



Universidad Nacional
Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



16
24

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

**DISEÑO, PUESTA EN MARCHA, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE
MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA. SELECCION, APLICACION Y
MANTENIMIENTO DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.**

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
MARIO ROGELIO CAMPERO CARBAJAL**

ASESOR: ING. VICTOR HUGO LANDA OROZCO

CUAUTITLAN, IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

ATN: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Diseño, Puesta en Marcha, Control y Mantenimiento de Motores de Corriente Directa. Selección, Aplicación y Mantenimiento de Motores de Corriente Directa.

que presenta el presentador Mario Rogelio Campero Carbajal
con número de cuenta: 8636410-4 para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista

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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán local, Edn. de México, a 18 de Marzo de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Esteban Corona Escamilla</u>	<u>Elvina E</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Angelico Angoa Torres</u>	<u>Angelico Torres</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Víctor Hugo Landa Orozco</u>	<u>V. H. Landa</u>

DEP/YOBOSEN

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que me apoyaron con su confianza y afecto para alcanzar esta meta.

Quiero Agradecer :

A DIOS:

Por sembrar en mi la fe y la esperanza.

A MI MADRE:

Porque me dio la vida; además porque con todo su amor y apoyo, hoy he podido convertirme en un profesionalista.

A MI ABUELITA:

Porque desde pequeño siempre me ha alentado a seguir adelante; con sus consejos y experiencias.

A MIS TÍOS:

Jorge, Fernando, Analidia, Ligia y Violeta.

Por el cariño, motivación y buenos consejos que me han dado.

A MIS PRIMOS:

Monica y Marco Domenico.

Por su cariño y confianza.

A MIS AMIGOS:

Por todos los buenos momentos que hemos pasado juntos y sobre todo por la amistad que me han brindado.

A MIS PROFESORES:

Por su tiempo, paciencia y dedicación al transmitirme sus conocimientos.

A MI UNIVERSIDAD LA "F.E.S.C.":

Por el orgullo que me da de ser Universitario.

Mario Rogelio.

INDICE

	Pág.
PRESENTACIÓN	i
DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE	iii
Introducción	1
Objetivo	2
CAPITULO I	3
ANTECEDENTES	3
Corriente Continua	4
Clasificación de los motores	6
CAPITULO II	11
CONSTITUCIÓN DE LOS MOTORES DE C.D. Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN	11
Rotor	11
Carcaza	12
Escudos	13
Puente de portaescobillas	14
Principio de Operación	14

CAPITULO III	18
APLICACIÓN DE LOS MOTORES DE C.D.	18
Tipos de excitación	19
Condiciones ambientales	35
CAPITULO IV	37
MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE C.D.	37
Fallas mecánicas	37
Fallas eléctricas	42
Revisión de escobillas	47
Conocimiento básico de los rodamientos	48
Vida útil de los rodamientos	51
Aislamiento	52
CAPITULO V	57
METODOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	57
Utilidad de los datos de placa para mejorar la instalación y mantenimiento	57
Reducción del ruido generado por los motores	60
Vibración del motor	61
Ubicación del motor	62
Acoplamientos	63
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	68

INTRODUCCIÓN

En el campo de los accionamientos industriales, se calcula que el 70% al 80% de la energía eléctrica consumida por el conjunto de todas las industrias se transforma en energía mecánica por los motores eléctricos.

Fundamentalmente al procedimiento para la selección de un motor debe de cumplir, por lo menos, tres requisitos de utilización:

- Fuente de alimentación: tipo de tensión, frecuencia, simetría, equilibrio, etc.
- Condiciones ambientales: agresividad, peligrosidad, altitud, temperatura, etc.
- Exigencias de carga y condiciones de servicio, potencia solicitada, velocidad angular, esfuerzos mecánicos, configuración física, pares motores requeridos, ciclos de operación, fiabilidad, etc.

Como se verá los motores de "corriente directa" pueden considerarse como de ajuste fino y control preciso de velocidad, por lo que son ampliamente utilizados en aplicaciones que exigen tales características.

Esta tasina ,esta dividida en tres secciones:

I- Funcionamiento y partes que forman al motor de c. directa (cap. I a III)

II- Mantenimiento de los motores de corriente directa (cap. IV)

III- Métodos de instalación y operación (cap. V)

OBJETIVO

El objetivo de esta tesina, es ayudar al estudiante, ingeniero, y al operario para llevar a cabo, el posible mantenimiento, preventivo y correctivo de un motor de corriente directa

En qué consiste el mantenimiento y la reparación de una avería , cuales son las causas más comunes, de lo cual procuraremos ser concisos, explicando en cada caso que se presente.

Emplearemos esquemas y dibujos, siempre que con ello se pueda ayudar a las explicaciones, haciéndolas más claras y convincentes.

CAPITULO

I

ANTECEDENTES

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En el año de 1819, el físico danés Hans Christian Oersted, descubrió algunos hechos revolucionarios, tales como el de que una brújula, en la proximidad de un hilo portador de corriente, se desviaba de su posición normal, así como que, en las mismas condiciones, dicho hilo portador de corriente experimentaba, a su vez, una fuerza de reacción.

El descubrimiento de Oersted, demostró que un campo magnético se encuentra invariablemente asociado a una corriente eléctrica. La publicación en que se anunciaron tales hechos (fue en julio de 1820), animó a numerosos científicos a repetir y ampliar los experimentos de Oersted, entre ellos André Marie Ampere, en Francia y Michael Faraday, en Inglaterra. La contribución de estos dos hombres fue particularmente importante, porque proporcionaron no sólo la base sobre la que descansa todo el concepto de electromagnetismo, si no que su trabajo condujo en su momento, al desarrollo de todos los tipos de máquinas y aparatos de corriente alterna y de corriente directa.

CORRIENTE CONTINUA

El nombre de máquinas de corriente continua viene del tipo de corriente con el que operan estas máquinas, por lo que también se les conoce como máquinas de corriente directa, aún cuando en realidad sí existe una diferencia entre los términos corriente directa y corriente continua, como se muestra en la Fig. 1.1 y 1.2. En el sentido estricto, desde el punto de vista del estudio de las máquinas eléctricas, se hace referencia al mismo tipo y su denominación se puede usar en forma indistinta.

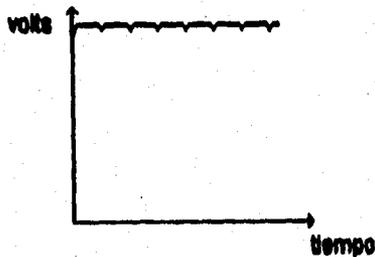


Fig. 1.1. Corriente continua.

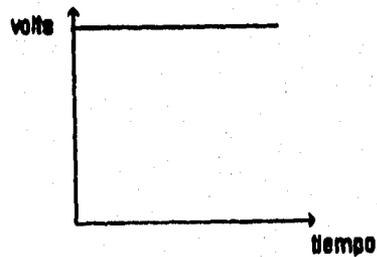


Fig. 1.2. Corriente directa.

Como se puede observar en la fig. 1.3, para todas las máquinas, los conductores del inducido bajo un polo dado estarán recorridos por una corriente de un determinado sentido y cuando los conductores se mueven hasta situarse debajo de un polo opuesto, el sentido se invierte. Todas las máquinas de C.C. y algunas de C.A., están equipadas con colectores. La finalidad del colector y sus escobillas asociadas es: 1) en el caso de un generador, transformar la corriente alterna generada en corriente continua en el exterior; en el caso de un motor, transformar la corriente continua exterior aplicada, en corriente alterna ya que los conductores se mueven alternativamente bajo polos opuestos (a fin de producir rotación en el mismo sentido); y 2) conseguir una transferencia de corriente entre un inducido móvil y unas escobillas fijas.

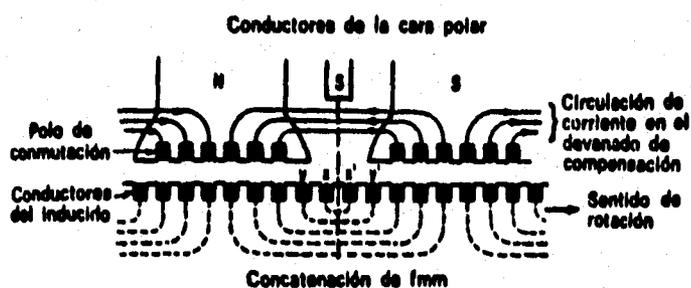


Fig. 1.3 - Ejemplo de la conmutación.

CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES

Los motores se clasifican según el tipo de tensión de alimentación, de "corriente alterna" y de "corriente directa".

Un motor es un dispositivo que puede convertir la energía eléctrica en energía mecánica.

A continuación se muestra el árbol genealógico de los motores eléctricos:

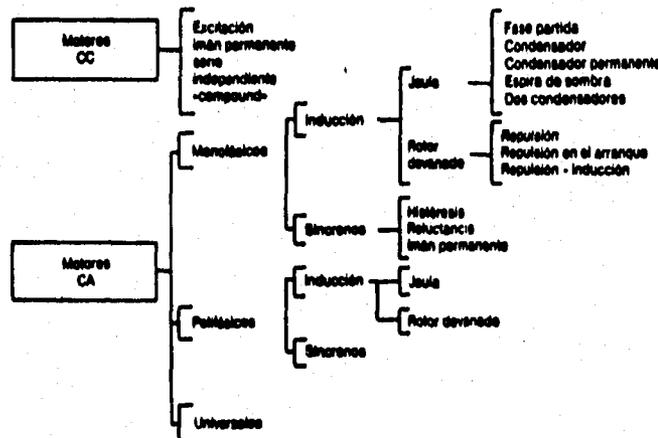


Fig. 1.4 - El árbol genealógico de los motores eléctricos.

Como podemos observar en la Fig. 1.4., hay diferentes tipos de motores. Pero todo motor está constituido por los siguientes elementos:

- a) Estator
- b) Rotor
- c) Carcaza
- d) Partes auxiliares: tapas anterior y posterior, chumaceras, tornillos de sujeción, caja de conexiones, base o soporte.

