

Si los polos iguales se colocan uno cerca del otro, el imán libre gira media vuelta hasta que los polos contrarios queden juntos. Al invertir la dirección en que circula la corriente, los polos del electroimán cambian, haciendo que el imán gire otra media vuelta. En un motor eléctrico los imanes fijos se conocen como estator o campo y el imán que gira se conoce como rotor.

Los motores de corriente alterna dependen del cambio constante en la dirección de la corriente, que corre primero en una dirección y luego en la opuesta, sesenta veces cada segundo, invirtiendo la polaridad del estator. La mayor parte de los motores que trabajan con corriente alterna utilizan un rotor especial que se parece a una jaula con la que hacen ejercicio las ardillas en cautiverio. Por eso se llama rotor de jaula de ardilla.

El rotor consiste en unos anillos circulares, unidos por barras de metal opuestas unas a la otra como se muestra en la figura siguiente

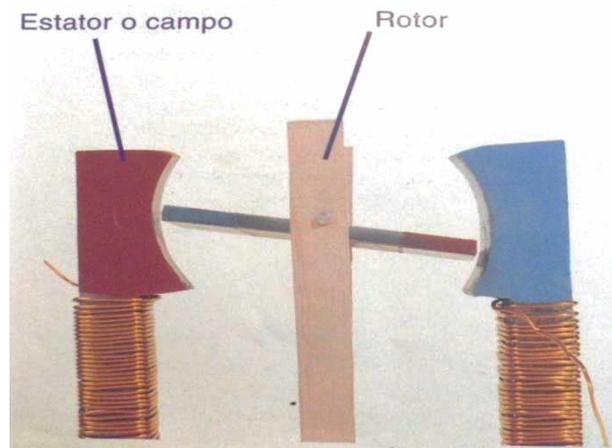


Figura 4. En un motor eléctrico los imanes fijos se conocen como estator campo y el imán que gira se conoce como rotor. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439*, México D. F. Trillas.

Para comprender fácilmente a un rotor de dos polos con un rotor de barra. Así la corriente alterna que corre por el estator hace que los polos cambian de polaridad rápidamente. Si al rotor se le da una vuelta, las líneas cortan las líneas de fuerza magnética del estator, haciendo que la corriente fluya pase o se induzca a la barra del rotor. El flujo de corriente produce líneas de fuerza magnéticas y posan alrededor de las barras del rotor, en un movimiento circular. Como resultado, las barras del rotor se mueven hacia el área de menor resistencia con el campo más débil girando constantemente. Los motores equipados con rotores de jaula de ardilla conocidos como motores de inducción. Solamente el estator tiene conexiones eléctricas exteriores. El rotor no tiene conexiones eléctricas puesto que la corriente del rotor es inducida.

CAPÍTULO 2

2. PARTES DEL MOTOR

2.1 MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Este tipo de motores de inducción, cuando están en operación, desarrollan un campo magnético rotatorio, pero antes de que el rotor inicie la rotación, el estator produce sólo 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:

- Motores de fase partida.
- Motores de arranque con capacitor.
- Motores con capacitor permanente.
- Motores de inducción-repulsión.
- Motores de polos sombreados.
- Motores universales.

2.2 MOTORES MONOFÁSICOS DE FASE PARTIDA

Estos motores monofásicos fueron los primeros en usarse en la industria, y aún permanece su

aplicación en forma popular. Estos motores se usan en máquinas herramientas, ventiladores bombas, lavadoras, secadoras y una gran variedad de aplicaciones; la mayoría de ellos se fabrican en el rango de 1/30 (24.9W) a ½ HP (373 W).

El motor de fase partida tiene dos grupos de devanados en el estator. El primer grupo se conoce como devanado principal o devanado de trabajo, y el segundo, se le conoce como devanado auxiliar o de arranque.

Estos dos devanados se conectan en paralelo entre sí, el voltaje de línea se aplica a ambos al energizar el motor. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente.

El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque. Generalmente el devanado de arranque se aloja en la parte superior de las ranuras del estator, en tanto que el de trabajo se aloja en la parte inferior. Y el devanado de arranque tiene menos espiras de una sección delgada o pequeña de conductor.

Estos motores son relativamente baratos, por lo que se usan ampliamente para cargas pequeñas de hasta un tercio de caballo de fuerza, utilizados en licuadoras, lavadoras y ventiladores pequeños. Para poder arrancar, los motores de fase dividida tienen una serie de bobinas especiales, llamadas bobinas de arranque, y están hechas con un alambre de menor diámetro que las bobinas de trabajo. Debido a que estos alambres son más pequeños, en el momento en que se conecta la corriente sus polos son los primeros que se emanan o magnetizan. Inmediatamente después se emanan los polos de las bobinas de trabajo, con más fuerza, mientras que los de arranque se desvanecen. Como resultado, el campo magnético cambia a una nueva posición

iniciando así un campo rotatorio.

La corriente inducida al rotor hace que este gire un cuarto de vuelta. Justamente cuando el rotor se mueve a una nueva posición, la corriente alterna cambia de dirección y la polaridad de los polos de arranque se invierte, haciendo que el rotor gire otro cuarto de vuelta.

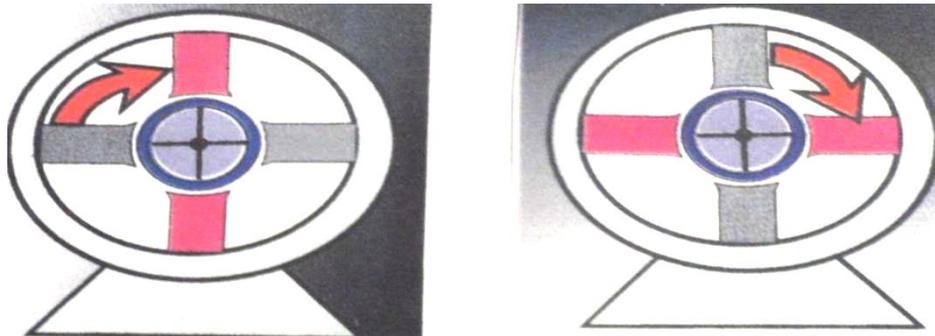


Figura 5. Cuando el rotor gira cuarto de vuelta la corriente alterna cambia de dirección repitiendo el proceso hasta dar una vuelta completa. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas.

Este proceso se repite y el rotor da una vuelta completa. Este intento constante del rotor de mantenerse con el campo magnético hace que continúe girando a una velocidad que se aproxima a la del campo. Conforme la velocidad aumenta, la corriente inducida al rotor produce una acción continua, de modo que los polos de arranque ya no son necesarios. Entonces la corriente que va a la bobina de arranque se corta por un interruptor centrífugo.

El interruptor centrífugo va dentro del armazón. El apagador se cierra automáticamente cuando el motor está quieto o está a baja velocidad y se abre a altas velocidades. Un motor de dos polos trabaja a 3500 revoluciones por minuto, pero uno con cuatro polos gira a razón de 1750 r.p.m.

2.3 RELEVADOR DE CORRIENTE

Para implementar una protección en caso de que el switch centrífugo no habrá en los motores de fase partida, se puede incorporar un relevador de corriente aunado o en lugar del switch centrífugo. Este relevador, es un dispositivo electromagnético con su bobina conectada en serie con el devanado de trabajo (operación). Un grupo de contactos de este relevador, normalmente abiertos, se conectan en serie con el devanado de arranque. Lo que hace efectiva esta operación, es la corriente de arranque entregada al motor antes de que llegue a su velocidad de operación. La corriente de arranque se encuentra en el rango de 300% al 600% de la corriente normal de operación. Esta corriente elevada circula a través del devanado de trabajo y de la bobina de corriente del relevador y, los contactos del relevador se activan, esta acción cierra el circuito del devanado de arranque; en la medida que el motor aumenta su velocidad, la corriente a través de la bobina decrece. Cuando la bobina se desenergiza, los contactos se abren y desconectan al devanado de arranque como se muestra en la figura siguiente.

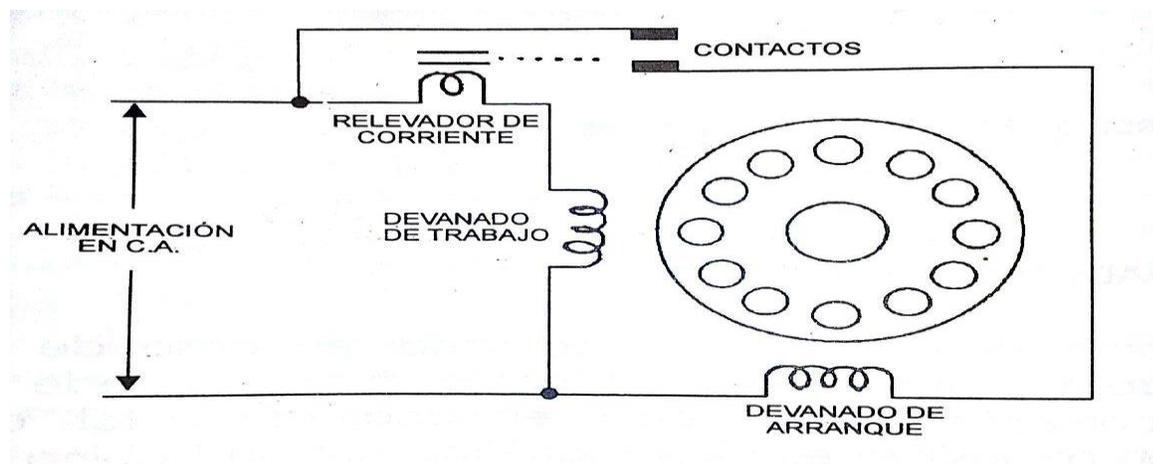


Figura 6. Relevador de corriente usado para el arranque de motores de fase partida. . Enríquez

Harper, G. (2009). Control de Motores Eléctrico. Balderas 95, México D.F, Limusa.

2.4 CONEXIONES DEL MOTOR DE FASE PARTIDA

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) de los Estados Unidos,

Tiene establecida una numeración normalizada y un código de colores que ha sido adoptada por varios países, que facilita la identificación de las terminales del motor. El número de cada conductor se identifica con una letra (T1, T2, etc.) y se le asigna un color.

2.5 MOTORES DE ARRANQUE CON CAPACITOR

Son motores monofásicos de C.A. cuyo rango se fracciona desde $\frac{1}{4}$ HP hasta 15HP. Se usa extensamente en varias aplicaciones de tipo monofásico, tales como (taladros, pulidoras, compresores de aire, refrigeradores, etc.). Este motor es similar en su construcción al de fase partida, aceptó que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque.

Los motores de arranque con capacitor también están equipados, con devanados de trabajo y arranque, pero el motor tiene un condensador (capacitor), permite tener un mayor par de arranque. La corriente en el devanado de arranque que es liberada por el capacitor, se adelanta al voltaje en el devanado de trabajo, obteniendo de esta manera un desplazamiento angular mayor entre los devanados. Lo que proporciona un incremento en el par de arranque en el motor. Para tener una idea de la magnitud de dicho par; un motor de fase partida con capacitor, tiene un par dos veces mayor que el motor de fase partida sin capacitor. En las figuras siguientes se muestran el diagrama y grafica de un motor de arranque con capacitor.

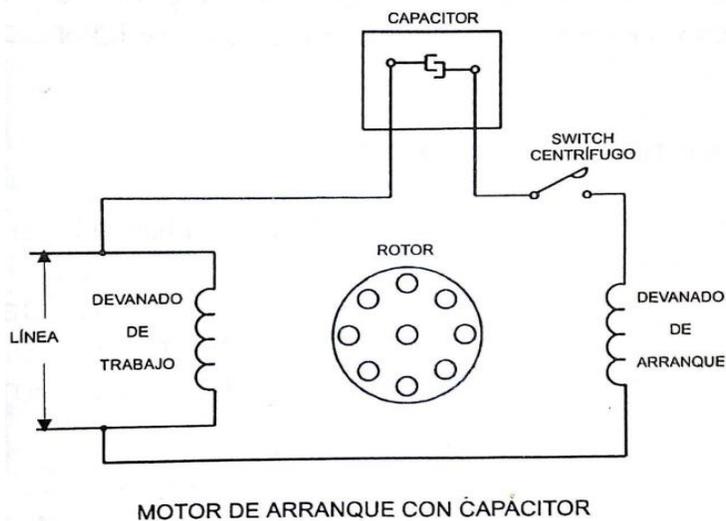


Figura 7. Motor de arranque con capacitor. Enríquez Harper, G. (2009). *Control de Motores Eléctrico. Balderas 95, México D.F, Limusa.*

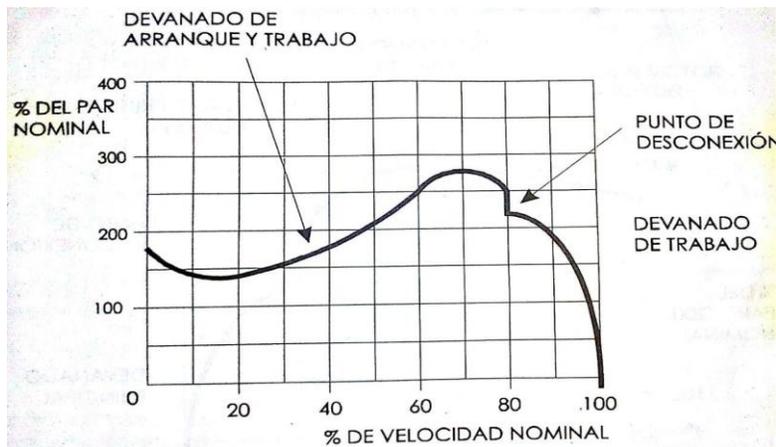


Figura 8. Gráfica y diagrama de arranque con capacitor. Enríquez Harper, G. (2009).

Control de Motores Eléctrico. Balderas 95, México D.F, Limusa.

Estos motores con condensador para el arranque son quizá los más comúnmente usados en las casas y en las industrias. Se usan cuando se necesitan arrancar con cargas ligeramente más

pesadas. El condensador se puede localizar en la parte superior del motor o a lado de este. El condensador trabaja solamente con los polos de arranque, haciendo todavía más fuerte el campo magnético de éstos tanto las bobinas de arranque como el condensador están controlados por el interruptor centrífugo, que los corta cuando el motor alcanza su velocidad de trabajo. Son de los motores más conocidos y se usan para bombas, compresores, lavadoras, refrigeradores etc. Unos tienen el condensador sólo en el arranque y aparte otro permanente. En la figura siguiente se observa el diagrama de la conexión de un condensador con interruptor centrífugo.

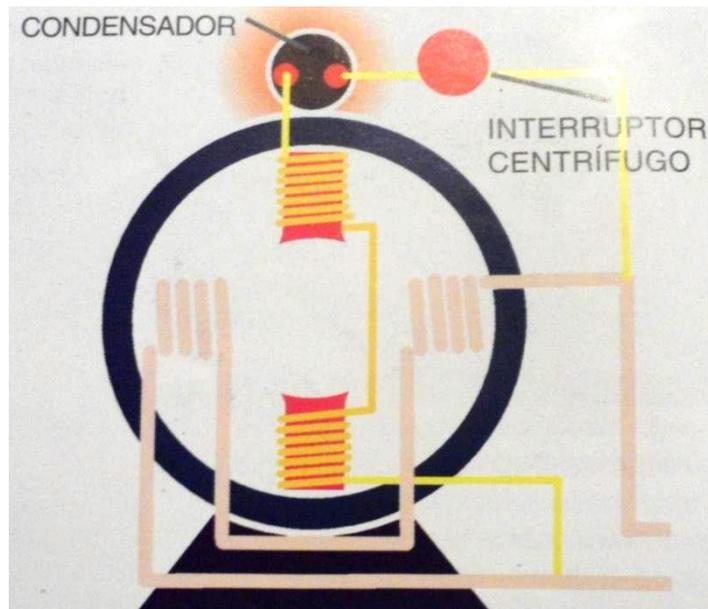


Figura 9. Representación de un motor conectado con capacitor e interruptor centrífugo. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas

2.6 MOTORES DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR PERMANENTE

Estos motores usan un capacitor conectado en serie con los devanados de arranque y de trabajo. El capacitor crea un retraso en el devanado de arranque el cual es necesario para arrancar el

motor y para accionar la carga. Muchas veces en caso de ser necesario, los devanados de un motor con capacitor permanente se pueden identificar verificando los valores de la resistencia de los devanados de arranque y de trabajo. Los devanados de arranque y de trabajo con su capacitor permanecen en el circuito mientras el motor está en operación. Una principal diferencia entre un motor con capacitor permanente y un motor de arranque con capacitor es que no se requiere switch centrífugo para los motores con capacitor permanente.

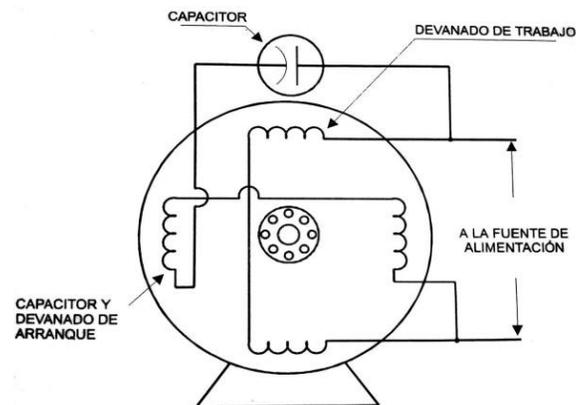


Figura 10. Motor de C. A. monofásico con capacitor permanente no requiere de switch centrífugo, ya que el capacitor nunca se mueve del circuito. Enríquez Harper, G. (2009).

Control de Motores Eléctrico. Balderas 95, México D.F, Limusa.

2.7 MOTORES DE INDUCCIÓN – REPULSIÓN

Estos motores de repulsión están hechos para cargas muy pesadas con las que es más difícil arrancar. Son más caros que los demás y se producen pocos. Son similares a los motores universales, pues ambos tienen un rotor bobinado, un conmutador y carbones. La diferencia es el tamaño y que los carbones están conectados de manera distinta. Los motores universales tienen

el estator y el rotor unidos en serie, mientras que los motores de repulsión tienen los circuitos separados y los carbones conectados juntos. Una tercera diferencia es que los carbones se utilizan solo para arrancar. Como las bobinas del rotor no están conectadas a las bobinas del estator, la corriente que fluye en las bobinas del rotor es inducida. Cuando el motor de repulsión se acerca a su velocidad normal, el interruptor centrífugo levanta los carbones. Entonces, el motor funciona como si se tratara de uno con jaula de ardilla.

