

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

EXTENSION SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

ESCUELA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE :

TECNOLOGO ELÉCTRICO

FUNCIONAMIENTO - MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES MONOFÁSICOS

Y CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR DE INDUCCIÓN MONOFÁSICO

DE FASE PARTIDA

AUTOR

CESAR MORALES VELEZ

DIRECTOR

TNCGO. ANGEL AGUAGALLO R.

AÑO LECTIVO 1992 - 1993

** DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE TESIS ES
RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL AUTOR **

CERTIFICADO

*Certifico que el presente trabajo fue realizado
en su totalidad por el señor*

IBRALES VELEZ CESAR RAFAEL


Talca, Angel Aguapello R.

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

*A mi madre Sra. Carmen Vélez A. Con el deseo de
que este esfuerzo retribuya en algo su total e
incondicional apoyo.*

EL AUTOR.

INTRODUCCION

El estudio e investigación de la conversión de energía electromecánica, se hace cada vez más importante puesto que este fenómeno es utilizado con mayor frecuencia, dadas las exigencias del avance tecnológico.

Es de gran importancia el estudio de motores monofásicos ya que estos son muy utilizados en instalaciones residenciales, en pequeña y mediana industria.

El funcionamiento y mantenimiento de los motores monofásicos en general comprende a las tres familias de motores monofásicos, los cuales serán tratados con su debido grado de importancia.

En cuanto a la construcción del motor de inducción monofásico de fase partida, se debe a que este tipo de motor es considerado como uno de los más utilizados dentro del campo monofásico. Es conveniente que para poder lograr una reproducción de un motor, primero se lo pueda construir, y es por esto que no se optó la construcción del motor universal que es el más utilizado y pertenece a la familia de motores monofásicos de tipo colector, que puede ser aplicado a dos tipos de alimentación como es c.c y c.a. En la actualidad el motor universal es considerado como desechable, ya que como estos son de potencia fraccional; en caso de un daño en su sistema, es más conveniente la compra de ese elemento, antes que su reconstrucción. Mientras que con el motor de inducción monofásico de fase partida sucede todo lo contrario.

La indagación teórica y práctica de este trabajo serán seleccionados de acuerdo a su grado de importancia.

OBJETIVOS GENERALES

- Encaminar a personas relacionadas con la electricidad en el estudio de los motores monofásicos,
- Lograr una mayor vida útil y un óptimo funcionamiento de estos motores por medio de métodos y técnicas para el mantenimiento de los mismos,
- Dar soluciones a los posibles problemas que se presenten en el desarrollo de este trabajo,
- Lograr un mayor conocimiento y obtener una buena experiencia en este determinado campo de la electricidad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar las características de funcionamiento de los motores monofásicos,
- Estudiar los elementos constitutivos de los motores de inducción monofásicos de fase partida,
- Conocer como se genera un campo giratorio en un motor monofásico,
- Realizar un estudio de las averías posibles en cada uno de los elementos y en general de estos motores con su correspondiente reparación.

INDICE ANALITICO

CAPITULO 1

GENERALIDADES

	Pag
1.1.- Conceptos Generales	1
1.2.- Aplicación en la pequeña y mediana Industria	9

CAPITULO 2

MOTORES DE INDUCCION MONOFASICOS

2.1.- Introducción	13
2.2.- Funcionamiento de los motores de inducción monofásicos	13
2.3.- Clasificación	17
2.3.1.- Motor de fase partida	17
2.3.1.1.- Motor de arranque por resistencia	17
2.3.1.2.- Motor de arranque por condensador	20
2.3.2.- Motor de inducción de arranque por reluctancia	22
2.3.3.- Motor de inducción con espiras de sombra	24
2.3.4.- Motor de inducción de arranque por repulsión	26
2.4.- Mantenimiento y reparación de los motores de inducción monofásicos	28
2.4.1.- Fusibles quemados	29
2.4.2.- Cojinetes desgastados	30
2.4.3.- Tapas mal montadas	31
2.4.4.- Eje torcido	32
2.4.5.- Cojinetes excesivamente apretados	32
2.4.6.- Sobrecargas	33
2.4.7.- Interrupción en el bobinado de régimen	34

	<i>Pag.</i>
2.4.8.- <i>Interrupción en la bobina de arranque</i>	35
2.4.9.- <i>Contacto a masa de los bobinados</i>	38
2.4.10.- <i>Bobinados quemados o en cortocircuito</i>	39
2.4.10.1.- <i>Localización al tacto</i>	40
2.4.10.2.- <i>Prueba de la caída de tensión</i>	40
2.4.10.3.- <i>Prueba del zumbador</i>	40
2.4.10.4.- <i>Prueba de la corriente absorbida</i>	41
2.4.11.- <i>Barras de rotor flojas</i>	42
2.4.12.- <i>Inversión de polaridad en los bobinados</i>	43
2.4.13.- <i>Condensador defectuoso (motores de condensador)</i>	44

CAPITULO 3

MOTORES SINCRONOS MONOFASICOS

3.1.- <i>Introducción</i>	47
3.2.- <i>Funcionamiento de los motores sincronicos monofásicos</i>	47
3.3.- <i>Clasificación</i>	48
3.3.1.- <i>Motor de reluctancia</i>	48
3.3.2.- <i>Motor de histéresis</i>	50
3.3.3.- <i>Motor subsincrono</i>	51
3.4.- <i>Mantenimiento y reparación de los motores sincronicos monofásicos</i>	52
3.4.1.- <i>Cojinetes excesivamente apretados</i>	52
3.4.2.- <i>Interrupción en el bobinado estático</i>	53
3.4.3.- <i>Sobrecargas</i>	53
3.4.4.- <i>Cojinetes desgastados</i>	54
3.4.5.- <i>Bobinados quemados o en cortocircuito</i>	54
3.4.5.1.- <i>Localización al tacto</i>	55

CAPITULO 4MOTORES MONOFASICOS TIPO COLECTOR

4.1.-	Introducción	56
4.2.-	Funcionamiento de los motores monofásicos tipo colector	56
4.3.-	Clasificación	57
4.3.1.-	Motor de repulsión	57
4.3.2.-	Motor de inducción - repulsión	59
4.3.3.-	Motor de serie de c.a	62
4.3.4.-	Motor Universal	66
4.4.-	Mantenimiento y reparación de los motores monofásicos tipo colector	69
4.4.1.-	Repulsión y repulsión - inducción	69
4.4.1.1.-	Fusibles quemados	69
4.4.1.2.-	Cojinetes desgastados	71
4.4.1.3.-	Sobrecargas	72
4.4.1.4.-	Interrupción en los bobinados	73
4.4.1.5.-	Inducido en cortocircuito	75
4.4.1.6.-	Estator en cortocircuito	77
4.4.1.6.1.-	Localización al tacto	77
4.4.1.6.2.-	Prueba de la caída de tensión	78
4.4.1.6.3.-	Prueba del zumbador	78
4.4.1.6.4.-	Prueba de la corriente absorbida	78
4.4.1.7.-	Conexión equivocada de los terminales	79
4.4.1.8.-	Calado incorrecto de las escobillas	80
4.4.1.9.-	Escobillas que no hacen contacto con el colector	80

	<i>Pag.</i>
4.4.1.10.- <i>El aislamiento de mica sobresale entre los delgas del colector</i>	81
4.4.1.11.- <i>Bobinados con contactos a la masa</i>	82
4.4.2.- <i>Motores serie - universal</i>	84
4.4.2.1.- <i>El motor no funciona ni se oye ruido alguno</i>	85
4.4.2.2.- <i>El motor no funciona pero se oye un pequeño zumbido</i>	85
4.4.2.3.- <i>El motor se calienta en exceso</i>	86
4.4.2.4.- <i>El motor se calienta en exceso y hace ruido</i>	86
4.4.2.5.- <i>El motor funciona normalmente pero se notan ruidos y vibraciones</i>	87

CAPITULO 5

ESTRUCTURA DEL MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO

DE FASE PARTIDA

5.1.- <i>Introducción</i>	88
5.2.- <i>El estator</i>	88
5.2.1.- <i>Arrollamiento principal</i>	89
5.2.2.- <i>Arrollamiento auxiliar</i>	89
5.2.3.- <i>Ejecución estructural del devanado estatórico</i>	90
5.2.4.- <i>Esquemas del devanado estatórico</i>	91
5.2.5.- <i>Tipos de arrollamientos</i>	98
5.2.5.1.- <i>Cálculo de bobinados separados</i>	100
5.2.5.2.- <i>Cálculo de bobinados superpuestos</i>	103
5.2.6.- <i>Placas terminales</i>	105
5.3.- <i>El rotor</i>	105
5.3.1.- <i>Arrollamiento (jaula de ardilla)</i>	106
5.4.- <i>El interruptor centrífugo</i>	107

	Pag.
5.5.- El condensador	109
5.6.- Materiales utilizados para fabricar arrollamientos	111
5.6.1.- Conductores más empleados	111
5.6.2.- Aislantes	112
5.6.2.1.- Algodón y seda	112
5.6.2.2.- Fibra de vidrio	112
5.6.2.3.- Amianto	112
5.6.2.4.- Resinas sintéticas	112
5.6.2.5.- Tela aceitada	112
5.6.2.6.- Papel impregnado	113
5.6.2.7.- Parafina	113
5.6.2.8.- Cartones	113
5.6.2.9.- Otros aislantes	113
5.6.3.- Barnices	113
5.6.4.- Aleaciones para soldar	114
5.7.- Formas constructivas del aislamiento en los arrollamientos	115
5.8.- Designación normalizada para los terminales de arrollamientos	116
5.8.1.- Tensiones de servicio	117
5.8.1.1.- Una sola tensión de servicio	117
5.8.1.2.- Dos tensiones de servicio	117
5.8.2.- Identificación de terminales mediante colores	119
5.8.3.- Dispositivos auxiliares en el interior del motor	119
5.8.4.- Dispositivos auxiliares exteriores al motor	120
5.8.5.- Placas de bornes	120
5.8.6.- Dispositivos auxiliares interiores conectados permanentemente a la placa de bornes	121

	Pag.
5.8.7.- Principios generales para la designación de terminales en motores monofásicos	121
5.8.7.1.- Primer principio	121
5.8.7.2.- Segundo principio	121
5.8.7.3.- Tercer principio	122
5.8.8.- Esquemas de conexión con designación de terminales para motores de fase partida con una sola tensión de servicio y sentido de giro reversible	122

CAPITULO 6

ENSAMBLAJE DEL MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO

DE FASE PARTIDA

6.1.- Introducción	123
6.2.- Aislamiento de ranuras	123
6.3.- Bobinado	126
6.3.1.- Cálculo del motor monofásico	130
6.3.2.- Bobinado a mano	132
6.3.3.- Bobinado con molde	133
6.3.4.- Bobinado en malejas	135
6.4.- Colocación de las bobinas	139
6.5.- Conexión de las bobinas	139
6.5.1.- Conexión serie	139
6.5.2.- Conexión en paralelo	140
6.5.3.- Conexión en serie - paralelo	141
6.6.- Comprobación de las bobinas	144
6.7.- Montaje del motor	144
6.8.- Pruebas de funcionamiento	147

	<i>Pag.</i>
6.8.1.- Prueba de rozamiento	147
6.8.2.- Prueba de temperatura	147
6.8.3.- Prueba de vibraciones	147
6.8.4.- Prueba de velocidad	147
6.8.5.- Prueba de corriente	147
6.8.6.- Prueba de conexión de polos	148

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<i>Tablas</i>	149
<i>Apéndice</i>	153
<i>Anexo</i>	156
<i>Glosario técnico</i>	166
<i>Bibliografía</i>	171

*FUNCIONAMIENTO - MANTENIMIENTO
DE LOS MOTORES MONOFASICOS Y
CONSTRUCCION DEL MOTOR DE
INDUCCION MONOFASICO
DE FASE PARTIDA*

CAPITULO 1
GENERALIDADES

1.1.- CONCEPTOS GENERALES:

CAMPO MAGNETICO DE CORRIENTE ELECTRICA.- La corriente eléctrica que circula por los conductores produce en el espacio alrededor de estos un campo magnético. La propia corriente eléctrica se crea por el movimiento de cargas por acción del campo eléctrico, por eso existe siempre un campo electromagnético único.

Pero en una serie de casos el campo eléctrico por sus manifestaciones puede ser relativamente muy débil y es posible examinar un campo magnético independiente. Su existencia se descubre gracias a varios fenómenos. Como por ejemplo la aguja magnética expuesta a este campo que tiende a orientarse perpendicularmente al conductor por el que circula la corriente.

CAMPO TRANSVERSAL.- Cuando el rotor de una máquina se le induce una fuerza electromotriz (f.e.m. de rotación); y a éste se le hace girar casi a la velocidad de sincronismo; la f.e.m. de rotación es elevada, produciendo un campo magnético giratorio casi constante, al cual se le denomina campo transversal.

CAMPO GIRATORIO.- Se denomina así a un campo vector cuya dirección en el espacio varía con el tiempo de manera rotativa.

CAMPO ELECTRICO.- Un concepto desarrollado para explicar el fenómeno asociado a una carga eléctrica. Una carga eléctrica produce, en el espacio que la rodea, un estado de energía que ejerce unas fuerzas mecánicas sobre otras cargas. Se dice

que las cargas están en un campo eléctrico, y el concepto puede utilizarse para explicar los fenómenos eléctricos sin volver a referirlos a las cargas en virtud de que se producen.

Por extensión del concepto, el campo eléctrico aparece como un constituyente de la radiación electromagnética.

CICLO. - Serie de fases por las que pasa un fenómeno físico periódico hasta que se reproduce una fase anterior.

El valor del ciclo en la onda sinusoidal de la corriente alterna es igual a : $C = 1/f$ (1.1)

Donde: $C =$ Ciclo

$f =$ Frecuencia.

DENSIDAD ELECTRICA. - Se entiende por densidad eléctrica, el número de amperios que pasan por unidad de superficie en este caso el mm^2 , por un conductor.

$$d = I/S \quad (1.2)$$

Donde: $d =$ Densidad (A/mm^2)

$I =$ Corriente (A)

$S =$ Sección (mm^2).

DENSIDAD DE FLUJO REMANENTE. - Es la densidad de flujo que permanece en un material después de haber reducido a cero un campo magnético inicial. Su magnitud depende de la intensidad del campo magnético. Si ésta última alcanza el valor de saturación del material, la densidad del flujo remanente se convierte en la remanencia magnética o remanencia.

DESLIZAMIENTO. - Se define así a la diferencia de velocidad fraccional entre un miembro accionador y uno accionado, como un par de poleas conectadas por una banda, las dos partes de un embrague, o el estator y el rotor de un motor de inducción.

Si la velocidad accionadora es $N1$ y la velocidad del miembro accionado es N , el deslizamiento es:

$$S = (N1 - N)/N1 \quad (1.3)$$

El valor máximo de deslizamiento, es decir el 100%, equivale a la unidad.

DISPERSION.- Es la variación de capacidad con respecto a la frecuencia o al tiempo. La dispersión magnética es entendida como la parte de un fluido magnético que sigue un camino en el que es ineficaz para el propósito deseado.

FUERZA ELECTROMOTRIZ.- Su abreviatura es (f.e.m), y es la tensión de la fuente de un generador que hace que por un circuito cerrado circule una corriente, cuyo sentido es del terminal positivo al negativo de la fuente. Existe una cierta tendencia en utilizar el término tensión de fuente en lugar de f.e.m; porque esta última es un nombre equivocado para tensión.

FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ.- Su abreviatura es (f.c.e.m), y es la tensión que se establece en un circuito que se opone a la tensión aplicada al mismo, es así como por ejemplo en los conductores de la armadura de un motor de c.c, se genera una fuerza contraelectromotriz debido a la rotación de la armadura en su campo magnético.

FUERZA MAGNETOMOTRIZ.- Su abreviatura es (f.m.m), y es la causa de la existencia de un flujo magnético en un circuito magnético. Cuantitativamente es la integral escalar de la intensidad del campo magnético a lo largo de un camino cerrado.

FLUJO MAGNETICO.- Es el concepto de las propiedades magnéticas de un imán, que parecen "fluir" a lo largo de caminos definidos llamados líneas de fuerza magnético; el número total

de estas líneas de fuerza que salen de un determinado polo de un imán constituye el flujo magnético. La unidad SI es el Weber. Si el flujo que envuelve una espira varía un Weber por segundo, en dicha espira se inducirá una tensión de un voltio. La unidad C.G.S es el maxwell; un weber = 10^8 maxwell.

FRECUENCIA. - Se denomina frecuencia al número de ciclos completos de una función periódica (una tensión o una corriente) por unidad de tiempo. La unidad S.I de la frecuencia es el hertzio (Hz). En motores industriales se emplea casi siempre la de 50 ciclos; otros valores empleados a veces son: 25, 40, 60 y 400 ciclos.

HISTERESIS. - Es un fenómeno en el que el efecto producido por un estímulo aplicado se evalúa dos veces; un valor más bajo cuando la magnitud del estímulo está aumentando, y uno mayor cuando el estímulo tiene una magnitud decreciente. El efecto se observa en los muelles de los sistemas de transmisión (contragolpe) y en los materiales ferroeléctricos y ferromagnéticos.

IMPEDANCIA. - Es una magnitud compleja que representa el cociente entre el fasor de tensión eficaz (v) y el fasor de corriente eficaz (I) en un circuito en el que hay una tensión y una corriente senoidales. Es:

$$Z = v/I = Z \angle \theta \quad (1.4)$$

Donde: θ = Ángulo entre v y I .

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. - Es la producción de una tensión inducida en un circuito mediante una variación del flujo magnético que atraviesa el mismo. En un circuito cerrado puede producirse una corriente inducida de varias maneras: a) desplazando un imán cerca del circuito, b) desplazando el cir -

c) alterando el tamaño del circuito, d) variando la intensidad del campo magnético. Todas estas situaciones están cubiertas por la ley de Faraday de la inducción electromagnética.

INDUCCIÓN ELECTRICA. - Es la modificación de la distribución de carga en un cuerpo conductor cuando se somete a la influencia de un campo eléctrico.

INDUCTANCIA. - Es la relación entre el flujo magnético inducido en un circuito eléctrico y una corriente. Si la corriente circula por el propio circuito, la inductancia es una propiedad de autoinducción; si el acoplamiento se debe a la corriente de otro circuito; los dos circuitos tienen la propiedad de inductancia mutua. La unidad S.I es el henrio (H).