MOTOR DE INDUCCIÓN

Mencionaremos seis características importantes del motor de inducción:

- a) Es el tipo de motor de c.a. más popular por su sencillez y fácil operación.**
- b) El motor de inducción no tiene circuito de campo independiente.**
- c) Los voltajes y corrientes en su circuito de campo lo obtiene por inducción o acción transformadora.**
- d) Se "autoarranca", es decir, se pone en movimiento por sí mismo, sin necesidad de ser llevado a su velocidad por medios auxiliares.**
- e) La velocidad del rotor no podrá alcanzar jamás la velocidad sincrónica, es decir, la velocidad del campo giratorio en el estator.**
- f) Debido a la poca variación en la velocidad, para ciertas aplicaciones prácticas, se considera como constante.**

Por el número de fases se clasifican en general como:

- a) trifásicos**
- b) bifásicos**
- c) monofásicos**

Este tipo de motor tiene muchas aplicaciones en la industria se emplea para accionar máquinas-herramientas, montacargas, ventiladores, etc.

MOTOR SINCRONO

Mencionaremos seis características importantes del motor sincrónico:

- a) La velocidad angular es rigurosamente constante con la frecuencia de alimentación.**
- b) El rendimiento del motor sincrónico es mayor que el del motor de inducción, particularmente a baja velocidad angular.**
- c) Los motores sincrónicos pueden trabajar con factor de potencia capacitivo o unitario.**
- d) Este motor, no tiene par de arranque y tiene que ser excitado por un medio externo.**
- e) Puede salir de sincronismo y parar cuando se sobrecarga.**
- f) Requiere de anillos colectores y de escobillas.**

Estos motores sincrónicos, se emplean para corregir el factor de potencia, en una red de corriente alterna. También es utilizado en gran escala para los relojes eléctricos, bombas centrífugas, ventiladores centrífugos, compresores de aire, etc.

MOTOR UNIVERSAL

Este motor puede funcionar indistintamente con corriente continua y con corriente alterna monofásica sin que su velocidad sufra variación sensible.

Mencionaremos cuatro características del motor universal:

- a) Los motores universales no suelen ser de potencia superior a 1 HP.**
- b) Este motor tiene un arreglo en serie.**
- c) Tiene un elevado par de arranque.**
- d) Tiene características de velocidad variable.**

Estos motores se emplean principalmente para el accionamiento de aspiradoras de polvo, molinillos domésticos, barrenas, taladros y máquinas de coser, herramientas de mano y aparatos de cocina.

El motor universal tiene las mismas características Par - velocidad, del motor serie de c. continua. Sin embargo, es compacto y da más Par por amperio que cualquier otro motor monofásico; por este motivo, se utiliza en donde es importante el poco peso y el alto Par.

Estos motores, están siempre directamente cargados con poco peligro de embalamiento del motor.

MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

Mencionaremos cinco características importantes del motor de C.D.:

- a) Tienen un ajuste y control preciso de velocidad.**
- b) Logra una velocidad ajustable del motor en rangos amplios.**
- c) Una salida de potencia mecánica constante o par constante.**
- d) Una rápida aceleración y desaceleración.**
- e) Respuesta a una señal de retroalimentación.**

Los motores de corriente directa, pueden tener diferentes tipos de excitación:

- a) Derivado**
- b) Serie**
- c) Compuesto acumulativo**
- d) Compuesto diferencial**

Estos motores, tienen una diversidad de aplicaciones, compresores, molinos, trituradoras, montacargas, elevadores y transporte eléctrico.

CAPITULO

II

CONSTITUCIÓN DE LOS MOTORES DE C.D. Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN

CAPITULO II

CONSTITUCIÓN DE LOS MOTORES DE C.D. Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

Las partes principales de un motor de corriente directa son:

- a) rotor
- b) carcasa
- c) escudos
- d) puente de los portaescobillas

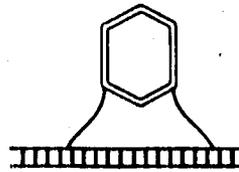
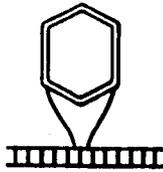
ROTOR

Esta pieza está hecha con chapas de acero al silicio, aisladas y empaquetadas, en cuyas ranuras se aloja el arrollamiento. Cada elemento del arrollamiento está conectado a una determinada delga del colector montado en el eje del motor. El colector está formado por un cierto número de láminas (delgas) de cobre, ajustadas en forma de cilindro y aisladas unas de las otras por aislantes de mica. Como se muestra en la fig. 2.1.



Fig. 2.1 - Inducido de motor de corriente continua con ranuras oblicuas y provisto del bobinado.

Los devanados del inducido se clasifican en dos grupos principales: imbricados y ondulados. La diferencia entre ambos radica en las posiciones relativas de las delgas a las cuales van conectados los terminales de cada bobina. Fig. 2.2, y 2.3.



<p>Fig. 2.2 - Es un arrollamiento imbricado. Los terminales de una misma bobina convergen, por estar conectados a delgas contiguas.</p>	<p>Fig. 2.3 - Es un arrollamiento ondulado. Los terminales de una misma bobina divergen por estar conectados a delgas bastante distanciadas.</p>
---	--

CARCAZA

Es de acero o de fundición de hierro, es generalmente circular y está mecanizada de modo que permita el montaje de los polos inductores en su interior. Alrededor de cada polo, van dispuestas las bobinas de excitación, formadas por espiras de hilo aislado. Como se muestra en la fig. 2.4

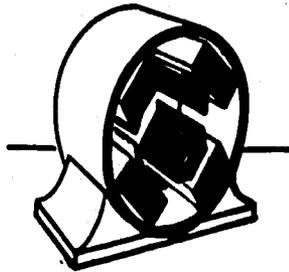


Fig. 2.4 - Carcasa y polos inductores de un motor de corriente directa.

ESCUDOS

Son dos escudos, sujetos a la carcasa por medio de pernos, soportan el peso del inducido y lo mantienen equidistante de las piezas polares. Los escudos llevan montados, en efecto, los cojinetes dentro de los cuales gira el eje del inducido. Dichos cojinetes pueden ser de resbalamiento o bien de bolas. Como se muestra en la fig. 2.5 y 2.6

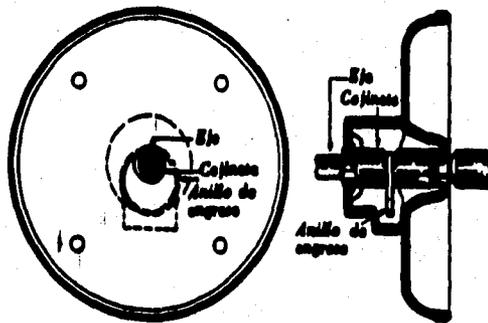


Fig. 2.5 - Cojinete de resbalamiento montado en un escudo.

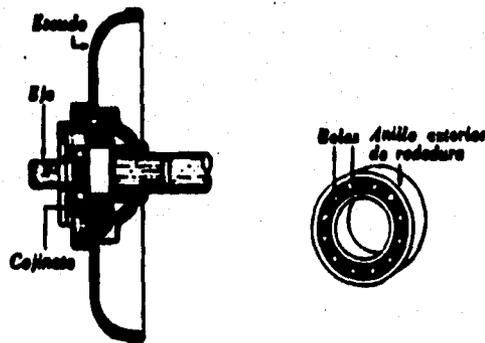


Fig. 2.6 - Cojinete de bolas. A la derecha, suelto; a la izquierda, montado en un escudo.

PUENTE DE LOS PORTAESCOBILLAS

Las escobillas pueden ser de grafito o de carbón, electrografito y estas van alojadas en portaescobillas, los cuales están a su vez generalmente montados sobre un puente sujeto al escudo frontal. Dicho puente está construido de manera que permita variar la posición de los portaescobillas.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Si a la espira dentro del campo magnético se le alimenta con una corriente eléctrica como se muestra en la fig. 2.7, teniendo los dos lados de la espira recorridos por corriente directa en sentidos opuestos, en éstas aparecen fuerzas en el sentido contrario por lo que la resultante es un par que hace que la espira gire perpendicularmente a las líneas de flujo.

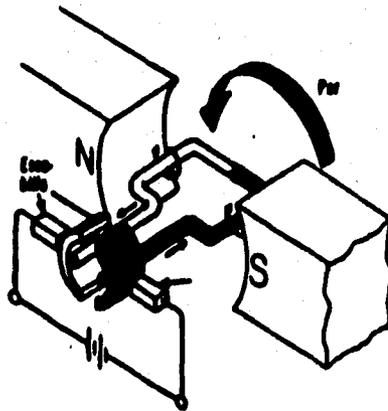


Fig. 2.7. La espira se coloca en un campo magnético y se hace pasar a través de ella una corriente continua.

La fuerza que produce el Par de giro se obtiene con la expresión:

$$F = B I l \cos \theta \quad (2.1)$$

donde:

F = fuerza (N)

B = densidad de flujo magnético (Wb/m²)

I = corriente (A)

l = longitud de un lado de la espira (m)

θ = ángulo que forma el eje transversal de la espira con la dirección del flujo magnético.

De la fórmula anterior se obtiene la expresión que permite calcular el Par de giro como:

$$T = F d \quad (2.2)$$

En la ecuación (2.2), sustituir la ecuación (2.1)

$$T = B I l d \cos \theta \quad (\text{N.m.}) \quad (2.2')$$

La expresión para el Par se puede escribir en función del área (A) de la espira cuyo valor es:

$$A = l d \quad (\text{m}^2) \quad (2.3)$$

donde:

El flujo magnético en la espira es:

$$\phi = B A \quad (\text{Wb}) \quad (2.4)$$

Sustituyendo en la ecu.(2.2'), la (2.3) y (2.4)

$$T = B I l \cos \theta = B I A \cos \theta = \phi I \cos \theta \quad (2.5)$$

$$T = \phi I \cos \theta \quad (\text{N.m.}) \quad (2.5)$$

Se puede afirmar que el momento del Par es directamente proporcional a la cantidad de flujo magnético que atraviesa la espira y a la corriente que conduce.

La fuerza contraelectromotriz (o tensión generada en un motor) está dada por la expresión:

$$E_A = K \phi n \quad (\text{volts}) \quad (2.6)$$

donde:

ϕ = es el flujo por polo de la máquina (Wb)

$K = [(Z P)/(60 a)] \times 10^{-8}$ para una máquina determinada

n = velocidad de rotación del motor (r.p.m.)

Pero la fuerza contraelectromotriz del motor, incluye la caída de tensión en las escobillas BD, es:

$$E_A = V_A - (I_A R_A + BD) \quad (\text{volts}) \quad (2.7)$$

donde:

V_A = es la tensión aplicada (tensión en bornes medible) a la armadura.