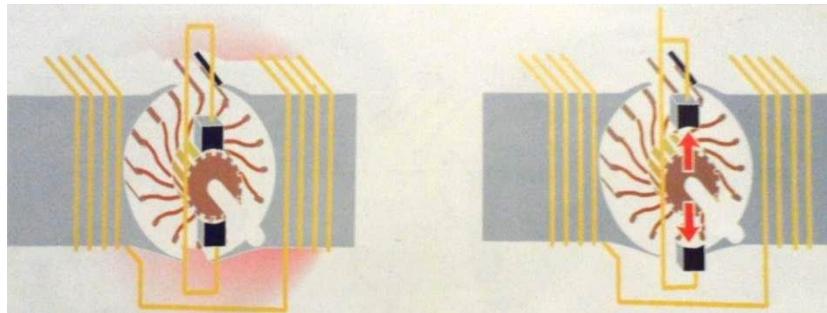


Figura 11. Arranque de motores con carbones desconectados por un centrífugo. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas*

El motor de inducción-repulsión arranca con un principio de operación y cuando casi alcanza su velocidad, cambia a otro tipo de operación. Se desarrollan fuerzas torsionales muy altas durante el arranque, por la repulsión entre el polo magnético en la armadura y el mismo tipo de polo en el campo adyacente del devanado del estator.

La fuerza de repulsión es controlada y cambiada, de manera que la velocidad rotacional de la armadura se incrementa rápidamente y si no es retenida, podría continuar incrementándose más allá de su velocidad práctica de operación. Para su control, se usa un switch mecánico que acciona por velocidad y hace que la armadura actúa como un rotor, el cual tiene eléctricamente el

mismo comportamiento de un rotor en un motor monofásico de inducción. Por esto, el motor se llama de inducción-repulsión.

El estator de este tipo de motor se construye de forma similar al de un motor de fase partida o de arranque con capacitor. En este caso, sólo hay un devanado de trabajo o de campo montado en el interior. Se tiene en los extremos una especie de campana para mantener la armadura y al eje en posición para conservar las chumaceras.

La armadura consiste de muchas bobinas separadas, conectadas a los segmentos del conmutador. Montados en el otro extremo de la armadura se tienen contrapesos gobernadores que mueven o empujan a unas varillas que pasan a través del núcleo de la armadura. Estas varillas empujan contra un anillo en cortocircuito montado sobre el eje conmutador en el extremo de la armadura.

Los porta escobillas y las escobillas se encuentran montadas en el extremo de la campana del conmutador y, las escobillas están conectadas por un alambre y presionan contra los segmentos sobre los lados opuestos del conmutador.

Cuando el motor se para, la acción del contrapeso del gobernador mantiene el corto circuito en el anillo por contacto con el conmutador. Cuando se energiza y circula la corriente a través del devanado de campo del estator, se induce una corriente en las bobinas de la armadura y se coloca en tal posición que un polo norte en la armadura esté próximo a un polo norte en el devanado de campo del estator. Dado que los polos iguales se repelen, entonces la repulsión producida en este caso se puede satisfacer sólo en una dirección y debido a la rotación de la armadura, y también al movimiento de la armadura con relación a los devanados de campo.

La armadura gira cada vez con mayor rapidez, acelerando hasta alcanzar aproximadamente el 80% de su velocidad de operación. A esta velocidad, los contrapesos del gobernador se despegan y presionan al sujetador de la varilla para que se mueva.

Cuando el gobernador alcanza su velocidad de diseño, las varillas se pueden mover juntas eléctricamente, en la misma forma que el disco de aluminio fundido, como en los rotores de jaula de ardilla de los motores de inducción. Esto significa que el motor opera como de inducción.

Los motores de inducción-repulsión aplican donde se requiere arrancar cargas pesadas sin demandar demasiada corriente. Son fabricados de $\frac{1}{2}$ HP hasta 20 HP y se aplican con cargas típicas como: compresores de aire grandes, equipos de refrigeración, etcétera.

Estos motores se usan en casos específicos, accionando ventiladores o sopladores, tienen requerimientos de potencia muy bajos. El rango de potencia comprende valores desde 0.0007 HP hasta $\frac{1}{4}$ HP Y la mayoría se fabrica en el rango $\frac{1}{100}$ a $\frac{1}{20}$ de HP. Su principal ventaja de estos motores es su simplicidad de construcción, su confiabilidad y su robustez, además, tiene un bajo costo. En comparación con otros motores de C.A. Los motores de fase partida no requieren de partes auxiliares como son (capacitores, escobillas, conmutadores etcétera) o partes móviles (switches centrífugos). Esto hace que su mantenimiento sea mínimo y relativamente sencillo.

2.7.1 Las principales desventajas de motores de polos sombreados son:

- ★ Tienen un par de arranque muy bajo.
- ★ La eficiencia es muy baja. Por ejemplo, un motor de $\frac{1}{20}$ HP tiene una eficiencia de 35%. Para motor más pequeño, puede ser hasta del 5%.

★ El factor de potencia es muy pobre.

Entonces, se puede decir que el motor de inducción de polos sombreados es un motor con un método único para arrancar la rotación del rotor. El efecto de un campo magnético móvil es producido por la construcción del estator en una forma especial.

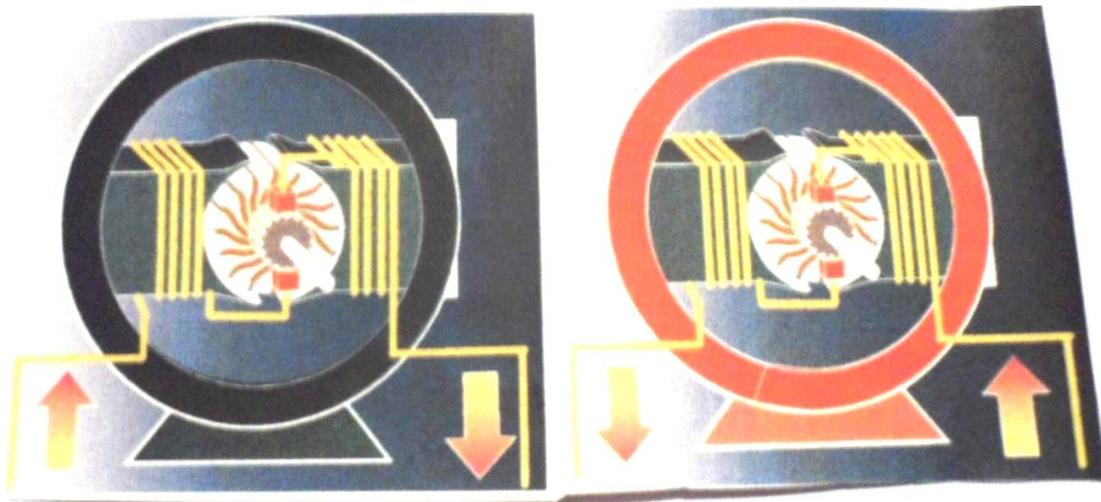
2.8 MOTORES UNIVERSALES

Estos motores llamados universales son usados para equipos pequeños como son aspiradoras, procesadores de alimentos, taladros y sierras portátiles, y máquinas de coser, rara vez exceden de un cuarto de caballo. Sus velocidades no son constantes, sino que varían con la carga. Con carga pesada la velocidad puede ser de unas pocas vueltas por minuto.

En estos motores si pasa por el rotor. Fluye a través de un circuito completo que consiste tanto en las bobinas del estator como en las bobinas de rotor.

La corriente del estator llega al rotor a través de unos carbones que asientan sobre un conmutador, que a su vez lleva la corriente a las bobinas del rotor, para salir de nuevo por el conmutador, hacia otras bobinas del estator.

La corriente del estator es dirigida por los carbones de tal manera que interactúa, con el campo magnético del estator para hacer que el motor gire. Cuando la dirección de la corriente cambia en el estator también cambia en el rotor, de modo que el motor sigue girando continuamente. En la figura siguiente podemos observar el panorama físico de un motor universal.



Figura

12. Motores universales. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439*, México D. F. Trillas

El devanado en serie de los motores universales opera con corriente directa (C.D.) o de alterna (C.A.). Son diseñados y se construyen en tamaños de $\frac{3}{4}$ a menores tamaños.

Los motores universales tipo fraccionarios pueden ser de 1/150 HP o menores. Estos motores tienen prácticamente la misma construcción que los de C.D. ya que tienen un devanado de campo y una armadura con escobillas y conmutador.

El conmutador mantiene a la armadura girando a través del campo magnético del devanado de campo, también cambia el flujo de corriente con relación al devanado de campo y la armadura, es decir, cumple con una función de empujar y jalar.

Esta acción de jalar y empujar está creada por los polos norte y sur de los devanados de campo y armadura y lo podemos observar en la figura siguiente.

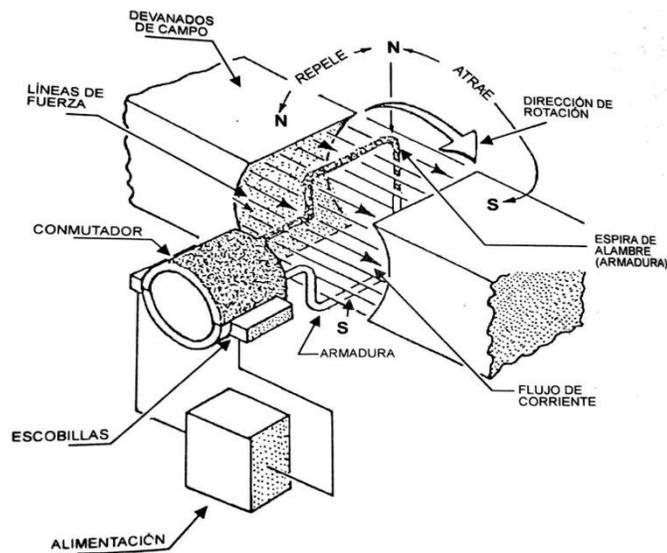


Figura 13. Un motor universal tiene devanado de campo, un conmutador y la espira de alambre que representa la armadura. Enríquez Harper, G. (2009). Control de Motores Eléctrico. Balderas 95, México D.F, Limusa.

2.9 MOTORES TRIFÁSICOS

En este tema principal diremos, que los motores trifásicos arrancan por sí mismos. No tienen bobinas de arranque ni condensador ni centrífugo u otros otros accesorios de arranque. Pueden arrancar cargas pesada, son relativamente baratos y la corriente que usan es trifásica o de tres fases, o hilos de 120 volts, que generalmente se llaman A, B Y C.

En un motor de tres fases, cada una sirve a su propio conjunto de polos. Así, la fase A lleva la corriente a los polos A y A1. La fase B lleva corriente a los polos B y B1, mientras que la fase C alimenta a los polos C y C1. Cada conjunto de bobinas va espaciada a la misma distancia una de otro alrededor del motor. En cambio, la corriente que corre en cada fase ocurre en tiempos diferentes, pero siempre en el mismo orden y con el mismo intervalo de tiempo.

La secuencia de arranque y de operación de tres fases comenzando con la magnetización de los polos A por la fase A. seguido por la magnetización de los polos B por la fase B, y así mismo los polos C magnetizados por la fase C. A continuación, se magnetizan nuevamente los polos A, pero la corriente fluye en dirección contraria y la polaridad cambia gracias a lo cual el rotor sigue girando, para cuando los polos C se magnetizan el motor y los campos habrán dado una vuelta completa.

En su gran mayoría los motores trifásicos están hechos para girar a 1750 revoluciones por minuto, a base de doce polos, en donde cada una de las fases tiene cuatro polos. De acuerdo con la forma de ventilación los podemos clasificar a estos motores abiertos y cerrados o blindados. Los abiertos tienen en la parte inferior, orificios que permiten sacar el calor. Con la entrada y salida de aire que encuentra en las bobinas y el núcleo.

Los motores blindados están hechos para trabajar donde hay humedad o polvo. Para enfriarlos, el calor se transmite a la armazón que tiene unas nervaduras externas o aletas, que al contacto con el aire disipan el calor.

Son motores en los que bobinado inductor colocado en el estator está formado bobinados independientes desplazados 120 grados entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna.

2.10 TENSIONES E INTENSIDADES EN EL ESTATOR DE MOTORES TRIFÁSICOS

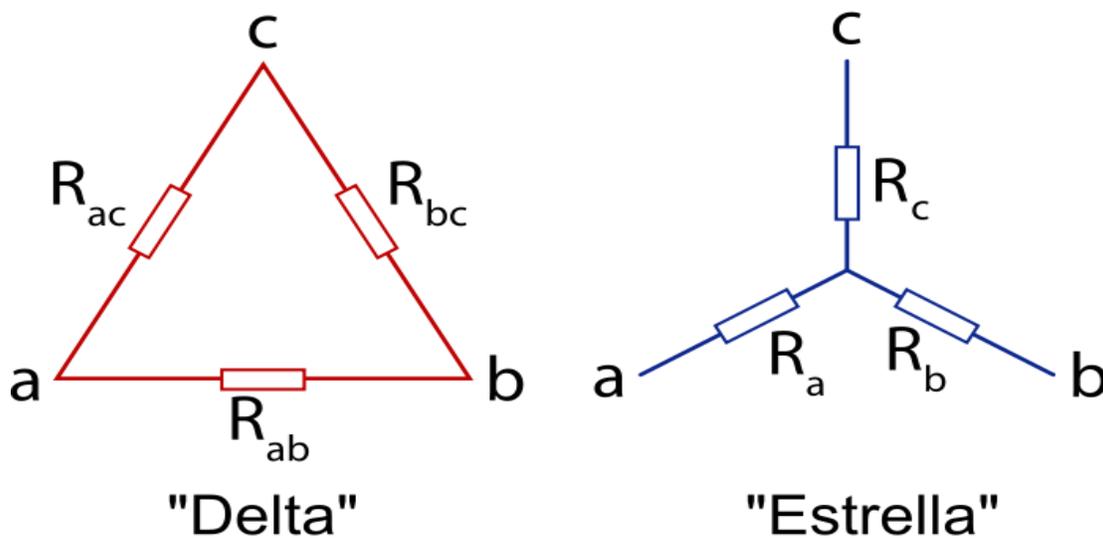
Todo bobinado trifásico se puede conectar en estrella (todos los finales de cada grupo de bobinas

van conectados en un punto común, alimentando el sistema por los tres sistemas libres) o bien conectado en triángulo (conectando el final de cada fase al principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos de unión), como se observa en la figura siguiente.

En la estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la tensión de línea.

En la conexión triángulo la intensidad que recorre cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase coincide con la tensión de línea.

Con estas definiciones, se puede considerar a un motor como bitensión, ya que las tensiones normalizadas son de 230 o 400 V. Si un motor está diseñado para aplicarle 230 V a cada fase, se podrá conectar a la red de 230V en triángulo y a una red de 400V en estrella. En ambos casos, la tensión que se le aplica a cada fase es 230V. En una y otra conexión, permanecen invariables los parámetros de potencia, par motor y velocidad. Se puede observar en la figura siguiente.



https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_circuitos

$$R1 = \frac{RaRb+RbRc+R1aRc}{Ra}$$

$$R1 = \frac{Ra Rb}{Ra+Rb+Rc}$$

$$R2 = \frac{Ra Rb+Rb Rc+RaRc}{Rb}$$

$$R2 = \frac{Rb Rc}{Ra+Rb+Rc}$$

$$R3 = \frac{Ra Rb+Rb Rc+RaRc}{Rc}$$

$$R3 = \frac{Ra Rc}{Ra+Rb+Rc}$$

A Continuación, se presentan las fórmulas con las que podemos obtener algunos parámetros de la conexión en delta.

$$Vab = Vl = Vt$$

$$Il = \sqrt{3} It$$

$$Zf = R + Xc$$

$$W = 2\pi f$$

$$Xc = \frac{1}{j\omega c}$$

En donde

Vab = Voltaje entre a y b

Zf = Impedancia de fase

Vl = Voltaje de línea

I = Corriente de línea

Xc = Reactancia capacitiva

If = Corriente de fase

A continuación, observaremos las fórmulas para obtener los parámetros de una conexión en estrella.

$$I_a = \frac{V_{ao}}{Z_a} \qquad V_{ao} = I_a Z_a$$

$$I_b = \frac{V_{bo}}{Z_b} \qquad V_{bo} = I_b Z_b$$

$$I_c = \frac{V_{co}}{Z_c} \qquad I_c = -I_a - I_b \qquad V_{co} = I_c Z_c$$

En donde

I = Corriente de línea

V = Voltaje de línea

Z = Impedancia de línea

Con estas definiciones, se puede considerar a un motor como bitensión, ya que las tensiones normalizadas son de 230 o 400 V. Si un motor está diseñado para aplicarle 230 V a cada fase, se podrá conectar a la red de 230 V en triángulo y a una red de 400V en estrella. En ambos casos, la tensión que se le aplica a cada fase es 230 V. En una y otra conexión, permanecen invariables los parámetros de potencia, par motor y velocidad.

2,11 MOTOR DE CORTOCIRCUITO

Este motor de una construcción muy sencilla, de funcionamiento más seguro y de fabricación más económica. Su único inconveniente es el de absorber una elevada intensidad en el arranque a la tensión de funcionamiento. En el momento del arranque este motor acoplado directamente a la red presenta un momento de rotación de 1.8 a 2 veces el de régimen, pero la intensidad absorbida en el arranque toma valores de 5 a 7 veces la nominal.

La puesta en marcha de un motor de rotor en cortocircuito se realiza de una forma simple y sencilla mediante un interruptor manual tripolar. Estos interruptores están diseñados para la intensidad del motor.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) en una de sus instrucciones ITC-BT-47 regula la relación que debe existir entre las intensidades de arranque y plena carga de los motores alimentados desde una red pública de alimentación en función de su potencia.

De dicha relación de su proporcionalidad, se deduce que los motores de potencias superiores a 0,75 KW que no cumplen con las relaciones de intensidades expuestas disponen de sistema de arranque que disminuye esa relación.

Dicha relación de intensidad de arranque y a plena carga en los motores la podemos observar en el siguiente cuadro.

Potencia nominal del motor de corriente alterna	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y plena carga
De 0,75 a 1,5 kW	4,5
De 1,5 a 5,0 kW	3,0
De 5,0 a 15,0 kW	2,0
De más de 15,0 kW	1,5

Cuadro 1. Relación de intensidades de arranque y plena carga admisibles de los motores de corriente alterna para su puesta en marcha según el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) Sánchez fosado A. (2014) Manual de Instalación y mantenimiento de motores eléctricos. C.P.3000. Av. Prefeito Waldemar Grubba.Jaraguá Do Sul.

La intensidad en el momento de arranque que no cumple la relación anterior puede hacer que salten las protecciones o bien perjudicar las líneas que los alimentan.