INTENSIDAD DE CAMPO MAGNETICO. - En un punto de un campo magnético, es el cociente entre la densidad de flujo magnético y la permeabilidad absoluta del material. La unidad S.I es el amperio por metro (A/m).

LEY DE FARADAY-NEWMANN. - Se dice de Faraday-Newmann ya que fue deducida básicamente por Faraday, y en forma más comprensiva por Newmann. Es una ley de inducción electromagnética. Faraday demostró que en un circuito cerrado se induce una corriente cuando se mueve un imán cerca del mismo. La corriente inducida también puede generarse moviendo el circuito cerca del imán, variando la superficie del circuito y variando la intensidad del campo magnético. Un enunciado más comprensivo de Newmann: En un circuito se establece una fuerza electromotriz cuando el flujo magnético que acopla el circuito se varía de cualquier manera. La magnitud de la f.e.m. es proporcional a la velocidad de variación de los acoplamientos del flujo con

el circuito, y tiene un sentido tal, que cualquier corriente que produce tiende a oponerse a la variación del acoplamiento del flujo. La ley puede expresarse así:

$$e = - d\psi/dt \quad (1.5)$$

Donde: (e) es la f.e.m. total y ψ es el flujo, o el producto de espiras y flujo. El signo negativo indica que el sentido de la f.e.m. es tal que produce una corriente que se opone a la variación del flujo. A menudo es posible emplear la relación $\psi = N\phi$, donde (ϕ) es el flujo medio por espira, y (N) es el número de espiras del circuito.

LEY DE LENZ.- Cuando en un circuito se induce una fuerza electromotriz por un flujo magnético variable, la dirección de la tensión inducida es tal que cualquier corriente producida por aquella se opone a la variación del acoplamiento.

MAGNETIZACION.- Es el proceso de la producción de las propiedades de un imán en un cuerpo magnético.

MAGNETISMO RESIDUAL.- Se denomina así al magnetismo que permanece en un material después de haber retirado la fuerza magnetizante.

PAR.- Se llama así a la medida del efecto de torsión producido en el eje del motor. El par de un motor es proporcional a la fuerza producida en los conductores de la parte giratoria y a la distancia del eje a la que actúa esta fuerza. Para motores de tamaño medio y grande, la fuerza se expresa en Kilogramos y el radio de giro se toma en metros, quedando así:

$$M = F.R \quad (1.6)$$

Donde: M = par, Kgm

F = fuerza, Kg

R = radio, m

En los motores muy pequeños se puede expresar el par en gramos por centímetro, siendo $1\text{Kg} = 10^5\text{g} \times \text{cm}$.

POTENCIA. - Es la velocidad con la que se realiza trabajo o se convierte energía de una forma a otra.

Una característica fundamental de los motores, es la potencia de salida disponible en el eje del motor. Las potencias de los motores abarcan desde una fracción pequeña de Hp hasta varios miles de Hp. A los motores de menos de 1Hp se les denomina motores de potencia fraccionaria y a los restantes como motores de potencia integral.

REGLA DE LA MANO IZQUIERDA PARA UN CONDUCTOR POR EL QUE CIRCULA UNA CORRIENTE. - La relación entre la dirección del flujo de electrones y el campo magnético se recuerda fácilmente con la regla de la mano izquierda para el conductor que dice: Si se coge el alambre con la mano izquierda de forma que el pulgar apunte en la dirección del flujo de electrones, los restantes dedos apuntarán en la dirección del campo magnético. Así, si se conoce la dirección del flujo de electrones o la del campo magnético, se puede obtener la del otro.

REGLA DE LA MANO IZQUIERDA PARA UNA BOBINA. - Como la dirección de las líneas magnéticas se determina por la dirección del flujo de electrones, cambiará la polaridad de la bobina. La relación entre la dirección de la corriente y los polos de la bobina se conoce como regla de la mano izquierda para una bobina, que dice: Si se coge la bobina con la mano izquierda de forma que los dedos apunten en el sentido de la corriente, el pulgar apuntará en la dirección del polo norte de la bobina.

REGLA DE FLEMING DE LA MANO DERECHA. - La regla de Fleming de la mano derecha expresa la relación entre la dirección del

movimiento del conductor, la dirección del campo magnético y la dirección de la f.e.m. inducida. Esta relación se puede enunciar como sigue: (a) Se colocan los dedos pulgar, índice y corazón de la mano derecha formando entre sí ángulos rectos. (b) Se apunta el pulgar en la dirección del movimiento del conductor. (c) Se apunta el índice en la dirección del campo magnético. (d) El dedo corazón apuntará en la dirección del voltaje inducido, o sea hacia el terminal positivo.

RELUCTANCIA.- Es la relación entre la fuerza magnetomotriz y el flujo en un circuito magnético o parte del mismo. Su abreviatura es Rm. Unidad SI: 1 por henrio.

RENDIMIENTO.- Aunque el rendimiento no debe considerarse exactamente una característica del motor, es de tanta importancia para el usuario ya que le ayuda a determinar el coste de funcionamiento. El rendimiento de los motores varía mucho con su tamaño, como se puede apreciar con los siguientes valores aproximados: 1) 1/4hp, 62%; 2) 1hp, 75%; 3) 50hp, 90%; 4) 5000hp, 97%. Se puede calcular el rendimiento con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rendimiento por ciento} = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100 \quad (1.7)$$

o también

$$\text{Rendimiento por ciento} = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada} + \text{pérdidas}} \times 100 \quad (1.8)$$

RESISTENCIA ELECTRICA.- Es la oposición ofrecida por un material conductor al paso de una corriente de conducción. Se expresa en ohmios (Ω). Se define en condiciones fijas por la relación tensión/corriente, de un material homogéneo o de cualquier otro dispositivo capaz de conducir.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.- Es la resistencia ofrecida por un material aislante que separa dos conductores sometidos a

una diferencia de potencial o un conductor activo y de tierra, VELOCIDAD.- También es una característica del motor la velocidad de rotación de su eje; se expresa en revoluciones por minuto. Su abreviatura es: r.p.m. La velocidad de la mayor parte de los motores de corriente alterna cuando funcionan alimentados a 50 ciclos se limita a los valores fundamentales como: 3000, 1500, 1000, 750 y 500 r.p.m. Su fórmula es:

$$f = (2P \cdot S) / 120 \quad (1.9)$$

Donde: f = Frecuencia

$2P$ = Número de polos

S = Velocidad del motor.

Debido al efecto de la fuerza centrífuga, los motores de gran tamaño están limitados a velocidades inferiores que los de pequeño tamaño. Cuando se necesitan velocidades muy bajas, es generalmente más ventajoso emplear un motor de mayor velocidad y dotarle de un sistema de engranajes de reducción.

1.2.- APLICACION EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA.

La utilización de los motores monofásicos está dentro de un campo muy amplio, ya que son tomados muy en cuenta en la mecanización tanto doméstica como en la mediana industria, así por ejemplo en mecánicas, carpinterías, fábricas, etc.

Refiriéndonos al caso del uso doméstico:

Casi todos los motores de aparatos domésticos son de potencia fraccionaria. Considerados desde el punto de vista de su funcionamiento eléctrico, encontramos motores de inducción que pueden ser del tipo de arranque con fase partida y a menudo del tipo de arranque con condensador. Después encontramos muchos motores universales del tipo con devanado en serie, con conmutador y escobillas, para funcionar, bien, con corriente

alterna o con continua. Hay muchos motores minúsculos, entre ellos los tipos de fase partida, los de polo partido o amortiguado con anillo de cobre en cortocircuito y los motores sincrónicos muy pequeños.

Todos los tipos de motores son importantes en el campo de los aparatos domésticos. Los tres aparatos más generalmente usados movidos por motores son las máquinas lavadoras de ropa, los relojes y las aspiradoras de vacío. Las máquinas lavadoras tienen por lo general motores de inducción, los relojes tienen minúsculos motores sincrónicos y las aspiradoras de vacío tienen motores con devanado en serie.

Damos a continuación una lista de los aparatos electrodomésticos impulsados por motores, con la potencia de los motores generalmente empleados:

Aspiradoras de vacío para la limpieza	1/6 a 1/2 Hp
Relojes	1/300 Hp
Secadoras para el pelo	1/30 Hp
Ventiladores	1/20 a 1/12 Hp
Humidificadores para habitaciones	1/20 a 1/12 Hp
Máquinas planchadoras	1/20 a 1/6 Hp
Mezcladoras para bebidas y alimentos	1/12 a 1/6 Hp
Fonógrafos eléctricos	1/30 a 1/20 Hp
Proyectores cinematográficos	1/20 Hp
Máquinas de coser	aprox. 1/8 Hp
Lavadoras para ropa	1/4 Hp
Lavadora de platos	1/4 Hp.

La potencia indicada para el motor de cada aparato representa simplemente la práctica común. En cualquiera de ellas podría emplearse un motor mayor o más pequeño. Entre esos aparatos

movidos por motores eléctricos hay algunos cuyo funcionamiento exige unidades de caldeo (al mismo tiempo que el motor); figurando entre ellos las máquinas de planchar, los humidificadores, los secadores para el pelo y algunas máquinas para lavar platos.

Refiriéndonos al caso de la mediana industria:

Los motores mayormente utilizados en este campo y que sean monofásicos, son los de fase partida de arranque por condensador o por resistencia. Siendo los primeros más utilizados por sus buenas características que son: un par de arranque alto y un rendimiento muy bueno; por lo cual se los fabrica para potencias hasta 3 Hp.

Estos motores son utilizados en lugares donde se trabaja con dispositivos neumáticos. Podemos citar el caso de FORESA y AGRIGACESA (en la zona de Santo Domingo de los Colorados); las cuales son medianas industrias, en las mismas que se tiene compresores para alimentar los circuitos neumáticos que tienen instalados en el proceso de producción.

Citando ahora el caso de mecánicas, carpinterías, etc; tenemos conocimiento de que en estos lugares se utilizan este tipo de motores como máquinas herramientas, ya sea en taladro, esmeril, sepilladora, cortadora, etc; los cuales son utilizados frecuentemente por el operario.

Si analizamos el caso de Santo Domingo de los Colorados; podemos distinguir claramente que en esta zona se ha desarrollado en gran magnitud la pequeña y mediana industria, y porque no decir la gran industria, en las que se utiliza una gran cantidad de motores eléctricos para los trabajos que se desarrollan dentro de éstas.

Los motores monofásicos son utilizados mucho para extracción de agua de pozos profundos y logran el abastecimiento de residencias, se utiliza también para el abastecimiento de tanques de reserva en el caso industrial donde se dispone de calderos. Debemos dejar muy en claro que los motores monofásicos siempre tendrán aplicación, ya que en instalaciones residenciales y pequeñas industrias se localizarán siempre tensiones monofásicas de 110 y 220V.

CAPITULO 2MOTORES DE INDUCCION MONOFASICOS2.1.- INTRODUCCION.

El tipo de motor estudiado a continuación es un motor con una sola fase que funciona con corriente alterna también monofásica. Se trata de un motor extraordinariamente difundido debido al gran desarrollo de las industrias de aparatos electrodomésticos y máquinas herramientas, la mayoría de los cuales necesitan de un motor monofásico para que puedan ser conectados a la red monofásica.

A continuación estudiaremos el funcionamiento en general de este tipo de motores y luego previo a su clasificación se realizará el estudio de cada uno de ellos.

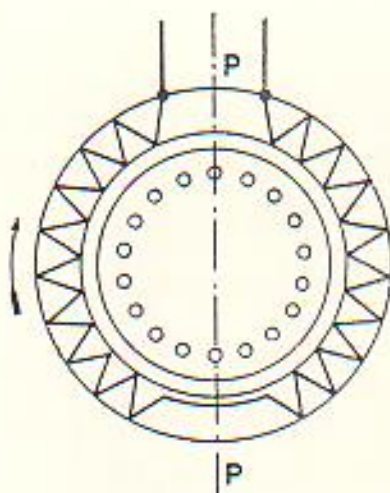
2.2.- FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION MONOFASICOS.

Para considerar el funcionamiento de un motor monofásico de inducción conviene estudiar el caso de un electromotor, cuyo estator lleva un bobinado monofásico generando un flujo magnético alterno que atraviesa la armazón del mismo, resultante de la conjunción de los flujos elementales constantes, de intensidad idéntica e igual número de revoluciones, pero de sentido contrario de rotación.

Para que el rotor del electromotor gire ha de crearse un par motor diferencial que lo arrastre por una diferencia entre las intensidades o las velocidades de los dos campos giratorios. Esta diferencia se crea haciendo girar simplemente el inducido con la mano, y este desplazamiento acrecienta la velocidad de uno de los componentes (flujos elementales) con referencia a la del motor, reduciéndose la del segundo flujo,

lo que provoca una reacción complementaria electromagnética que contribuye al movimiento rotatorio del inducido del electromotor, (figura 2.1).

FIGURA 2.1



Los motores monofásicos de inducción funcionan de la manera descrita al tratar de los motores asíncronos; el par de arranque es nulo para una marcha del rotor próxima a la de sincronismo, y de no existir el correspondiente dispositivo de arranque, también sería nulo durante este proceso. Entre estos dos instantes en que el par es nulo, el par motor pasa por un valor máximo, siendo estable el funcionamiento del motor entre este valor máximo y el correspondiente al sincronismo.

Se han ideado numerosos procedimientos para el arranque del electromotor, los cuales se estudiarán en este mismo capítulo. En cuanto al par equilibrado de un motor de inducción monofásico en reposo; sabemos que un devanado dividido o distribuido origina un campo magnético puro.

En el devanado principal distribuido en el estator se produce un campo magnético puro que tiene un sentido instantáneo de izquierda a derecha y 180 grados más tarde tendrá un campo

concentrado de derecha a izquierda debido a que la corriente en este campo varía senoidalmente con la tensión monofásica aplicada.

En cuanto al rotor, las corrientes que circulan por éste, lo hacen en un sentido tal que se opongan al campo que las producen (según la ley de Lenz).

Por medio de la regla de la mano izquierda podemos determinar el sentido del par producido por los conductores del rotor, por los cuales circula una corriente.

Los conductores en el rotor van distribuidos de una manera tal que sus campos produzcan un par equilibrado y por consiguiente el par puro sea cero.

El valor del par desarrollado por cada conductor depende de la magnitud del campo resultante, y el par pulsante equilibrado que resulta de una onda senoidal cuyo valor medio en un ciclo completo es cero.

Cualquier par pulsante puede ser representado por dos pares que giran en sentidos opuestos producidos por dos campos giratorios de sentidos contrarios de iguales magnitud y velocidad angular.

El par resultante de un motor monofásico es cero solo para un deslizamiento unidad o para la velocidad sincrónica en cualquier sentido. Esto significa que una vez que el rotor gira en cualquier sentido, el rotor continuará girando en esta dirección ya que se produce un par puro resultante a cualquiera de los dos lados (izquierda o derecha) partiendo del punto de reposo. La f.e.m. de transformación es como resultado del campo pulsatorio (campo fijo), el cual se produce cuando se trata de generar un campo, pero con una sola fase, lo cual produce un par

positivo igual o al mismo tiempo que produce un par igual pero de valor negativo, es decir que el par resultante o campo resultante es igual a cero.

En cuanto al par resultante de un motor de inducción monofásico como consecuencia de la rotación del rotor.

Una vez que el rotor obtiene un movimiento y el flujo de estator tiene un sentido instantáneo se induce una f.e.m. como resultado del movimiento relativo entre los conductores del rotor y el campo magnético (regla de la mano derecha); a esta f.e.m. se la denomina de rotación que es debida a la variación en la concatenación de flujo.

La f.e.m. de rotación es del producto del movimiento relativo entre un conductor y su campo.

Una vez que ha iniciado la rotación, el rotor:

- El campo pulsatorio en cuadratura del rotor reacciona con el campo principal pulsatorio originando el campo magnético resultante,
- El campo magnético resultante que es un campo magnético giratorio casi constante gira en el mismo sentido que el de rotación del rotor,
- Un rotor SCIM continuará girando, produciendo par de motor de inducción en un campo magnético giratorio, una vez que ha iniciado una f.e.m. de rotación.

Debe notarse que a casi la velocidad de sincronismo, la f.e.m. de rotación es elevada, produciendo un campo magnético giratorio casi constante (concepto del campo transversal). Igualmente, cerca de la velocidad de sincronismo el par en un sentido y el par resultante son prácticamente iguales y el par del motor monofásico es el mismo, para todas las frecuencias prácti-

cas que el par del motor polifásico (concepto del campo giratorio).

2.3.- CLASIFICACION.

- Motor de fase partida
- Motor de arranque por resistencia
- Motor de arranque por condensador
- Motor de inducción de arranque por reluctancia
- Motor de inducción con espiras de sombra
- Motor de inducción de arranque por repulsión.

2.3.1.- MOTOR DE FASE PARTIDA.

Uno de los procedimientos para iniciar el arranque de los motores de inducción monofásicos es el llamado "de fase partida" cuyo funcionamiento consiste en crear un campo magnético giratorio que arrastre al inducido durante el periodo de arranque. Este campo giratorio puede obtenerse con dos procedimientos distintos:

a) Por capacidad

b) Por diferencia de inductancia.

Ambos procedimientos tienden y consiguen el mismo resultado técnico; derivar de una red monofásica, una red bifásica con diferencias de fase de 60, 70, 80 y 90 grados.

Estos motores alcanzan velocidades de: 3000, 1500 y 1000 revoluciones por minuto (r.p.m).

A continuación estudiaremos los métodos de arranque en los motores de fase partida.

2.3.1.1.- MOTOR DE ARRANQUE POR RESISTENCIA.

La mayoría de los enseres motorizados de bajo par de arranque utilizan motores de fase partida de arranque por resistencia. Los ventiladores, extractores, lavadoras, plantas de calefac-

ción los usan. La característica principal para identificar al motor de fase partida de arranque por resistencia es su rotor; es del tipo sin devanado o de jaula de ardilla. El estator, o sea, los polos externos no giratorios, tienen devanados de alambre alojados en ranuras de un núcleo de acero laminado. Hay dos juegos de devanados; las bobinas principales o de trabajo y las bobinas de arranque o de fase.

El devanado de arranque tiene menos espiras y el hilo es de menor sección que el devanado de marcha. El devanado de arranque, por consiguiente, presenta una resistencia elevada y una reactancia reducida. Todo lo contrario, el devanado de marcha que tiene hilo de mayor sección y posee más espiras que presenta una resistencia reducida y una reactancia elevada. A causa de su menor impedancia, la corriente en el devanado de marcha es mayor que la corriente en el devanado de arranque. Ambos arrollamientos están unidos en paralelo. En el momento del arranque uno y otro se hallan conectados a la red de alimentación. Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre y deja fuera de servicio el arrollamiento de arranque; el motor sigue funcionando entonces únicamente con el arrollamiento de trabajo o principal.