I_A = corriente de armadura

R_A = resistencia de armadura

B_D = tensión en las escobillas

La fuerza magnetomotriz (fmm), se desarrolla por la dirección de la corriente en cada bobina de la armadura se invierte a medida que los segmentos del conmutador en donde la terminal de una bobina pasa abajo de una escobilla.

El intervalo durante el cual ocurre esto se conoce como el periodo de "conmutación".

Adicionalmente, si la inversión de la corriente no se completa cuando la barra conmutadora deja la escobilla, resultará un chisporroteo en la punta última de la escobilla. Un chisporroteo excesivo quema las escobillas y la superficie del conmutador.

Por lo cual, se deben de mover las escobillas, hasta encontrar el eje neutro y así evitar el chisporroteo.

CAPITULO

III

APLICACIÓN DE LOS MOTORES DE C.D.

CAPITULO III

APLICACIÓN DE LOS MOTORES DE C.D.

Los motores de corriente directa (C.D.), se emplean en forma extensa en la industria gracias a su capacidad para satisfacer una gran variedad de requisitos de par y velocidad. Estos motores son especialmente adecuados para aplicaciones que requieren aceleración gradual dentro de un intervalo muy amplio, ajuste preciso de velocidad, sincronización de velocidad (o ambas cosas) y control preciso del par de rotación o de tensión.

Por ejemplo:

Un motor de corriente alterna que impulsa fuertes cargas tiende generalmente a frenarse cuando la carga sobrepasa el doble de su valor nominal. En cambio, un motor de corriente directa puede proporcionar un par tres veces mayor que el nominal durante periodos cortos, y durante lapsos muy breves de 3 a 4 seg., es capaz de proporcionar un par cinco veces el par nominal.

TIPOS DE EXCITACIÓN

De acuerdo a las formas de excitación las máquinas de corriente directa, ya sea que funcionen como motor o generador, se pueden clasificar como:

a) Máquinas con excitación independiente:

Ya que los devanados de campo como de inducido necesitan excitarse para que exista un par, ésta alimentación puede darse en forma separada, como se muestra en la fig. 3.1.

- 1) Si se tienen imanes permanentes para el campo, la armadura puede excitarse con una fuente externa.
- 2) Si no existen imanes permanentes, entonces tanto el devanado de campo como el de armadura pueden excitarse en forma separada.

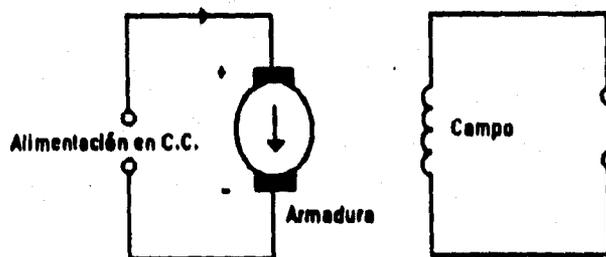
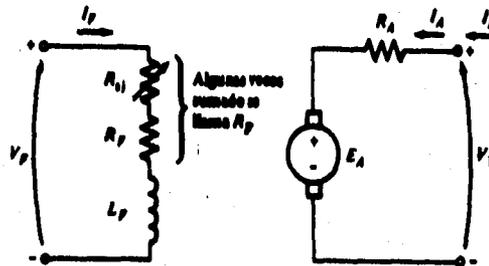


Fig. 3.1 - Máquina con excitación independiente.

Se muestra el circuito equivalente de un motor de c.c. con excitación independiente:



La ecuación de la ley de tensiones de Kirchoff para el circuito de armadura de este motor es:

$$V_T = E_A + I_A R_A \quad (\text{volts}) \quad (3.1)$$

La corriente de campo:

$$I_F = \frac{V_F}{R_F} \quad (\text{A}) \quad (3.2)$$

Por lo tanto: $I_L = I_A$

donde:

V_T = voltaje medido en las terminales del motor (volts)

I_L = corriente que circula por las líneas (A)

E_A = fuerza contraelectromotriz (volts)

I_A = corriente de armadura (A)

L_F = inductancia de campo (Henry)

R_F = resistencia de campo (Ω)

R_A = resistencia de armadura (Ω)

V_F = voltaje de campo (volts)

R_{aj} = Resistencia variable (Ω)

Este motor tiene características de velocidad constante y Par mediano (muy parecido al motor derivación).

b) Máquinas autoexcitadas:

Se dice que son autoexcitadas cuando la corriente de excitación está constituida toda o en parte por la corriente de la máquina.

El sistema de autoexcitación, se concluye de acuerdo al tipo de conexión del arrollamiento de excitación respecto al arrollamiento del inducido y la carga, se obtienen tres casos distintos de autoexcitación:

- a) Excitación derivación
- b) Excitación serie
- c) Excitación compuesta

EXCITACIÓN DERIVACIÓN

El motor derivación tiene las bobinas inductoras compuestas por muchas espiras de hilo fino, conectadas en paralelo con el arrollamiento del inducido, como se observa en la fig. 3.2

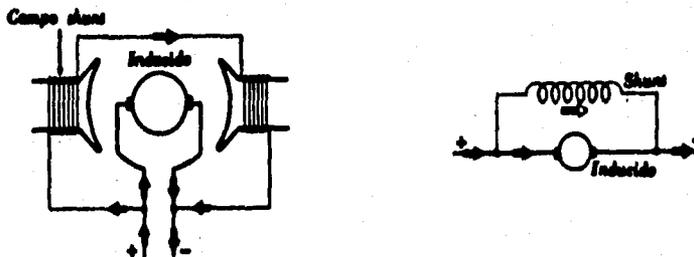
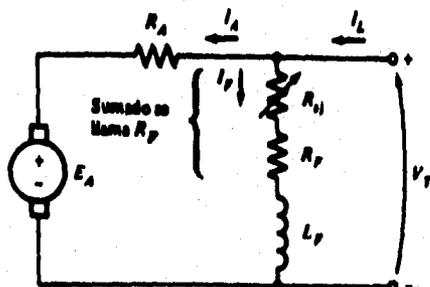


Fig. 3.2 - Conexión de los arrollamientos inductor e inducido en un motor derivación

Este motor posee un Par de arranque mediano y una característica de velocidad dura (la velocidad es prácticamente independiente de las variaciones de la carga). Por lo que encuentra aplicación en accionamientos que exigen una velocidad constante, como taladradoras, tornos, prensas de impresión, compresores, etc.

El circuito equivalente para este motor, es el que se presenta a continuación:



Por lo tanto:

$$I_f = \frac{V_T}{R_f} \quad (\text{A}) \quad (3.3)$$

La I_L es igual: $I_L = I_A + I_f$

$$V_T = E_A + I_A R_A \quad (\text{volts}) \quad (3.1)$$

El voltaje inducido:

$$E_A = K \Phi n \quad (\text{volts}) \quad (2.6)$$

Por lo tanto de la ecuación (3.1), sustituir la ecuación (2.6)

$$V_T = K \Phi n + I_A R_A \quad (\text{volts}) \quad (3.1')$$

Puesto que: $T_{ind} = K \Phi I_A \quad (\text{N.m.}) \quad (3.4)$

y la I_A , puede expresarse como:

$$I_A = \frac{T_{ind}}{K \Phi} \quad (\text{A}) \quad (3.4')$$

Sustituyendo la ecuación (3.4') en (3.1')

$$V_T = K \Phi n + \frac{T_{ind}}{K \Phi} R_A \quad (\text{volts}) \quad (3.1'')$$

Resolviendo para la velocidad del motor:

$$n = \frac{V_T}{K \phi} - \frac{R_A}{(K \phi)^2} T_{ind} \quad (3.1''')$$

donde:

V_T = voltaje medido en las terminales del motor (volts)

E_A = fuerza contraelectromotriz (volts)

I_L = corriente que circula por las líneas (A)

I_f = corriente de campo (A)

I_A = corriente de armadura (A)

R_f = resistencia de campo (Ω)

R_A = resistencia de armadura (Ω)

R_{av} = resistencia variable (Ω)

L_f = inductancia de campo (Henry)

ϕ = es el flujo por polo de la máquina (Wb)

$K = [(Z P)/(60 a)] \times 10^{-8}$ para una máquina determinada

n = velocidad de rotación del motor (r.p.m.)

T_{ind} = el Par inducido (N.m)

EXCITACIÓN SERIE

El motor serie tiene las bobinas inductoras formadas por unas pocas espiras de hilo grueso, conectadas en serie con el arrollamiento del inducido, como se observa en la fig. 3.3

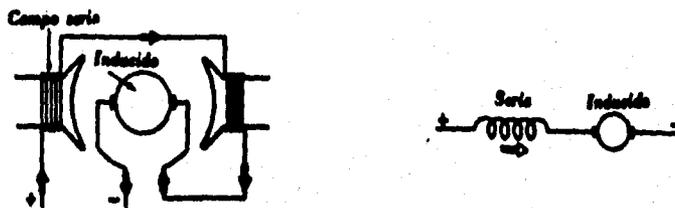
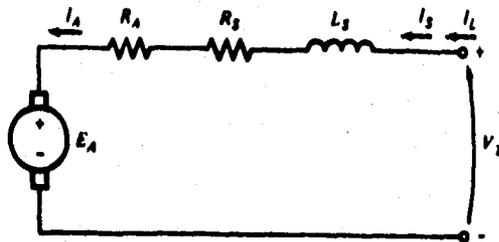


Fig. 3.3 - Conexión de los arrollamientos inductor e inducido en un motor serie.

Este motor posee un Par de arranque elevado con velocidad angular baja y una velocidad sumamente elevada cuando el motor es descargado. Esto hace prohibitivas las transmisiones de potencia del motor por medio de poleas y correas, pues en caso de rotura de las correas, resultaría un motor sin carga, lo que implicaría consecuencias catastróficas.

Por otra parte, los altos Pares producidos por el motor serie a baja velocidad lo hacen ideal para algunos tipos de aplicaciones como para accionar grúas, cabrestantes, trenes eléctricos, etc.

El circuito equivalente de un motor serie de c.c.



La ley de voltajes de Kirchhoff para este motor es:

$$V_T = K \Phi n = E_A + I_A (R_A + R_s) \quad (3.5)$$

La corriente de armadura es:

$$I_A = I_s = I_L$$

El Par producido en esta máquina está dado por la ecuación:

$$T_{ind} = K \Phi I_A \quad (3.4)$$

El flujo en esta máquina es directamente proporcional a su corriente de armadura (al menos hasta la saturación del metal).