Para evitar estos inconvenientes se disminuye la tensión en el periodo de arranque y con ello la intensidad, y a la vez alcanzada la velocidad de régimen se conecta el motor a su tensión nominal con lo que se logra amortiguar la intensidad de arranque.

Para poder obtener esto se utilizan los procedimientos.

- Arranque estrella triángulo.
- Arranque mediante autotransformador.
- Arranque mediante resistencias en serie con el bobinado estatórico.

2.12 ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO (Y - Δ)

Un procedimiento muy empleado para el arranque de motores trifásicos de rotor en cortocircuito con relaciones superiores. Todo esto consiste en conectar el motor en estrella durante el periodo de arranque y, una vez lanzado, conectarlo en triángulo para que quede conectado a la tensión nominal. Para ello se hace necesario intercalar entre el motor y la línea un conmutador manual especial que realiza las conexiones de los extremos del bobinado del motor, sin realizar los puentes sobre la placa de bornes. Este conmutador tiene tres posiciones: la inicial de desconexión, la siguiente que conecta los bobinados del motor en estrella y la tercera que conecta los bobinados en triángulo. Se pueden encontrar en existencia gran variedad de conmutadores y para distintas intensidades, en un arrancador estrella triángulo denominado de paquete. Para poder utilizar este método, es necesario que el motor pueda funcionar en conexión triángulo a la tensión de la red. En consecuencia, cuando en el arranque lo conectamos en estrella, cada fase queda sometida a una tensión $\sqrt{3}$ menor que la de línea y, por lo tanto, la intensidad que circula por ella es también $\sqrt{3}$ menor que si estuviese conectado en triángulo. Lo podemos observar en la figura siguiente.

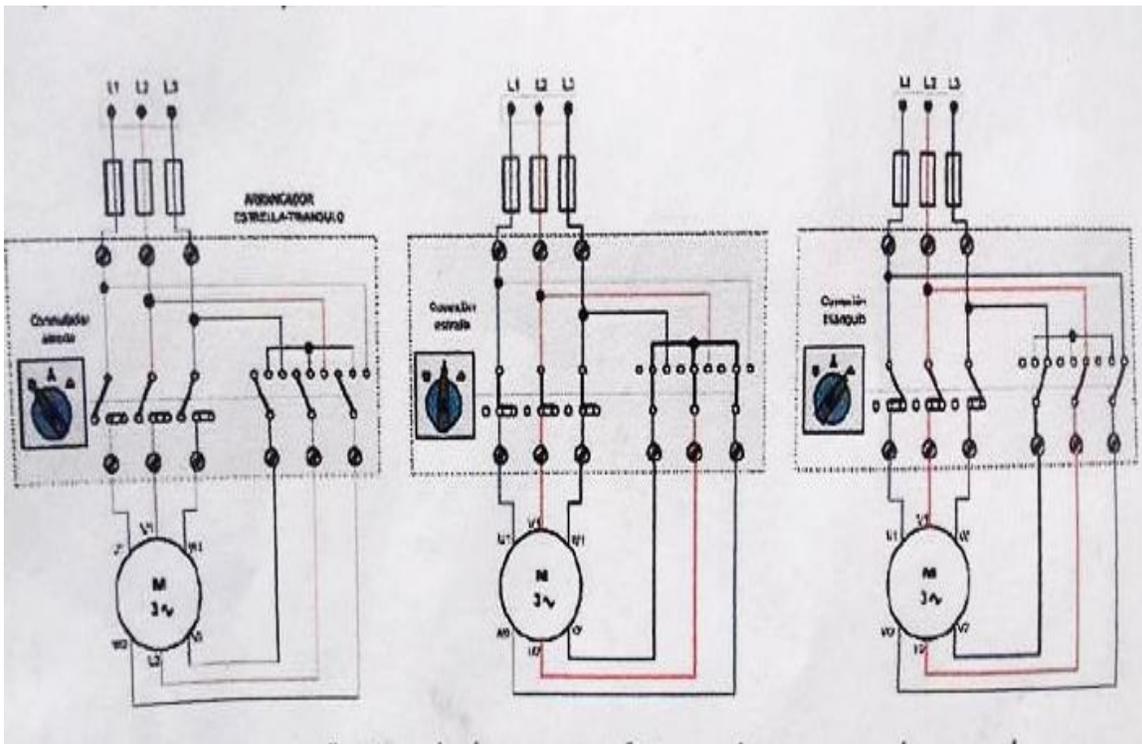


Figura 15. Arranque estrella triángulo de un motor trifásico mediante arrancador manual.

Sánchez fosado A. (2014) Manual de Instalación y mantenimiento de motores eléctricos.

C.P.3000. Av. Prefeito Waldemar Grubba. Jaraguá Do Sul.

Teniendo en cuenta que si lo conectaremos en triángulo la intensidad en la línea es $\sqrt{3}$ mayor que la de fase, mientras que en estrella son iguales, resulta que el mismo motor arrancado en estrella consume una intensidad $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 3$ veces menor que si lo conectamos en triángulo. Por esta misma razón, el momento de rotación también se reduce en un tercio.

2.13 ARRANQUE MEDIANTE AUTOTRANSFORMADOR

Es un procedimiento que se utiliza para motores de gran potencia y consiste en intercalar entre la red de alimentación y el motor un autotransformador como lo veremos más adelante. Este tiene

distintas tomas de tensión reducida, por lo que, en el momento de arranque, al motor se le aplica la tensión menor disminuyendo la intensidad y se va elevando de forma progresiva hasta dejarlo conectado a la tensión de la red

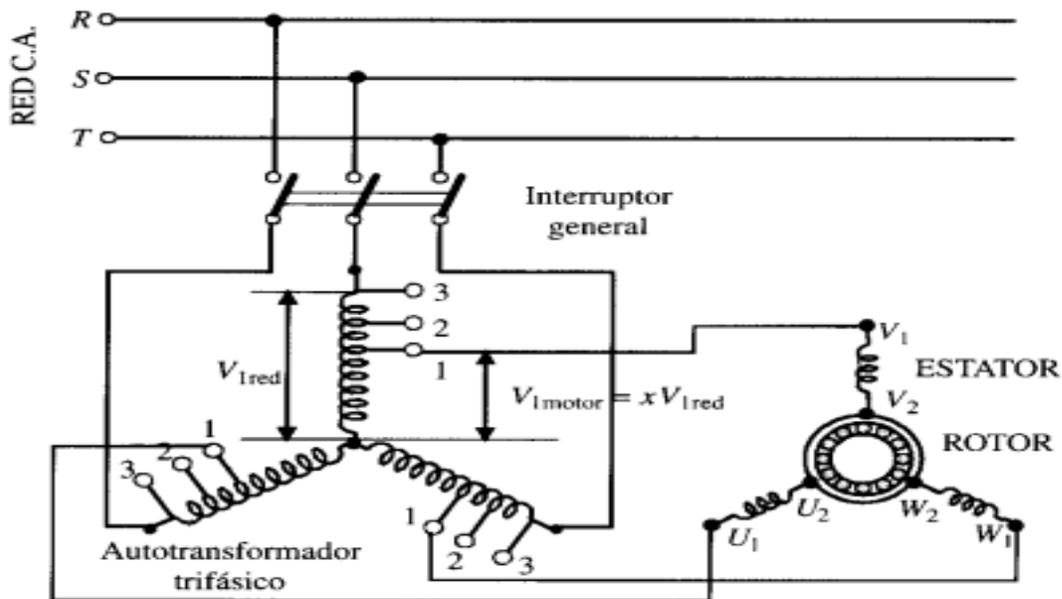


Figura 16. Arranque de un motor trifásico mediante un autotransformador.06:39p.m.13/03/2018/http://www.monografias.com/trabajos94/sobre-máquinas-sincrónicas/sobre-maquinas-sincronas.shtml

2.14 ARRANQUE CON RESISTENCIAS EN SERIE CON EL BOBINADO DEL ESTATOR

Este procedimiento se emplea muy poco, pues consiste en disponer un reóstato variable en serie con el bobinado estatórico. Se pone en marcha se hace con el reóstato al máximo de resistencia y se va disminuyendo hasta que el motor queda conectado a la tensión de red.

2.15 MOTOR DE ROTOR BOBINADO Y ANILLOS ROZANTES

En estos motores, el rotor va ranurado igual que el estator, y en él se coloca un bobinado normalmente trifásico similar al de él estator conectado en estrella y los extremos libres se conectan a tres anillos de cobre, conectados al eje del rotor. El despiece de ver a continuación.

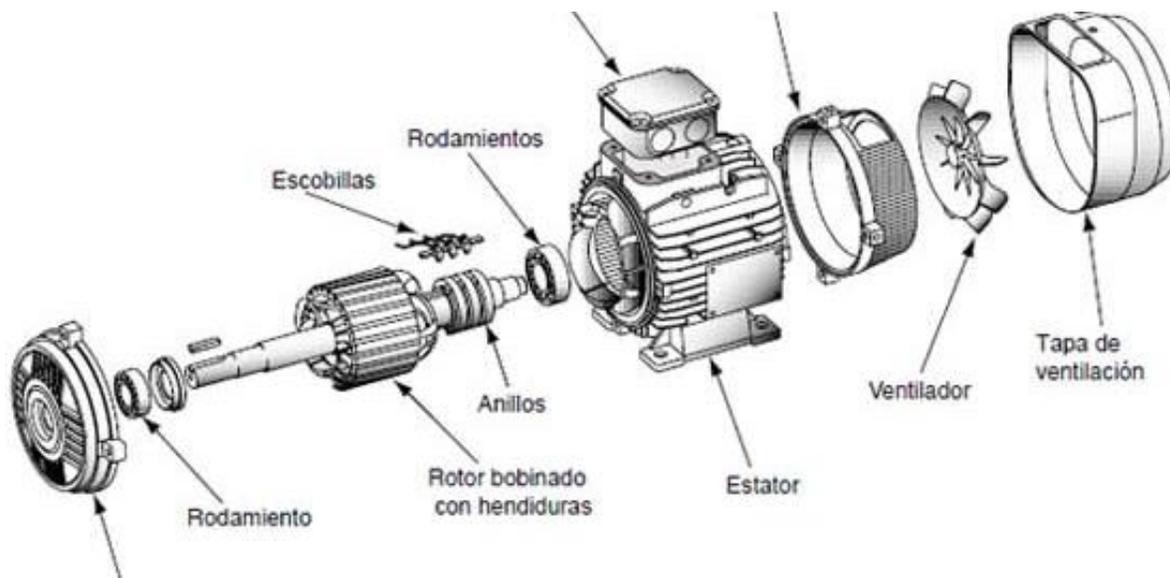


Figura 17. Despiece de un motor de rotor bobinado.

2.15.1 DESPIECE DEL MOTOR DE ROTOR BOBINADO

Sobre los anillos, van colocados la porta escobillas, que a su vez se conectan a la placa de bornes del motor. Por eso en la placa de los bornes de estos motores aparecen nueve bornes.

Una gran ventaja que presentan estos motores es su par de arranque, ya que puede alcanzar hasta 2,5 veces el par nominal, mientras que la intensidad en el arranque es similar a la del par nominal.

Para que se pueda realizar la puesta en marcha, es necesaria la conexión de un reóstato de arranque conectado en serie con el bobinado del rotor, y una vez alcanzada la velocidad de régimen, se puentean los anillos en estrella.

Estos motores tienen una aplicación muy específica y, dada su constitución necesitan de un mantenimiento mucho más exhaustivo que los de rotor en cortocircuito.

2.16 SENTIDO DE GIRO DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS

Para comprobar el campo magnético giratorio se tenía en cuenta el sentido de circulación de la corriente por las tres fases del bobinado. En él se ve que la resultante del flujo tiene el sentido de giro de las agujas del reloj (sentido horario), por lo que el rotor es arrastrado en el mismo sentido.

Cuando queremos que el sentido de giro sea al contrario (sentido anti-horario), basta con permutar dos fases de alimentación del motor. Con lo que el motor gira en sentido opuesto. Pero hay que tener cuidado de no permutar las tres fases pues en ese caso el motor sigue girando en el mismo sentido.

Cuando una máquina debe girar en ambos sentidos, necesitamos un conmutador (inversor) que realice la permuta de la alimentación sin tener que manipular las conexiones. Estos conmutadores han de estar dimensionados para la intensidad del motor y posee tres posiciones, con el cero en el medio para conseguir que la inversión no se realice a contramarcha.

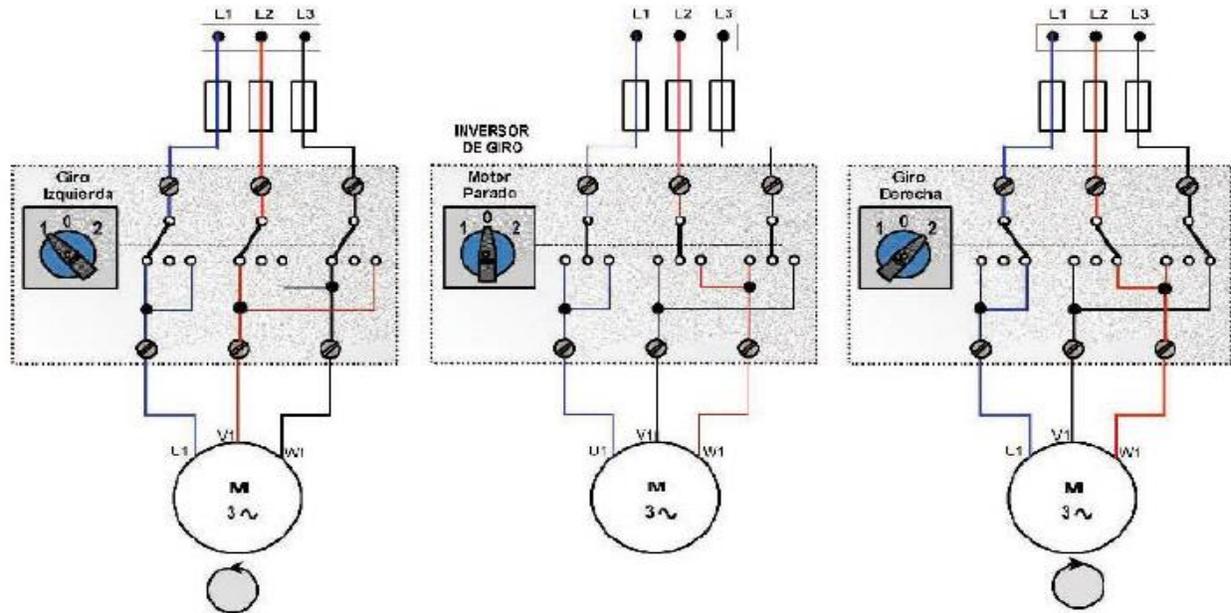


Figura 18. Esquema de conexiones para la inversión de giro de un motor trifásico mediante conmutador manual.

2.17 HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Para realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo en motores monofásicos y trifásicos de corriente alterna, se requiere de una gran variedad de herramientas y materiales.

Entre las herramientas más comunes están las pinzas de combinación o de electricista, que son indispensables. Y además de éstas hay otras pinzas que son de gran utilidad, como las pinzas de corte o alicates, las pinzas de punta y las diversas pinzas para despuntar o pelar cable, las pinzas para cerrar zapatas, así como unas tijeras.

Los mazos de madera se emplean para golpear las tapas del motor sin dañarlas, a fin de meterlas y sacarlas. Los martillos de bola o de mecánico también son útiles al desarmar y armar los

motores, junto con un cancel para metales y un punto de golpe, un juego de destornilladores y otro de llaves españolas.

El cautín se emplea para soldar las uniones de algunos cables y para sacar los rodamientos es indispensable los extractores.

El arco para metales y las seguetas son muy útiles en una gran cantidad de operaciones al igual que una buena navaja. Así mismo, un jugo de limas puede ser de gran utilidad. El calibrador es casi indispensable para determinar el diámetro o calibre de los conductores de las bobinas.

Como una herramienta propia, aunque no exclusiva del oficio, se puede considerar una lámpara de pruebas con un foco en serie de 125 volts.

Hay algunas herramientas que produce el mismo reparador, tal como un rebajador de mica, hecho con un trozo de segueta a la que se quita la trabazón de los dientes en una rueda de esmeril y se le pone un mango, dejando que los dientes apuntan en sentido opuesto al mango. También con esta hoja de segueta se hace un limpiador para colector. El buril plano que se construye hasta con la espátula aplanada de un clavo, y se emplea para meter alambre las ranuras delgadas del colector. Una espátula de madera que sirve para meter y alinear los alambres dentro de las ranuras. De las herramientas de medición eléctrica, comunes en todos los oficios eléctricos, son indispensables. Las más importantes son el voltímetro, el óhmetro y el amperímetro.

Aunque cada una de estas herramientas de medición se puede tener por separado, lo más común es disponer de una sola que combine las tres, como el multi amperímetro de pinza. Estos tipos de multímetros lo podemos observar en la figura siguiente.



Figura 19. Herramientas propias del oficio de un técnico en mantenimiento de motores eléctricos. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F.*

Trillas

Este multi amperímetro de pinza tiene una carátula, tanto para volts como para amperes y ohms. En un extremo tiene unos enchufes para los cables de prueba. Dos de ellos son para medir tensión en volts. Para seleccionar las escalas tiene una perilla.

En otro extremo tiene unas pinzas con dos mandíbulas que se abren al presionar una palanca, y sirven para medir la cantidad de corriente que pasa por un conductor, en amperes.

Otros dos enchufes, junto con otros cables y un bulbo donde se aloja una bacteria eléctrica, son para medir la resistencia en ohms.

Al igual que el agua necesita presión para circular por la tubería, la corriente necesita tensión para circular por el cable. El voltímetro mide la tensión de la corriente en volts. Para medir los

voltios se colocan una punta de los cables de prueba en uno de los cables con corriente y la otra punta en el otro. Según la cantidad de corriente en el conductor, se escoge la escala que más se adecue.

Así, se trata de una línea de 115 volts, se puede escoger la escala de 0 a 150 volts. Si se trata de una corriente de 230 volts es mejor seleccionar la escala de 0 a 300 volts.

La cantidad o intensidad de corriente que pasa por un conductor se mide en amperes. La intensidad de la corriente que pasa por un cable puede compararse con la cantidad de litros de agua que pasa por una tubería cada minute. Con la pinza de medición se puede medir fácilmente la intensidad de la corriente alterna en los mismos circuitos de las instalaciones. Simplemente se colocan las pinzas alrededor de los conductores eléctricos aislados, sin necesidad de desconectarlos o interrumpir el circuito.