Durante la fase de arranque, las corrientes que circulan por ambos arrollamientos crean un campo magnético giratorio en el interior del motor. Este campo giratorio induce corrientes en el arrollamiento rotórico (jaula de ardilla), las cuales generan a su vez otro campo magnético.

Ambos campos magnéticos reaccionan entre sí y determinan el giro del rotor.

El arrollamiento de arranque sólo es necesario para poner en marcha el motor, es decir, para engendrar el campo giratorio. Una vez conseguido el arranque del motor ya no se necesita más y por ello es desconectado de la red con ayuda del interruptor centrífugo.

El par de arranque oscila entre 1,5 y 2 veces el par nominal. Los inconvenientes principales de este tipo de motor son:

- Posee bajo par de arranque
- Sometido a una fuerte carga, el deslizamiento supera el 5%, reduciendo la f.e.m. de rotación y produciendo un par elíptico o pulsante que hace al motor algo ruidoso.

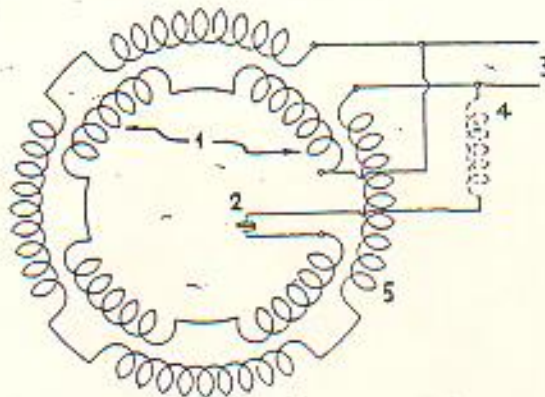
Por esta razón, el motor de fase partida de arranque por resistencia se utiliza en aplicaciones para accionar cargas que son, de por sí, ruidosas, como son: quemadores de aceite, máquinas herramientas, pulidoras, máquinas lavadoras, lavavajillas, ventiladores, sopladores de aire, compresores de aire y pequeñas bombas de agua.

En estos motores, la velocidad es prácticamente constante para todas las cargas, aunque tiende a disminuir al aumentar la carga. Los motores de fase partida de arranque por resistencia se construyen para potencias comprendidas entre 1/20 y 1/3 de Hp; raramente se construyen para mayores potencias debido a su bajo rendimiento. Se construyen para dos y cuatro polos. Este tipo de motor es no reversible puesto que el par monofásico es mayor que el campo auxiliar.

En la figura 2.2, podemos observar el esquema del circuito del motor de arranque por resistencia.

FIGURA 2.2

MOTOR DE ARRANQUE POR RESISTENCIA



Donde: 1) Devanado de arranque, 2) Interruptor, 3) Línea, 4) Autoinducción adicional, 5) Devanado de marcha.

2.3.1.2.- MOTOR DE ARRANQUE POR CONDENSADOR.

Puesto que cualquier elemento que desfase las corrientes en los dos devanados de un motor de fase partida, permite al motor arrancar, podemos emplear una capacidad (condensador) en serie con un devanado de modo que la corriente que circule por él esté en avance con respecto a la del otro devanado.

El condensador tiene un valor tal que la corriente que circula por él lo hace con un desplazamiento de 45 grados adelantado con respecto a la tensión de la línea. Este efecto es debido a la impedancia de la rama en paralelo bobina-condensador. Por otra parte, en la bobina principal existe una autoinducción que defasa la corriente que por ella circula en otros 45 grados; pero aquí con retraso respecto a la tensión de la red. En consecuencia, tendremos dos corrientes defasadas 90 grados una con respecto a otra; y ocurre lo mismo con los flujos creados por ambos pares de bobinas. Hemos llegado al campo giratorio creado por dos corrientes defasadas un cuarto de perio-

do y que recorren dos bobinas perpendiculares entre sí. Este es el principio de los motores con condensador que son del tipo de fase partida.

El motor de arranque por condensador es similar al motor de arranque por resistencia, pero es un paso más avanzado.

El arrollamiento de arranque está conectado en serie con el interruptor centrífugo y con el condensador. Este interruptor se halla cerrado durante el periodo de arranque, con lo cual tanto el arrollamiento principal como el auxiliar quedan alimentados en paralelo por la tensión de la red.

Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre y desconecta con ello el arrollamiento de arranque y el condensador; el arrollamiento de trabajo, por el contrario, permanece en servicio.

Este motor posee un fuerte par de arranque que oscila entre 3,5 y 4,75 del par nominal.

Los motores a condensador se utilizan para cargas difíciles de arrancar (con corrientes bajas) para el arranque, ya que un capacitor es un componente eléctrico que amortigua cualquier cambio rápido en la corriente.

Los compresores, ventiladores grandes, bombas para agua y extractores lo usan. Lo mismo ocurre con muchas máquinas herramientas de taller. No son tan comunes como los motores simples de arranque por resistencia, debido a su costo más alto.

En estos motores como el condensador puede proyectarse de capacidad suficiente para conseguir en el arranque un desfase mayor que en el tipo de arranque por resistencia, y, por lo tanto, mayor par de arranque y mejor rendimiento. Por esta

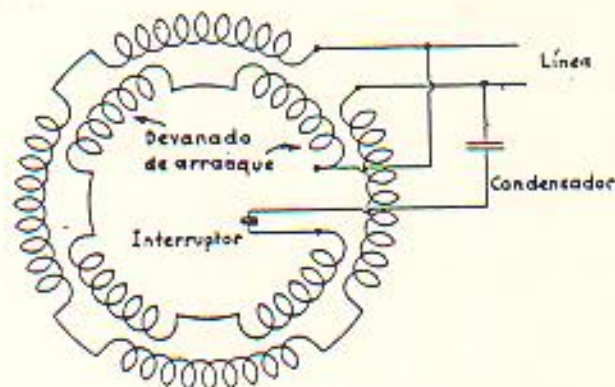
razón se construyen en una gama más amplia de potencias, que abarca desde 1/8 hasta 2 y 3Hp.

Este tipo de motor es reversible ya que el par de campo auxiliar o "par bifásico" supera al par monofásico.

En la figura 2.3, podemos observar las conexiones de un motor con arranque por condensador.

FIGURA 2.3

MOTOR DE ARRANQUE POR CONDENSADOR



Donde: 1) Devanado de arranque, 2) Interruptor, 3) Línea,

4) Condensador, 5) Devanado de marcha.

2.3.2.- MOTOR DE INDUCCION DE ARRANQUE POR RELUCTANCIA.

El principio de reluctancia consiste en; la variación del entrehierro y por ende la incrementación de la densidad.

Sobre una muestra de material magnético situada en un campo magnético actúa una fuerza mecánica. La fuerza tiende a actuar de tal manera que le sitúa en la parte del campo magnético que presenta la densidad mayor. Si el material tiene forma irregular, tenderá a disponerse de tal manera que produzca una reluctancia magnética mínima y, en consecuencia, una densidad de flujo máxima. Por lo tanto, las partículas de limaduras de hierro se disponen en el seno de un campo magnético, paralelo-

mente a la dirección del campo.

El motor de inducción de arranque por reluctancia emplea un estator con entrehierro no uniforme debido a los polos salientes en el estator.

El rotor es del tipo "jaula de ardilla", en el cual se produce la rotación debido al principio de reluctancia expuesto anteriormente. El principio de reluctancia se produce gracias a los entrehierros desiguales entre el rotor y los polos salientes del estator.

El principio de reluctancia en el motor se produce de la siguiente manera: cuando el entrehierro es pequeño, la autoinducción en el devanado de excitación es grande, lo que determina que en el devanado de excitación, la corriente esté retrasada respecto del flujo que la induce. Inversamente, cuando el entrehierro es muy grande, disminuye la autoinducción, con lo que la corriente está más en fase con el flujo. Por lo tanto el flujo mutuo que se produce en el entrehierro se retrasa en las proximidades del entrehierro menor, produciendo un efecto de barrido. Como los flujos están desfasados ligeramente en el tiempo y en el espacio, en todos los polos de excitación se produce un campo magnético giratorio, en los instantes t_1 , t_2 y t_3 , sucesivamente, indicado en la figura 2.4.

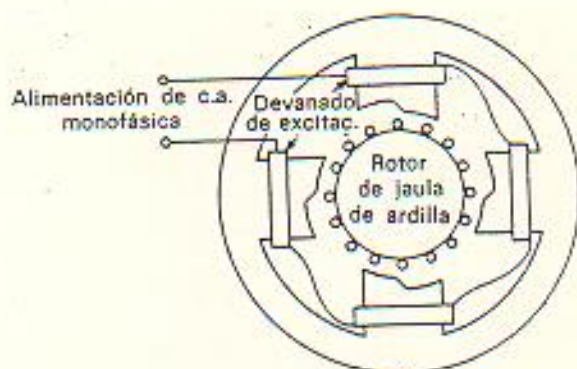
La característica del par de marcha de este motor no es buena ya que, a fin de que la f.e.m. de rotación desarrolle un campo magnético giratorio una vez iniciada la rotación, el entrehierro debe ser casi uniforme.

El par de arranque es aproximadamente menos del 50% del par nominal. Aparte de invertir los polos del estator, no hay forma de variar el sentido de rotación; el funcionamiento siempre

tiene lugar en el sentido del entrehierro grande al entrehierro pequeño.

FIGURA 2.4

MOTOR DE INDUCCION DE ARRANQUE POR RELUCTANCIA Y ESTABLECIMIENTO DEL CAMPO GIRATORIO



Sección transversal.



Instante t_1 Instante t_2 Instante t_3

2.3.3.- MOTOR DE INDUCCION CON ESPIRAS DE SOMBRA.

Todos los motores monofásicos de inducción necesitan un arrollamiento auxiliar para producir el par de arranque necesario. En este tipo de motor se consigue esto por medio de la colocación de un anillo de cobre o espira en cortocircuito de los polos, los cuales tienen cerca de un extremo una ranura longitudinal, en la cual se va a alojar este anillo. Durante el arranque los polos principales inducen en los anillos de cobre una corriente, que a su vez engendra un campo magnético desfasado con respecto al de los polos principales. Los dos campos crean, al combinarse, un par giratorio que hace arrancar el rotor. Una vez acelerado el motor suficiente -

mente, el efecto de las espiras auxiliares es despreciable. Al inducirse corriente en las espiras auxiliares, se crea un flujo en las mismas, que tiende a oponerse al del polo principal que indujo aquella. A causa de la naturaleza de la curva sinusoidal y de la variación continua de sus valores instantáneos durante un periodo, el flujo generado por la espira auxiliar tenderá a concentrar el flujo principal en la parte del polo no abarcada por dicha espira mientras el flujo principal crece de cero hasta un valor próximo al máximo. Durante el paso de este punto hasta otro simétrico correspondiente al inicio de disminución del flujo, la corriente inducida en la espira auxiliar es prácticamente nula, por lo cual el flujo principal se distribuye sobre toda la sección del polo. A lo largo de este intervalo el eje del campo magnético se ha desplazado del extremo donde está la espira auxiliar al centro del polo. Durante el intervalo en que la curva sinusoidal del flujo desciende de un valor próximo al máximo hasta cero, vuelve a inducirse corriente en la espira auxiliar, la cual engendra un flujo intenso, esta vez, tiene el mismo sentido que el principal y, por consiguiente, lo refuerza en la zona abarcada por la espira. En el transcurso de un semiperiodo, pues, el eje del campo magnético se habrá desplazado desde el extremo del polo no abarcado por la espira auxiliar hasta el extremo abarcado por ella. Este desplazamiento es suficiente para arrastrar el rotor en el mismo sentido y junto con el débil campo magnético rotatorio.

La inversión del sentido de giro sólo es posible sacando el rotor y dando media vuelta al estator.

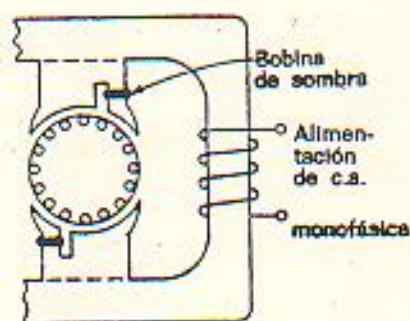
El motor con espira auxiliar es robusto, barato, de pequeño

tamaño y precisa poco mantenimiento; pero tiene un par de arranque muy reducido, bajo rendimiento y un factor de potencia bajo. El hecho de que su par de arranque sea reducido hace que su aplicación sea limitada y se lo utiliza en: tocadiscos, proyectores cinematográficos, plataformas giratorias en escaparates de tiendas, asadores eléctricos, ventiladores, sopladores pequeños y otras cargas relativamente ligeras. Se emplea en potencias inferiores a 1/20Hp. Se construyen para 2 y 4 polos.

En la figura 2.5, se muestra la construcción de un motor de espira de sombra.

FIGURA 2.5

CONSTRUCCION GENERAL DE UN MOTOR BIPOLAR
CON ESPIRAS DE SOMBRA



2.3.4.- MOTOR DE INDUCCION DE ARRANQUE POR REPULSION.

Estos motores monofásicos, que se fabrican con potencias comprendidas entre 1/4 y 10Hp, poseen un par de arranque elevado y una característica de velocidad constante. Se utilizan en frigoríficos, compresores, bombas y otras aplicaciones en las que se requiera un par de arranque elevado.

Para conseguir que un motor monofásico de inducción pueda arrancar con un par elevado, se bobina un arrollamiento en el

rotor del mismo. Al conectar el arrollamiento estatórico a la red, la corriente que circula por él, engendra un flujo magnético, y éste induce a su vez una tensión en el arrollamiento rotórico. Como dicho arrollamiento queda cerrado por las escobillas, circula corriente por su intermedio lo cual origina otro flujo magnético. Los polos magnéticos creados en el estator y en el rotor son del mismo signo, y por lo tanto dan lugar a un par de repulsión.

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

Tiene una característica de velocidad casi constante.

Se utilizan muchos tipos de dispositivos centrífugos, y algunos de ellos separan las escobillas del colector, simultáneamente con el efecto de puenteo a fin de reducir el desgaste de las escobillas y el ruido.

Existen ciertas desventajas en cuanto a este motor que son:

- Exigen un alto mantenimiento del colector y de los dispositivos mecánicos
- No se invierte fácilmente su giro
- Son caros
- Producen mucho ruido durante el arranque
- El chisporroteo del colector produce interferencias de radio y televisión.

Pero sus ventajas hacen que para tamaños de potencias enteras estos se sigan fabricando y son:

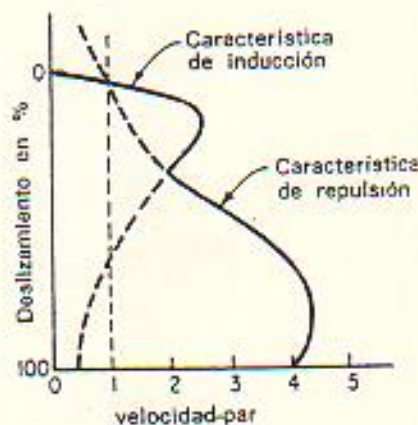
- Tienen un elevado par de arranque (mayor que el del motor de arranque por condensador)
- Su corriente de arranque es reducida
- Tiene una gran capacidad de acelerar una carga fuerte, rápidamente
- Su regulación de velocidad es muy buena.

El rotor de este motor es bobinado de manera semejante al inducido de una máquina de corriente continua, en el cual se induce una tensión, y como éste está cerrado por las escobillas, circula corriente y origina otro flujo que genera el movimiento.

En la figura 2.6, se expresa la característica velocidad-par de un motor de arranque por repulsión.

FIGURA 2.6

CARACTERISTICA VELOCIDAD-PAR DE UN MOTOR DE ARRANQUE POR REPULSION



2.4.-

MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION MONOFASICOS.

Las averías más frecuentes que pueden presentarse en los motores monofásicos de inducción son los que se expresan a conti-

nuación:

2.4.1.- FUSIBLES QUEMADOS.

Esta avería puede localizarse:

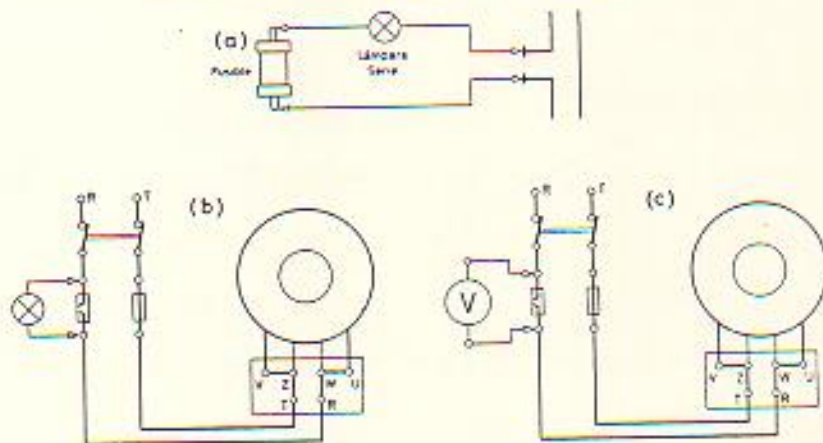
- Con el fusible fuera de circuito
- Con el fusible en el circuito

Para localizar un posible fusible quemado fuera del circuito, se utiliza la lámpara de prueba en serie (figura 2.7.a). Si el hilo fusible no está roto, se cerrará el circuito a través de este hilo y de la lámpara y ésta se encenderá; si por el contrario, está roto, el circuito queda abierto y la lámpara no se enciende.

Para comprobar el estado de los fusibles sin sacarlos de la instalación, puede emplearse una lámpara de prueba en derivación (figura 2.7.b). Con el interruptor general cerrado y aplicando los terminales de prueba a la entrada y salida del fusible, si éste se ha quemado, la lámpara se enciende, y si el fusible está en buenas condiciones, la lámpara permanece apagada.