Por lo tanto, el flujo en la máquina puede expresarse:

$$\Phi = c I_A \quad (3.6)$$

Donde $c = 7.04$, es una constante de proporcionalidad

El Par en el motor es proporcional al cuadrado de su corriente de armadura. Como resultado de esta relación, es fácil ver que un motor serie da más Par por amperio que cualquier otro motor de corriente directa.

De donde sustituimos la ecuación (3.6) , en (3.4)

$$T_{ind} = K \Phi I_A = K_c I_A^2 \quad (3.7)$$

De la ecuación (3.7), la corriente de armadura se expresa como:

$$I_A = [T_{ind} / (K_c)]^{1/2} \quad (3.7')$$

La potencia desarrollada:

$$P = V_T I_A - I_A^2 (R_A + R_s) ; \text{ en armadura y campo.} \quad (3.8)$$

donde:

V_T = voltaje medido en las terminales (volts)

E_A = fuerza contraelectromotriz (volts)

Φ = es el flujo por polo de la máquina (Wb)

R_A = resistencia de armadura (Ω)

R_s = resistencia en serie (Ω)

L_s = inductancia en serie (Henry)

P = potencia desarrollada (watts)

EXCITACIÓN COMPUESTA

Existen cuatro tipos diferentes de motor compuesto, y son:

- A) Aditivo de derivación larga
- B) Aditivo de derivación corta
- C) Diferencial de derivación larga
- D) Diferencial de derivación corta

- A) El motor aditivo de derivación larga, se muestra en la fig. 3.4. Se llama aditivo porque los campos magnéticos generados por cada par de bobinas inductoras son de igual polaridad, y por tanto, se adicionan. La denominación derivación larga se aplica porque el arrollamiento derivación está conectado directamente a la red de alimentación.

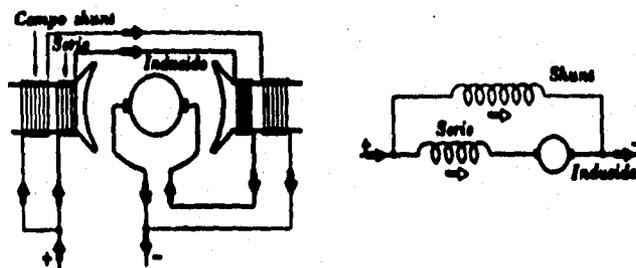


Fig. 3.4 - Motor compuesto aditivo de derivación larga.

- B) El motor aditivo de derivación corta, se muestra en la fig. 3.5. La denominación derivación corta se aplica cuando el motor no va conectado a los terminales de la red, sino a los del inducido.

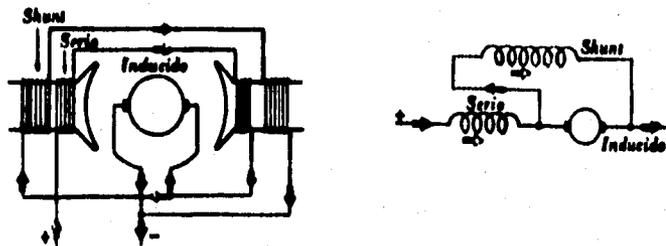


Fig. 3.5 - Motor compuesto aditivo de derivación corta.

- C) El motor diferencial de derivación larga, se muestra en la fig. 3.6. Se llama así porque el arrollamiento derivación va conectado directamente a la red y de manera que en las bobinas serie y derivación de cada polo se generan campos de polaridad opuesta.

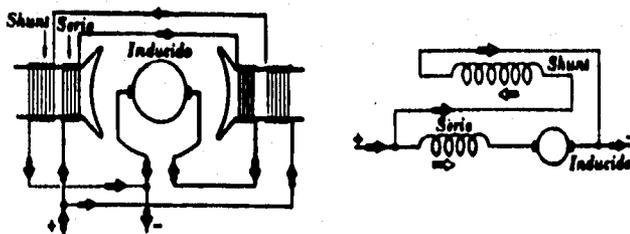


Fig. 3.6 - Motor diferencial en derivación larga.

- D) El motor diferencial de derivación corta, se muestra en la fig. 3.7. Se llama así, cuando el arrollamiento derivación está conectado a las bobinas del inducido, pero de manera que la corriente circule en sentido contrario por las bobinas serie y derivación de cada polo.

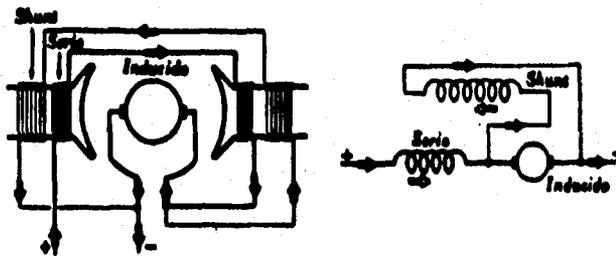
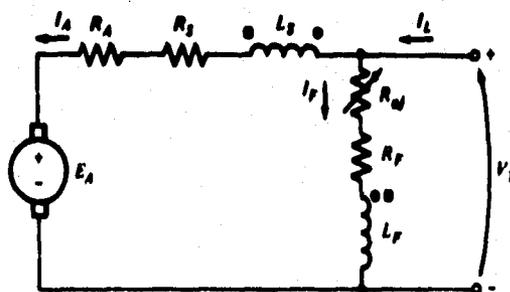


Fig. 3.7 - Motor diferencial en derivación corta.

El circuito equivalente para el motor con excitación (acumulativo y diferencial en derivación larga), es el siguiente:



Una corriente entrando al punto, corresponde a una fuerza magnetomotriz positiva y una corriente saliendo del punto corresponde a una fuerza magnetomotriz negativa.

Los puntos redondos corresponden a excitación compuesta acumulativa del motor y los puntos cuadrados corresponden a excitación compuesta diferencial.

Para un motor compuesto acumulativo, la ecuación básica para la velocidad es:

$$n = \frac{V_T - I_A (R_A + R_S)}{K (\Phi_F + \Phi_S)} \quad (\text{r.p.m.}) \quad (3.9)$$

donde:

V_T = voltaje en terminales (volts)

I_A = corriente de armadura (A)

K = constante de la máquina

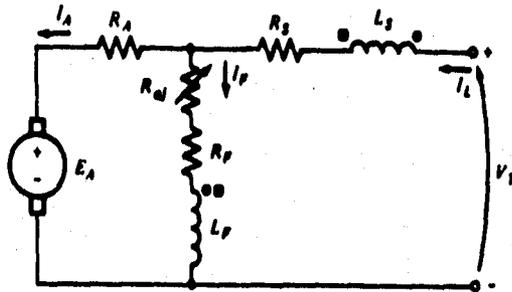
R_A = resistencia de armadura (Ω)

R_S = resistencia del devanado serie (Ω)

Φ_F = flujo producido por el devanado de campo (Wb)

Φ_S = flujo producido por el devanado en serie (Wb)

El diagrama eléctrico para un motor con excitación (acumulativo y diferencial en derivación corta) es el siguiente:

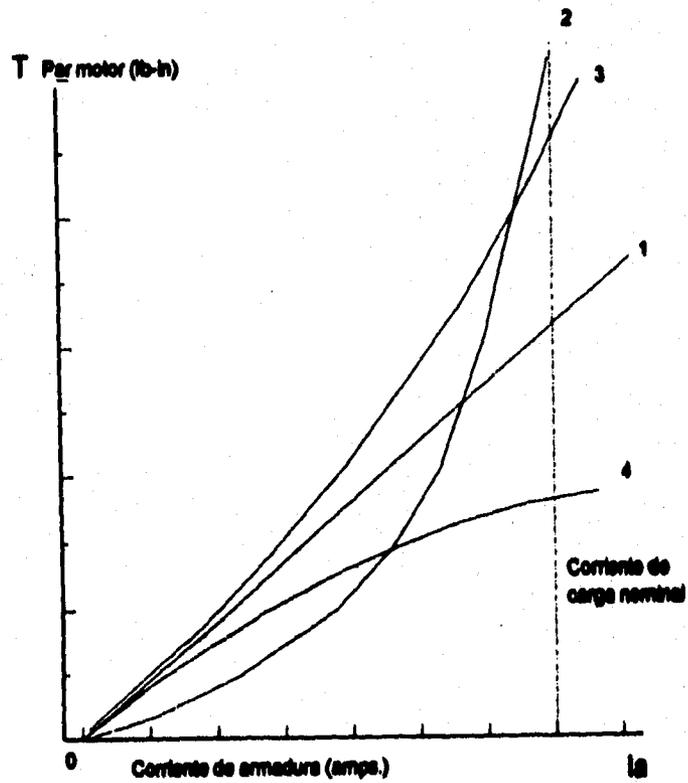


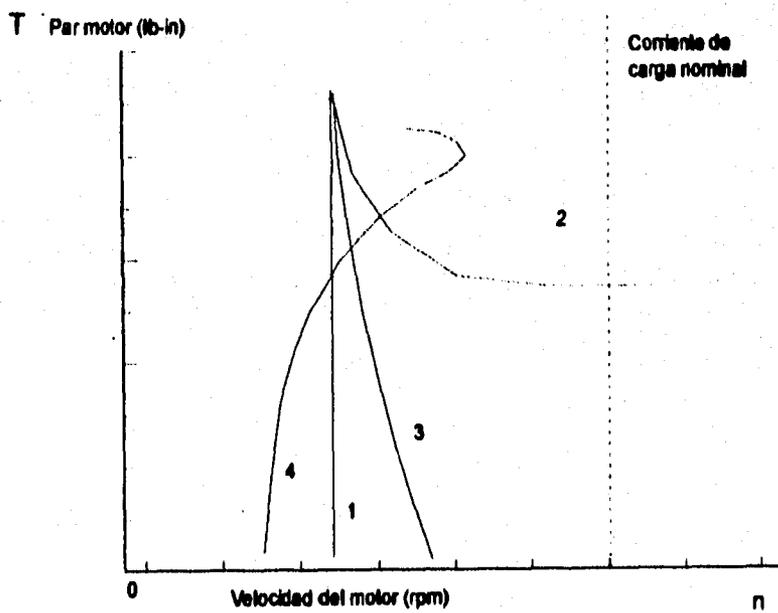
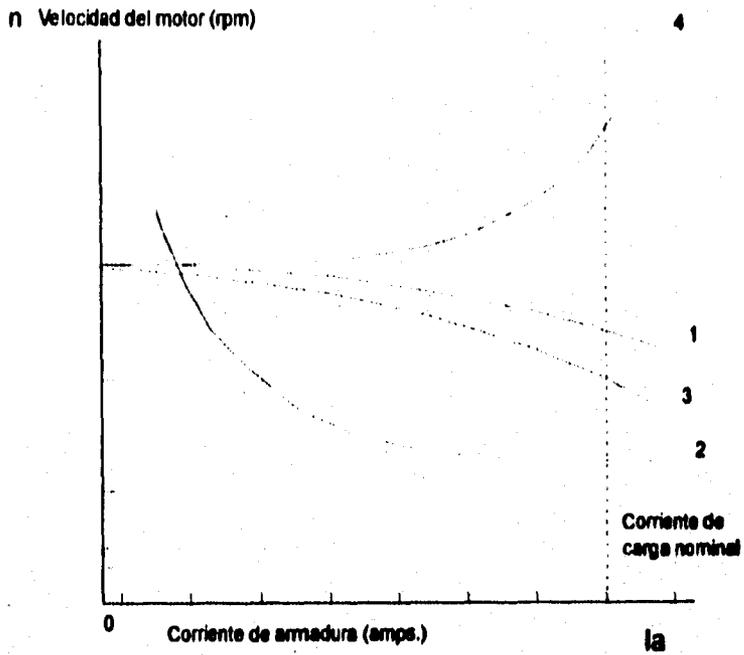
Para un motor compuesto diferencial, la ecuación básica para la velocidad es:

$$n = \frac{V_T - I_A (R_A + R_S)}{K (\Phi_F - \Phi_S)} \quad (\text{r.p.m.}) \quad (3.10)$$