La resistencia eléctrica se mide en ohms. Aún el mejor conductor eléctrico, como el cobre o la plata, oponen cierta resistencia al paso de la corriente que circula por ellos. El grado de resistencia depende del material del que está hecho, del largo del conductor y del diámetro del mismo. El símbolo del ohm es Ω , la letra griega Omega. Para medir la resistencia se envía a través del conductor una pequeña corriente directa. La diferencia entre la corriente que sale de un extremo y la que llega al otro es la resistencia, que se mide en ohms.

Cuando se requiere medir la corriente directa en volts, se necesita utilizar un multímetro que contenga los circuitos necesarios para medirla, y se seleccionan con la perilla.

El probador de motores o growler es seguramente la única herramienta exclusiva del reparador de motores. Es un aparato eléctrico que se emplea para probar cortocircuitos en los rotores.

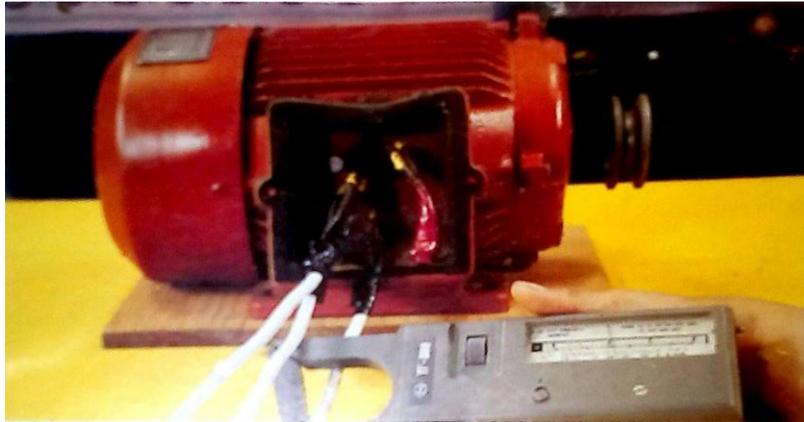


Figura 20. Mediciones de corriente en un motor trifásico. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas

Un modelo más pequeño de growler se utiliza para probar los cortocircuitos en los campos o estatores.

Los conductores de cobre o aluminio para bobinas, conocidos como alambre magneto, tiene una delgada capa aislante y resistente de esmaltes especiales, seda y algodón. Se distinguen de los usados en las instalaciones eléctricas porque estos llevan un recubrimiento más grueso de plástico o hule. Se utilizan cuatro clases de aislamiento. La clase “A” es para motores cuya temperatura total de trabajo no exceda de 105 °C. Esta temperatura equivale a la suma del calor ambiente y el calentamiento del motor al trabajar. Los motores clase “A” están hechos para un servicio continuo, con un calentamiento de 40 a 50 °C y una temperatura ambiente de 40°. Los alambres clases “B”, “C” y “F” están hechos para trabajar entre 130 °C y 180 °C cubiertos con una película de poliuretano y una capa exterior de nylon o fibra de vidrio.

Según el tipo de recubrimiento y el número de capas, el alambre magneto se clasifica de la siguiente manera:

- 1 a 3 capas de esmalte
- 1 a 2 capas de seda
- 1 a 2 capas de algodón
- 1 capa de esmalte y 1 de algodón
- 1 capa de esmalte y 1 de seda

Los alambres magneto que tienen dos capas de esmalte resisten bien las temperaturas altas y tienen un diámetro reducido. Al hacer los bobinados se usa siempre alambre magneto con un diámetro y un aislamiento igual al de los originales.

Al rebobinar se usan algunos materiales aislantes, principalmente para evitar el contacto directo de los alambres de la bobina con el metal de las bobinas del estator. Para ello hay tres grandes grupos de materiales: los de papel, los de tela y los de mica. Los papeles y cartones están hechos de fibras vegetales, como la madera, el yute, el algodón y el cáñamo. Se consiguen en rollos de distintos espesores, que van de 10 a 80 mm, ya sea simples o impregnados con barnices, resinas y aceites secantes.

2.18 TERMINALES PARA CONDUCTORES

La mica es un aislante mineral de alta calidad que tiene una resistencia a la electricidad muy elevada; soporta sin alteración temperaturas altas y es inerte al agua y los ácidos. Se consigue en hojas de dos variedades: la mica blanca y la mica ámbar. Los barnices se utilizan para aumentar

el aislamiento eléctrico y para proteger las bobinas de los daños mecánicos y de la humedad. Hay dos tipos principales: los de secado al aire libre y los de secado en horno.

Las terminales o zapatas para conductores son unas pequeñas piezas que se colocan en los extremos de los alambres para hacer una Buena y más fácil conexión a los bordes del motor. Se hacen de bronce o latón y tienen un mango, se aloja el conductor, y un ojal, que es el que se coloca en el borde. Este puede ser abierto como herradura, cerrado, como un anillo, o con un enchufe, ya sea hembra o macho.

Los motores monofásicos de inducción son los más comunes en las casas, los talleres y las industrias. Se construye de muy diversas potencias, que van desde un veinteavo de caballo hasta 10 caballos de fuerza. Los hay de dos tipos: de fase partida y de condensador.

2.19 MOTORES DE CONDENSADOR

Los motores más conocidos son los de condensador, que se distinguen por tener una protuberancia en la parte superior o a un lado de la carcasa. Se usan para bombas, compresores, lavadoras, refrigeradores, etc. Hay varios tipos: unos tienen el condensador sólo en el arranque; otros, uno permanente, y algunos más, uno para el arranque y otro permanente. Aquí nos referiremos únicamente al motor con condensador en el arranque.

Los motores de condensador tienen cinco partes principales: un rotor, una carcasa con sus tapas, un estator, un condensador y un interruptor centrífugo.

Los motores de fase partida son iguales a los de condensador, solamente que carecen de éste. Son

de funcionamiento muy seguro y potencia moderada, pero se ven poco porque generalmente se usan en las lavadoras y otros aparatos domésticos, donde van ocultos. Las características de su reparación y bobinado son semejantes a las del motor con condensador. Un ejemplo lo podemos ver en la figura siguiente.

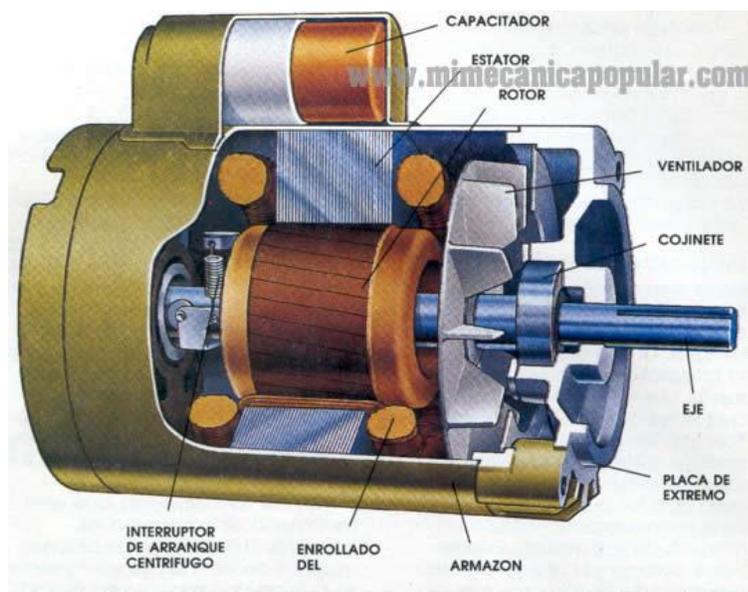


Figura 21. Partes de un motor monofásico de tipo fase partida condensador.

10:46/13/03/2018/http://tallerelectricocetis12.blogspot.com/2013/03/motores-monofasicos-de-ca.html

2.20 CARACTERÍSTICAS

El rotor tiene tres partes principales: la primera es el eje sobre el que va montada la jaula de ardilla. La segunda es el núcleo, formado por un paquete de láminas de hierro de silicio, aisladas entre sí, prensadas y dispuestas sobre el eje a presión.

La tercera es la jaula de ardilla, formada por barras de cobre o aluminio colocadas en las ranuras del núcleo y unidas en cortocircuitos, en cada extremo del núcleo, mediante dos gruesos aros de cobre. Algunas veces el rotor también lleva un ventilador montado sobre el eje. La carcasa exterior de metal sirve de sostén a toda la máquina; tiene unas patas de apoyo y lleva una placa con bordes para conectar a la corriente de la red. A los lados de la carcasa están las tapas con los baleros, dentro de los cuales va alojado el eje del rotor, perfectamente centrado para que gire libremente. Dentro de la carcasa va el estator fijo, formado por un núcleo de láminas de hierro al silicio, aisladas entre sí y prensadas, formado un paquete rígido. El núcleo tiene en el interior unas ranuras en las que se alojan dos bobinas de alambre de cobre aislado, una de trabajo y otra de arranque. La bobina de trabajo está hecha con un conductor de cobre grueso, esmaltado o barnizado, colocado en el fondo de las ranuras. La bobina de arranque, que sólo se necesita para poner en marcha el motor, está hecha con alambre de cobre fino, esmaltado o barnizado, y va colocada, en parte, sobre las bobinas de trabajo. Se muestra en la siguiente figura.



Figura 22. Vista de las bobinas de arranque y trabajo. (Elaboración propia)

En el momento del arranque las dos bobinas están conectadas a la corriente, pero cuando el motor alcanza 75% de su velocidad, un interruptor centrífugo desconecta automáticamente de la red a la bobina de arranque. El interruptor centrífugo tiene dos partes. Una fija a unas de las tapas o a la carcasa y otra giratoria, montada sobre el rotor. Mientras el motor está en reposo o girando a poca velocidad, la presión de la parte móvil mantiene cerrados los contactos con la parte fija, pero cuando gira a alta velocidad, la presión centrífuga abre estos contactos.

El condensador tiene la propiedad de almacenar electricidad. Va conectado en serie a la bobina de arranque, para establecer con más potencia el campo giratorio inicial.

Por tanto, estos motores tienen un arranque más potente y absorben una cantidad inicial de corriente más pequeña que los similares de fase partida. Igual que las bobinas de arranque, los condensadores de arranque son desconectados por el interruptor centrífugo y el condensador va conectado en serie.

Algunos motores tienen además un protector térmico, que es una placa de metal que se dobla al aumentar la temperatura abre un interruptor que corta la corriente. Estos motores son monofásicos, que trabajan a una tensión de 115 volts. Y otros a 225 volt como se muestra en la placa de la figura.

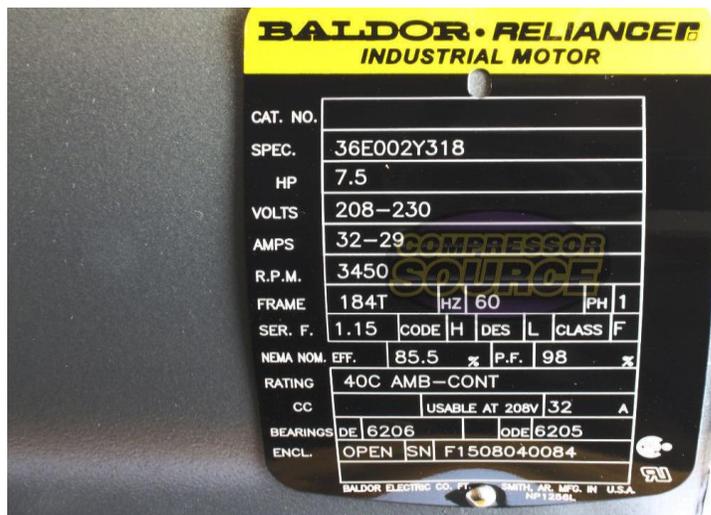


Figura 23. Placa de identificación de un motor.

10:46/13/03/2018/http://tallerelectricocetis12.blogspot.com/2013/03/motores-monofasicos-de-ca.html

Para identificar y localizar las posibles fallas de un motor, antes de abrirlo hay que inspeccionar el exterior para detectar si hay tapas rotas, si el eje está torcido, si hay conexiones interrumpidas o quemadas. Enseguida hay que ver si los cojinetes o baleros se encuentran en buen estado, moviendo el eje hacia arriba y hacia abajo. Si hay algún juego es posible que el cojinete esté desgastado, se gira el eje con la mano para cerciorarse de que puede dar vuelta sin dificultad. Cualquier resistencia indica una avería en los cojinetes, un eje torcido o un montaje defectuoso del motor.

También hay que ver si algún punto de las bobinas, por algún deterioro en el aislamiento, está en contacto o a tierra con el núcleo del estator o del rotor. Esto se averigua con una lámpara de prueba que se conecta a la corriente y una de sus puntas se une a una de las entradas de energía.

Mientras que con la punta de prueba se toca la carcasa o el núcleo del estator. Si hay tierra, la lámpara se encenderá.

Si el motor gira sin dificultad, la siguiente prueba es tratar de poner el motor en marcha, conectándolo a la corriente unos segundos. Si en el interior del motor hay algún defecto puede ocurrir que salten los fusibles o que el motor humee, que camine despacio o con ruido, o simplemente que el motor se quede parado, sin hacer nada. Cualquiera de esas fallas es evidencia de que las bobinas del motor, el interruptor centrifuge o el condensador están mal y que hay que abrir, inspeccionar y probablemente rebobinar el motor para que vuelva a servir.

Si al conectar el motor a la red este emite un zumbido y poco después salta un fusible, sin que el motor se haya puesto en marcha, es probable que haya un defecto en el condensador. La manera más y simple de probar si es el condensador, es sustituirlo por otro de la misma capacidad y voltaje. En la envoltura llevan impresa su capacidad, medida en microfarads, el voltaje y la temperatura en que trabajan. Los usados para arrancar motores varían de 2 a 800 microfaradios. Si después de cambiarlo el motor arranca, es que el condensador estaba averiado.

Si no se dispone de un condensador igual, entonces hay que probar el que tiene puesto. Se empieza por desconectarlo de las terminales que viene de las bobinas de arranque, con cuidado de no tocar ambos bornes directamente con la mano, porque se puede producir una descarga peligrosa. Enseguida se descarga el condensador. Para ello se tocan los dos bornes con un destornillador que tenga un buen mango aislante, cuidando de hacerlo solamente por el mismo. Si el condensador tiene carga, saltara un chispazo.

Se alimenta el condensador con una corriente alterna de 115 volts, intercalando en uno de los cables de corriente un fusible de 10 amperes.

Si al conectar la corriente el fusible se funde, es que el condensador tiene un cortocircuito, por lo que debe ser cambiado.

Si aparentemente todo va bien con el condensador, pruebe la carga. Alimente corriente de 115 volts por unos 15 segundos y desconecte el condensador.

Después, se tocan los dos bornes con el destornillador. Si salta una descarga con una chispa brusca es probable que esté bien. Si no se observa chispa lo más probable es que haya bajado su capacidad o tenga una interrupción. Pero para estar seguro se debe repetir esta prueba tres veces. El que produzca chispa no garantiza que este bien, pues hay descargas aun con baja capacidad. Pero si se supone que el condensador está defectuoso, lo aconsejable es reemplazarlo.

Si se descarta que la falla esté en el condensador, la avería del motor puede estar en el interruptor centrífugo o en las bobinas de arranque.

El interruptor centrífugo presenta dos problemas principales: uno es que no haga contacto y por tanto no permite el encendido del motor, y otro es que no deje de hacer contacto una vez que el motor ha alcanzado su velocidad normal de trabajo. Cuando no se interrumpe la corriente a la bobina de arranque, el motor consume más electricidad de la normal para su operación. Es relativamente fácil detectar esta falla, pues basta probar la intensidad de la corriente con el amperímetro de pinza. Si los amperios que consume son cerca de dos veces lo que marca la placa de características, entonces es probable que permanezca conectadas las bobinas de arranque

porque el interruptor centrífugo no se abre.

Cuando el interruptor centrífugo no se cierra, el motor simplemente no arranca. Para reparar el interruptor centrífugo se desmonta la tapa del motor, se anota la forma en que van conectados los cables y con un destornillador se separa la parte fija de la tapa. La parte fija se limpia con solvente y un pincel.

Enseguida, con una lima fina y delgada o con un trozo de lija de agua, se frotran suavemente los platinos hasta que quedan limpios y brillantes, con su superficie ligeramente ovalada. Después se calibran los platinos para que tengan una “luz” o separación de 2 mm. Para ajustarlos, las láminas de regulación se doblan con unas pinzas de punta. También se puede ajustar doblando directamente la placa que sostiene al platino móvil.

Se verifica la abertura con un calibrador. Presionando varias veces el platino móvil para ver si al regresar conserva la abertura de 2 mm. Posteriormente se quita la parte móvil, sacando el resorte con la ayuda de un gancho de alambre. Después se saca el carrete de empuje. Si está trabado se persona primero hacia el motor, y se limpia el eje con un poco de solvente y fibra de plástico.

Se lavan todas las partes con solvente y una brocha y se vuelven a armar todo, comenzando por fijar nuevamente el soporte con sus tornillos. Luego se mete el carrete en el eje del rotor, asegurándose de que las pestañas del soporte entren en las ranuras del carrete. Con la ayuda de un gancho de alambre coloque los resortes. Luego se hace presión sobre el carrete de empuje y vea si se desliza con suavidad. Se mete el rotor dentro de las tapas sin que se caigan las arandelas.

Con una lámpara de prueba verifique que los platinos hayan quedado cerrados. Si la lámpara enciende es que los platinos han quedado cerrados. Si los platinos han quedado abiertos, se regulan las horquillas, doblándose con unas pinzas de puntas, pero sin cambiar la abertura de 2 mm entre los platinos. Con los dos dedos, se presiona hacia el núcleo el carrete de empuje y se ve si los platinos abren bien. Si al empujar el carrete los platinos no se abren regule la tensión de las horquillas. Enseguida se arma el motor y se prueba con la corriente.

CAPÍTULO 3

3.0 MANTENIMIENTO

3.1 EL REBOBINADO DE UN MOTOR CON CONDENSADOR

COMPRENDE OCHO OPERACIONES:

3.1.1 Toma de datos y desarmados

3.1.2 Desarmado de las bobinas defectuosas

3.1.3 Aislamiento de las ranuras

3.1.4 Rebobinado

3.1.5 Conexión de las nuevas bobinas

3.1.6 Verificación eléctrica de las nuevas bobinas

3.1.7 Secado e impregnación

3.1.8 Armado

Antes y durante el desensamble del motor, es indispensable tomar los datos necesarios para hacer las nuevas bobinas. El resto son los datos de las bobinas y sus conexiones, y hay que tomarlos mientras se desarma. Antes de desmontar el motor hay que marcar las tapas y su posición, haciendo en una de ellas una pequeña raya con un punzón, que abarcara la tapa y un poco de la carcasa. En la otra tapa se hacen dos rayas, para que al armar el motor no haya confusión de cuál es la tapa de adelante o la de atrás y ubicarlas en la posición exacta en que estaban originalmente.