FIGURA 2.7

LAMPARA Y VOLTIMETRO DE PRUEBA



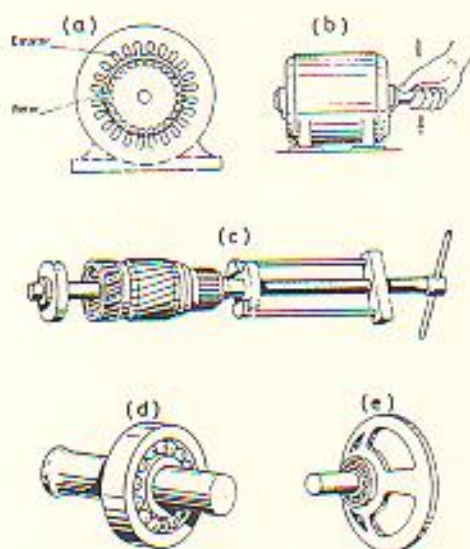
También puede comprobarse el estado de un fusible por medio del voltímetro de prueba (figura 2.7.c). Si el voltímetro marca la tensión entre fases, el fusible está quemado; si el voltímetro no marca tensión, el fusible está en buenas condiciones.

2.4.2.- COJINETES DESGASTADOS.

Los cojinetes desgastados producen un descentramiento de la parte giratoria del motor; como los entrehierros de todas las máquinas eléctricas son muy pequeños, este descentramiento puede provocar el roce mecánico del rotor con la parte fija o estator (figura 2.8.a), lo cual ocasiona el deterioro de los bobinados. En los casos de roce entre el rotor y el estator, los cojinetes desgastados pueden reconocerse por las marcas producidas por el rotor al rozar sobre el hierro del estator.

FIGURA 2.8

COMPROBACION DE COJINETES



Con los cojinetes desgastados, lo más probable es que el motor no funcione y si lo hace será muy ruidosamente. Debe por tanto evitarse el roce entre rotor y estator y, para ello, vigilar el juego del eje sobre el cojinete; tal como se expresa en

la figura (2.8.b), se intenta mover verticalmente el extremo libre del eje, es decir, si el eje se mueve verticalmente, es señal de que el cojinete o el mismo eje están desgastados y hay que sustituir uno u otro.

En los cojinetes lisos debe comprobarse que el cojinete es estanco, vigilando las tapas, los fieltros y cuero de cierre. Si el cierre no es eficaz y debido al fuerte efecto de aspiración de las correas, poleas y acoplamiento, el aceite puede salir al exterior de la máquina por lo que el cojinete se quedará sin aceite y se agarrará, provocando su desgaste.

Para extraer cojinetes de rodadura o de bolas, no debe emplearse nunca un martillo sino dispositivos de extracción adecuados (figura 2.8.c). Para su extracción, debe aplicarse la presión en el sitio adecuado, señalado en la figura (2.8.d), es decir, en el anillo interior fijado al eje y no en el anillo exterior fijado a la tapa, ya que en este último caso, el cojinete puede averiarse por sufrir esfuerzos inadmisibles.

Para comprobar el desgaste de los cojinetes de rodadura, se examinan los aros exterior e interior del cojinete (figura 2.8.e). El aro exterior (1) no debe girar en la tapa y el aro interior (2) no debe girar en el eje de la máquina. Si el motor tiene juego en los rodamientos, es necesario corregirlos con cosquillos adecuados o, mejor todavía, montando cojinetes nuevos.

2.4.3.- TAPAS MAL MONTADAS.

Cuando una tapa no se adapta bien a la carcasa del motor, los cojinetes no quedan alineados y no es posible hacer girar a mano el rotor, o por lo menos, requiere gran esfuerzo el hacerlo.

Se comprueba el buen ajuste de una tapa por el sonido limpio que emite al golpearla ligeramente con una maza de madera. Cuando una tapa no se ajusta bien a la carcasa, se aflojan los tornillos de sujeción, se centra bien y se aprietan nuevamente los tornillos, pero poco a poco y simultáneamente. Al montarse un motor no debe apretarse nunca el primer tornillo, después el siguiente y así sucesivamente; si se procediera de esta forma, el lado de la tapa opuesto a los primeros tornillos que se han apretado no quedaría bien ajustado a la carcasa.

2.4.4.- EJE TORCIDO.

Si después de comprobar el buen montaje de las tapas resulta dificultoso hacer girar el motor a mano, es casi seguro que el eje está torcido. Para comprobar esta avería, se ha de desmontar el rotor y colocarlo entre los puntos de un torno en marcha y se observa fácilmente si el eje gira centrado o descentrado. Para reparar un eje descentrado, se monta entre los puntos de un torno y con una palanca o un trozo de tubo, dispuesto bajo la parte curvada, se endereza el eje poco a poco y con mucho cuidado.

Este procedimiento solamente debe emplearse para motores pequeños, pues, de otra forma, podrían estropearse los puntos del torno.

2.4.5.- COJINETES EXCESIVAMENTE APRETADOS.

Si los cojinetes están demasiado ajustados con el eje de la máquina, resultará difícil hacer girar el motor a mano, por lo que este defecto se puede localizar fácilmente. Lo mejor es rectificar los cojinetes para que el eje ajuste debidamente; también puede recurrirse a pulir el eje con tela de esmeril. Debe tenerse en cuenta que no siempre son los cojinetes la

causa del agarramiento del eje; muchas veces, este defecto es debido a un montaje defectuoso del motor, sobre todo de las tapas.

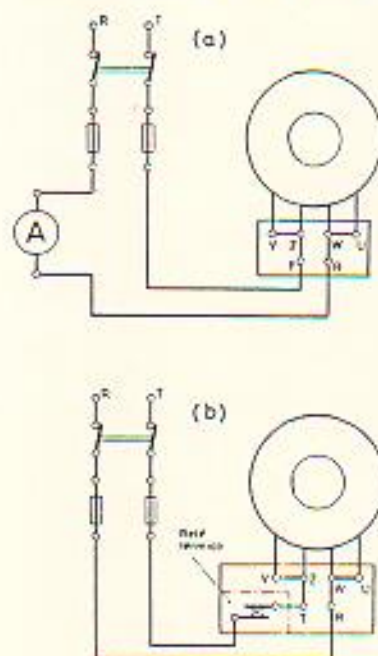
2.4.6.- SOBRECARGAS.

Se dice que un motor eléctrico está sobrecargado cuando absorbe una corriente mayor que la nominal. La sobrecarga puede estar originada por diferentes causas; por ejemplo en un motor monofásico, la sobrecarga puede resultar de que el aparato o máquina accionada necesite más potencia mecánica que la que puede proporcionar el motor.

Un motor monofásico sobrecargado emitirá un zumbido prolongado y, finalmente, se parará. Para determinar si el motor trabaja sobrecargado, se conecta en el circuito un amperímetro (figura 2.9.a) y se observa si marca una intensidad superior a la indicada en la placa de características del motor. Si sucede así, es que el motor trabaja sobrecargado.

FIGURA 2.9

PRUEBAS DE SOBRECARGA



Algunos motores (figura 2.9.b) llevan incorporado un relé térmico de protección contra sobrecargas que consiste en un elemento bimetalico que al calentarse por el paso de la corriente, hacen que se separen las dos láminas metálicas, desconectando automáticamente el motor de la red. Estas dos láminas metálicas deben unirse por si solas cuando el motor se ha enfriado y cuando ha desaparecido la causa que motivó la sobrecarga. Los contactos del relé térmico deberán examinarse minuciosamente, limpiarse y sustituirse por otros nuevos en caso de desgaste excesivo.

Muchas veces sucede que la sobrecarga se debe a alguna parte del motor que está sucia o rota. En tal caso, es fácil localizar la sobrecarga, soltando la correa del motor y haciendo girar este último a mano. Si el giro no es suave es porque algún elemento del motor (eje, bobinado, etc) está sucio o estropeado.

2.4.7.- INTERRUPCION EN EL BOBINADO DE REGIMEN.

Las causas principales de las interrupciones en el bobinado principal o de régimen son las siguientes:

- Conexión sucia o floja
- Bobinado roto.

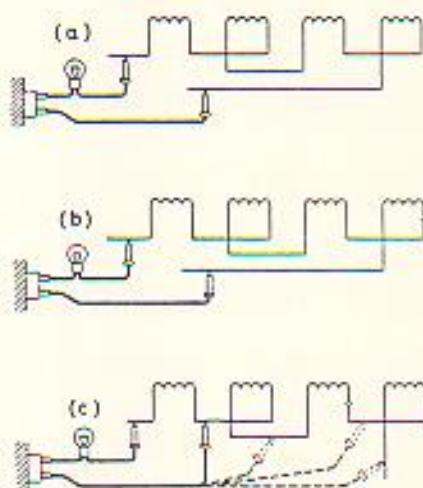
Para comprobar si el bobinado de régimen está interrumpido, se utilizará la lámpara de prueba en serie, poniendo sus terminales de prueba en contacto con los extremos del bobinado (figura 2.10.a). Si la lámpara se enciende, el circuito está en buen estado y no existen interrupciones; si la lámpara no se enciende, el circuito está interrumpido por algún sitio (figura 2.10.b). Ahora hay que averiguar en cual de los polos está la bobina interrumpida. Para ello (figura 2.10.c), se pone un

terminal de prueba de la lámpara en contacto con un extremo del bobinado y el otro terminal con la salida de cada uno de los polos.

Si la lámpara no se enciende al estar el segundo terminal en contacto con el polo (1), la primera bobina será la averiada; si se enciende la lámpara estando su terminal en el polo (1), pero no se enciende al estar en contacto con el polo (2), la segunda bobina será la defectuosa; y así sucesivamente.

FIGURA 2.10

PRUEBAS DE LAMPARA EN SERIE



2.4.8.- INTERRUPCION EN LA BOBINA DE ARRANQUE.

Las principales causas de interrupciones en el bobinado de arranque son las siguientes:

- Conexión sucia o floja
- Bobinado roto
- Interruptor centrífugo averiado.

En el bobinado de arranque resulta bastante más difícil localizar una interrupción que en el bobinado de régimen, debido a que el circuito de dicho bobinado comprende, además, el interruptor centrífugo que es, precisamente, una de las causas más

frecuentes de la avería que estamos estudiando debido a que, con el continuo uso, las piezas que componen dicho interruptor se desgastan y ensucian o también a que la presión de la parte giratoria del interruptor sobre la parte fija es insuficiente para que se cierren los contactos.

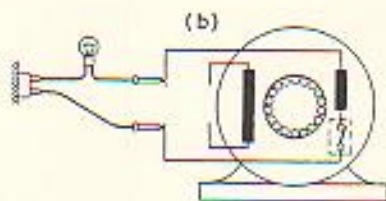
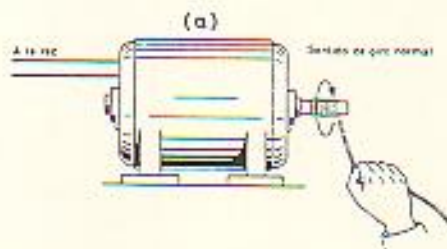
La posible interrupción en el bobinado de arranque puede investigarse de acuerdo con uno de los procedimientos que se explican a continuación:

El primer procedimiento consiste en conectar el motor a la red y comprobar si emite un zumbido continuo; si sucede de esta manera, es que hay una interrupción en el bobinado de arranque.

Otro procedimiento consiste en hacer girar el rotor a mano, lo que puede realizarse arrollando un cordel en el extremo libre del eje y tirando del extremo de aquel con fuerza (figura 2.11.a). Una vez iniciado el giro del motor, se conecta éste a la red y si continúa funcionando será señal de que la avería está en el circuito del bobinado de arranque.

FIGURA 2.11

PRUEBAS PARA BOBINA DE ARRANQUE



También se pueden investigar las interrupciones en el bobinado de arranque por medio de la lámpara de prueba en serie (figura 2.11.8).

Para localizar una interrupción si el bobinado de arranque está conectado al interruptor centrífugo y el motor está desmontado, se puede proceder de la siguiente forma; se conectan los terminales de prueba de la lámpara de los dos extremos del bobinado de arranque mientras no se unan los dos contactos del interruptor centrífugo, la lámpara ha de permanecer apagada. Pero si al cerrarse estos contactos tampoco se enciende la lámpara de prueba, es que existe una interrupción en el interruptor centrífugo o en el bobinado de arranque. Para localizar esta interrupción, se ensaya separadamente el bobinado de arranque, utilizando la lámpara de prueba y si el bobinado está en buenas condiciones, la interrupción debe buscarse en el interruptor centrífugo, que se habrá de desmontar y limpiar, graduando además la presión de la parte fija sobre la parte giratorio.

Si se ha de localizar la interrupción con el motor montado, se conectarán los terminales de la lámpara de prueba al circuito del bobinado de arranque. Si el motor está en perfectas condiciones en lo que a este bobinado se refiere, la lámpara deberá encenderse; si continúa apagada, lo más probable es que los contactos del interruptor centrífugo no estén bien cerrados. En tal caso, se empuja el eje del motor en sentido longitudinal, con lo que se conseguirá que se cierren los contactos del interruptor; este defecto puede corregirse colocando arandelas, de fibra, para que el eje se mantenga en la posición conveniente. Si con esta prueba, se demuestra que el in-

interruptor centrífugo no es la causa de la interrupción, es que la avería está en el bobinado de arranque, que entonces debe ensayarse tal como se ha explicado para el bobinado de régimen (véase figura 2.10).

2.4.9.- CONTACTO A MASA DE LOS BOBINADOS.

Ya sabemos que hay contacto a masa cuando existe contacto eléctrico entre algún punto del bobinado y la masa metálica del motor.

Esta avería puede presentarse por diversas causas; en los motores monofásicos de inducción, las causas más frecuentes son las siguientes:

- Posibilidad de que los pernos de sujeción de las tapas lleguen a tocar el bobinado
- Contacto de los conductores del bobinado con los aristas de las cabezas de las ranuras
- Contacto del interruptor centrífugo con la carcasa.

Estos contactos no se perciben fácilmente en condiciones aparentemente normales del motor; sin embargo, dos contactos con masa equivalen ya a un cortocircuito que puede llegar a quemar los fusibles o hacer que humee el bobinado, según la importancia de la avería.

Para averiguar si en un bobinado hay un contacto a masa, se emplea generalmente la lámpara de prueba en serie; un terminal de prueba se pone en contacto con el extremo del bobinado y el otro terminal de prueba con el núcleo del estator (figura 2.12. a). Si la lámpara se enciende, es que existe algún contacto con la masa.

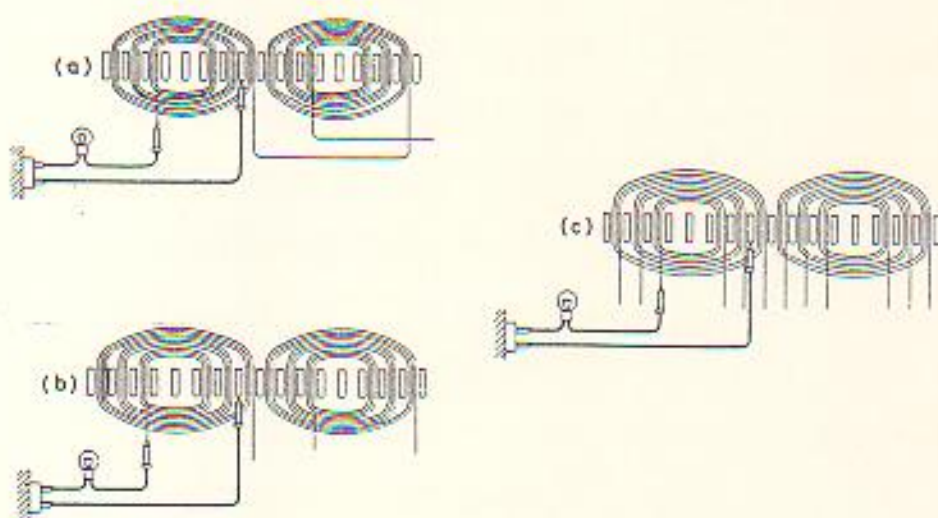
Cuando estemos bien seguros de que existe este contacto, se intentará descubrir a simple vista, o sea examinando detenida-

mente el bobinado, para ver si algún conductor desnudo toca el núcleo.

Si para la localización del contacto a masa no fuera suficiente el procedimiento anterior; habría que deshacer los empalmes entre los polos (figura 2.12.b) y ensayar los bobinados de cada uno de estos. Una vez localizado el polo en contacto a masa, se deshacen los terminales de las bobinas de cada polo (figura 2.12.c), hasta encontrar la bobina averiada que deberá sustituirse por una bobina nueva o renovar su aislamiento, según la importancia que tenga el contacto a masa.

FIGURA 2.12

PRUEBAS DE CONTACTO A MASA



2.4.10.- BOBINADOS QUEMADOS O EN CORTOCIRCUITO.

Los cortocircuitos pueden presentarse debido a diferentes causas.

Por ejemplo en el bobinado de un motor nuevo puede presentarse un cortocircuito si al alojar las bobinas del bobinado en sus correspondientes ranuras, se empujan los conductores entre sí con demasiada presión. También se presenta cortocircuito si, debido a una sobrecarga, los bobinados se calientan demasiado,

con lo que se queman los aislamientos que recubren los hilos de los bobinados y estos hilos quedan al descubierto. Generalmente cabe sospechar que existe cortocircuito cuando el bobinado humea estando el motor en marcha o cuando el motor, funcionando en vacío, absorbe una corriente cuya intensidad tiene un valor exagerado.

Casi siempre, esta avería causa la rotura de los fusibles al conectar el motor a la red. Si los fusibles no se queman humearán los bobinados del motor, tal como se ha dicho anteriormente.

En los motores monofásicos de inducción existen varios procedimientos para localizar bobinas en cortocircuito, de los que reseñaremos los siguientes:

2.4.10.1.- LOCALIZACION AL TACTO.

Se pone en marcha el motor, se le deja funcionando durante algún tiempo y se comprueba al tacto la bobina más caliente; en esta bobina estará localizado casi siempre el cortocircuito.

2.4.10.2.- PRUEBA DE LA CAIDA DE TENSION.

Se conecta el bobinado a una fuente de corriente continua de baja tensión, se monta un voltímetro entre los extremos de uno de los polos, y se efectúa la lectura de tensión. La misma operación se realiza con los demás polos, y se efectúa la lectura de tensión. El polo al que corresponde menor caída de tensión, o sea menor lectura en el voltímetro, será el que contiene la bobina en cortocircuito (figura 2.13.a).

2.4.10.3.- PRUEBA DEL ZUMBADOR.