A continuación presentaremos las gráficas características para cada tipo de excitación:

1. DERIVACIÓN
2. SERIE
3. COMPUESTO ADITIVO
4. COMPUESTO DIFERENCIAL





CONDICIONES AMBIENTALES

Se debe elevar el grado de protección mecánica de la cubierta del motor a las características ambientales del local de instalación, presencia de agentes químicos agresivos, polvo, humedad, partículas abrasivas, etc. Y también la influencia de estos agentes sobre el sistema aislante.

Por lo tanto, se crearon normas para los grados de protección mecánica de las cubiertas o envolventes en motores.

Según las normalizaciones Internacional y brasileña (normas IEC y ABNT), sueca (SEN), alemana (DIN), británica (BS), y norteamericana (NEMA). En nuestro país la norma utilizada es la norma (NEMA) ,por la influencia de norteamérica , y la comercialización. '

Mencionaremos algunas designaciones NEMA para motores según las características de carcasa y protección:

DE CARCAZA ABIERTA

Usos generales: Las aberturas para ventilación permiten el paso del aire exterior para enfriamiento, sobre y alrededor de los devanados del motor.

A prueba de salpicaduras: Las aberturas para ventilación están construidas de modo que no haya interferencia en el funcionamiento cuando gotas de líquido o partículas sólidas que inciden en la carcasa o penetran en ella a un ángulo no mayor de 100 grados hacia abajo desde la vertical.

Protegido contra la Intemperie: Tipo I.- los conductos de ventilación están diseñados para minimizar la entrada de lluvia, nieve y partículas transportadas por el aire hasta las partes eléctricas; Tipo II.- los conductos de ventilación en la entrada y salida están dispuestos de modo que el aire a alta velocidad y las partículas suspendidas que llegan hasta el motor llevadas por tormentas o vientos fuertes, puedan ser descargadas antes que entren a los conductos internos para ventilación que conducen directamente hasta las partes eléctricas.

DE CARCAZA TOTALMENTE CERRADA

Sin ventilación: La carcasa impide el libre intercambio de aire entre el interior y el exterior, pero no es hermética ni tiene enfriamiento con componentes externos.

A prueba de explosión: Con diseño y construcción para soportar una explosión de gases o vapores en su interior e impedir la inflamación de los gases o vapores que rodean el motor, debido a chispas, flamaos o explosiones que puedan ocurrir dentro de la carcasa.

A prueba de agua: Con diseño para impedir la entrada de agua aplicada con manguera, excepto que se permite cierto escurrimiento alrededor del eje, siempre y cuando el agua no pueda llegar al depósito de aceite y se tenga algún sistema de drenaje.

CAPITULO

IV

**MANTENIMIENTO DE LOS
MOTORES DE C.D.**

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE C.D.

FALLAS MECÁNICAS

Pueden ser debido a las siguientes causas:

- 1.- Aislamiento que sobresale entre las delgas del colector.**
- 2.- Delgas salientes ó hundidas**
- 3.- Escobillas demasiado duras**
- 4.- Colector ovalado.**
- 5.- Sobrecarga del motor.**
- 6.- Eje del rotor curvado.**
- 7.- Cojinetes desgastados.**

La reparación se verifica:

- 1.- Aislamiento que sobresale entre las delgas del colector.-**
Puliendo el colector con tela de esmeril o mejor con papel de carborundo y rebajando el aislante entre las delgas por rascado o con una hoja de sierra hasta una profundidad en concordancia con la anchura del aislamiento.

Como se muestra en la fig. 4.1.

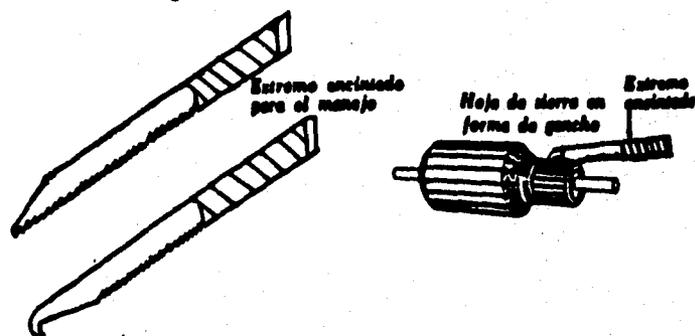


Fig. 4.1 - Herramienta especial diseñada para rascar las láminas defectuosas de la mica interpuesta entre delgas

- 2.- Delgas salientes ó hundidas.-** La causa de una delga saliente suele radicar en un aflojamiento del colector, provocado por un calentamiento excesivo, por delgas en corto circuito, por un montaje mal hecho, etc.

Para corregir la delga saliente se golpea suavemente con un mazo hasta dejarla al nivel de las demás y luego apretando bien la tuerca. Finalmente es necesario un torneado y luego un acabado papel de lija fino.

- 3.- **Escobillas demasiado duras o demasiado blandas.**- Las escobillas blandas se cambiarán por otras más duras, o recíprocamente. Se pedirá informe a la casa constructora del motor acerca del material más adecuado para las escobillas. Las escobillas nuevas se ajustan antes de montarlas; para ello, se frotan en uno y otro sentido con tela de esmeril adaptada a la curvatura del colector.
- 4.- **Colector ovalado.**- Un colector ovalado se reconoce por que las escobillas "cantan". El remedio consiste en tornearse el colector exactamente centrado. Antes hay que asegurarse de que las delgas no se han aflojado; si esto ha sucedido, se apretará el zuncho del colector.
- 5.- **Sobrecarga del motor.**- La causa de una sobrecarga se encontrará en los mecanismos de transmisión y máquinas movidas por el motor.

Para saber si el motor trabaja sobrecargado, quítese la banda del motor y trátese de hacer girar a mano el árbol al que va acoplada la carga como en la fig. 4.2. Es frecuente que dicho árbol no pueda girar por haber algún mecanismo roto o sucio que lo impide.

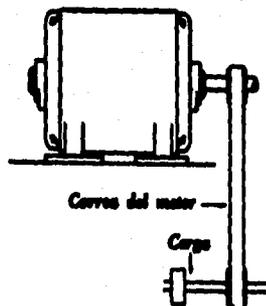


Fig. 4.2 - Montaje de la banda en el árbol de transmisión.

Otro sistema consiste en conectar un amperímetro en serie en la línea de alimentación. Si la indicación del instrumento es superior al valor del dato de placa, el motor trabaja probablemente sobrecargado.

La sobrecarga no se refiere únicamente a la que puedan originar los aparatos o mecanismos accionados por el motor; cualquier causa que motive un funcionamiento lento del motor se considera una sobrecarga, como por ejemplo, un cojinete apretado.

Si hay un exceso de carga, se reducirá ésta a un valor compatible, o bien, se reemplazará el motor por otro de mayor potencia.

- 6.- **Eje del rotor curvado.**- A pesar de estar los escudos correctamente montados, si resulta difícil hacer girar el rotor con la mano, lo más probable es que el eje del rotor se haya curvado. Para comprobarlo, es preciso desmontar el rotor y situar los extremos del eje entre las puntas de un tomo. Haciendo girar el torno a poca velocidad, se notará generalmente un pequeño movimiento vertical del rotor si el eje está curvado.

Esta anomalía puede subsanarse asegurando sólidamente el eje entre las puntas del tomo, y enderezando la parte curvada con auxilio de una barra, dispuestos debajo de la misma a puesta de palanca. Es preciso controlar cuidadosamente la presión ejercida, procurando aplicarla poco a poco hasta que el eje esté completamente enderezado.

7.- **Cojinetes desgastados.**- Cuando los cojinetes están desgastados, el rotor roza contra el estator y la marcha del motor es ruidosa. Si el desgaste de los cojinetes es tal que el rotor queda descansado plenamente sobre el núcleo estatórico, la rotación del motor es imposible. Si el motor es pequeño, para detectar esta anomalía, se trata de mover un extremo del eje del rotor hacia arriba y hacia abajo, como se indica en la fig. 4.3. Si dicho movimiento resulta posible, uno de los cojinetes está desgastado. En tal caso, desmóntese el rotor e inspecciónese detenidamente el núcleo del mismo para ver si presenta señales de roce con el estator. Esto confirmará el mal estado de uno o ambos cojinetes, que deberán ser forzosamente reemplazados.

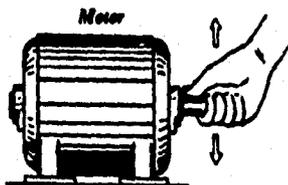


Fig. 4.3 - Se indica el movimiento de la flecha en caso de cojinete desgastado.