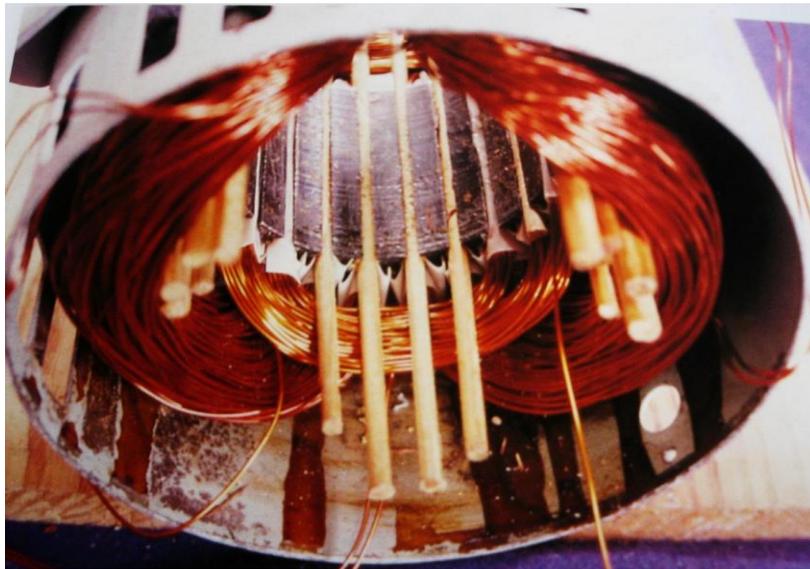


Figura 24. Rebobinado de un motor monofásico. Lesur L. (1998) Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas

Un mazo para poder sacar la otra tapa y la segunda tapa sale al golpear por dentro con el mango de un martillo. Con la ayuda de un mazo de madera, se aflojan las tapas al tiempo que se jalan. Cuando los tornillos que sostienen las tapas tienen una tuerca en el otro extremo, es necesario aflojarlos con la ayuda de una llave de tuercas. Posteriormente es necesario golpear el eje con u

Al sacar la tapa con la placa de bornes se dibuja la manera en que está conectado cada cable, indicando el lugar de donde viene. Después se cortan los cables que van a la corriente. Con mucho cuidado para no deteriorar las bobinas que se encuentren en buen estado, se saca el rotor.

Posteriormente se empiezan a tomar los datos de las bobinas. Este motor es de 2 polos y 24 ranuras, y por tanto las bobinas se encuentran alojadas en las 32 ranuras, agrupadas en dos secciones o dos polos o grupos. Para saber el número de polos de un motor basta averiguar el número de secciones en que está agrupada una bobina de trabajo. Si en vez de dos grupos hubiera cuatro, entonces se trata de un motor de cuatro polos. En los motores de inducción, la velocidad está determinada por el número de polos. Así, un motor con dos polos gira a 3600 r.p.m.; uno de cuatro polos, a poco menos de 1800 r.p.m.; y uno de ocho polos, a poco menos de 1200 r.p.m.; y uno de ocho polos a poco menos de 900 r.p.m.; Esto cuando la frecuencia es de 60 ciclos, porque con un ciclaje distinto las velocidades son diferentes.

Si las ranuras de un estator de 32 ranuras se extendieron sobre una superficie plana, se verían de esta manera. Las bobinas de trabajo están abajo, mientras que las de arranque están encima. Cada polo de arranque está situado entre dos polos contiguos de las bobinas de trabajo.

Los grupos de bobinas de arranque están siempre desfasados de las bobinas de trabajo. Se puede

ver que cada grupo o polo se compone de tres bobinas separadas, concéntricas, enrolladas una a continuación de la otra. Cada bobina va alojada en dos ranuras, separadas entre sí por varias ranuras. El número de ranuras que hay entre los lados de una misma bobina se conoce como paso de la bobina. En este caso, la bobina interior tiene un paso de 1 a 4 y la bobina intermedia de 1 a 6, mientras que el paso de la bobina exterior es de 1 a 8.

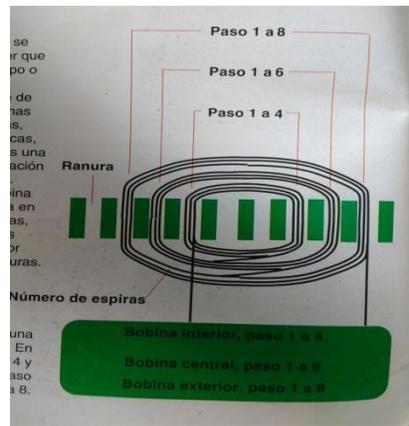


Figura 25. Pasos de las diferentes bobinas. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores*

C. P. 09439, México D. F. Trillas

La posición de las bobinas en las ranuras y los pasos de bobina se anotan en la parte inferior de la hoja, en un diagrama en el que vienen representadas todas las ranuras.

Cada bobina y su paso se indican con un arco que empieza y termina en las ranuras donde va alojada. Se comienza por anotar el paso de las bobinas de arranque porque están encima. Para ver el paso de las bobinas de trabajo, es necesario levantar los extremos de las bobinas de arranque. Se anota la distancia que las bobinas o cabezas de bobina sobresalen de los lados de las ranuras

para que las bobinas nuevas no sobresalgan una distancia mayor. Finalmente hay que anotar la clase de conexión que hay entre los polos, según estén hechos para un solo voltaje o para dos voltajes.

Para un voltaje de 115 lo más común es que los polos estén conectados en serie, uno tras otro, pero los polos contiguos deben ser siempre del signo opuesto. Esto se logra conectando las bobinas de manera que en un polo la corriente circule en un sentido y en el polo adyacente circule en otro. La terminal final del polo una ova conectada con la terminal final del polo dos.

La terminal inicial del polo dos va conectada con la terminal inicial del polo tres. La terminal final del polo tres va conectada a la terminal final del polo cuatro.

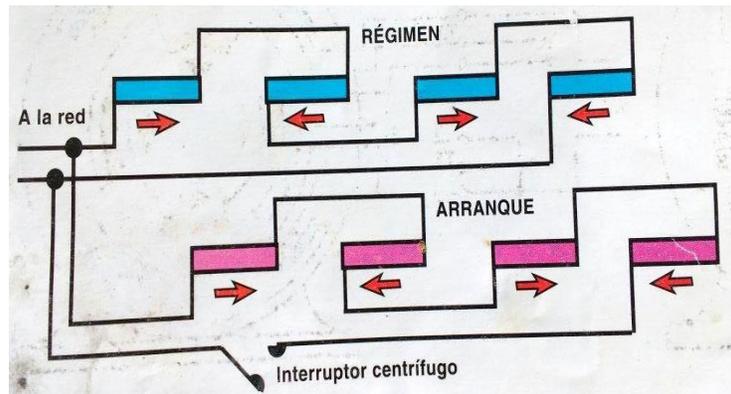


Figura 26. Conexión de un interruptor centrífugo. Lesur L. (1998) *Manual de Embobinado de Motores C. P. 09439, México D. F. Trillas*

Los polos de las bobinas de arranque también están conectados de modo que las polaridades se alternan sucesivamente. En algunos motores el interruptor centrífugo puede ir intercalado entre

la alimentación de corriente y el polo cuatro.

Los motores que vienen preparados para trabajar a 115 y a 230 volts, generalmente están conectados tanto en serie como en paralelo, para que existan siempre dos ramas o circuitos de bobinas. Se debe dibujar la manera en que están conectados los bornes de entrada y el interruptor centrífugo. Los cables de los bornes que están conectados a las bobinas de hilo delgado son los que van a las bobinas de arranque.

Los que están unidos a los alambres gruesos pertenecen a las bobinas de trabajo. Se quita el cordel que mantiene todo unido y con un desarmador se empuja hacia el centro las bobinas de arranque. Se averigua el diámetro del conductor de cada bobina. Se corta el alambre de una bobina de arranque y otro de una de trabajo con unos alicates posteriormente con una navaja se raspa todo el derredor del alambre para quitar el barniz aislante.

Ya sin aislante, el alambre se introduce dentro de uno de los orificios de un calibrador, Aquel en el que embona perfectamente indica el calibre del alambre.

Se debe conocer el número de espiras o de vueltas de cada una de las bobinas de arranque y de trabajo. Para ello se cortan una a una las bobinas. Posteriormente se cuenta el número de alambres que contiene cada una. Cuando solamente están dañadas las bobinas de arranque, basta con anotar los datos de éstas.

3.2 SACADO DE LAS BOBINAS VIEJAS

Las bobinas se mantienen fijas dentro de las ranuras por la presión de unas cuñas de madera o de unos caballetes de papel, que se colocan en la parte superior de las ranuras o caballetes aislantes.

Para quitar las bobinas es necesario sacar las cuñas. Cuando el motor tiene cuñas, se quitan con una segueta que se golpea desde arriba con un martillo, para que los dientes se entierren en ella y enseguida se golpea la segueta desde un lado, para que se deslice hacia afuera, junto con la cuña. Cuando el motor tiene caballetes, como en este caso, se toma uno de los alambres que se han cortado y se levanta a través de la ranura, para que el papel se rompa en un pequeño tramo. Ya que se rompió una parte del caballete, por el otro lado del motor se meten unas pinzas, se toma el alambre levantado y se jala con fuerza hacia afuera, de modo que rasgue el caballete en todo lo largo y el alambre restante salga por la ranura. De esta forma se sacan todos los alambres.

En ese momento se pueden contar el número de vueltas de cada bobina, porque es más fácil contar los cables sueltos. De la misma forma se hará con las demás bobinas. Algunas veces es difícil sacar las bobinas sin ablandar antes el barniz aislante. Para ello, se coloca el motor aproximadamente unos 20 minutos bajo una lámpara infrarroja. Finalmente, se sacan todas las bobinas y el alambre de cada una de ellas se pesa en una báscula, pues el alambre nuevo, del mismo calibre se compra por kilo. Al retirar todo el alambre, en todas las ranuras solamente quedan los aislamientos.

Si los aislamientos están carbonizados y pegados a las ranuras es necesario rasparlo con una navaja. En seguida los aislantes se pueden jalar con unas pinzas. Así se retiran y, se revisa que no hayan quedado trozos de papel pegados. Para terminar de quitar residuos del aislamiento y retirar el polvo y la suciedad, conviene arrojar sobre el estator un chorro de aire comprimido. Una vez que el estator está completamente limpio y antes de colocar las bobinas nuevas, hay que poner aislamientos nuevos en las ranuras, para descartar la posibilidad de que los alambres hagan

contacto con el núcleo de hierro. Los aislamientos se hacen tela aceitada y papel aislante (papel maila). Primero se mide la profundidad de las ranuras. En seguida se mide el largo de las ranuras. Luego se cortan trozos de aislante 2 cm. más largos que la ranura, y dos veces la altura. En los extremos se hacen unos dobleces para evitar que se deslicen. Después de los aislantes se doblan en U. A Continuación, se meten en un extremo de la ranura. Se desliza el aislante a través de la ranura, hasta que los dobles salen por el otro lado, y así se continúa metiendo los aislantes.

3.3 BOBINADO A MANO DEVANADO DE LAS BOBINAS DE TRABAJO

Los motores de condensador pueden rebobinar preparando las bobinas de tres maneras distintas: a mano, con moldes o en madejas. Cada una de estas formas tiene sus ventajas, primero se marcan con gis las ranuras donde se colocará la bobina más pequeña del primer polo de las bobinas de trabajo.

Antes de iniciar el devanado a mano se colocan unas tiras delgadas de madera, más largas que la bobina, dentro de las ranuras interiores del polo que quedan vacías. El estator y el carrete de alambre se colocan cercanos, a una buena altura, se hace un bucle en el extremo del alambre. Este extremo se hace pasar por las dos ranuras y por debajo de los extremos de las tiras de madera, el bucle se mete por en medio del núcleo, para pasar al otro lado del motor, el bucle se aloja bajo las tiras que forman el centro de la primera bobina de trabajo. Se jala el alambre desde el otro lado, para que quede ligeramente apretado, por debajo de las tiras de madera.



Figura 27. Colocación de la primera bobina. (Elaboración propia)

De ese modo se hace el devanado de la bobina interior, con el número de vueltas requeridas, posteriormente con papel aislante ligeramente más largo que las ranuras, se preparan una serie de caballetes, arqueando un poco el papel. Los caballetes se meten en la parte superior de las ranuras embobinadas, deslizándolos para que actúen como separadores entre las bobinas de arranque, que se colocarán después. Para ayudar que los caballetes embonen bien en las ranuras se utiliza un asentador hecho de madera dura. Con el asentador se repasan los caballetes para que queden justos sobre las bobinas, luego se agregan otras dos varillas para hacer la siguiente bobina del primer polo de trabajo y posteriormente sin cortar el alambre se continúa devanando la bobina de en medio, dando vueltas en el mismo sentido que la bobina anterior. Y al terminar la siguiente bobina se ponen caballetes, que se asientan con el asentador. Después se agregan más varillas, que se meten encima de los caballetes, para devanar la siguiente bobina.

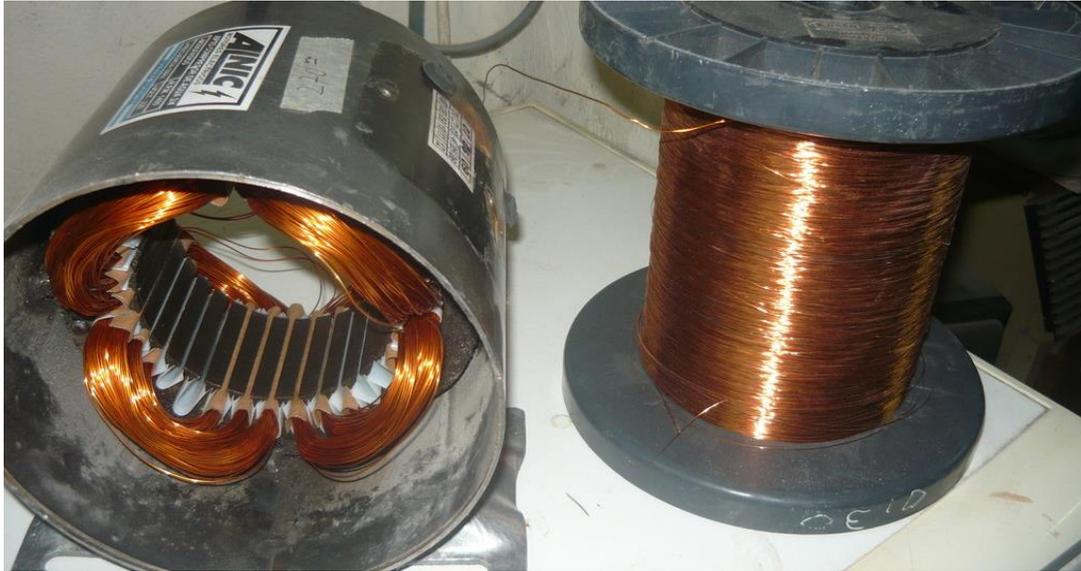


Figura 28. Introducción de las primeras bobinas de arranque. (Elaboración propia)

Si es necesario, con un trozo de madera se compactan las cabezas de las bobinas. Así se continúa hasta realizar la tercera bobina del primer polo de trabajo. De ese modo se terminan todas las bobinas de dicho polo. Una vez terminadas todas las bobinas de ese polo se corta el alambre para iniciar el devanado de las bobinas de otro polo. El siguiente polo se inicia de la misma manera, colocando unas varillas en las ranuras centrales y después se devana la primera bobina, al terminar, se colocan los caballetes de aislante.

De ese modo cada bobina queda aislada tanto por abajo como por arriba. Finalmente se termina de meter en las ranuras todas las bobinas.

Entre las cabezas de las bobinas de arranque y las de trabajo se coloca una tela aislante de fibra de vidrio. Las partes salientes de la tela de fibra de vidrio se recortan con unas tijeras, posteriormente se presionan las cabezas de las bobinas con un trozo de madera para que no rocen

con la carcasa ni sobresalgan del núcleo más de lo necesario

3.4 EMBOBINADO CON MOLDE

En el embobinado con molde, las bobinas se devanan sobre una horma o plantilla de madera o de metal y luego se introducen en las ranuras del estator. El molde puede ser hecho a mano o comprado de fábrica. Los hechos a mano pueden ser de madera o metal y ambos se hacen de manera semejante. Para hacer las bobinas primero se determina su tamaño. Para ello generalmente se usa una de las bobinas viejas. Otra manera es colocando un alambre grueso, al que se da la forma de la bobina interior, colocándolo dentro de las ranuras correspondientes.

Luego de ajustar con un asentador y ya introducido un lado de las bobinas en su ranura respectiva se mete el otro lado, comenzando siempre con la bobina más pequeña inmediatamente después se pone el caballete de aislamiento. De ese modo se embobina el primer polo de trabajo.

3.5 EMBOBINADO EN MADEJAS

El sistema de embobinado en madejas se utiliza principalmente para hacer las bobinas de arranque. Consiste en hacer una sola madeja o bobina grande, que se tuerce para formar las tres bobinas de un polo. El tamaño de la madeja se determina con la madeja original o simulando la bobina de un núcleo con un alambre grueso continuo. Para devanar una madeja se usa una horma de cuatro carretes sobre una base de madera. La forma exacta de la horma importa poco; lo que es importante es que el perímetro sea siempre el mismo.

Se saca la madeja. Y se mete una parte en las ranuras correspondiente al menor de los pasos. Luego se dobla y cruza para que se meta en las dos ranuras de en medio. Y se vuelve a hacer lo

mismo para completar el paso exterior. A continuación, las terminales de los polos de las bobinas de arranque se conectan en serie, uniendo la terminal final del polo dos. Después, se atan las terminales iniciales del polo dos y del polo tres. Por último, se unen la terminal del polo tres y la terminal de polo cuatro.

Para unir el alambre magneto, en vez de cinta de aislar se usan unos manguitos de plástico o de fibra de vidrio, llamados espaguetis, que se introducen en las terminales antes de hacer la unión y después se deslizan sobre ellas. Se usa un espagueti delgado para cada uno de los alambres magnetos que se van a unir y otro espagueti más amplio que cubre la unión de ambos alambres.

Luego las terminales se empalman quitando unos 4 cm de aislante en las puntas. Así se pueden unir y entrelazar los alambres desnudos uno sobre otro. Cada conexión debe soldarse. Se calienta el caudín y se cubre la superficie del conductor con resina o pasta. Se funde la soldadura de estaño sobre el conductor manteniendo la punta del caudín en contacto con la unión. Luego se recorre el espagueti grande sobre la zona de la soldadura, para cubrir.