Con las tapas desmontadas se dispone el zumbador en el interior del estator y se va pasando de una a otra ranura. Una bobina en cortocircuito se reconocerá enseguida por las rápidas vi-

braciones de una hoja de sierra dispuesta en el otro extremo de la bobina (figura 2.13.b).

2.4.10.4.- PRUEBA DE LA CORRIENTE ABSORBIDA.

Este procedimiento se adopta solamente cuando el motor puede funcionar en vacío, o sea sin carga.

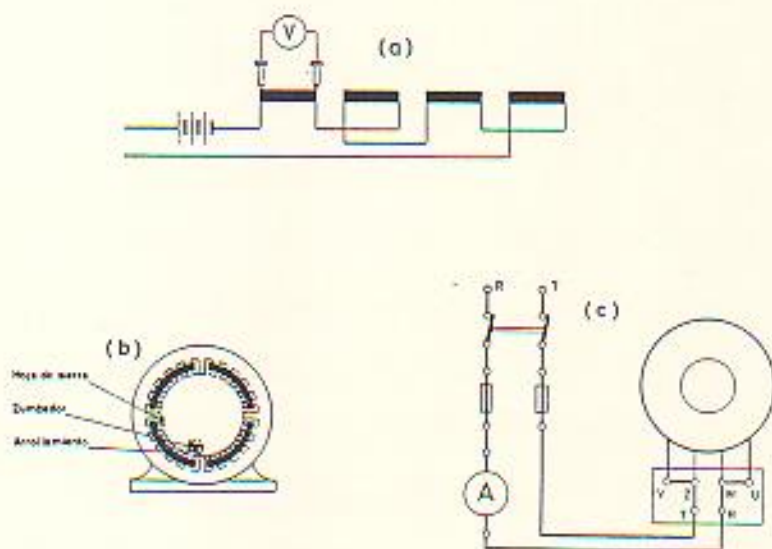
Se intercala un amperímetro en serie con uno de los hilos de la línea y si la corriente que marca es superior a la que indica la placa de características del motor, es que el bobinado tiene alguna bobina en cortocircuito (figura 2.13.c).

En todos los casos ha de desmontarse el motor y sustituir el bobinado quemado por otro nuevo.

Si a consecuencia del cortocircuito, solamente se ha quemado el bobinado de arranque, bastará con sustituir éste, pero antes de montarlo conviene comprobar si el bobinado de régimen está en buenas condiciones.

FIGURA 2.13

PRUEBA DE BOBINADOS



2.4.11.- BARRAS DE ROTOR FLOJAS.

En los motores monofásicos de inducción, las barras que constituyen el bobinado rotórico se ponen en cortocircuito uniéndolas por sus extremos mediante dos aros de cobre o de aluminio, según sea el material constituyente de las barras. Si una o varias de estas barras se aflojan (figura 2.14.a), y no hacen buen contacto con los aros frontales de sujeción, el motor no puede marchar con normalidad e incluso, en algunos casos no gira.

Las señales características de esta avería son las siguientes:

- Ruido del motor al girar
- Escasa potencia desarrollada
- Continuo chispeo entre barras y aros frontales.

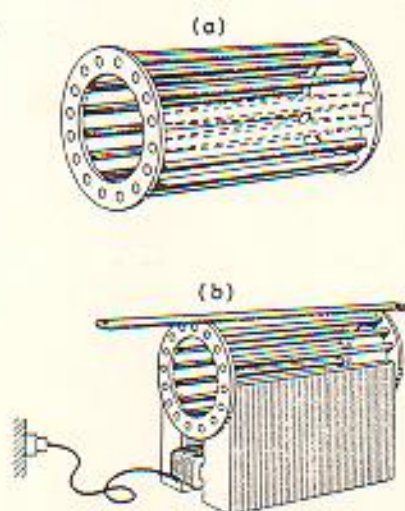
La localización de esta avería se realiza mediante el zumbador y la hoja de sierra; la hoja de sierra vibra cuando está situada sobre las barras no averiadas.

En algunos casos también puede localizarse esta avería por simple inspección manual.

La solución a esta avería es afianzar nuevamente la soldadura de las barras flojas sobre los anillos frontales de sujeción.

FIGURA 2.14

PRUEBAS DE BARRAS DE ROTOR



2.4.12.- INVERSION DE POLARIDAD EN LOS BOBINADOS.

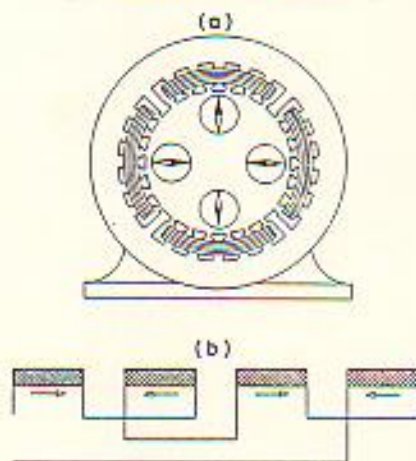
Si los polos se han conectado equivocadamente, el motor girará muy lentamente o no girará; si el motor marcha lo hará acompañado de un ruido característico.

Para la determinación de la polaridad puede utilizarse el procedimiento de la brújula (figura 2.15.a). Se dispone el estator en posición horizontal y se conecta el bobinado a una fuente de corriente continua de baja tensión (por ejemplo una batería de 12V). La brújula se sitúa en el interior del estator y se mueve lentamente de un polo a otro. Si el bobinado está bien conectado, se invertirá el sentido de la aguja de la brújula al pasar de un polo a otro, tal como se puede apreciar en la figura. Si dos polos adyacentes atraen el mismo extremo de la aguja magnética, es que hay inversión de la polaridad, o sea que las conexiones de un polo están equivocadas.

Cuando solamente hay un polo mal conectado, se permutan los terminales del polo; pero si hay varios polos con la polaridad invertida, habrá que tener en cuenta las conexiones representadas en la figura (2.15.b), y conectarlas de acuerdo con la figura.

FIGURA 2.15

PRUEBA DE POLOS



2.4.13.- *CONDENSADOR DEFECTUOSO (MOTORES DE CONDENSADOR).*

Esta avería es exclusiva de los motores de condensador. En estos motores, el condensador constituye, muy frecuentemente, la causa principal de un funcionamiento defectuoso.

Los principales defectos que puede presentar el condensador son los siguientes:

- Cortocircuitos*
- Circuitos abiertos o interrupciones*
- Deterioros internos que pueden afectar su capacidad*
- Contactos a masa.*

Cuando se supone que la causa del funcionamiento defectuoso de un motor es el condensador, es conveniente el ensayo y comprobación de éste. Téngase en cuenta que un cortocircuito en el condensador puede llegar a quemar los bobinados del motor, y que una interrupción o circuito abierto puede afectar el arranque o al funcionamiento en régimen normal del motor.

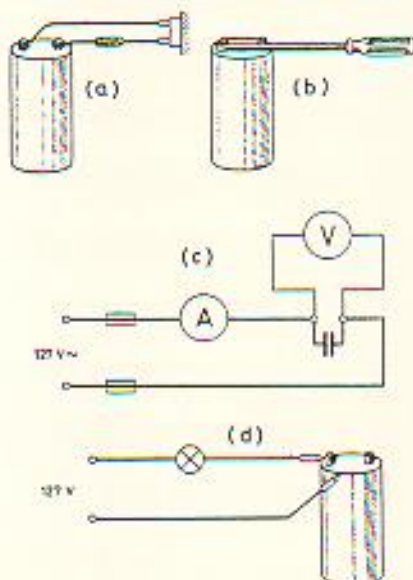
Tanto si se trata de un condensador electrolítico como con dieléctrico de papel, la comprobación de un condensador se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se desconecta el condensador del circuito del motor y se conecta a una red de c.a. de 127V, intercalando un fusible de 10A (figura 2.16.a). Si el fusible se funde es que el condensador está cortocircuitado y debe sustituirse por otro nuevo. Si el fusible no se funde, el condensador quedará cargado en algunos segundos, y se desconectará de la red. Finalizado el proceso de carga, no deben tocarse los terminales del condensador, pues puede resultar peligroso.*
- 2.- Cuando se ha desconectado el condensador de la red, se cortocircuitan sus terminales mediante un destornillador*

provisto de mango aislante (figura 2.16.8), con cuidado de no tocar la hoja del destornillador. En estas condiciones, debe producirse una chispa de gran intensidad; si no se produce es que existe alguna interrupción en el condensador, o que su capacidad ha disminuido. Este ensayo se repetirá varias veces hasta tener la seguridad de que el condensador ha sido debidamente cargado con la corriente alterna de la red.

FIGURA 2.16

PRUEBAS AL CONDENSADOR



Téngase en cuenta que en condensadores con insuficiente capacidad, se produce muchas veces una pequeña chispa al realizar la comprobación que se acabó de explicar. Para dar por bueno el condensador, la chispa debe ser grande; de lo contrario, debe desecharse el condensador y sustituirlo por uno nuevo. Para un ensayo más racional del condensador, se utiliza el circuito de la figura (2.16.c). Si el condensador está montado sobre el motor, antes de comenzar el ensayo, se desconectan todos los hilos de sus bornes y, seguidamente, se conectan al circuito de la figura, que está alimentado por c. a. a 127V. En estas condiciones puede suceder:

- Que salte algún fusible, lo que indica cortocircuito en el condensador
- Que el amperímetro no marque, lo que quiere decir que el condensador está interrumpido.

Si no sucede ninguna de estas cosas, puede determinarse la capacidad del condensador mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = 3200 \frac{\text{Amperios}}{\text{Voltios}} \cdot \text{Microfaradios} \quad (2.1)$$

La capacidad así determinada debe ser aproximadamente igual a la marcada en el condensador. Si el valor obtenido es inferior a un 20% del valor marcado, el condensador tiene insuficiente capacidad y ha de cambiarse por otro nuevo.

Para comprobar los contactos a masa, se utiliza la lámpara de prueba en serie (figura 2.16.d). Uno de los terminales de prueba se pone en contacto con uno de los bornes del condensador y con el otro terminal de prueba se toca la cubierta metálica del condensador. Si la lámpara se enciende, es que hay contacto a masa.

Esta prueba se ha de realizar sobre los dos bornes del condensador.

CAPITULO 3

MOTORES SINCRONOS MONOFASICOS

3.1.- INTRODUCCION.

El tipo de motor estudiado a continuación es un motor que no necesita de excitación de c.c. y que posee características de velocidad constante.

El motor de inducción síncrono funciona con las características de par combinado de motor síncrono y de motor de inducción. A continuación estudiaremos el funcionamiento general de estos motores y posteriormente la clasificación de los mismos.

3.2.- FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES SINCRONOS MONOFASICOS.

Muchos de los motores muy pequeños de los aparatos caseros son del tipo síncronico con un rotor de imán permanente y un núcleo laminado magnético que lleva el devanado. Algunos de esos motores, como los empleados en muchos relojes, no arrancan por si solos y tienen que hacerse girar primero a mano después de ser alimentados con corriente. Los tipos que arrancan solos suelen ser del tipo de polos partidos o amortiguados con anillo de cobre en cortocircuito.

Un motor de polos partidos o amortiguados es el que tiene anillos de cobre cerrados o bobinas cerradas alrededor de la mitad aproximadamente de cada cara de polo inductor. Las líneas magnéticas del campo que cortan esas bobinas producen corrientes en ellas, y estas corrientes generan un flujo adicional que alternativamente ayuda y se opone al flujo del campo principal del polo. El resultado es un desplazamiento de flujo que hace girar al motor.

3.3.- CLASIFICACION.

- Motor de reluctancia
- Motor de histéresis
- Motor subsíncrono.

3.3.1.- MOTOR DE RELUCTANCIA.

Este motor tiene un rotor en el cual se distribuye uniforme - mente sus chapas de tal manera que forme polos salientes y por consiguiente la reluctancia sea mayor en el paso del flujo por el entrehierro cuando no haya conductores colocados en las ranuras. Su característica de velocidad es la de un motor de inducción y gracias al par de reluctancia desarrollados en los polos salientes de hierro que tienen entrehierros de menor reluctancia, estos motores pueden ponerse en sincronismo con la excitación de c. a. pulsatoria monofásica. Este tipo de motor es incapáz de arrancar por si mismo.

Como resultado del campo magnético giratorio creado por un devanado de arranque y de marcha y según la posición del rotor asimétrico respecto a los devanados de excitación; el motor arranca en un rango comprendido entre 300 y 400% de su par de plena carga como motor bifásico.

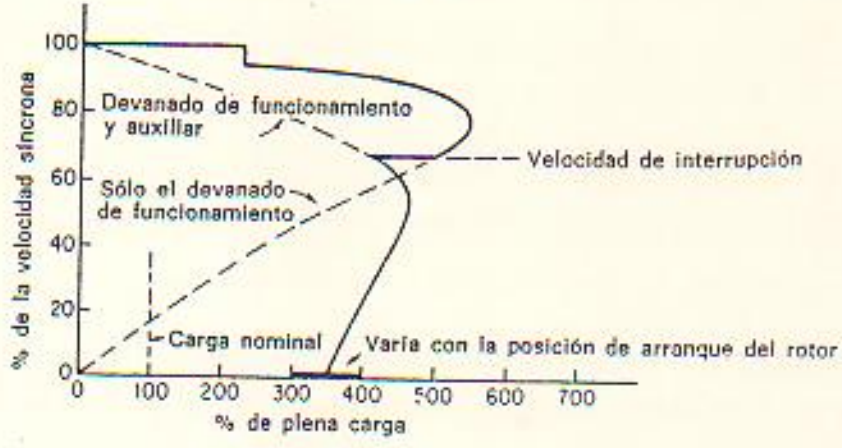
Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen (velocidad sincrónica), el devanado de arranque es abierto por medio de un interruptor centrífugo y debido solamente al devanado de marcha, el motor continúa desarrollando un par monofásico.

Para poner el rotor en sincronismo con el campo monofásico pulsatorio, éste al acercarse a la velocidad sincrónica, será suficiente con el par de reluctancia desarrollado como motor sincrónico.

Si este motor trabaja con un poco más del 200% de su par de plena carga, lo realizará como motor sincrónico monofásico no excitado de velocidad constante; y si es cargado por encima de su par límite, este seguirá funcionando como motor de inducción monofásico hasta aproximadamente el 500% de su par nominal.

En la figura (3.1) se observa las características de par-velocidad de un motor de reluctancia sincrónico monofásico.

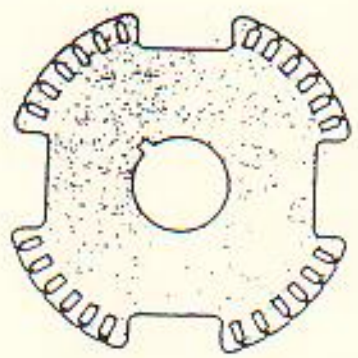
FIGURA 3.1



En la siguiente figura podemos observar el tipo de rotor utilizado por el motor de reluctancia.

FIGURA 3.2

ROTOR DEL MOTOR DE RELUCTANCIA



3.3.2.- MOTOR DE HISTERESIS.

En los motores sincrónicos de este tipo el campo de excitación se forma merced a la imantación remanente del circuito magnético del rotor, hecho de material magnéticamente duro de elevada remanencia; este rotor se imanta por el campo giratorio del devanado de inducido durante el proceso de arranque.

La estructura de su rotor es de polos lisos, el cual es llevado al sincronismo y funciona debido al par de histéresis.

En el acero del rotor se inducen corrientes parásitas que circulan por las barras del rotor debido al campo magnético giratorio producido por la fase auxiliar o por un estator con bobinas auxiliares (de sombreado).

Como el acero del rotor es de alta remanencia, se producen unas elevadas pérdidas de histéresis y obviamente se consume una cantidad apreciable de energía del campo giratorio invirtiendo el sentido de la corriente del rotor. Simultáneamente el rotor gira debido al campo magnético creado por las corrientes circulatorias en él. Debido a que el rotor posee una elevada resistencia, la cual es proporcional a las pérdidas de histéresis, se obtiene un par de arranque elevado. Como el rotor es fabricado de un material que tiene una elevada remanencia; el motor resulta magnetizado permanentemente en un sentido y la frecuencia de inversión de la corriente en las barras transversales disminuye, este fenómeno resulta cuando el rotor se acerca a la velocidad sincrónica.

Debido a que el rotor está permanentemente magnetizado, la máquina funciona como motor de histéresis con un par de histéresis.

El par de histéresis producido por este motor es constante

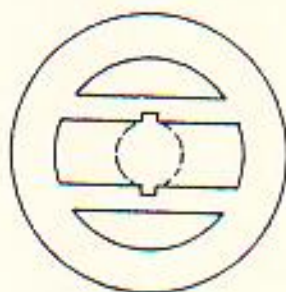
tanto en amplitud como en fase a pesar de las fluctuaciones de la tensión de alimentación. Este tipo de motor es capaz de arrancar por sí mismo.

Estos motores se los aplica en el accionamiento de tocadiscos y magnetófonos de alta calidad.

A continuación se representará esquemáticamente el rotor de histéresis con dos barras, por las cuales circulan las corrientes inducidas.

FIGURA 3.3

ROTOR DE HISTERESIS



3.3.3.- MOTOR SUBSINCRONO.

Este motor es considerado como un motor de histéresis, cuya diferencia en la estructura del rotor es que éste es de polos salientes.

El sistema de arranque de esta máquina eléctrica es igual al de histéresis, es decir que como resultado del campo magnético giratorio producido por un estator con bobinas de sombreado o por la fase auxiliar; se inducen corrientes parásitas en el acero del rotor que circulan por el mismo. El campo magnético del rotor creado por las corrientes circulatorias, hace que el rotor se ponga en movimiento.

El par de histéresis de este motor es eficaz cuando el rotor gira a una velocidad inferior que la sincrónica, pero este par es independiente de la velocidad del rotor.

El motor se moverá a una velocidad subsíncrona determinada por un múltiplo del número de polos, cuando se le aplica un par demasiado grande para su velocidad síncrona normal basada en el número de polos salientes del rotor. Al disminuir la velocidad, el motor subsíncrono experimenta un desarrollo mayor de su par debido a que el par varía inversamente con la velocidad. Este motor puede actuar como reductor eléctrico, ya que puede proporcionar pares bastante elevados a una velocidad baja pero constante.

El par de arranque es bastante elevado debido a las pérdidas de histéresis; no siendo así el par de histéresis en marcha. A continuación se representará el rotor del motor subsíncrono.

FIGURA 3.4

ROTOR SUBSINCRONO



3.4.- MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS MOTORES SINCRONOS MONOFASICOS.