FALLAS ELÉCTRICAS

Pueden ser debido a las siguientes causas:

- 1.- Interrupción en el circuito del inducido.
- 2.- Interrupción en el circuito del inductor.
- 3.- Inducido o colector con un cortocircuito.
- 4.- Arrollamiento inductor en contacto a masa o en cortocircuito.
- 5.- Terminales de las bobinas conectadas a delgas que no corresponden.
- 6.- Conexión invertida de los terminales del inducido

La reparación se verifica:

- 1.- **Interrupción del circuito del inducido.-** La causa de ello puede ser: a) mal contacto de las escobillas; b) algún hilo roto de los que conducen la corriente a los portaescobillas; c) mala conexión entre el arrollamiento de los polos auxiliares y el inducido; d) hilo roto en el arrollamiento de los polos auxiliares; e) dos o más bobinas del inducido interrumpidas, como se muestra en la fig. 4..4

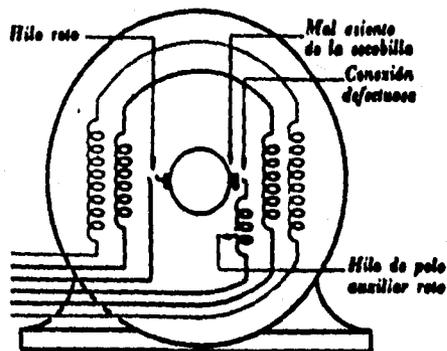


Fig. 4.4 - Posibles causas de interrupción en el circuito del inducido.

- 2.- **Interrupción en el circuito inductor.**- En la fig. 4.5, se indican los sitios donde suelen presentarse las interrupciones.

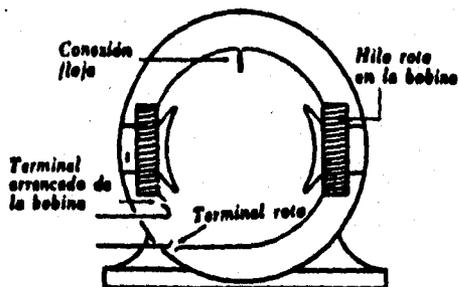


Fig. 4.5 - Puntos en el circuito del inductor donde se presentan las interrupciones.

- 3.- **Inducido o colector con un cortocircuito.**- No obstante, antes de empezar la prueba, se rascarán bien las láminas de mica del colector, a fin de eliminar la posibilidad de que la causa del cortocircuito sea algún contacto entre las delgas.

Una bobina de inducido con cortocircuito se manifiesta por un calentamiento excesivo y producción de humo; aún cuando el humo no se perciba, se notará el olor a quemado. Lo primero que debe hacerse, es abrir el interruptor de línea, pues de lo contrario al poco tiempo se quemarían, no sólo la bobina averiada, sino también las contiguas.

La bobina averiada se localiza por el tacto, como la más caliente.

La supresión de una bobina en cortocircuito, se logra cortando la bobina por el punto marcado y se unen con un puente las dos delgas a las cuales iba conectada, como se observa en la fig. 4.6.

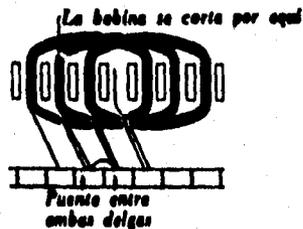


Fig. 4.6 - Supresión de una bobina con cortocircuito.

- 4.- **Arrollamiento inductor con contacto a masa o en cortocircuito.-**
Una bobina inductora con un cortocircuito, hará saltar un fusible o producirá un campo débil, insuficiente para lograr que gire el inducido. Por regla general, un motor que lleva alguna bobina con un cortocircuito, marcha a velocidad superior a la de régimen y produce chispas si no lleva carga.

Puede efectuarse la prueba de dos maneras: a) midiendo la resistencia de las bobinas con el ohmímetro; b) midiendo su caída de tensión.

a) Medición de la resistencia con el ohmímetro:

Como todas las bobinas inductoras de un motor son iguales, las resistencias de las mismas también deben ser iguales. Mediante un ohmímetro se determina por simple lectura la resistencia de cada bobina, y si en una de éstas resulta menor que en las demás, el cortocircuito quedará localizado en ella. La bobina averiada deberá devanarse de nuevo.

b) Medición de la caída de tensión:

Si las bobinas inductoras de un motor tetrapolar van conectadas en serie a una red de 120 voltios, la tensión medida entre los extremos de cada una de ellas, será la cuarta parte de la antes citada, o sea, 30 voltios. Por lo tanto, si la caída de tensión en cada bobina se mide con un voltímetro, tal como se indica en la fig. 4.7.

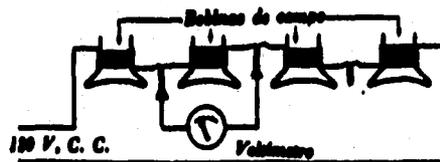


Fig. 4.7 - Localización de una bobina con cortocircuito por medio de un voltímetro.

- 5.- **Terminales de las bobinas conectados a delgas que no corresponden.**- Si los terminales de las bobinas van conectados a delgas algo distanciadas de las que en realidad corresponden, se producirán chispas en las escobillas. La solución consiste en correr las escobillas hasta que cesen las chispas, o si los portaescobillas son fijos, conectar los terminales a las delgas que correspondan.
- 6.- **Conexión invertida de los terminales del inducido.**- Este defecto sólo puede presentarse en un inducido acabado de rebobinar, y se manifiesta por la producción de chispas en las escobillas. Si a primera vista todo parece encontrarse en perfectas condiciones, el único medio para comprobar tal defecto, es verificar el inducido, como se muestra en la fig. 4.8

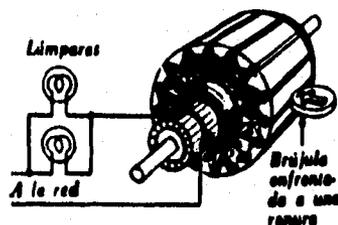


Fig. 4.8 - Localización de bobinas con las terminales invertidas.

La localización de bobinas con los terminales invertidos, por medio de una brújula. Se conecta el arrollamiento a una red de C.C., y se hace girar lentamente el inducido, de modo que la brújula quede enfrente de cada ranura. Si en ésta va alojada una bobina con los terminales invertidos, la aguja de la brújula gira 180 grados.

REVISIÓN DE ESCOBILLAS

Las características de las escobillas de carbón grafitado están relacionadas con:

- La buena conmutación y buen contacto eléctrico
- Resistencia al chispeo.
- Buena resistencia mecánica.
- Buena resistencia al desgaste.
- Caída de tensión a lo largo de la propia escobilla.

Comercialmente, el parámetro de selección e identificación de una escobilla, es su granulación, asociado con su resistencia específica, densidad, caída de tensión en el contacto, densidad de corriente permitida, dureza, resistencia mecánica, coeficiente de fricción.

En ninguna situación se deben utilizar en un mismo motor, escobillas diferentes, pues las caídas de tensión en cada tipo y la granulación serán diferentes, de lo que resultan circuitos desequilibrados.

La presión correcta de las escobillas sobre el colector es esencial para un funcionamiento exento de problemas. Cada máquina y cada escobilla implican un determinado valor de presión, normalmente en el margen de los 180 a 300 gramos/cm². Tanto la presión excesiva como la inferior a la específica originan un desgaste acelerado de la escobilla. La presión excesiva implica un desgaste mecánico mayor de las escobillas y la presión insuficiente da como resultado una caída de tensión mayor en el contacto y la aparición de chispas. Tan importante como el valor en las escobillas es la igualdad de las presiones en todas las escobillas de un motor.

CONOCIMIENTO BÁSICO DE LOS RODAMIENTOS

Los cojinetes del tipo de rodamiento, llamados "rodamientos", se fabrican en dos formas básicas: de bolas (baleros) y de rodillos. Cada tipo comprende una serie de diseños que dependen de la velocidad requerida, temperatura de funcionamiento y clase de trabajo a que serán sometidos.

RODAMIENTOS DE BOLAS

Los rodamientos de bolas se encuentran en casi cualquier tipo de motor. Tienen muy baja fricción; pueden funcionar a alta velocidad, y son eficaces en un amplio intervalo de temperaturas.

En la fig. 4.9, se muestra, de forma esquemática, las partes básicas de un rodamiento de bolas.

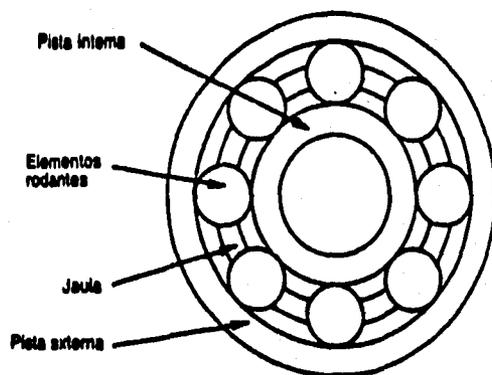


Fig. 4.9 - Elementos básicos de un rodamiento.

Los cojinetes de bolas más comunes son los de ranura profunda y una sola hilera, como se muestra en la fig. 4.10; son rodamientos para cargas radiales pero también pueden soportar cargas axiales o de empuje considerables en uno u otro sentido. Una carga axial es la que se aplica al rodamiento en dirección paralela al eje (o flecha); la carga radial es una fuerza perpendicular a dicho eje.

Dependiendo del tamaño de la flecha, es la carga que puede soportar el cojinete.

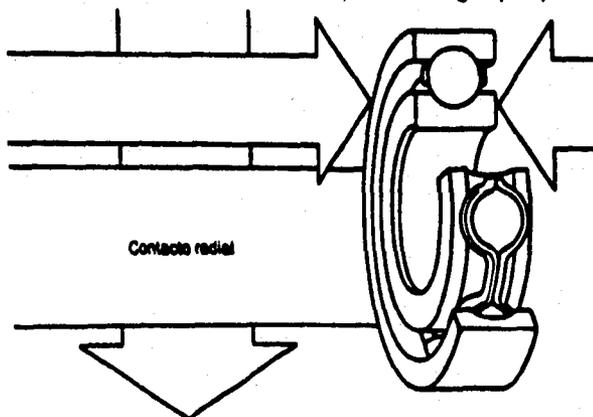


Fig. 4.10 - Rodamiento de bolas de una hilera y ranura profunda.

RODAMIENTOS DE RODILLOS

Los rodamientos de rodillos se utilizan en algunos motores grandes y en ciertas partes de las transmisiones mecánicas.

El rodamiento de rodillos esféricos (fig. 4.11), tiene dos hileras de rodillos en forma de barrilete, para poder compensar alguna ligera desalineación del eje. Aunque es un cojinete muy resistente para cargas radiales, también puede soportar cargas axiales considerables en uno u otro sentido.