Después, la conexión se dobla sobre las cabezas del embobinado para que no roce con el rotor. Por último, los cables de corriente de la red se conectan con cable flexible a la terminal inicial del polo cuatro, tanto en las bobinas de arranque como en las de trabajo.

Es costumbre designar las terminales con una letra y un subíndice y un cable de diferente color, Así, las terminales de corriente de las bobinas de trabajo se designan como T1, T2, T3, T4, con cables azul, blanco, naranja y amarillo, respectivamente, en tanto que las terminales de las bobinas de arranque se designan con las letras T5 Y T8 con los colores negro y rojo.

La bobina de trabajo se supone dividida en dos mitades. Las terminales de la primera se conocen como T1 Y T2, mientras que las de la segunda se designan como T3 Y T4. Las bobinas de arranque también se consideran divididas en dos mitades. Las terminales de la primera se conocen como T5 Y T6, en tanto que las de la segunda T7 Y T8. En un motor monofásico de una sola tensión las terminales de la bobina principal se designan como T1 Y T4, en tanto que las bobinas de arranque se conocen como T5 Y T8.

Las terminales soldadas se cubren con espagueti. Finalmente se procede a amarrar las cabezas con un cordel, a fin de que todo quede como una sola masa compacta. Para ello se dobla un trozo de alambre grueso se prepara una especie de aguja. Se hace un nudo llamado de cochino y así se continúa amarrando todo alrededor de las cabezas. Ya con las conexiones hechas y las cabezas de las bobinas amarradas, se procede a hacer las conexiones a la placa de bornes y al condensador. Antes conviene verificar que el rotor gire perfectamente y gire libremente, sin rozar con ningún cable de la bobina. Un asa del cable de la bobina se lleva hasta el lugar del condensador y se corta. Se pelan ambas puntas y en cada punta se coloca un conector. Los conectores del cable rojo se embonan a las dos terminales de la bobina.

La tapa del capacitor se aísla con un pedazo de papel para proteger las conexiones, atornillando la cubierta del condensador. Finalmente, el cable rojo que viene del condensador se conecta a una de las entradas de corriente de la placa de bornes. En el caso de las bobinas hay que hacer la conexión con el interruptor centrífugo, ya sea entre la red y la terminal inicial del polo cuatro o entre las terminales iniciales de los polos dos y tres, según hayan estado originalmente. En el caso de las bobinas de trabajo se debe hacer la conexión con el interruptor térmico, si es que lo

existe, generalmente entre el cable a la red y la terminal final del polo uno.

Antes de hacer el secado y la impregnación del nuevo embobinado, se hacen pruebas de tierra, de continuidad, de cortocircuito y de polaridad, para detectar fallas, para probar si las bobinas tienen la polaridad correcta, se conecta el motor a una batería eléctrica y se pasa una brújula sobre cada uno de los polos, en el interior del estator. Si las conexiones están bien hechas la aguja de la brújula se desviaba en sentidos opuestos cada vez que se cambie de polo.

Si hay una falla es necesario conectar correctamente las bobinas. Si el aislamiento de las bobinas es correcto y no hacen tierra, la lámpara no deberá encenderse. Si se enciende indica que en algún punto. De alguna forma las bobinas en perdido su aislamiento y su cable están en contacto directo con el metal del estator o de la carcasa. Hay que corregir el defecto, Para saber si hay continuidad y no existe ninguna interrupción en los alambres, las terminales de la lámpara de prueba se conectan a la entrada y salida de corriente de las bobinas de trabajo.

Si la lámpara se enciende es que no hay interrupción. En seguida se hace la prueba con las bobinas de arranque. Se puede producir un cortocircuito en tres los alambres de las bobinas al golpear o forzar su entrada en las ranuras, con lo que el aislamiento en un alambre y otro se puede perder.

El cortocircuito en las bobinas se descubre con una bobina de prueba o growler. La bobina de prueba se coloca sobre el núcleo del estator y se va desplazando, ranura por ranura. Si hay una bobina con alambres en corto circuito comenzará a vibrar una segueta colocada en el otro extremo de la bobina.

Hay que sustituir las bobinas defectuosas. Ya que se han hecho todas las pruebas, se aplica el barniz con una brocha o se escurre en las bobinas con un recipiente pequeño.

A continuación, arma el motor metiendo con cuidado el rotor en el estator para no raspar los alambres y colocando los tornillos y también se verifica que la flecha del rotor gire libremente.

Hay que verificar que las tapas del motor cierren y sellen perfectamente en toda su diámetro pues pueden quedar entre abiertas de alguna parte de su diámetro y así mismo mantener a la flecha en mala posición.

CAPÍTULO 4

MANUAL DE MANTENIMIENTO

APLICACIÓN DEL TEMA

4.1 DETECCIÓN DE FALLAS (EL MOTOR NO CAMINA)

Los principales problemas de un motor de condensador se clasifican en cuatro grupos: que el motor no se ponga en marcha; que el motor gire a una velocidad inferior a la normal; que el motor se caliente en exceso, y que el motor funcione ruidosamente. Si el motor no camina puede ser por nueve causas principales:

4.1.1. Condensador defectuoso

4.1.2. Interrupción en las bobinas

4.1.3 Contacto a tierra

4.1.4 Bobina quemada o en cortocircuito

4.1.5 Protector térmico con los circuitos abiertos

4.1.6 Sobrecarga excesiva

4.1.7 Baleros desgastados y atorados

4.1.8 Tapas montadas en forma incorrecta

4.1.9 Eje del rotor torcido

4.1.1 CONDENSADOR DEFECTUOSO

Cuando la tapa superior del condensador está averiada, o cuando las terminales de este se conectan a la línea de 110v por 2 o 3 segundos y al hacer contacto las dos terminales del condensador no hacen una pequeña explosión, junto con una chispa, entonces el condensador ya no sirve.

4.1.2 INTERRUPCIÓN EN LAS BOBINAS

Las interrupciones más frecuentes son por el mal estado de las uniones que llevan la corriente a las bobinas y al interruptor centrífugo, que pueden estar flojas o sucias. Hay que revisarlas y repararlas, en su caso, limpiando y uniéndose bien. También puede darse una interrupción en la rotura de uno de los alambres de la bobina de trabajo o de arranque. Para saber si hay una

interrupción en la bobina de trabajo, simplemente se usa la lámpara de prueba, conectada, por un lado, a la corriente y, por el otro, una punta a la entrada de la corriente de una bobina y la otra a la salida de la corriente de la misma bobina. Si la lámpara se enciende es que no hay interrupción. Si se mantiene apagada es que hay cable roto.

Enseguida hay que buscar el polo defectuoso tocando con la lámpara de prueba las terminales de cada polo. Si la lámpara no se enciende, el defecto que se encuentra en ese polo. Es un poco más difícil encontrar un defecto en las bobinas de arranque, porque el circuito incluye el interruptor centrífugo. Una falla en el interruptor muy frecuente porque sus contactos se van desgastando o ensuciando con el tiempo y se hacen una unión imperfecta, o bien hay una presión insuficiente entre la parte fija y giratoria y el circuito no se cierra. Para descubrir si la falla es en la bobina con colocar directamente las puntas de prueba de la lámpara en las terminales de la bobina de arranque, sin pasar por el interruptor centrífugo. Si la lámpara no se enciende está mal la bobina. Si se enciende, es probable que la falla esté en el interruptor centrífugo. Se colocan las puntas de prueba en la entrada al circuito de arranque y se presiona los contactos del interruptor para que se unan. Si la lámpara se enciende es que hay una falla en él.

4.1.3 BOBINA QUEMADA O EN CORTOCIRCUITO

La bobina quemada se conoce generalmente porque se ve a simple vista lo quemado o porque sale humo al conectar el motor. El cortocircuito se descubre con el probador de estator o growler,

4.1.4 CONTACTO A TIERRA

Se determina con la lámpara de prueba, con dos líneas en serie con la lámpara y tocando una de

las entradas del motor y a la vez rozando el alambre o la carcasa y si prende la lámpara es que el motor está aterrizado a tierra.

4.1.5 PROTECTOR TÉRMICO ABIERTO

En algunos casos basta con presionar los contactos del protector para que éste vuelva a funcionar. En caso contrario hay necesidad de sustituirlo por uno nuevo.

4.1.6 SOBRECARGA EXCESIVA

Cuando hay una sobrecarga excesiva y el motor no tiene protector, se calienta en demasía. La sobrecarga se advierte colocando un amperímetro en el circuito. Si la intensidad de la corriente es superior a la que indica la placa, es que hay una sobrecarga.

4.1.7 TAPAS MONTADAS EN FORMA INCORRECTA

En el caso de que uno o los dos baleros estén gastados y atorados, es necesario sacarlos de las tapas y cambiarlos por otros nuevos. Si las tapas no están bien colocadas, los baleros quedan desalineados. Entonces puede ser difícil o imposible que el eje gire. Cuando una tapa está bien ajustada y se golpea con un mazo, tiene un sonido limpio. Si suena hueco es necesario aflojar todas las tuercas y volverlas a apretar poco a poco cada vez y de manera alternada para que la tapa vaya entrando derecha.

4.1.8 EJE DEL ROTOR TORCIDO

Es posible rectificar el eje torcido de un rotor en él. En ese caso es necesario cambiar los baleros por uno de diámetro inferior menor, igual al eje rectificado.

4.2 EL MOTOR GIRE A UNA VELOCIDAD INFERIOR

Que el motor gire a una velocidad menor puede deberse a cinco causas:

4.2.1 Cortocircuito

4.2.2 Inversión de polaridad en las bobinas de trabajo

4.2.3 Conexiones erróneas en el estator

4.2.4 Baleros desgastados

4.2.5 Barras del rotor desprendidas de los anillos

Una avería en las barras del rotor se distingue por un zumbido en éste y poca potencia en el motor. Esta falla generalmente se advierte visualmente, al sacar e inspeccionar el rotor. Pero de no ser así se puede identificar al colocar el rotor en el growler o en el probador de rotores.

4.3 EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO

Cuando el motor se calienta en demasía después de trabajar un tiempo puede tener las siguientes fallas:

1. Cortocircuito,
2. Contacto a tierra,
3. Baleros desgastados.

4.4 EL MOTOR FUNCIONA RUIDOSAMENTE

Los problemas que hacen que un motor de condensador funcione ruidosamente pueden ser las siguientes:

4.4.1 Cortocircuito

4.4.2 Conexiones erróneas entre polos

4.4.3 Barras del rotor desprendidas

4.4.4 Baleros desgastados

4.4.5 Interruptor centrífugo deteriorado

4.4.6 Juego del eje excesivo

4.5 BOBINADO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Los motores trifásicos están hechos para trabajar en corriente alterna de tres fases, cada una de 115 volts. Son motores potentes que se usan para mover máquinas, herramienta, bombas, montacargas, grúas, maquinaria pesada, ventiladores, etcétera.

El motor trifásico es parecido al del condensador, sólo que no tiene ni condensador ni interruptor centrífugo. Está compuesto sólo por la carcasa, del estator y el rotor.

La carcasa contiene las tapas, las tapas, la placa de bornes y las patas o los apoyos del motor. Conviene familiarizarse con las conexiones fundamentales en motores trifásicos antes de describir el proceso de rebobinado. En los motores trifásicos el número de bobinas del estator es igual de las ranuras del núcleo. Como cada bobina tiene dos lados alojados en las ranuras, cada una de las ranuras recibe dos bobinas, en una doble capa.

El embobinado de los motores trifásicos está compuesto por el mismo número de bobinas pertenecientes a cada una de las tres fases de la corriente, conocidas como fase A, fase B, fase C. El número de bobinas de cada fase es igual al número total de bobinas dividido entre tres.

Las tres fases de un motor trifásico están siempre conectadas en triángulo. En la conexión en estrella, el principio de cada fase va conectado a su línea de alimentación, mientras que sus puntas van unidas entre sí, en un punto o centro de la estrella. En la conexión en triángulo el final de cada fase va unido al principio de la siguiente.

Se llama grupo a un determinado número de bobinas contiguas conectadas en serie. Los motores trifásicos llevan siempre tres grupos de bobinas iguales de bobinas en cada polo: uno pertenece a la fase A, el otro a la fase B, y el otro a la fase C. Esto significa que cada polo está formado por tres grupos de bobinas, una por cada fase. Para conocer el número de bobinas por polo se divide el número total de bobinas entre el número de polos. Si se quiere establecer el número de bobinas por grupo, se divide el número de bobinas por polo entre el número de fases. Las bobinas de cada grupo siempre están conectadas en serie. Así, el final de la primera bobina va unido al principio de la segunda y el final de la segunda, al principio de la tercera. Si el grupo está compuesto por tres bobinas, entonces el principio de la primera bobina y el final de la tercera bobina son terminales del grupo. Cuando las bobinas se hacen en grupos no hay necesidad de hacer conexiones entre ellas. Pero cuando cada bobina se hace por separado hay que hacer la conexión en serie entre una y otra bobina de cada grupo.

Enseguida, se conectan entre sí todos los grupos de bobina que pertenecen a cada fase, cambiando la polaridad de un grupo al siguiente. Así, en los grupos que componen la fase A. La terminal final del primer grupo se une a la terminal final del del segundo grupo, mientras que la terminal inicial del segundo grupo se une a la terminal final del tercero se une a la terminal final del cuarto grupo.

Después, se conectan los grupos de bobinas de la fase C, en la misma forma que se hizo para los de la fase A. saltándose intencionalmente el grupo B. La conexión a la fase B se inicia por el segundo grupo, no por el primero con que se termina. De ese modo todas las conexiones se hacen idénticas y la corriente de esa fase corre en dirección opuesta a las otras dos.

Luego, los inicios de las fases A, B, y C se unen cada una, a un cable flexible y se llevan a la placa de bornes. Si la conexión es en estrella, entonces los finales de los grupos de cada fase se unen entre sí y la unión se aísla. De ese modo la corriente entra en un momento dado por una de las fases y sale por las otras dos, para un instante después entrar por las otras dos y salir por la tercera, según un ciclo rotativo.

Si la conexión es un triángulo no existe ningún centro y el final de la fase A se une al inicio de la fase C, cuyo final se hace coincidir con el principio de la fase B.

4.6 REBOBINADO

La técnica para rebobinar un motor trifásico es esencialmente la misma que para un motor con condensador. Se principia por tomar los datos, se sigue sacando las bobinas viejas y el aislamiento de las bobinas y su colocación, para continuar con su conexión entre sí y terminar con la verificación eléctrica y la impregnación.

4.7 TOMA DE DATOS

Los datos que se deben anotar son los que aparecen en la placa. Además, antes de desarmar y cortar las terminales se debe registrar el número de ranuras, el número de bobinas la clase de conexión entre bobinas, el número de vueltas de cada bobina, la forma y tamaño de cada bobina,

el paso de la bobina, la clase de aislamiento de las ranuras y el calibre del alambre magneto, así como el espesor de su aislamiento. En los motores grandes.

Para tener un modelo del tamaño de las nuevas se puede sacar una bobina intacta. El alambre magneto se compra por peso, de modo que se deben pesar las bobinas de un polo y multiplicar su peso total, para calcular la cantidad de alambre que hay que comprar. Antes de sacar las bobinas conviene medir y anotar la distancia que sobresalen las cabezas para que esa distancia nunca sea mayor en las nuevas. Una vez limpias las ranuras se coloca un aislante nuevo, del mismo grueso y material que el original. Las bobinas de los motores trifásicos generalmente se hacen con moldes ajustables o un bastidor. A las bobinas de los motores medianos, que tienen las ranuras semicerradas, solamente se les cubre de cinta las cabezas, mientras que las partes que van metidas quedan libres. Algunos talleres no encintan las bobinas, pero debe poner un aislante entre las bobinas que pertenecen a distintas fases.

4.8 COLOCACIÓN DE LAS BOBINAS

En los motores que tienen las ranuras semicerradas hay que meter los alambres separándolos un poco, mientras se mantiene inclinada la bobina para que todos puedan entrar en la ranura. Se debe tener la seguridad de que todos quedan dentro del aislamiento, para que no haya peligro de un contacto de tierra. Enseguida, se presionan suavemente con los dedos para que todos los alambres queden en el fondo de la ranura y se pone un caballete de material aislante. El otro lado de la ranura se deja fuera, pues este lado de las bobinas ocupa solamente la mitad inferior de la ranura. Otro lado se deja fuera, hasta que el fondo de la ranura donde debe ir esté ocupado con el primer lado de la otra bobina.

La ranura de junto se mete un lado de la segunda bobina. Así se sigue hasta casi terminar con todas. Se coloca una tira de material aislante encima de las ranuras, para separarlas de las bobinas que van a ir abajo. Cuando la segunda ranura en la que debe entrar una bobina ya tiene bobina abajo, entonces se puede meter el otro lado de cada bobina, quedando siempre en la parte superior de la ranura. Algunas veces se coloca el segundo lado de las bobinas hasta que se han terminado de colocar el primero de todas. La distancia entre el lado de la bobina que va abajo y el que va arriba es igual al paso de la bobina. Al ir avanzando, hay un momento que las ranuras vacías quedan cubiertas por el segundo lado de las bobinas. Es necesario amarrar las bobinas sueltas para levantarlas y dejar libres las ranuras vacías.

La con las bobinas sueltas levantadas, es posible colocar las bobinas faltantes. Al ir colocando cada bobina en sus ranuras, se van poniendo caballetes de aislante. Al terminar de colocar las bobinas se compactan las cabezas para evitar que rocen con el rotor o con las tapas. Se recortan los sobrantes de aislante que se colocaron para separar las bobinas de cada fase. El bobinado queda listo para el terminado, que consiste en afirmarlo como una masa compacta y hacer las pruebas necesarias para verificar su estado correcto. Ya colocados dentro de las ranuras los dos lados de todas las bobinas, se inmoviliza todo el devanado colocando cuñas de madera o fibra prensada que sobresalgan unos tres milímetros por ambos extremos.

Después se hacen las mismas pruebas de polaridad, interrupción, cortocircuito y tierra que se mostraron para los motores de condensador Finalmente, se barniza el embobinado y se deja secar, antes de volver a armar el motor.

4.9 Circuito de Potencia.

Este generalmente comprende el Centro de Control del Motor hasta la caja de bornes e involucra conductores, interruptores, protectores térmicos, fusibles contactores, cuchillas. En donde a través de un estudio de EPRI se dice que el 46% de las fallas en un motor son causa de los falsos contactos.

Por lo que, aunque muchas veces el motor se encuentre en buenas condiciones, el circuito de potencia a donde está conectado esté defectuoso que a su vez lo puede dañar.