Las averías más frecuentes que pueden presentarse en los motores síncronos monofásicos son:

3.4.1.- COJINETES EXCESIVAMENTE APRETADOS.

Si los cojinetes están demasiado ajustados con el eje del motor, resultará difícil hacer que el rotor gire con la mano, por lo que este defecto se puede localizar fácilmente. Lo mejor es rectificar los cojinetes para que el eje ajuste debidamente; también puede recurrirse a pulir el eje con tela de esmeril.

Debido a que estos motores son pequeños, el diámetro del cojinete puede reducirse debido a la penetración de suciedad (polvo, etc); por lo cual se lo debe limpiar muy bien.

3.4.2.- INTERRUPTON EN EL BOBINADO ESTATORICO.

Las causas principales de las interrupciones en el bobinado estatórico son las siguientes:

- Conexión sucia o floja
- Hilo roto.

Para comprobar si el bobinado del estator está interrumpido, se utilizará un óhmetro, poniendo sus terminales de prueba en contacto con los extremos del bobinado. Si la aguja indicadora del óhmetro marca, el circuito está en buen estado y no existe interrupciones; si la aguja no marca, el circuito está interrumpido por algún sitio.

Ahora hay que averiguar en que lugar del circuito estatórico está la interrupción y repararlo. Para esto nos valemos de las pruebas realizadas en el capítulo (2), numeral (2.4.7).

3.4.3.- SOBRECARGAS.

Se dice que un motor eléctrico está sobrecargado cuando absorbe una corriente mayor que la nominal. La sobrecarga puede estar originada por diferentes causas: por ejemplo, en un motor monofásico, la sobrecarga puede presentarse si el aparato o máquina accionada necesita más potencia mecánica que la que puede proporcionar el motor.

Un motor monofásico sobrecargado emitirá un zumbido prolongado y finalmente se parará. Para determinar si el motor trabaja sobrecargado, se utiliza un amperímetro, si éste marca una intensidad superior a la indicada en la placa de características, determinamos que dicha máquina tiene la falta indicada.

Muchas veces sucede que la sobrecarga se debe a alguna parte del motor que está sucia o rota.

3.4.4.- COJINETES DESGASTADOS.

Los cojinetes desgastados producen un descentramiento de la parte giratoria del motor; como los entrehierros de todas las máquinas eléctricas son muy pequeños, este descentramiento puede provocar el roce mecánico del rotor con la parte fija o estator, lo cual ocasiona el deterioro de los bobinados. En los casos de roce entre el rotor y el estator, los cojinetes desgastados pueden reconocerse por las marcas producidas por el rotor al rozar sobre el hierro del estator.

Con los cojinetes desgastados, lo más probable es que el motor no funcione y si lo hace será ruidosamente. Debe por tanto, evitarse el roce entre rotor y estator y, para ello, vigilar el juego del eje sobre el cojinete.

Si el motor tiene juego en los rodamientos, es necesario corregirlos con casquillos adecuados o, mejor todavía, montando un cojinete nuevo.

3.4.5.- BOBINADOS QUEMADOS O EN CORTOCIRCUITO.

Los cortocircuitos pueden presentarse debido a diferentes causas. Por ejemplo, en el bobinado de un motor nuevo, puede presentarse un cortocircuito si al alojar las bobinas en sus correspondientes ranuras, se empujan los conductores entre sí con demasiada presión. También se presenta cortocircuito si, debido a una sobrecarga, los bobinados se calientan demasiado con lo que se cristaliza el aislamiento que recubre los conductores de los bobinados, por tanto se destruye el conductor y queda descubierto. Generalmente, cabe sospechar que existe cortocircuito cuando el bobinado humea estando el motor en

marcha o cuando el motor, funcionando en vacío, absorbe una corriente cuya intensidad tiene un valor exagerado, que es mayor que la corriente nominal.

Casi siempre, esta avería causa la destrucción de los fusibles al conectar el motor a la red. Si los fusibles no se queman humearán los bobinados del motor, tal como se ha dicho anteriormente.

En estos motores existen varios procedimientos para localizar bobinas en cortocircuito, los principales son:

3.4.5.1.- LOCALIZACION AL TACTO.

Se pone en marcha el motor, se lo deja funcionando durante algún tiempo y se comprueba al tacto la bobina más caliente, en este caso ésta será la bobina en cortocircuito.

3.4.5.2.- PRUEBA DE LA CORRIENTE ABSORBIDA.

Este procedimiento se adopta solamente cuando el motor puede funcionar en vacío, o sea sin carga. Se intercala un amperímetro en serie con uno de los hilos de la línea y si la corriente que marca es superior a la que indica la placa de características del motor, pues determinamos que alguna bobina se halla en cortocircuito.

En todos los casos ha de desmontarse el motor y sustituir el bobinado quemado o en cortocircuito, por otro nuevo.

CAPITULO 4

MOTORES MONOFASICOS TIPO COLECTOR

4.1.- INTRODUCCION.

En la tracción eléctrica en las grandes arterias ferroviarias, para distancias considerables se ha adoptado este tipo de electromotor por la simplicidad de las líneas de alimentación y de su instalación.

Por ello se ha llegado al estudio y perfeccionamiento del motor monofásico de colector, de construcción muy semejante a la de electromotores de corriente continua.

4.2.- FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES MONOFASICOS TIPO COLECTOR.

Estos electromotores están constituidos por un estator con arrollamiento cerrado sobre si mismo, como en los devanados de generatrices de corriente continua, y también puede ser abierto.

En el primer devanado la corriente ha de partirse entre dos bobinados iguales, y si el devanado es abierto, la corriente circula primero por la mitad de los conductores anteriores dirigiéndose hacia la cara posterior del núcleo del inducido y la otra mitad en sentido inverso, o sea de la parte posterior hacia la cara anterior.

En cuanto al rotor, se bobina exactamente como un inducido de corriente continua conectado a las distintas delgas del colector, en la misma forma que hemos explicado entonces; el rotor se encuentra equipado con dos o cuatro hileras de escobillas o más, según la densidad de corriente que halla de circular por las mismas.

La corriente que circula por el rotor procede de la red exte-

nior, y la corriente del inducido se cierra por las escobillas en cortocircuito con ayuda de una conexión auxiliar.

4.3.- CLASIFICACION.

- Motor de repulsión
- Motor de inducción - repulsión
- Motor de serie de c.a
- Motor Universal.

4.3.1.- MOTOR DE REPULSION.

Este motor de velocidad variable consta de un estator monofásico ordinario cuyo bobinado ocupa las dos terceras partes de su periferia. Este estator generalmente se ejecuta con cuatro, seis u ocho polos, y suelen sacarse cuatro terminales al exterior para que pueda funcionar con dos tensiones diferentes. El rotor es semejante al de un motor de corriente continua, o sea a base de un núcleo formado por chapas magnéticas; las ranuras son normalmente inclinadas con respecto al eje. El colector es del tipo axial. Las escobillas, que permanecen continuamente en contacto con el colector, están unidas conjuntamente en cortocircuito.

Dos líneas de escobillas situadas a 180 grados y reunidas en cortocircuito se colocan sobre el colector. El estator y el rotor son independientes.

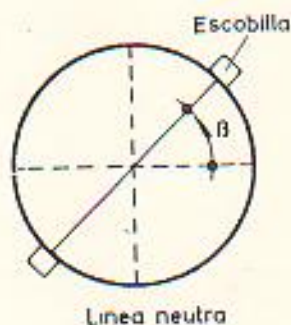
Cuando las escobillas están colocadas perpendiculares al campo, no existe ninguna f.e.m. en las dos ramas del inducido; pero cuando aquellas quedan en el mismo sentido que el campo, los bobinados del rotor se comportan como el secundario de un transformador y se inducen en ellos las f.e.m. totales de la transformación. Por los devanados rotóricos circulan corrientes muy intensas, como en un transformador en cortocircuito.

Cuando las escobillas están colocadas perpendiculares al campo, no hay momento de giro y resulta peligroso conectarlo a la red en tales condiciones.

El arranque de este motor se produce cuando las escobillas giran un ángulo β indicado en la figura (4.1), partiendo de la posición cero y en sentido contrario a las agujas de un reloj.

FIGURA 4.1

ESQUEMA DEL MOTOR A REPULSION



La magnitud del par motor depende de la inclinación de las escobillas; debe contarse con que el par nominal se obtiene cuando el ángulo es de 70 grados.

Se comprende que la regulación de la velocidad se logra decañando más o menos el conjunto de las escobillas con relación a la línea neutra o de oposición de flujos.

Las ventajas del motor de repulsión son:

- Versatilidad respecto a la velocidad
- Excelente par de arranque
- El rotor, al ser independiente del estator, puede proyectarse para baja tensión, en tanto que el estator puede proyectarse para varios miles de voltios.

Pero este motor posee sus desventajas y son:

- Es muy ruidoso
- Tiene una regulación de velocidad pobre

- Exige un mantenimiento periódico del colector.

Por estas razones en la actualidad se fabrican muy pocos motores de repulsión.

Su característica es muy variable con la carga.

Estos motores desarrollan una corriente de arranque de 1,5 a 2 veces aproximadamente la corriente nominal de carga. Pueden trabajar a dos tensiones (125 y 220V, por ejemplo); depende del tipo de conexionado que se halla practicado entre los arrollamientos inductores.

4.3.2.- MOTOR DE INDUCCION - REPULSION.

Es un motor monofásico cuyo rotor lleva, además del arrollamiento propio de un motor de repulsión, otro de jaula de ardilla. Este tipo funciona simultáneamente como motor de repulsión y como motor de inducción, y su característica de velocidad puede ser variable o constante.

Estos motores son conocidos más exactamente como de arranque a repulsión, operación a inducción, este motor no es muy común. Tiene un conmutador en un extremo del rotor. Este es un conjunto rotatorio de barras de cobre que están conectadas a circuitos del devanado del motor. Un par de escobillos de carbón hace contacto con el conmutador y completa el circuito eléctrico a través de los devanados, primero uno, después el siguiente, y así sucesivamente, a medida que el rotor gira.

Un campo electromagnético, creado por los devanados del rotor, está situado para repulsar al campo similar creado por los devanados del estator. Estas fuerzas en oposición producen pares de torsión muy altos desde el arranque.

El principio de repulsión rápidamente haría que la velocidad del motor excediera la velocidad deseada de operación.

Por esta razón, se ha situado contrapesos centrífugos que levantan las escobillas del conmutador. Apartir de ese momento, el motor opera como si fuera de inducción monofásico.

Los motores de este tipo se fabrican con potencias desde 1/2Hp hasta 15Hp, y para dos tensiones de servicio. Encuentron aplicación general, y dentro del campo de los motores de repulsión han alcanzado mucha popularidad a causa de su buena característica de velocidad.

Las ventajas de estos motores son: No utilizan ningún mecanismo centrífugo de puesta en cortocircuito. El efecto de repulsión les confiere un elevado par de arranque, y el efecto de inducción (arrollamiento en jaula de ardilla) les permite mantener un régimen de velocidad casi constante, además; la regulación de velocidad es bastante buena y la capacidad de continuar desarrollando par, bajo la aplicación de bruscas y fuertes cargas sin inestabilidad.

Se construyen también con arrollamiento de compensación a fin de elevar el factor de potencia en el circuito.

Básicamente, el motor arranca como un motor de repulsión sobre su característica de repulsión produciendo un par de alrededor de 3 a 4 veces el par nominal. Al acelerar el motor, la frecuencia del motor y la reactancia del devanado de jaula de baja resistencia disminuye y por él circula más corriente.

Para una determinada carga en el rotor, el motor funcionará como un motor combinado de repulsión e inducción. Si la carga disminuye, se precisa un menor deslizamiento y la velocidad del motor aumenta, acelera por su característica de repulsión. A la carga nominal el motor funciona aproximadamente a la velocidad de sincronismo (deslizamiento nulo) y, puesto que el

devanado tipo jaula del rotor no corta flujo, en él no se induce corriente.

Este tipo de motor es utilizado en bombas alternativas, compresores bastante grandes y además se utiliza en máquinas herramientas tales como tornos revolver y grandes máquinas para taladros en las que puede producirse un bloqueo súbito, a consecuencia de agarrotamiento de la herramienta.

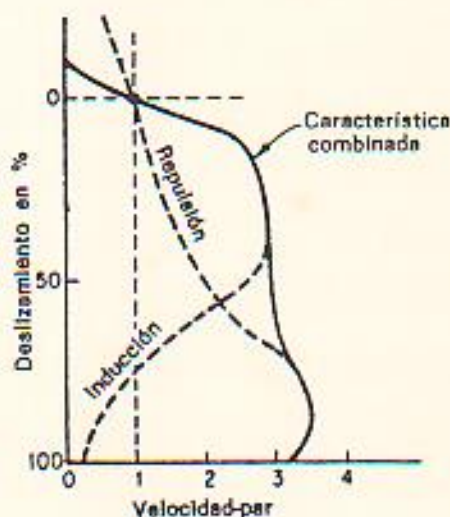
Estos motores también se utilizan en hornos, transportadores, compresores y bombas de profunda.

Los motores de inducción - repulsión se invierte desplazando las escobillas respecto del neutro rígido o invirtiendo el devanado de transformación con respecto al del par.

En la figura (4.2) se muestra la característica par - velocidad de un motor de inducción - repulsión.

FIGURA 4.2

CARACTERISTICA PAR-VELOCIDAD DE
UN MOTOR INDUCCION-REPULSION



4.3.3.- MOTOR DE SERIE DE C.A.

Este motor es semejante al de serie de c.c; pero con algunas modificaciones ya que en motores superiores a pocos caballos, funcionan mal con c.a, ya que produce mucho chispeo en las escobillas y el rendimiento más el factor de potencia son pequeños.

Este motor de colector funciona con una característica serie, es decir que la velocidad disminuye con el aumento de la carga.

Para cumplir con la demanda de la tracción eléctrica de larga distancia se han desarrollado grandes motores serie monofásicos.

Las modificaciones que deben realizarse, partiendo del motor serie de c.c son:

- Debe ser mucho más laminada la estructura de la excitación, a fin de reducir las mayores pérdidas por corrientes parásitas con corriente alterna.
- Con un menor número de espiras de excitación serie, a fin de reducir la caída de tensión reactiva de la excitación serie y las pérdidas debidas a corrientes parásitas y a la histéresis.
- Debe tener más polos que los correspondientes a las máquinas de c.c a fin de restablecer el par total.
- Debe tener más conductores en el inducido y más delgas en el colector, para compensar la disminución del flujo de excitación.
- Debe tener una resistencia en serie con las conexiones del inducido al colector, a fin de reducir las corrientes circulantes, el chispeo en las escobillas y las mayores dificultades.

tades en la conmutación provocadas por el funcionamiento en corriente continua.

- Debe tener devanados especiales de compensación, para reducir la mayor reacción de inducido originada por el mayor número de conductores en el inducido.
- Debe tener devanados especiales de los polos auxiliares, para reducir también la mayor reacción de inducido originada por el mayor número de conductores en el inducido.
- Los devanados de los polos auxiliares y de compensación deben estar conectados inductivamente en vez de conductivamente, para reducir la caída de tensión serie.

Cuando la corriente de inducido aumenta debido al aumento de carga, el flujo de inducido, induce una corriente mayor en estos devanados, por lo que el efecto de la fuerza magnetomotriz auxiliar y de compensación es proporcional a la carga o a la corriente del inducido. Ya que en los conductores del inducido se produce corriente alterna, puede utilizarse para estos devanados un acoplamiento inductivo.

Con las modificaciones expuestas anteriormente, los motores serie de c.a poseen un comportamiento igual a los de c.c. y originando una característica indicada en la figura (4.3).

FIGURA 4.3

CARACTERISTICA DEL MOTOR SERIE DE C.A



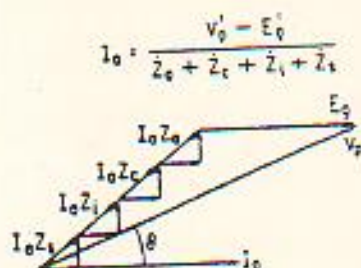
Cuando un motor serie de c.a es acoplado conductivamente; la potencia desarrollada por el inducido del motor es $E_g I_a$; siendo: E_g = Fuerza contraelectromotriz generada en el inducido

I_a = Corriente en el inducido.

y por tanto la corriente I_a , queda limitada por E_g , sumada más todas las caídas de impedancia en serie, como se indica mediante la ecuación en la figura (4.4).

FIGURA 4.4

DIAGRAMA VECTORIAL DEL MOTOR ACOPLADO CONDUCTIVAMENTE



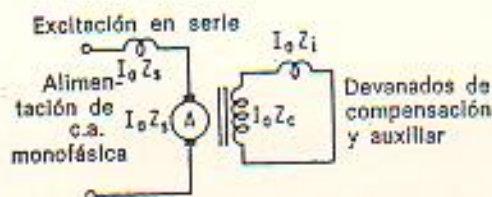
Cuando un motor serie de c.a es acoplado inductivamente, aumenta la f.e.m. generada y la potencia de inducido, como se indica en la figura (4.5). El acoplamiento magnético es débil y los devanados tanto auxiliares como de compensación se reflejan capacitivamente en el inducido tendiendo a reducir la caída de impedancia de inducido y a mejorar el ángulo del factor de potencia entre V_p e I_a .

Los motores de este tipo de potencias grandes han sido sustituidos por los motores de inducción polifásicos y síncronos más sencillos en la mayoría de aplicaciones. Aunque si se utilizan en líneas principales y sistemas de ferrocarriles inter-

urbanos para locomotoras eléctricas.

FIGURA 4.5

MOTOR SERIE DE C.A. ACOPLADO INDUCTIVAMENTE



Estos motores se fabrican para tensiones inferiores a 300V, tomando su potencia secundaria de fuentes primarias de 11000V y 25Hz.

Las potencias nominales para los motores de ferrocarril están entre varios cientos hasta algo más de 1000Hp, con factores de potencia de 0,95 y rendimientos de alrededor de 0,88.

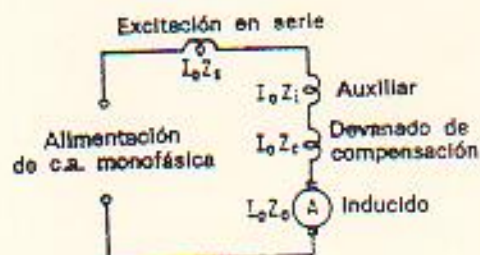
La regulación de velocidad de estos motores se logra variando la tensión de alimentación del motor; através de un transformador con tomas o un regulador de inducción.