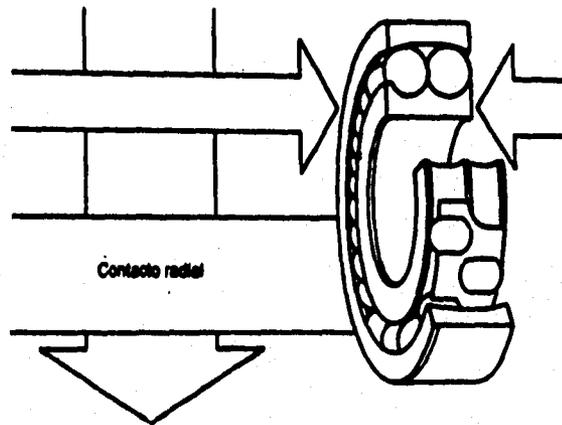


Fig. 4.11 - Rodamiento de rodillos esféricos.

El rodamiento de rodillos cilíndricos (fig. 4.12), tiene una gran capacidad de carga radial en relación con su tamaño; es de muy baja fricción y excelente para altas velocidades. Un rodamiento de esta clase con doble hilera de elementos rodantes se fabrica con tolerancias de la máxima precisión.

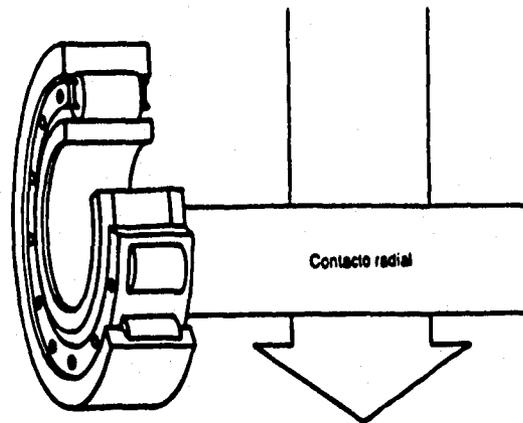


Fig. 4.12 - Rodamiento de rodillos cilíndricos.

En caso necesario, los cojinetes siempre deben ser reemplazados por otros, comprobando cuidadosamente que sean el equivalente exacto. Para ello deben determinarse factores tales como la carga, velocidad, temperatura de funcionamiento, ambiental y duración esperada.

VIDA ÚTIL DE LOS RODAMIENTOS

Los factores que influyen en la duración o vida útil de los rodamientos son como sigue:

- 1.- La velocidad de rotación a la que va a operar un rodamiento.
- 2.- Las cargas axiales y radial que soporta el rodamiento.
- 3.- La vibración del conjunto motor-carga impulsada puede acortar en forma notable la duración.

- 4.- Los ajustes, tanto en el montaje del rodamiento sobre el eje (o flecha) como en su alojamiento en la tapa lateral del motor, deben hacerse con precaución, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- 5.- El entorno del motor puede ejercer una gran influencia en la duración de los rodamientos, en especial si el motor se instala en un medio adverso o contaminante.
- 6.- Si el motor trabaja en condiciones de sobrecarga o expuesto a una temperatura ambiental excesiva.

AISLAMIENTOS

FUNCIONES DEL AISLAMIENTO

Las funciones básicas del sistema aislante en los motores son separar con seguridad los componentes de conducción eléctrica entre sí, y proteger contra agentes ambientales nocivos como polvo, productos químicos y otros, además de calor y vibraciones.

El tipo de sistema de aislamiento requerido depende no sólo del lugar en que trabajará el motor, sino también de las características de los materiales aislantes.

Para los motores eléctricos se usan como aislamientos:

- a) Papeles
- b) Telas
- c) Barnices
- d) Plásticos
- e) Fibras especiales

a) Papeles

Dentro de este tipo de aislamientos los que comúnmente se encuentran por su nombre comercial son el "papel pescado" y el "papel coreco" que soportan temperaturas del orden de 60 °C y con un recubrimiento de barniz hasta 90 °C, existe otro papel conocido comercialmente "isoplex" que soporta temperaturas hasta de 180 °C.

b) Telas

De los que usan mas frecuentemente en los motores eléctricos, se tiene la llamada "tela cambrige" que se empleara para separa grupos de bobinas o bien combinada con algunos tipos de papeles para aislar las ranuras del rotor.

c) Barnices

Los barnices que se usan principalmente para impregnación y existen dos tipos en el mercado principalmente: El llamado "barniz claro homado" y "el barniz secado al aire". El primero se usa para impregnados que estarán sometidos al proceso de secado en un horno de convección con temperaturas que van de 120°C a 140°C por periodos de una o dos horas, de manera tal que se solidifique por eliminación del solvente.

El barniz de secado al aire, sirve para proporcionar un acabado superficial uniformemente a los devanados. Su uso no se recomienda en motores que requieren de una impregnación profunda del barnizado.

d) Plásticos

Se ha dado por denominar así a materiales derivados de productos petroquímicos, con distintos nombres comerciales, como por ejemplo "el maylard" y que tiene como una de sus características importantes el soportar altas temperaturas.

e) Fibras especiales

La llamada "fibra roja" empleada en el acabado de las bobinas o bien en la elaboración de cuñas que se usan para cerrar las ranuras de los devanados. Para elaborar cuñas, se emplea una pasta conocida comercialmente como "celoran", se expende en el mercado como láminas (sólidas) con espesores que van de 1/6 de pulgada a una pulgada.

La forma clásica de cerrar las ranuras de los devanados es también por medio de cuñas de madera.

Se pueden clasificar térmicamente los materiales aislantes que se utilizaban en máquinas eléctricas hoy en día, según la IEC² Pub 1.85, en las siguientes clases:

² (IEC) - International Electrotechnical Commission.

CLASE B:

Comprende materiales a base de poliéster y polimídicos aglutinados con materiales orgánicos o saturados con éstos. La temperatura característica de esta clase es de 130 °C.

CLASE F:

Comprende materiales a base de mica, amianto y fibra de vidrio aglutinadas con materiales sintéticos, en general siliconas, políesteres o epóxidos. Temperatura característica de 155 °C.

CLASE H:

Comprende materiales a base de mica, asbestos o fibra de vidrio aglutinados con silicona de alta estabilidad térmica, presentando una temperatura característica de 180 °C.

CLASE C:

Incluye mica, vidrio, cerámica y cuarzo sin aglutinante; temperatura característica superior a 180 grados C.

Hoy los materiales B y F son usados en dos mercados: nacional e internacional de motores eléctricos.

Las causas reconocidamente más frecuentes de fallo del sistema aislante son:

- Deterioro térmico.
- Absorción de humedad; sea en el cuerpo del aislamiento, sea en superficie de aislamiento
- Contaminación por sustancias químicas ionizables, aceite, polvo, etc.
- Expansión o contracción diferencial de conductores, estructura magnética y aislantes (más probable en motores de núcleos largos).
- Daños mecánicos originados por tensiones (mecánicas), surgidas en el arrollamiento en la condición de cortocircuito, vibración o penetración de herramientas.
- Funcionamiento con tensiones o corrientes anormales.
- Bobinas débiles, debido al encogimiento.

CAPITULO

V

MÉTODOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

CAPITULO V

MÉTODOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

La instalación correcta de un motor es esencial para obtener un funcionamiento óptimo, eficiente y confiable. En los procedimientos para efectuar una instalación a un costo razonable, deben tenerse presentes los aspectos de ingeniería, diseño, selección, aplicación y mantenimiento.

UTILIDAD DE LOS DATOS DE PLACA PARA MEJORAR LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Durante la instalación, mantenimiento o reemplazo, la información sobre la placa es de máxima importancia para la ejecución rápida y correcta del trabajo. Se ilustra una placa en la fig. 5.1, que ayudará a reconocer mejor los datos, y se dará una información principal:

- 1.- **Número de serie.-** Es el número exclusivo de cada motor o diseño para su identificación, en caso de que sea necesario ponerse en comunicación con el fabricante.
- 2.- **Tipo.-** Combinación de letras, números o ambos, seleccionados por el fabricante para identificar el tipo de coraza y de cualquier modificación importante en ella.
- 3.- **Modelo.-** Datos adicionales de identificación del fabricante.

- 4.- **Potencia.-** La potencia nominal (HP), es la que desarrolla el motor.
- 5.- **Factor sobrecarga.-** También llamado Factor de servicio; los más comunes son de 1.0 a 1.15.

Un factor de 1.0 significa que no debe demandarse que el motor entregue más potencia que la nominal, si se quiere evitar daño al aislamiento.

- 6.- **Corriente (A).-** Indica la intensidad de la corriente que toma el motor al voltaje y frecuencia nominales, cuando funciona a plena carga.
- 7.- **Tensión (V).-** Valor de la tensión de diseño del motor que debe ser la medida en las terminales del motor.
- 8.- **Velocidad (r.p.m.).- Es la velocidad de rotación (r.p.m.) del eje del motor cuando se entrega la potencia nominal a la máquina impulsada.**
- 9.- **Frecuencia (Hertz).- Es la frecuencia eléctrica (Hz) del sistema de suministro para la cual está diseñado el motor.**
- 10.- **Calentamiento Adm. (° C).- Si la temperatura ambiente es mayor que la señalada, hay que reducir la potencia de salida del motor para evitar daños al sistema de aislamiento.**
- 11.- **Fases.- Número de fases para el cual está diseñado el motor, que debe concordar con el sistema de suministro.**

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- 12.- Cifra clave (KVA).- En este espacio se inscribe el valor de KVA que sirve para evaluar la corriente máxima (de avalancha) en el arranque. Se especifica con una letra clave correspondiente a un intervalo de valores de KVA/HP.
- 13.- Número de ranuras.- Es el número de ranuras que tiene el rotor.
- 14.- Número de delgas.- Es el número de delgas que tiene el colector.
- 15.- Bobinas / ranura.- Es el número de bobinas que ocupa cada ranura.
- 16.- Paso de bobina.- Es el número de bobinas que hay por cada polo.
- 17.- Tipo de arrollamiento.- Especifica el tipo de devanado que tiene el motor imbricado u ondulado.
- 18.- Paso de colector.- Especifica la multiplicidad; también número de bobinas por ranura.