Los problemas de conexiones que se pueden oponer al paso de corriente pueden ser entre otros.

Generación de armónicas, Desbalances de voltajes, Desbalance de amperajes

Normalmente las conexiones de alta resistencia son causadas por: Terminales corroídas, Cables sueltos, Barras sueltas, Prensa fusibles corroídos, hilos abiertos, Conexiones entre Aluminio-cobre, Diferentes tamaños de conductores. Un método para detectar falla en el circuito de potencia es la medición en el circuito de potencia, es la medición de resistencia entre las fases en donde su desbalance debe de ser menos del 5% y para detectar desbalances en el voltaje con el motor energizado. Otro método para complementar el diagnóstico es detectar falso contactos y elevación de temperaturas es a través de la termografía. Como se muestra a continuación.

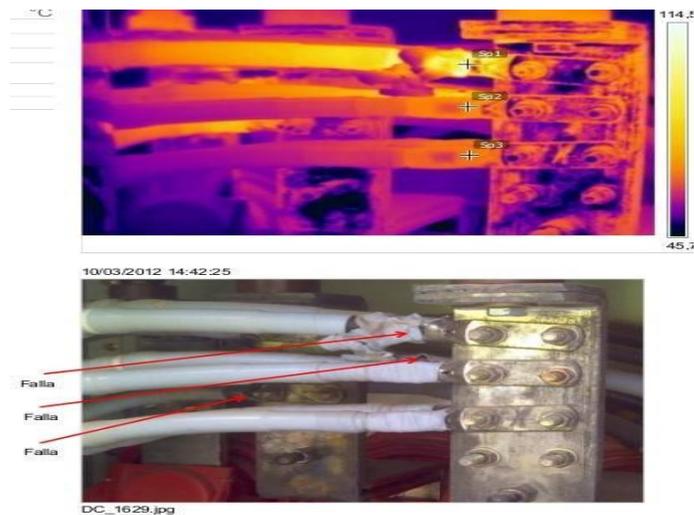


Figura 29. Calidad de energía. /06:41p.

m.15/03/2018<http://fersddanka.files.wordpress.com/2011/02/fallas-elctricas1.pdf>s el área de falla que influye mucho en la vida del motor, dos de los factores en relación a las fallas en el motor pueden ser.

4.10 Desbalance de voltaje

Es cuando los voltajes aplicados al motor no son equilibrados y a su vez desarrollan corrientes de secuencia negativas y reducen el torque del motor, produciéndole efectos como son aumento en la temperatura y la vibración del motor. El aumento en la temperatura provocará daños en el aislamiento y el aumento en la vibración provocará algún grado de soltura mecánica en rodamientos y aflojamiento en bobinas del estator.

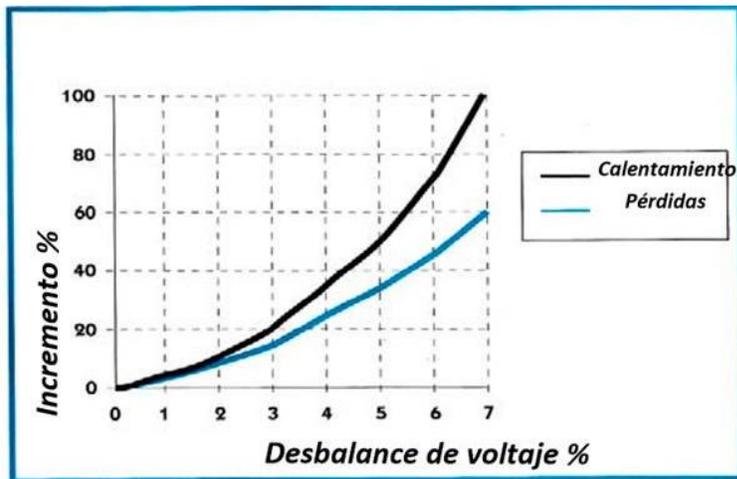


Figura 30. Desbalance de voltaje/06:56 p.m.15/03/2018/<http://renamecr.com/blog/index.php/2017/06/26/consecuencia-del-desbalance-del-voltaje-en-motores-eléctricos/>

Cuando se observan desbalances de voltaje, la potencia del motor debe ser multiplicada por un factor de reducción pues el desbalance del motor no debe ser mayor al 5%.

4.11 Armónicas.

Son señales que distorsión la onda fundamental tienen una forma senoidal y están presentes en múltiplos de la fundamental. Hay tres tipos de armónicas, son:

4.11.1 Secuencia positiva:

Crea un campo magnético en la dirección de la rotación, por lo tanto, ayuda al torque del motor.

4.11.2 Secuencia negativa:

Se opone a la rotación del motor incrementa la demanda de corriente a una carga determinada.

4.11.3 Secuencia cero:

No produce ningún trabajo, pero causa calentamiento y retorna al transformador de alimentación y sobrecarga al nuestro. Produce por lo tanto calentamiento en el transformador también.

Armoni	HZ	Secuen	Armoni	HZ	Secuen
1	60	+	7	420	+
2	120	-	8	480	-
3	180	0	9	540	0
4	240	+	10	600	+
5	300	-	11	660	-
6	360	0	12	720	0

Figura. Clasificación de cada armónica para un sistema /06:56
p.m.15/03/2018/http://renamecr.com/blog/index.php/2017/06/26/consecuencia-del-desbalance-del-voltaje-en-motores-eléctricos/

El fenómeno de las armónicas que más afecta a los motores es el excesivo calor que demandan las corrientes anormales, pues un motor que consume 150 amp. Podría consumir hasta 180 amp. Este calentamiento podría ser soportado por el motor, dañando severamente al aislamiento y rompimiento del mismo. Si este TDH no se corrige y es instalado un un motor nuevo se volverá a repetir la misma situación. Existe un factor de reducción conocido como factor de voltaje armónico (HVF en inglés), el cual se utiliza para reducir la potencia del motor en presencia de un TDH alto. La distorsión es más importante del estándar IEEE 519-1992, el TDH para sistemas operando a menos de 69 KV no debería ser mayor a 5% y es recomendable que cada armónica de

voltaje individual no exceda del 3%.

Una correcta identificación de las armónicas presentes en el circuito de distribución permitirá a los especialistas a diseñar filtros pasivos y activos para eliminar el efecto.

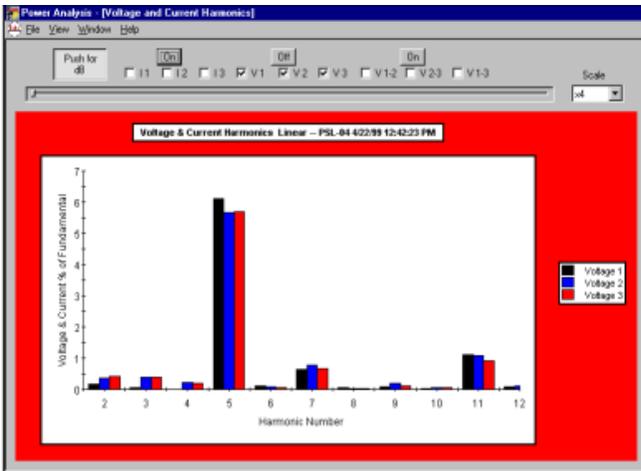


Figura 31. Medición de armónicas. 09:04p.

[m./15/03/2018/https://fersddanka.files.wordpress.com/2011/02/fallas-electricas1.pdf](https://fersddanka.files.wordpress.com/2011/02/fallas-electricas1.pdf)

4.12 Aislamiento

Cuando se habla de aislamiento se refiere a la resistencia que hay entre el mismo aislamiento a tierra, que en inglés se describe como (RTG). La RTG indica que tan sano o limpio está el aislamiento.

Para que en un aislamiento se dé una falla a tierra pueden pasar dos cosas den ocurrir dos cosas. Primero, a través del aislamiento se puede crear un camino de conducción. Conforme el aislamiento envejece se fisura produce más material conductor. Segundo, la superficie exterior del aislamiento, se puede contaminar de material conductor y a su vez conduce suficiente

corriente a la carcasa u núcleo que está conectado a tierra.

En la actualidad los sistemas de aislamiento han mejorado mucho, pues son capaces de soportar altas temperaturas sin sacrificar su vida esperada.

La temperatura máxima con la que opera un motor estas dependen de los materiales con que fueron construidos una de las temperaturas más usadas son:

- ❑ Aislamiento clase B temperatura máxima de 130° C
- ❑ Aislamiento clase F temperatura máxima de 155° C
- ❑ Aislamiento clase H temperatura máxima de 180° C

Estas temperaturas máximas son a las cuales el aislamiento se podría colapsar.

La termografía es una herramienta muy útil para identificar alguna falla en el aislamiento, si es que contamos con el dato de placa. Si, por ejemplo, el aislamiento se excede de 120° a 140°, pues se sabe que al aumentar la temperatura el aislamiento pierde muy rápido sus propiedades, con esto se dice que, si la vida de un motor es de 15 años, solo durará 3 años. La termografía también puede precisar el lugar del calentamiento (corto entre espiras) sin embargo esta herramienta está limitada a indicar porque se produce este.

Cuando se hace esta prueba no solo se usa esta prueba no solo se usa el megóhmetro ya que la norma indica que debe incluirse una medición de temperatura en el bobinado o al menos en la carcasa. Esto con el objetivo de corregir la medición por temperatura. Podemos ver una gráfica a continuación.

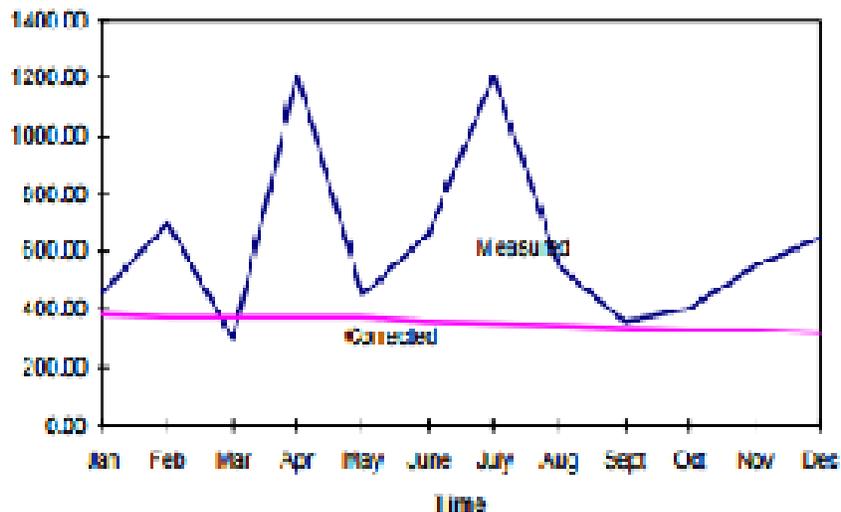


Figura 32. Medición de aislamiento corregida por temperatura. <https://fersddanka.files.wordpress.com/2011/02/fallas-electricas1.pdf>

Además de las causas de raíz de falla en un aislamiento ya mencionadas tendremos otra:

Circuito de potencia: Una conexión de alta resistencia, que produce un desbalance de voltaje de línea desbalanceada.

Armónicas: Introducen corrientes de secuencia negativa, sobrecalentando el devanado.

Ambiental: Contaminación en el motor.

El utilizar un megger puede ser un buen inicio para diagnosticar un aislamiento, pero no nos dará información completa, otro aspecto es que el Institute of Electric and Electronic Engineers

(IEEE) basa los límites de aislamiento a una temperatura de 40°C. Por eso es importante hacer una corrección de temperatura de otra forma se tendrán valores con variaciones altas y bajas tal y como se observa en la ilustración anterior. La norma a la que nos referimos IEEE 43-2000.

También la IEEE indica que se debe calcular el Polarization Index (PI) es el valor de aislamiento tomado a los 10 minutos entre el valor de 1 minuto, básicamente da una indicación de la pendiente del perfil del índice de polarización; un PI de 2.0; según IEEE es aceptable para aislamientos de clase B, F, Y H; pero desafortunadamente motores y generadores de sistemas de aislamiento inestables pueden dar valores cercanos a 2.0; por esto se recomienda evaluar en índice de aislamiento y no solo su valor.

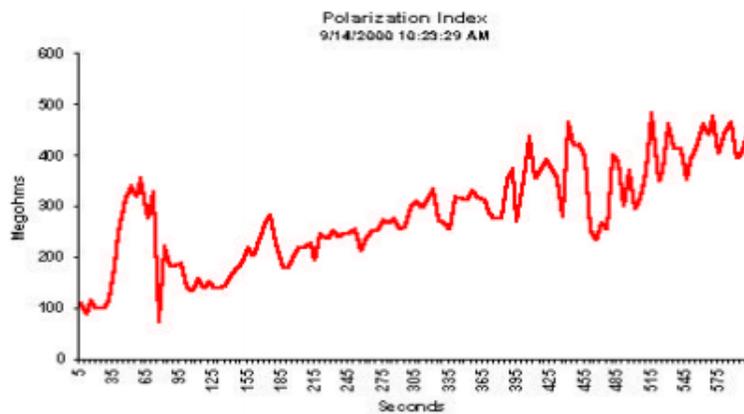


Figura 33. Perfil del índice de polarización inaceptable 09/14p.
m./15/03/2018//fersddanka.files.wordpress.com/2011/02/fallas-electricas1.pdf

Aquí se muestra un perfil con una contaminación severa y resquebrajamiento de aislamiento. Esta prueba del PI se realiza con voltaje CD y no es potencialmente destructiva como las pruebas

de Hi-pot o la prueba de impulso.

Otro tipo de parámetro para evaluar la contaminación interna del aislamiento es la Capacitancia a tierra. (CTG en inglés). Una máquina que está limpia y seca exhibe un CTG bajo en comparación con una que está contaminada, conforme se deposite más material en el aislamiento el dieléctrico aumenta y la capacitancia crece. Efectuar paros para limpieza en motores es de gran importancia para ahorrar tiempo de paro para este mantenimiento.

4.13 Estator

Una falla muy común es un corto entre vueltas, esto reduce la habilidad de un campo magnético balanceado. Esto trae consecuencias como es el aumento en la vibración, y por ende produce una degradación en el aislamiento y daños en rodamientos estos cortos producen un aumento de temperatura. Los cortos se expanden entre las espiras y eventualmente destruyendo todo el motor. Si las rayas ocurren varias veces, pues con solo utilizar el megger será insuficiente utiliza como herramienta predictiva ya que estas fallas suelen pasarse por alto. Si el núcleo del motor se llega a dañar el reemplazo sería total el diagnóstico de esta falla la podemos efectuar directamente en las terminales del motor desde el Centro de Control de Motores (I C M).

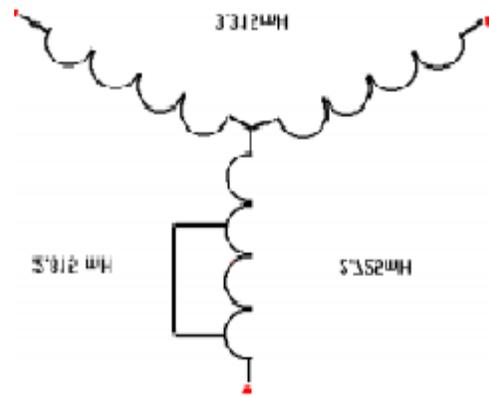


Figura 34. Desbalance inductivo – corto entre espiras/06:56 p.m.15/03/2018/<http://renamecr.com/blog/index.php/2017/06/26/consecuencia-del-desbalance-del-voltaje-en-motores-eléctricos/>

.La prueba dinámica con el motor energizado identifica una falla en el estator tomando mediciones de voltaje y corriente por fase calculando la impedancia en cada una. Si una fase tiene problemas en los devanados, el desbalance de impedancia aumenta. Después de analizar las fallas que pudiera ocurrir en el motor, se hará una descripción interna de datos particulares del estator del motor.

APLICACIÓN DEL TEMA

4.14 MOTOR MARCA RELIANCE

En este proyecto se aplicará a un motor trifásico, que es una máquina rotativa capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica.

Los motores eléctricos son fabricados para diferentes potencias, se construyen para todas las tensiones y frecuencias (50, 60 Hz) normalizadas frecuentemente y está equipados para trabajar a

dos tensiones nominales distintas. Se emplea para accionar un ascensor de montacargas.

4.15 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Al conectar corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases creando un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor. Esta corriente origina un flujo en las barras del rotor que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator. Esto se debe a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento. Después de ese momento viene otro deslizamiento y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la velocidad del campo magnético giratorio. Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono. Este deslizamiento aumenta conforme aumenta la carga del motor y lógicamente la velocidad se reduce a una proporción mayor. El conductor de este motor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente obtenida adquiriendo propiedades magnéticas, debido a la interacción de los polos ubicados en el estator y debido a este producto en motor tiende a desplazarse produciendo así la energía mecánica mediante el dispositivo llamado flecha. Una de las características de este motor es que su velocidad es directamente proporcional a la red de corriente alterna que lo alimenta. Y se utiliza el caso donde se desea una velocidad constante.

4.16 DESPIECE DEL MOTOR RELIANCE

4.16.1 Estator: Está que es la parte estática del motor está conformada por un enchapado de hierro con silicio, que generalmente es introducido a presión, este enchapado de hierro es ranurado y servirá para introducir las bobinas.

4.16.2 Rotor: Es la parte giratoria del motor, y está formado por el eje, enchapado y unas barras de aluminio unidas en los extremos. A este tipo de rotor se le llama jaula de ardilla porque el anillo y las barras forman una jaula de ardilla.

4.16.3 Escudos (tapas) del motor: Estas partes están conformados de hierro colado, y en el centro tienen cavidades en donde estará alojado en este motor un solo cojinete de medida 6203 sobre el cual descansará el eje del rotor. Este escudo deberá de estar bien ajustado con respecto al estator del motor, pues de esto dependerá que el rotor no tenga fricciones con el estator.

4.16.4 Eje del Motor: Es también conocida como flecha del motor y esta abrazada por las láminas y las barras de aluminio. Está hecha de acero macizo e inoxidable con un grosor de 13/16 “(pulg) por el lado de los rodamientos y de engranaje.

4.16.5 Rodamientos: Son baleros de acero donde descansa el eje del rotor con la medida 6203 z.

4.16.6 Fases del Motor: Son las tres líneas de corriente eléctrica que se derivan del devanado del estator y que juntas forman la corriente eléctrica trifásica demanda.