La inversión de estos motores se la consigue invirtiendo la excitación en serie con respecto al inducido mediante conmutaciones apropiadas.

En la figura (4,6) se indica el acoplamiento conductivamente.

FIGURA 4.6

MOTOR SERIE DE C.A. ACOPLADO CONDUCTIVAMENTE



4.3.4.- MOTOR UNIVERSAL.

Este motor esta construido de manera que cuando los devanados inducido e inductor estan unidos en serie y circula corriente por ellos, se forman dos flujos magnéticos que al reaccionar provocan el giro del rotor, tanto si la tensión aplicada es continua como alterna.

Este motor se caracteriza por su fuerte arranque y porque su velocidad no es constante, sino que esta en razón inversa de la carga.

Debido a esta dependencia, cuando desaparece la carga se corre el riesgo de que el rotor sufra un embalamiento excesivo que puede ser peligroso por la enorme fuerza centrífuga en cuanto exista alguna masa descentrada.

Sin embargo, como los motores universales que trabajan con c.a suelen ser pequeños, este peligro es prácticamente inexistente. Además del poco diámetro del rotor (que reduce la fuerza centrífuga) parte de la potencia del motor se emplea en vencer los rozamientos del eje con los cojinetes y el de las aletas del ventilador con el aire. Por tanto, no puede decirse de una forma absoluta que el motor trabaja sin carga.

Estos motores son iguales a los motores serie de c.c. Sin embargo, cuando el motor debe servir para c.a, es obligado que los núcleos del inductor y del inducido estén formados por un empilado de chapas magnéticas.

Los devanados inducido e inductor que se encuentran conectados en serie, lo hacen con escobillas de carbón que hace contacto con un conmutador.

En este motor las escobillas no se levantan del conmutador. Si se despegaran el motor se detendría.

Los motores universales pueden funcionar a velocidades hasta de 35000 r.p.m. La mayoría de ellos funcionan a velocidades mucho más bajas.

El elevado par de torsión al arranque, considerable capacidad de potencia para su tamaño y peso y habilidad de ajustarse a cargas que varíen ampliamente y, además el poder ser controlado en cuanto a su velocidad, hacen que los motores universales sean ideales para taladros, sierras, rasuradoras, lijadoras, batidoras, aspiradoras y otros enseres domésticos portátiles. Sus problemas principales se relacionan con las escobillas, las cuales al paso del tiempo se gastan y tienen que ser cambiadas. El conmutador también puede dar problemas si está sucio o corroído.

Puede invertirse el sentido de giro, sin más que cambiar las conexiones de las escobillas. Otras veces se montan dos arrollamientos inductores por los que la corriente circula en sentido opuesto y entonces se invierte el sentido de giro disponiendo un conmutador exterior.

La regulación de velocidad se efectuará generalmente por medio de un reóstato en serie.

Si el cambio del sentido de giro de un motor universal produce mucho chisporroteo en el conmutador se puede corregir desviando la posición de las escobillas.

Al circular corriente alterna por sus arrollamientos:

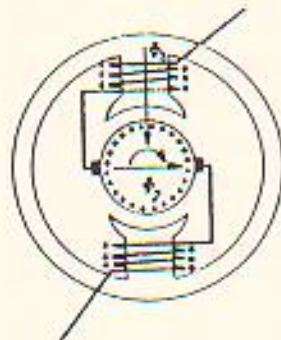
Analícemos la figura (4.7).

Supongamos que en un instante dado el sentido de la corriente, el flujo inductor Φ y, por tanto, el sentido de giro, es el indicado en la figura. En el siguiente semiperíodo se producirá una inversión del sentido del flujo y de la corriente que

atraviesa los conductores del inducido manteniéndose, por consiguiente el sentido del par motor y el sentido de giro. Es decir, que el motor funciona como uno de c.c. Al circular por el arrollamiento rotórico, la corriente alterna crea un flujo ϕ_2 pulsatorio transversal, de dirección coincidente con la línea de escobillas, cuya magnitud es independiente del sentido de giro del inducido. Observemos que los flujos ϕ_2 y ϕ_3 están producidos por la misma corriente y, por tanto están en fase entre sí y con dicha corriente; sin embargo ambos flujos están desfasados en el espacio en un ángulo igual al que forman las piezas polares y la línea de escobillas. El campo resultante, producido por la interacción de estos flujos con las corrientes inducidas en el rotor provoca un par de giro.

FIGURA 4.7

ESQUEMA DEL PRINCIPIO DEL MOTOR UNIVERSAL



Entre las ventajas y desventajas de estos motores, tenemos:

Sus ventajas:

- Pueden construirse para cualquier velocidad de giro y resulta fácil conseguir grandes velocidades, cosa que no puede conseguirse con otros motores de c.a.
- Funcionan indistintamente con c.c o con c.a.
- Poseen un elevado par de arranque.
- La velocidad se adapta a la carga.

- Para regular la velocidad de giro basta con conectar un reostato en serie con el inducido.

Sus desventajas:

- Que contiene elementos delicados que requieren una revisión periódica.
- El contacto deslizante entre colector y escobillas producen chispas que pueden perturbar el funcionamiento de los receptores de radio y de televisión que se encuentren en la zona próxima al motor.
- Por causa de la gran velocidad de giro, estos motores son algo ruidosos.
- Su inducido es de difícil reparación. Casi siempre resulta más ventajoso sustituirlo por otro nuevo.

4.4.-

MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS MOTORES MONOFASICOS TIPO COLECTOR.

En este numeral nos dividiremos en dos partes; la primera parte corresponderá a los motores de repulsión y a los de repulsión - inducción, y la segunda parte a los serie universal.

4.4.1.- REPULSION Y REPULSION - INDUCCION.

Las averías más frecuentes que pueden presentarse en estos motores son las siguientes:

4.4.1.1.- FUSIBLES QUEMADOS.

La localización de esta avería puede realizarse:

- Con el fusible fuera de circuito
- Con el fusible en el circuito.

Para localizar un posible fusible quemado fuera de circuito, se emplea la lámpara de prueba en serie (figura 4.8.a). Si el hilo fusible no está roto, se cerrará el circuito através de este hilo y de la lámpara y ésta se encenderá; si, por el con-

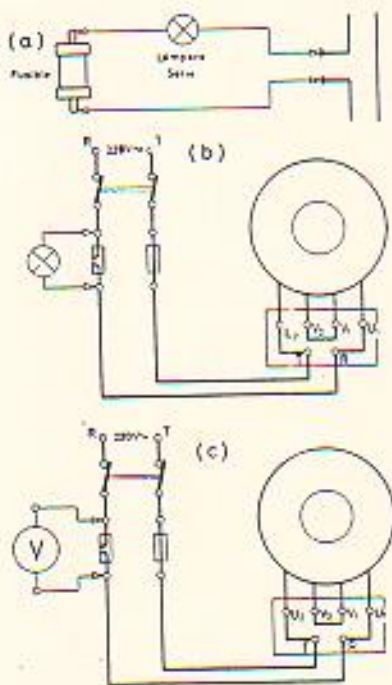
trario está roto, el circuito quedará abierto y la lámpara no se encenderá.

Para comprobar el estado de los fusibles sin sacarlos de la instalación, puede emplearse una lámpara de prueba en derivación (figura 4.8.a). Con el interruptor general cerrado y aplicando los terminales de prueba a la entrada y salida del fusible, si éste se ha quemado, la lámpara se enciende; si el fusible está en buenas condiciones, la lámpara permanece apagada.

También puede comprobarse el estado de un fusible por medio del voltímetro de prueba (figura 4.8.c). Si el voltímetro marca la tensión entre fases, el fusible está quemado; si el voltímetro no marca tensión, el fusible está en buenas condiciones.

FIGURA 4.8

LAMPARA Y VOLTÍMETRO DE PRUEBA

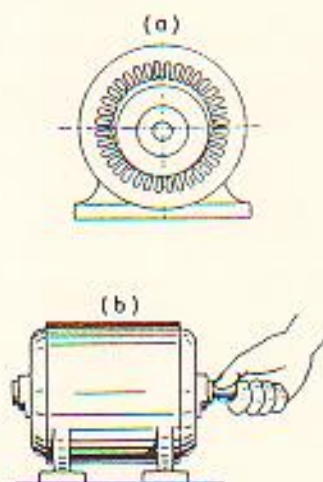


4.4.1.2.- COJINETES DESGASTADOS.

Los cojinetes desgastados producen un descentramiento del rotor; como los entrehierros de todas las máquinas eléctricas son muy pequeños, este descentramiento puede provocar el roce mecánico del rotor con la parte fija o estator (figura 4.9.a), la cual ocasiona el deterioro de los bobinados. En los casos de roce entre rotor y estator, los cojinetes desgastados pueden reconocerse por las marcas producidas por el rotor al rozar sobre el hierro del estator.

FIGURA 4.9

COMPROBACION DE COJINETES



Cuando los cojinetes están desgastados tanto que el rotor rozaba con el estator al cerrar el interruptor, el motor produce un zumbido prolongado y el rotor intenta iniciar el giro sin conseguirlo. En estas condiciones, el bobinado puede llegar a quemarse si se deja el motor conectado a la red durante algún tiempo.

Para comprobar si los cojinetes están desgastados se desconecta el motor de la red y se intenta mover verticalmente el extremo libre del eje (figura 4.9.b); si el eje se mueve verti-

calmente el extremo libre del eje están desgastados y habrá que sustituirlos.

Cuando los cojinetes solamente están ligeramente desgastados, el motor funciona con bastante ruido, se calienta y disminuye su velocidad.

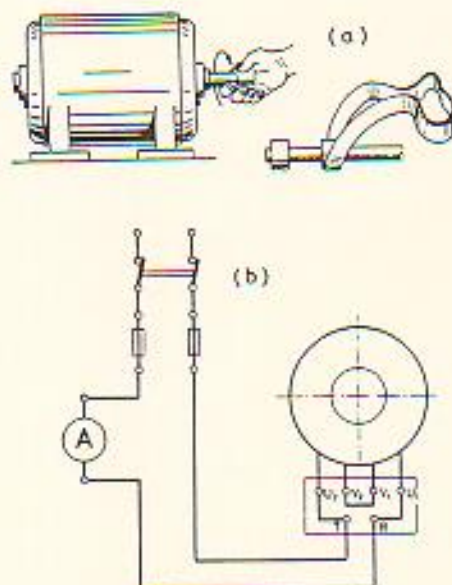
4.4.1.3.- SOBRECARGAS.

Se dice que un motor eléctrico está sobrecargado cuando absorbe una corriente mayor que la nominal. La sobrecarga puede tener diferentes causas; por ejemplo, en un motor eléctrico la sobrecarga puede resultar cuando la máquina accionada por dicho motor necesite más potencia mecánica que la que puede proporcionar el mismo.

Muchas veces, la sobrecarga es debida a que alguna parte del motor está sucia o rota. En este caso es fácil de localizar la avería (figura 4.10.a), soltando la correa de la polea del motor y haciendo girar éste a mano. Si el giro no es suave, es que algún elemento del motor (eje, bobinado, etc) está sucio o estropeado.

FIGURA 4.10

PRUEBAS DE SOBRECARGA



También puede comprobarse la existencia de una sobrecarga, mediante un amperímetro (figura 4.10.b). Si la corriente marcada por el amperímetro es superior a la indicada en la placa de características del motor, es que este trabaja sobrecargado. La sobrecarga aumenta la corriente absorbida en los bobinados y, además, no permite la marcha del motor a la velocidad de régimen.

4.4.1.4.- INTERRUPTOR EN LOS BOBINADOS.

Las causas principales de las interrupciones en el bobinado estático, son las siguientes:

- Conexión sucia o floja
- Hilo roto.

Para comprobar si el bobinado estático está interrumpido se utilizará la lámpara de prueba en serie, poniendo sus terminales de prueba en contacto con los extremos del bobinado (figura 4.11.a). Si la lámpara se enciende, el circuito está en buen estado y no existen interrupciones; si la lámpara no se enciende, el circuito está interrumpido por algún sitio (figura 4.11.b). Ahora, hay que averiguar en cual de los polos está la bobina interrumpida.

Para esto (figura 4.11.c) se pone un terminal de prueba de la lámpara en contacto con un extremo del bobinado y el otro terminal con la salida de cada uno de los polos.

Si la lámpara no se enciende al estar el segundo terminal en contacto con el polo (1), la primera bobina será la averiada; si se enciende la lámpara estando su terminal en el polo (1) pero no se enciende al estar en contacto con el polo (2), la segunda bobina será la defectuosa; y así sucesivamente.

Al realizar esta prueba en el estator, hay que tener en cuenta

que, muchas veces, el motor de repulsión está construido para funcionar a dos tensiones distintas y por lo tanto, existen dos circuitos; habrá que realizar la prueba en ambos circuitos independientemente, valiéndose de los cuatro terminales exteriores, dos para cada agrupamiento de polos.

Las causas principales que pueden ocasionar interrupciones en el bobinado del inducido o rotórico son las siguientes:

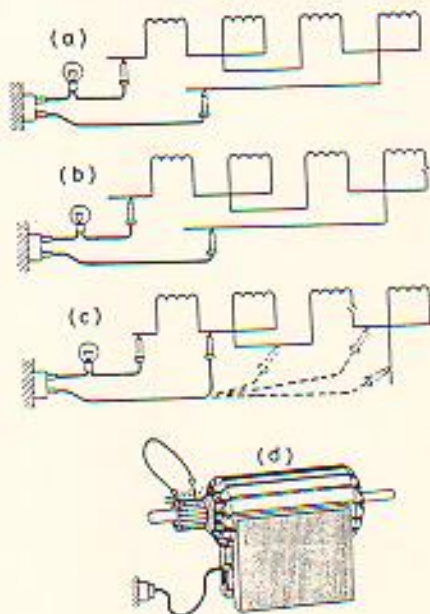
- Mal contacto de las escobillas con el colector
- Algún hilo del portaescobillas desconectado o roto
- Una o varias bobinas del inducido interrumpidas.

Muchas veces, la simple inspección visual de las escobillas, portaescobillas, etc, bastará para encontrar la interrupción del circuito.

Se inspeccionará si las escobillas están o no desgastadas, la presión del muelle del portaescobillas, los hilos de conexión de los portaescobillas a las escobillas; el estado de la superficie del colector (que no esté estriada o picada) y el estado de limpieza del propio colector.

FIGURA 4.11

PRUEBAS DE INTERRUPCION



Si las pruebas anteriores dan buen resultado hay que pensar que en el bobinado del inducido, hay una o varias bobinas interrumpidas.

Para localizarlas, se recurre al zumbador (figura 4.11.d). Se conecta éste a la red de c. a. a 125V y con un hilo conductor se tocan dos delgas superiores contiguas; si la bobina conectada a las delgas está intacta, saltarán pequeñas chispas sobre el colector. Si no hay chispa es porque la bobina correspondiente está interrumpida o bien está rota la conexión de dicha bobina con una de las delgas tocadas. De esta forma, se va girando el inducido lentamente y tocando sucesivamente las dos delgas adyacentes superiores, hasta encontrar la bobina o bobinas interrumpidas.

4.4.1.5.- INDUCIDO EN CORTOCIRCUITO.

Si hay varias bobinas en cortocircuito, el motor intentará arrancar, emitirá un zumbido y, finalmente, quedará parado y fuera de servicio. Si solamente hay una o dos bobinas cortocircuitadas, el motor marchará pero tendrá muy poca fuerza (par de arranque muy reducido); en este caso, la bobina defectuosa se calentará al arrancar y puede llegar a humear si el motor marcha durante algún tiempo.

Por lo general, las bobinas averiadas pueden localizarse a primera vista, inspeccionando los bobinados; el inducido suele estar completamente quemado y carbonizado.

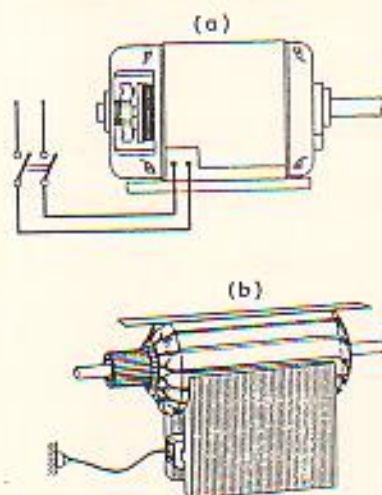
Un buen procedimiento para localizar en el inducido la existencia de bobinas en cortocircuito consiste (figura 4.12.a) en separar las escobillas, cerrar el interruptor de forma que la corriente circulará por el estator y hacer girar el inducido manualmente. Si el inducido gira sin dificultad, es que no

tiene bobinas cortocircuitadas.

Si la prueba anterior demuestra que existen bobinas cortocircuitadas (en cuyo caso el inducido girará con dificultad) y estas bobinas no pueden apreciarse visualmente, habrá que desmontar el inducido y realizar un ensayo con el zumbador y la hoja de sierra (figura 4.12.b). Se monta el inducido sobre el zumbador y se conecta éste a la red de corriente alterna a 125V; sobre la ranura superior del inducido se coloca una hoja de sierra en sentido longitudinal. Cuando la hoja de sierra vibra, produciendo un zumbido, es porque en la ranura superior correspondiente se aloja una bobina averiada.

FIGURA 4.12

PRUEBAS AL INDUCIDO



Una bobina cortocircuitada se puede localizar fácilmente ya que la hoja de sierra vibrará en las dos ranuras que alojan los lados de la bobina averiada. Si la hoja vibra en más de dos ranuras, quiere decir que hay más de una bobina defectuosa. Se marcan con tiza las ranuras en las que vibra la hoja de sierra.

En un bobinado imbricado, se reconocen fácilmente los termina-

les de una bobina defectuosa. Ya no resulta tan f6cil en los bobinados ondulados, sobre todo si el cortocircuito se encuentra entre dos delgas adyacentes del colector, ya que en este caso, si la m6quina es, por ejemplo, bipolar, la hoja de sierra vibrar6 dos veces; si es tetrapolar vibrar6 cuatro veces, etc. En los bobinados ondulados, adem6s del zumbador, se necesita un milivoltmetro si se quiere determinar la posici6n exacta de los terminales de las bobinas averiadas. Se monta el inducido sobre el zumbador y con el milivoltmetro se prueba entre delgas contiguas; donde la aguja del instrumento de medida se6nale una desviaci6n inferior a la normal, existe un cortocircuito.