MODELO DE HOJA DE DATOS PARA INDUCIDOS DE CORRIENTE CONTINUA

Firma constructora

Potencia (kW ó GV)	Velocidad (r.p.m.)	Tensión (V)	Corriente (A)
Frecuencia	Tipo	Cifra clave	Factor sobrecarga
Calentamiento adm.	Modelo	Número serie	Faseo
Número ranuras	Número delgas	Bobinas/ranura	
Diámetro conductor	Paso bobinas		
Distancia entre centro de ranura y { centro de delga centro de alca			
Paso colector			
Arroll. imbricado		Arroll. ondulado	

Fig. 5.1 - Datos de placa de un motor de corriente directa

REDUCCIÓN DEL RUIDO GENERADO POR LOS MOTORES.

El ruido se define como el "sonido irregular indeseado".

La reducción del ruido generado por los motores o por cualquier otra fuente empieza por la medición de su intensidad y la localización de sus orígenes. La presión del sonido suele medirse micropascales (μPa). El valor mínimo de ésta que el oído humano puede detectar es de unos $20 \mu\text{Pa}$ a 1000 Hz .

Los primeros intentos de aminorar el ruido causado por los motores se basaron en una regla empírica, generalmente aceptada, en la que se establece el nivel máximo de exposición humana a un valor de 97.5 dBA . A fin de tomar en cuenta la aportaciones de ruido de otras fuentes y de la reflexión sónica, se permitió que las fuentes individuales generasen intensidades de ruido no mayores de 91.5 dBA .

Los datos de pruebas de verificación de las intensidades de sonido deben anotarse en la hoja de datos frente a los valores especificados.

En el informe deben incluirse consideraciones tales como instrumentos acústicos utilizados en la prueba, características acústicas del lugar de la prueba, ubicación del equipo en la instalación de pruebas, descripción del montaje e instalación del equipo auxiliar, carga de prueba del equipo y ubicación de los micrófonos con respecto al equipo en cuestión, según el caso. Asimismo, deberán tomarse en cuenta los diferentes métodos para medición de potencia de sonido y de presión de sonido, y la documentación de los datos relativos.

Si no se alcanzan las especificaciones para ruido, ello debe considerarse tan importante como cualquier otra deficiencia en el comportamiento del equipo.

VIBRACIÓN DEL MOTOR

Hay tendencia a asociar la "ubicación" del motor al desequilibrio de sus partes giratorias. Aunque un motor equilibrado puede vibrar por diversas razones, como se expondrá a continuación.

Cuando el acoplamiento que se va a usar sea muy grande, conviene que el equilibrio del rotor se haga con el acoplamiento montado.

Algunas veces el motor funciona suavemente, sin vibraciones, al principio de la operación y, paulatinamente, pasa a vibrar. La causa más probable es una alteración de geometría con la elevación de la temperatura, la dilatación del rodamiento, del inducido, del paquete rotórico, etc.

En máquinas de corriente directa, una causa de las vibraciones puede ser el desequilibrio magnético. Las fuerzas que actúan en el entrehierro, entre el estator y el rotor tienden a aproximarlos y producen vibraciones con el doble de frecuencia de alimentación. Aunque en esas condiciones una pequeña vibración sea normal, una asimetría en el entrehierro puede reforzar esa vibración e incluso producir el ruido. Tal asimetría puede originarse por una ovalización de la superficie interna del estator o por deflexiones en el eje. Una transmisión por poleas y correas excesivamente tensada puede causar esa situación.

Es esencial una cimentación rígida para tener vibraciones mínimas y la alineación correcta entre el motor y la carga. Los mejores cimientos son los de concreto (hormigón) reforzado según se requiera, en especial para motores y cargas grandes.

UBICACIÓN DEL MOTOR

Un motor del tipo abierto, suele ser la mejor elección para lugares razonablemente libres de humedad, polvo o pelusas de algodón, y hay que dejar espacio para el mantenimiento y reparaciones. Los motores abiertos de corriente directa que tienen conmutadores deben colocarse o protegerse de modo que las chispas no puedan llegar a materiales combustibles cercanos.

Los motores a prueba de goteadura se emplean en donde el ambiente es más o menos limpio, seco y no corrosivo. Los devanados deben mantenerse limpios aplicando un cepillo suave, trapo o aspiradora. Los motores totalmente cerrados pueden instalarse en lugares en los que hay excesiva suciedad, humedad y corrosión, o para su empleo a la intemperie.

El motor debe instalarse de modo que desarrolle la potencia adecuada con seguridad. El aumento de temperatura de un motor de tipo estándar se basa en el funcionamiento a una altitud no mayor de 1000 m. (3,300 ft) sobre el nivel del mar.

Quando existen situaciones ambientales inusuales, como altas temperaturas, vibraciones excesivas, etc., deben utilizarse carcazas y disposiciones especiales para la instalación.

Siempre debe tratarse de que el motor quede en el mejor lugar posible, que sea limpio, seco y fresco. Muchas veces, los cuartos para equipo eléctrico son de construcción especial, para que los motores y otros equipos funcionen en un ambiente adecuado y se obtenga la máxima duración con un mantenimiento sencillo.

ACOPLAMIENTOS

La alineación mecánica exacta y los acoples respectivos, son esenciales para el buen funcionamiento del motor de corriente directa.

Los motores para conexión directa provistos de "cojinetes de bolas o de rodillos", pueden acoplarse a su carga mediante acoplamientos flexibles; pero éstos deben acoplarse de modo que haya más juego longitudinal en el acoplamiento, que en el motor.

Elo se debe a que tales cojinetes pueden soportar sin dañarse empuje suficiente para que el acoplamiento se deslice en dirección axial debido a la dilatación térmica en el sistema. En estos motores, el juego longitudinal puede ser de 50 a 150 milipulgadas, o sea 1.3 a 3.8 mm., y el acoplamiento o cople debe tener cuando menos ese juego.

Las "impulsiones con engranes" requieren una alineación precisa y un montaje rígido. Los dientes de los engranajes han de embonar debidamente hasta una profundidad que produzca un juego u holgura entre dientes mínimo, de alrededor de 0.051 mm.; debe evitarse un endentado tan profundo que pueda hacer que los dientes se flexionen o traben.

La "transmisión de banda", hace necesario que el motor esté montado en rieles o placa base de forma que sea posible ajustar la tensión de la banda. Las poleas se alinean de modo que las bandas queden perpendiculares al eje y que todas tengan la misma tensión.

La o las bandas deben apretarse lo preciso para evitar deslizamiento (patinaje) a la potencia nominal.

La tensión excesiva de una banda producirá cargas innecesarias sobre el eje y los acoplamientos.

CONCLUSIONES

Al cabo del título, de Selección, Aplicación, y Mantenimiento de Motores de Corriente Directa.

Podemos afirmar que los motores de corriente directa, tienen diversas aplicaciones, por su ajuste fino y control preciso de velocidad.

Como se pudo estudiar, hay diferentes tipos de motores de corriente directa, los cuales difieren unos de los otros en la manera mediante el cual obtienen su flujo de campo.

Estos motores están excitados: independientemente, con imán permanente, en derivación, en serie y con excitación compuesta. La forma en que se deriva el flujo afecta la manera como varía con la carga, lo cual a su vez afecta la característica total de Par-velocidad del motor.

Un motor de c.d. en derivación o con excitación independiente tiene una característica de Par - velocidad cuya velocidad cae linealmente con el incremento de Par.

Su velocidad puede controlarse cambiando su corriente de campo, su voltaje de armadura o su resistencia de armadura.

Un motor de imán permanente es la misma máquina básica, excepto porque su flujo se obtiene de un imán permanente. Su velocidad puede controlarse cambiando su voltaje de armadura o su resistencia de armadura, excepto por el de variar la corriente de campo.

Un motor serie tiene el Par de arranque más alto que cualquier otro motor de c.d., pero tiende a embalsarse sin carga. Se usa en aplicaciones de Pares muy altos, en donde la regulación de la velocidad no es importante.

Un motor de c.d. de excitación compuesta acumulativo es un arreglo entre el motor en derivación y el serie, donde el flujo derivación y el flujo serie se adicionan.

Por lo tanto tiene un Par de arranque más alto que un motor derivación (cuyo flujo es constante), pero un Par de arranque más bajo que un motor serie (cuyo flujo total es proporcional a la corriente de armadura.)

Un motor de c.d. de excitación compuesta diferencial, el flujo derivación y el flujo serie se sustraen uno de otro.

Esté motor es un problema; es inestable y tiende a embalsarse cuando se le agrega carga.

El estudio de los motores de corriente directa es muy amplio, incluyendo su mantenimiento.

Es por eso, que en esté libro hacemos mención de algunas de las fallas más frecuentes en un motor de corriente directa..

Tanto las fallas Mecánicas, como las Eléctricas tienen una estrecha relación.

Puesto que, por ejemplo, una mala conmutación ó contacto eléctrico, entre las escobillas y el colector.

Se puede deber a fallas Mecánicas o Eléctricas, como fallas Mecánicas mencionaremos:

- a) Aislamiento que sobresale entre las delgas del colector.
- b) Delgas salientes o hundidas.
- c) Escobillas demasiado duras.
- d) Colector ovalado.

Y como fallas Eléctricas:

- a) Interrupción del circuito del inducido.**
- b) Terminales de las bobinas conectadas a delgas que no corresponden.**
- c) Conexión invertida de los terminales del inducido.**

Espero que este manual de mantenimiento sirva, ha estudiantes, ingenieros y a todo personal que tenga que ver con el mantenimiento y reparación de los motores de corriente directa.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Riepenberg, F. DEVANADO, REPARACIÓN Y MONTAJE DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES. 1ª edición. Ed. Gustavo Gali, S.A.de C.V. 1991.
- 2.- Fábregas, Juan. DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS Y DÍNAMOS. 1ª edición. Ed. Mexicana S.A. 1991.
- 3.- Silvio Lobosco, Orlando Dr. & Pereira da Costa Dias, José Luis. SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS. Tomo I. 1ª edición. Ed. Boixareu Editores (Siemens). 1990.
- 4.- Rosenberg, Robert. REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS. Tomos I y II. 7ª edición. Ed. Gustavo Gali S.A. de C.V. México, 1991.
- 5.- Lawrie, J. Robert. BIBLIOTECA PRÁCTICA DE MOTORES ELÉCTRICOS. Tomo II. 1ª edición. Ed. Océano / Centrum. 1997.
- 6.- Smeaton, W. Robert. MOTORES ELÉCTRICOS. SELECCIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN. Tomo II. 2ª edición. Ed. McGraw. Hill. 1990.
- 7.- Arnold, Robert & Stehm, Wilhelm. MÁQUINAS ELÉCTRICAS. Tomo II. 1ª edición. Ed. Trillas. 1992.