4.16.7 Carcasa: Es la parte exterior metálica que cubre y protege la parte interior del motor.

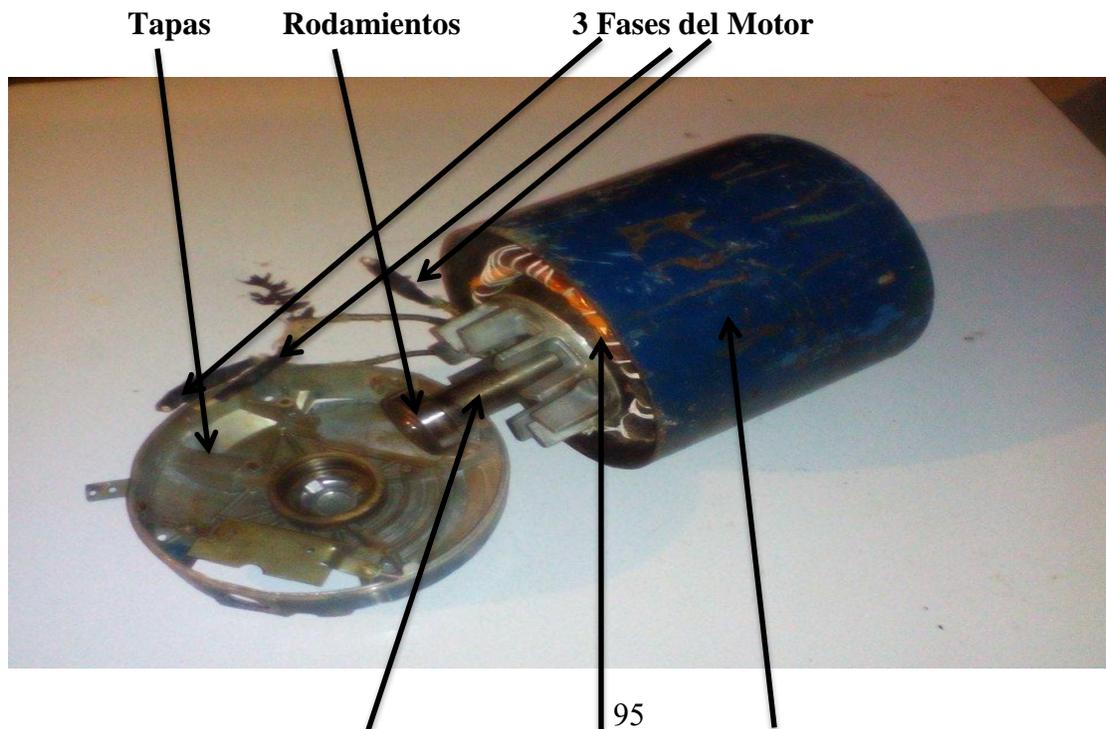
4.16.8 Devanado: Son los manojos o grupos de alambre de cobre que se encuentran alojados en las ranuras del estator que este caso es de calibre número 21.

Los siguientes elementos son cada una de las partes que componen el motor de marca RELIANCE al cual se le dará el mantenimiento preventivo o correctivo, si así lo requiere, que se utilizará en este ejemplo práctico, que lleva como objetivo, el acoplamiento de este motor a un moto reductor de la misma marca Reliance que a su vez habilitara un ascensor montacargas casero de dos niveles.

En la siguiente figura podemos visualizar cada una de las partes que componen el motor de marca RELIANCE al cual se le dará el mantenimiento preventivo o correctivo, si así lo requiere, que se utilizará en este ejemplo práctico, que lleva como objetivo habilitar este motor trifásico de 0.5 hp.

El cuerpo físico del motor trifásico lo podemos observar en la siguiente figura.

4.17 CUERPO FÍSICO DE MOTOR RELIANCE Y SU PARTES



Eje del rotor Devanado Carcasa

Figura 35. Despiece del motor (Elaboración Propia)

Estas son cada una de las partes que componen el motor de marca RELIANCE al cual se le dará el mantenimiento preventivo o correctivo, si así lo requiere, que se utilizará en este ejemplo práctico, que lleva como objetivo la construcción de un ascensor montacargas de dos niveles.

4.18 Características y Datos de la Placa

4.18.1 Número de serie- Es el número único con el que es identificado el motor mencionado.

4.18.2 Velocidad del Motor- Es la velocidad a la que gira el rotor, ósea las revoluciones por minuto a la este.

4.18.3 Tipo de Motor- (trifásico).

4.18.4 Frecuencia- Es el número de frecuencias a las que trabaja el motor, que este caso es a 60 Hz.

4.18.5 Amperios- Es el amperaje que consume el motor con carga y sin carga.

4.18.6 Voltaje- Son los diferentes voltajes con los que puede trabajar el motor y los voltajes pueden ser a 230/460 Volts.

4.19 ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE FALLA EN EL MOTOR

Determinar problemas debe ser confiable y seguro por esto el análisis del motor debe contener resultados en las siguientes zonas de falla: circuito de potencia, aislamiento, estator, rotor, entrehierro, calidad de energía. Estas pruebas se realizan al motor detenido y energizado.

4.20 MANTENIMIENTO DE MOTOR RELIANCE

4.20.1 PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO

Este motor trifásico es parecido al de condensador, solo que no tiene condensador, ni interruptor centrífugo. Está compuesto sólo por la carcasa, del estator y el rotor.

1. Como primer pasó: Se procederá a realizar el despiece de motor (destapar y desarmar) para revisar y analizar el estado de este y así mismo efectuar el mantenimiento preventivo o en su defecto correctivo según sea el estado del motor.

2. Como segundo paso: Es la limpieza con el limpiador W 50 de todos y cada una de las partes del motor como son: tapas de la carcasa, estator, rotor, bobinado del estator.



Figura 36. Del motor. (Elaboración propia)

3. Como tercer paso: Es la limpieza con el limpiador W 50 de todos y cada una de las partes del motor como son: tapas de la carcasa, estator, rotor, bobinado del estator. Se hará un cambio de (rodamientos) baleros de tapas metálicas hechos en Japón con el número de medida 6203 z. A Continuación, describiremos el cambio y engrasado de baleros.



Figura 37. Cambio de Baleros (Elaboración Propia)

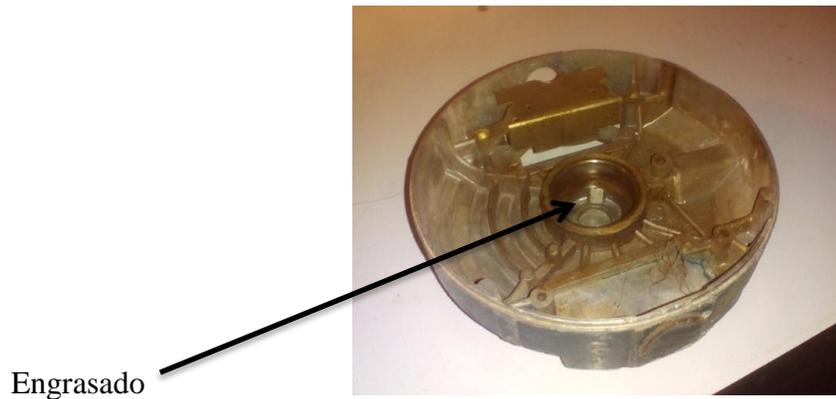


Figura 38. Tapa del motor (Elaboración propia)

4.21 NOTA: CÁLCULO DE MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN

En algunas ocasiones se llegan a extraviar los datos de algunos motores monofásicos que pensamos rehabilitar y para estos accidentes requerimos de una fórmula general.

Para esta clase motores se toma en cuenta las medidas del núcleo, diámetro inferior y longitud axial tomadas las medidas necesarias se hace el cálculo por fase conectadas en serie, en caso de que la conexión sea dos o más paralelos se tomará en cuenta esto para multiplicar el resultado de la fórmula por el número de circuitos en paralelo que se deseen poner.

Fórmula general:

$$Nv = \frac{E \times 10^8}{4 E \times LF (L)}$$

D= diámetro del núcleo

Nv= Número de vueltas

g= voltaje 10^8 =flujo magnético (líneas necesarias para producir un volt)

4= constante

Lf= líneas de fuerza (inducción magnética)

L= longitud axial del núcleo

$\Phi = (f_i) \Phi = 3.14 \times D (4)(L)$

Np

np= número de polo

1. Flujo Magnético: Número de líneas de fuerza invisibles que viajan por el núcleo proporcionando el campo necesario para realizar por una inducción se representa por la letra griega F, Φ y en su medida.

2. Inducción Magnética: Se define como el cociente entre el flujo magnético

Que atraviesa dicha sección y la sección misma se representa con la letra B.

$B = \Phi/s$

Ar= número de ranuras

En la figura siguiente observaremos el estator de nuestro motor.

4.22 MOTOR RELIANCE



Figura 39. Vista frontal del estator. (Elaboración Propia)

1. El estator está conformado de 36 ranuras y se encuentran forradas por un papel aislante llamado maila, papel que soporta temperaturas arriba de 130° C.
2. El bobinado es compuesto de 6 grupos con 3 bobinas cada una. El paso de bobina es 8, 10, 12
3. En cada ranura se alojan 33 vueltas de alambre.
4. El calibre del alambre de cobre es del número 21. Las madejas de bobinas se vuelven barnizar y amarrar con hilo de algodón. Se aprovecha sacar puntas nuevas de las líneas de consumo de energía eléctrica.
5. La conexión de este motor está compuesto por dos estrellas y tres puentes de dos terminales para poder trabajar a 230 voltios de tensión.

A Continuación, se muestra cómo barnizar y amarrar nuestro motor RELIANCE.



Figura 40. Amarrado y embarnizado del bobinado. (Elaboración Propia)

Este motor cuenta 12 terminales en su bobinado y puede trabajar en bajo y alto voltaje (230 /460 v).

En este proyecto el motor trabajará con una tensión baja a 230 volts, conectado en paralelo con doble estrella (para bajo voltaje) y su conexión en los bornes va conectado como se muestra en la siguiente imagen.

Cuando nos referimos a un rotor se debe revisar barras, laminaciones y anillos de cortocircuito.

En un estudio de EPRI se mostró que el 10% de fallas en el motor se debe al rotor, pues una barra rota produce un intenso calor, destruyendo el aislamiento más cercano. Se pudiera rebobinar un motor varias veces sin saber que el problema sigue estando en el rotor.

El MCEmax es la prueba de Rotor Influence Check (RIC) relacionando el magnetismo entre el rotor y estator. Esta prueba se realiza en incrementos específicos (determinados por el número de polos del motor) tomando la lectura en el cambio de inductancia para cada fase.

El RIC puede mostrar la forma normal de valores de inductancia o erráticas y periódicas

causadas por la distorsión de del flujo en la barra rota como se muestra en la siguiente imagen.

Dinámicamente se puede identificar a las barras rotas en un análisis de corriente de motor, este se desarrolla al tomar la señal de corriente de las tres fases del motor y se pasa al dominio de la frecuencia (FIT). Este análisis identifica a una banda lateral llamada frecuencia de paso de polo (FP).

Al utilizar este análisis se obtiene un alto nivel de confianza, sobre todo cuando se trata de sacar de servicio a un motor importante.

El rotor de este motor debe de estar centrado, pues hay un claro entre motor/generador conocido como “Air Gap”. Si está claro no está bien distribuido en sus 360° se producen campos magnéticos desiguales.

Este efecto adverso que provocan estos campos desiguales, los que a la larga

Provocan falla en el aislamiento y en los rodamientos. A este problema se le conoce como excentricidad, y existen dos tipos, la estática en la cual el rotor está descentrado pero fijo en un lugar. Regularmente este problema es causado cuando los rodamientos de los roles no están bien alineados, o que la carcasa del motor fue torcida al ser instalada.

La excentricidad dinámica es donde el rotor se balancea dentro del estator y así la inductancia varía, esta excentricidad es producida por una deflexión en el eje.

Como conclusión podemos mencionarlo que se ha discutido en este artículo de fallas en motores, y decir que las que las tecnologías predictivas más comunes tienen severas limitaciones y tienden

a fallar al precisar las anomalías en un motor.

Actualmente podemos utilizar el equipo de MCEmax fabricado por pdMA, es considerada la herramienta más completa para el diagnóstico de motores, tanto estática como dinámicamente y así como también permite probar motores de inducción, síncronos, de rotor devanado y de corriente directa, que pueden ser desde 1HP hasta 2000 HP, no importa el tamaño.

La tecnología dinámica es importante para diagnosticar anomalías en motores que por razones de producción no pueden ser detenidos.

La tecnología estática es de vital importancia para revisar motores que se dispararon y su puesta en marcha puede ser peligrosa. O que se ha reparado y se quiere tener la certeza de que están aptos para su funcionamiento.

Entonces esta fuerza se convierte en una potencia.

Si el motor tiene una determinada potencia en HP y tiene una velocidad nominal a la cual gira la flecha que en este caso es de 1725 rpm. Estas dos características llevan aparejado un cierto “torque” o “par” que puede liberar el motor y es precisamente el “par” que permitirá que podamos o no girar una determinada carga, cuanto más alto el par más grande será la carga que podamos girar. El que tan rápido podamos girar la carga dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra. Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motorreductor está regida por la fórmula siguiente.

$$\text{PAR (en kg-m)} = \frac{\text{POTENCIA (en HP)} \times 716}{\text{VELOCIDAD DE GIRO DE LA FLECHA DEL MOTOR O REDUCTOR (RPM)}}$$

RPM = número de giros de la flecha por minuto

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM} \quad \text{en kg-m}$$

Figura 41. Fórmula de la combinación de Potencia, Par y Velocidad

10:27p.m./15/03/2018/http://www.potencia electromecanica.com/calculo-de-un-motor reductor/

En la figura siguiente se muestra la imagen del motor Reliance acoplado al motor reductor de la

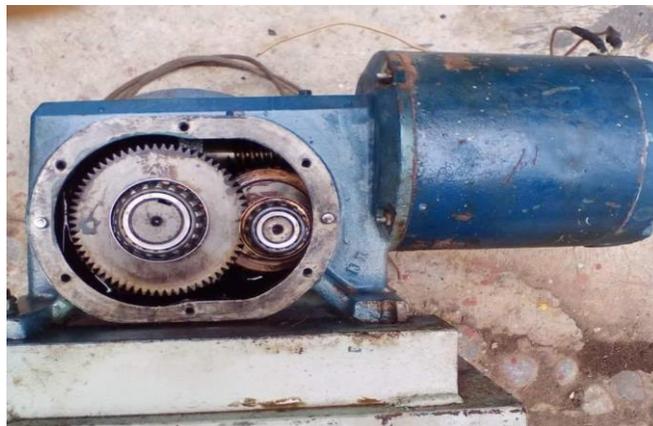


Figura 42. Reductor con entrada superior y salida horizontal. (Elaboración Propia)

Un aspecto muy importante significativo viene a ser los costos de mantenimiento de ciclo de vida de cada motor, pues va depender de la eficiencia con la que cuenta nuestro motor Reliance.

RELACIÓN DE MATERIALES Y COSTOS

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo total
01	Alambre de cobre esmaltado color calibre N°21 AWG	kg	0.85kg	\$75.00kg	\$63.75
02	Papel Nomex de 0.5mm	pliego	1/4	\$35.00-pg	\$ 8.75
03	Cable twh 16 awg	m	3 m	\$18.00m	\$18.00
04	Espagueti delgado. 5mm diam.	M	2 m	\$ 5.00m	\$10.00
05	Cinta de rayon	M	4 m	\$ 3.00m	\$12.00
06	Estaño-plomo 2mm	M	2 m	\$ 1.20m	\$ 2.40
Costo por materiales					\$ 114.9

N°	Ambiente y Equipos de Taller	Horas	Costo s/.
01	Luz eléctrica en ambiente	20	\$ 10.00
02	Ambiente de trabajo	20	\$ 20.00
03	Equipos de medición	1	\$ 10.00
04	Herramientas necesarias	5	\$ 10.00
Total por Ambiente Y Equipos			\$ 76.00

NOTA: Los precios referidos en este cuadro son de referencia ya que no son exactos.

N°	Mano de obra	Horas	Costo s/.
01	Bastidores	16	\$ 90.00
Costo total			\$ 90.00

Costo total de la reparación y dejarlo operativo es de \$

01	Reparación de nuestro motor	\$
----	-----------------------------	----

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis que se realizó al motor de marca Reliance de 0.5 hp, se le realizó una limpieza en general, reemplazo de refacciones y con una prueba de maggers en el alambre del bobinado. Se decidió que no era necesario un mantenimiento correctivo (rebobinado del estator).

Se pudo constatar que el alambre de cobre no estaba totalmente envejecido y que era apto

seguir trabajando y se protegió el bobinado con un barniz especial, el cual se podrá mantener en buenas condiciones con una duración de entre cinco y diez años, de acuerdo a las condiciones físicas que se encuentre trabajando el motor. Además de contar con su mantenimiento preventivo por lo menos una vez al año.

En el estudio del motor no se analizó para saber cuánto tiempo será su ciclo de vida, ni en qué momento va a fallar, lo que corresponde es realizar un mantenimiento preventivo.

Como conclusión de este trabajo podemos decir que, si se cumplió el objetivo, nuestro motor se encuentra listo para acoplarse al motor reductor de un elevador casero

REFERENCIAS

- Automática. Recuperado, R. D. (1998-2001).
<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/ascensor/ascensor.htm>.
- Avallone A., E. (1995). *Manual del Ingeniero Mecánico*. Estado de México: McGRAW-HILL.

- C.V.recuperado, P. E. (18 junio 2013). <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>.
- Camarena M., P. (1979). *Instalaciones Eléctricas Industriales*. Azcapotzalco, C.P. 02400, México, D.F.: GRUPO PATRIA CULTURAL.
- Didáctico. Recuperado, A. (sábado, 4 de mayo de 2013). <http://ascensordidacticosanjuan.blogspot.mx/2013/05/ascensor-didactico-casero.html>.
- Donald V., R. (1997). *Maquinas Eléctricas Rotativas y Transformadores*. Estado de México: Prentice Hall.
- Electricidad, E. M. (1940). *Control Industrial de Motores*. Azcapotzalco, Monterrey: Escuela Mexicana de Electricidad.
- Enríquez Harper, G. (2009). *Control de Motores Eléctrico*. Balderas 95, México D.F.: Limusa.
- Konz, S. (1991). *Diseño de Instalaciones Industriales*. México D.F.: Limusa.
- Lesur, L. (1998). *Manual de Embobinado de Motores*. C.P.09439, México, D.F.: Trillas.
- METALMECÁNICA. Recuperado. (2013). http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol14/volumen14.html#.
- Rodríguez, I. G. (2005). *Técnico de instalaciones y Mantenimiento de Motores Eléctricos*. Ciudad de México: I.P.N. Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos.
- Torres Juárez, A. (2014). *Manual de Electricidad de Alta y Baja Tensión*. C.P. 52148, Metepec, Estado de México: Conalep.