Si existe una o m6s bobinas cortocircuitadas la mejor soluci6n es rebobinar todo el inducido; no es aconsejable reponer solamente las bobinas averiadas. Antes de rebobinar, debe comprobarse de que el colector est6 en buenas condiciones.

4.4.1.6.- ESTATOR EN CORTOCIRCUITO.

Cuando una o varias bobinas del bobinado del estator est6n en cortocircuito, se calientan y desprenden humo. El motor marcha entonces con velocidad inferior a la nominal y emite un zumbido continuo.

Existen varios procedimientos para localizar bobinas estalbricas en cortocircuito, de los que citaremos los siguientes:

- Localizaci6n al tacto, prueba de la caida de tensi6n, prueba del zumbador, prueba de la corriente absorbida.

4.4.1.6.1.- LOCALIZACION AL TACTO.

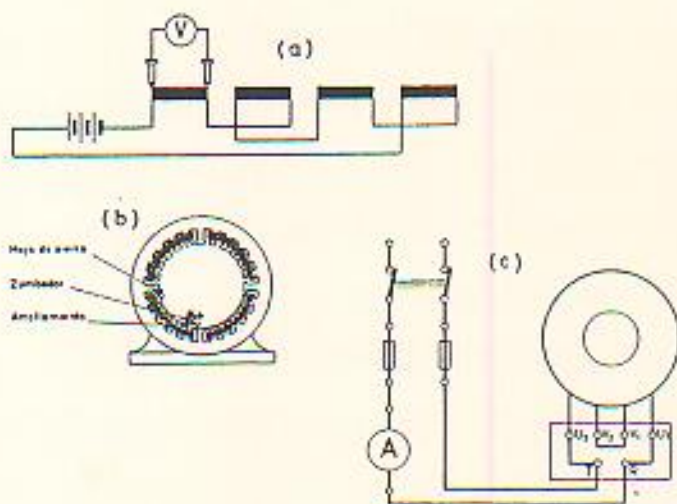
Se pone en marcha el motor, se le deja durante alg6n tiempo en funcionamiento y se comprueba al tacto la bobina m6s caliente. Casi siempre estar6 localizado el cortocircuito en esta bobina.

4.4.1.6.2.-PRUEBA DE LA CAIDA DE TENSION.

Se conecta el bobinado a una fuente de c.c. de baja tensión, se monta un voltímetro entre los extremos de uno de los polos y se realiza la lectura de tensión; la misma operación se efectúa con los demás polos. El polo al que corresponde menor caída de tensión, o sea menor lectura en el voltímetro, será el que contiene la bobina en cortocircuito (figura 4.13.a).

FIGURA 4.13

PRUEBAS AL ESTATOR



4.4.1.6.3.-PRUEBA DEL ZUMBADOR.

Con las tapas desmontadas, se dispone el zumbador en el interior del estator y se va pasando de una a otra ranura. Una bobina en cortocircuito se reconocerá enseguida por las rápidas vibraciones de una hoja de sierra dispuesta en el otro extremo de la bobina (figura 4.13.b).

4.4.1.6.4.-PRUEBA DE LA CORRIENTE ABSORBIDA.

Este procedimiento se adopta solamente cuando el motor puede funcionar en vacío, o sea sin carga.

Se intercala un amperímetro en serie con uno de los conductores de línea y si la corriente que marca es superior a la que

indica la placa de características del motor, es que el bobinado estatórico tiene alguna bobina cortocircuitada (figura 4.13.c).

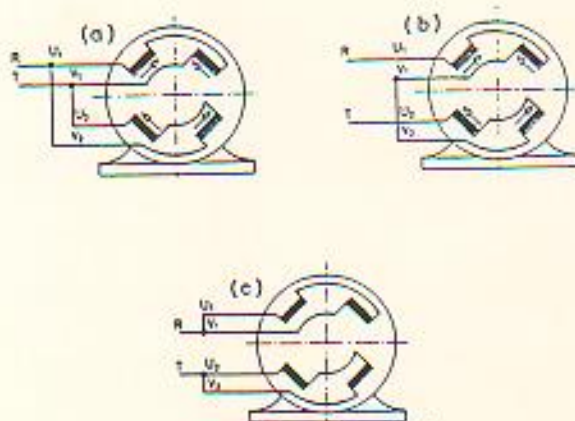
En todos los casos, ha de desmontarse el motor y sustituir el bobinado quemado por otro nuevo.

4.4.1.7.- CONEXION EQUIVOCADA DE LOS TERMINALES.

En los motores de repulsión, el bobinado del estator debe estar conectado de tal forma que los polos de distinto nombre queden adyacentes; y esto, lo mismo para 110V (polos en paralelo) que para 220V (polos en serie). Puede suceder que estén conectados erróneamente los terminales del estator, de tal manera que los polos adyacentes sean del mismo nombre. Por ejemplo, véase en figura (4.14.a), una conexión errónea para 220V y en la figura (4.14.b) una conexión errónea para 110V.

FIGURA 4.14

PRUEBAS DE CONEXION



Estos errores pueden rectificarse invirtiendo los terminales de la siguiente forma:

Figura (4.14.a): Conectar V1 a U2, U1 a R y V2 a T

Figura (4.14.b): Conectar U1 a U2 y V1 a V2; además, los dos primeros a R y los dos segundos a T.

En los dos casos expresados anteriormente, el motor zumbará al conectarlo a la red y no se pondrá en marcha.

Otro error muy corriente es el expresado en la figura (4.14.c). Ahora se han conectado equivocadamente los terminales U1 y V1 a una fase R de la red y de los terminales U2 y V2 a la otra fase T; se puede apreciar que el resultado de este error es un circuito abierto. En estas condiciones, el motor no se pone en marcha ni zumba.

4.4.1.8.- CALADO INCORRECTO DE LAS ESCOBILLAS.

Ya sabemos que en los motores de repulsión, los portaescobillas han de tener cierta posición pues, de lo contrario, el motor no gira. Si se desplazan los portaescobillas a uno u otro lado de su posición correcta, el motor tendrá un par de arranque muy reducido o saltarán los fusibles por exceso de corriente. Estos inconvenientes se pueden presentar cuando se afloja el tornillo de ajuste de los portaescobillas y éstos se mueven.

La posición correcta de las escobillas se habrá de determinar desplazando los portaescobillas mediante el citado tornillo de ajuste, hasta que el motor tenga el par de arranque necesario para su buen funcionamiento.

4.4.1.9.- ESCOBILLAS QUE NO HACEN CONTACTO CON EL COLECTOR.

Cuando las escobillas se agarrotan o están muy gastadas, el motor no puede arrancar porque aquellas no hacen contacto con el colector. Sucede lo mismo si el colector está sucio o si la presión del muelle del portaescobillas es insuficiente.

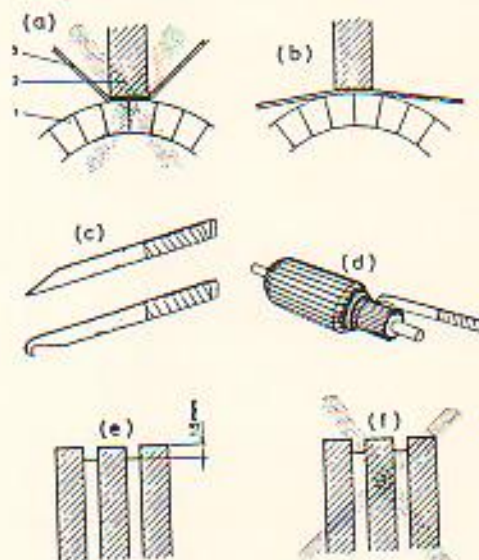
Todos estos inconvenientes se solucionan fácilmente; limpiando el colector y renovando escobillas y muelles.

Para la limpieza del colector se utiliza papel de lija fino o

bien un trozo ligeramente empapado con kerosina o petróleo. Las escobillas han de tocar sobre el colector en toda su superficie; si no es así, lo que sucede, por ejemplo, cuando son nuevas, se las adaptará a la curvatura del colector mediante papel de lija de grano fino; pero esta adaptación no se realizará según figura (4.15.a), si no tal como se expresa en la figura (4.15.b), es decir, siguiendo con el papel de lija, en lo posible, la curvatura del colector. Las escobillas deben apoyarse sobre el colector con una presión conveniente, que no sea pequeña porque entonces el contacto no es perfecto y que tampoco sea excesiva porque se producen desgastes anormales y, además, se ensucia el colector con el polvo de carbón. En uno u otro caso, lo mejor es cambiar el muelle del portaescobillas por uno cuya presión sea adecuada.

FIGURA 4.15

PRUEBAS A ESCOBILLAS Y COLECTOR



4.4.1.10.- EL AISLAMIENTO DE MICA SOBRESALE ENTRE LAS DELGAS DEL COLECTOR.

Este defecto provoca el que las escobillas no establezcan buen contacto con las delgas, produciéndose chispeo.

Si el aislamiento entre delgas no está suficientemente bajo

respecto a dichas delgas, será preciso rebajar dicho aislamiento. Para ello (figura 4.15.c) se prepara una hoja de sienna de manera que forme un gancho en la punta y se rasca la mica saliente (figura 4.15.d).

Las láminas de mica quedarán 1,5mm aproximadamente por debajo de las delgas de cobre. Se procurará que las micas queden como se indica en la figura (4.15.e) y no como en la figura (4.15.f), es decir, que deben quedar libres de reborlas.

Las aristas de las delgas se eliminarán ligeramente utilizando una lima fina triangular. Antes de montar nuevamente las escobillas, se eliminará con un trapo todo el polvillo de cobre, que se podría adherir posteriormente a las escobillas y rayar el colector.

4.4.1.11.- BOBINADOS CON CONTACTOS A LA MASA.

Estos contactos no se perciben fácilmente en condiciones aparentemente normales del motor; sin embargo, dos contactos con masa equivalen ya a un cortocircuito, que puede llegar a quemar los fusibles o hacer que humee el bobinado, según la importancia de la avería.

En los motores de repulsión los contactos a masa se pueden producir en el estator o en el inducido.

En el estator, las causas más frecuentes que provocan contactos a masa son:

- Posibilidad de que los pernos de sujeción de las tapas lleguen a tocar el bobinado.
- Contacto de los conductores del bobinado con las aristas de las cabezas de las ranuras.

Para averiguar si en un bobinado estatórico hay un contacto a masa se emplea generalmente la lámpara de prueba en serie;

un terminal de prueba se pone en contacto con el extremo del bobinado y el otro terminal de prueba con el núcleo del estator (figura 4.16.a). Si la lámpara se enciende, es que existe algún contacto con la masa.

Cuando estemos bien seguros de que existe este contacto, se intentará descubrirlo a simple vista, o sea examinando detenidamente el bobinado, para ver si algún conductor desnudo toca el núcleo.

Si para la localización del contacto a masa no fuera suficiente el procedimiento anterior, habría que deshacer los empalmes entre polos y ensayar con la lámpara de prueba los bobinados de cada uno de éstos. Una vez localizado el polo con contacto a masa, se deshacen los terminales de las bobinas de cada polo hasta encontrar la bobina averiada, que deberá sustituirse por una bobina nueva o renovar su aislamiento, según la importancia que tenga el contacto a masa.

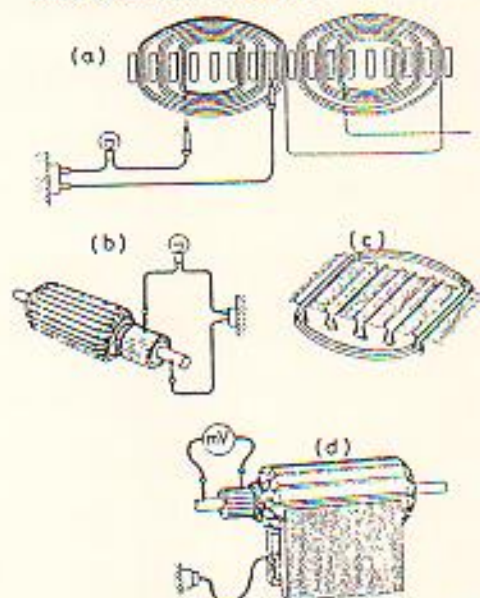
Para localizar los contactos a masa en el inducido, se puede utilizar también la lámpara de prueba en serie. Una vez desmontado el inducido, se conecta el terminal de prueba del conductor de retorno al eje y con el otro terminal de prueba se tocan, una a una, todas las delgas del colector (figura 4.16.b). Si la lámpara se enciende, la avería puede estar en el bobinado del inducido o en el colector.

Muchas veces, una simple inspección visual es suficiente para localizar los contactos a masa. Estos contactos se forman, por lo general, en las esquinas de las ranuras (figura 4.16.c) al doblar las bobinas del inducido o bien dentro de las ranuras si alguna chapa del núcleo sobresale entre las demás y corta el aislamiento del conductor. Se observarán cuidadosamente las

esquinas de las ranuras, comprobando si las tiras aislantes de ellas se han deslizado, u ocasionado algún contacto directo con el núcleo; si tal cosa sucede, se podrá reparar la avería colocando un trozo de tira aislante en el sitio averiado y sujetándolo al bobinado.

FIGURA 4.16

PRUEBAS DE CONTACTO A MASA



Si la avería no puede apreciarse a simple vista, habrá que localizarla mediante el milivoltímetro y el zumbador. Se monta el inducido sobre el zumbador (figura 4.16.d) y se conecta éste a la línea de corriente alterna de 125V. Uno de los terminales del milivoltímetro se conecta al eje del inducido y con el otro terminal se toca la delga más alta. Si se observa un desvío en la aguja del milivoltímetro, se girará el inducido hasta dejar la siguiente delga en la parte superior.

Se continúa de esta manera hasta encontrar una delga con la que la aguja del milivoltímetro no se mueva. La bobina conectada a esta delga tendrá contacto a masa.

4.4.2.- MOTORES SERIE - UNIVERSAL.

Las averías más frecuentes que pueden presentarse en estos

motores son las siguientes:

4.4.2.1.- EL MOTOR NO FUNCIONA NI SE OYE RUIDO ALGUNO.

En primer lugar hay que ver si llega corriente a los bornes del motor; y si no llegase corriente, se debe reparar la avería de la canalización (alimentación).

Si las escobillas no rozan en el colector; se debe cambiar estas observando que no estén atascadas.

En estos motores puede producirse el deterioro de las bobinas del inducido, debemos separar las bobinas del circuito (comprobar su buen estado). Si están deterioradas se aconseja cambiarlas.

Cuando la conexión a las escobillas no hacen buen contacto, entonces el motor no funciona, por lo que se debe reparar dicha conexión apretándola convenientemente.

4.4.2.2.- EL MOTOR NO FUNCIONA PERO SE OYE UN PEQUEÑO ZUMBIDO.

Esta avería se debe a algunas causas:

Cuando el motor se encuentra agarrotado. Se debe comprobar que el inducido gire libremente. Sino fuera de esta forma debemos lubricar los cojinetes, si persiste debemos cambiar los cojinetes.

Cuando existe baja tensión en la red. Debemos comprobar con un voltímetro, la tensión de entrada en los bornes del motor y comparar con la de placa de características del motor.

Cuando existe alguna bobina del estator en cortocircuito. Se debe conectar el motor a la red y se notará que la bobina averiada se calienta en exceso.

Cuando el rotor se encuentra en cortocircuito. Se debe desconectar las escobillas para que el rotor pueda girar libremente con la mano. Se debe conectar a la red las bobinas del es-

tator y haciendo girar el rotor con la mano se notará uno o más puntos duros. Deteniéndose el rotor en estos puntos se notará que las bobinas en cortocircuito se calientan. En este caso se debe hacer nuevas las bobinas en cortocircuito.

Cuando existe un contacto entre un arrollamiento y la armadura. Al tocar el motor conectado a la red, se notará un choque eléctrico. Se debe reparar la bobina en contacto con la armadura.

4.4.2.3.- EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO.

Esta avería se puede producir por razón de que alguna bobina del estator esté en cortocircuito o existe un contacto a masa de algún arrollamiento, por lo que se debe hacer las pruebas correspondientes para determinar la causa.

4.4.2.4.- EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO Y HACE RUIDO.

Las posibles causas de esta avería son:

Cuando el rotor roza con el estator. Hay que desmontar el rotor y se observará en su superficie unos toques brillantes. Hay que comprobar que el eje no esté torcido o los cojinetes desgastados.

El juego de cojinetes es fácil de comprobar por la holgura del eje en caso de cojinetes de fricción o por la holgura entre bolas en caso de rodamientos cuando el eje está torcido. Se debe tener en cuenta que es muy difícil repararlo, sobretudo en motores muy revolucionados y cuando no se dispone de aparato para el equilibrado. En cambio es fácil cambiar los cojinetes desgastados.

Cuando el sistema de ventilación está averiado. La falta de ventilación puede calentar el motor. Se debe revisar los canales de ventilación, las aletas del ventilador y si éste gira con el rotor.

4.4.2.5.- EL MOTOR FUNCIONA NORMALMENTE PERO SE NOTAN RUIDOS Y VIBRACION.

Las posibles causas de esta avería son:

Cuando el rotor se encuentra desequilibrado. El eje puede encontrarse torcido, por lo cual se debe comprobar si lo está o no. En caso de que esté, se lo debe tratar de llevar a su estado normal si es posible, y si no tocaría cambiarlo.

Cuando existe holgura de cojinetes. Se los debe cambiar.

Cuando existe roces. Si son pequeños roces entre rotor y estator, se lo puede corregir con una lima, quitando asperezas o suciedad acumulada.

Se debe ver que el ventilador no roce en algún punto con partes fijas del aparato.

CAPITULO 5

ESTRUCTURA DEL MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO

DE FASE PARTIDA

5.1.- INTRODUCCION.

En este capítulo estudiaremos cada una de las partes que forman al motor de inducción monofásico de fase partida. Además de las características de cada uno de ellos.

Se realizará un estudio más profundo en cuanto se refiere a las partes eléctricas, no siendo así para las partes mecánicas ya que corresponde a diseño, lo cual no está planteado en este trabajo.

5.2.- EL ESTATOR.

El estator de un motor de inducción monofásico de fase partida se compone de un núcleo de chapas de acero con ranuras semicerradas, de una pesada carcasa de acero o de fundición, dentro de la cual está introducido a presión el núcleo de chapas, y de dos arrollamientos de hilo de cobre aislado alojados en las ranuras y llamados respectivamente arrollamiento principal o de trabajo y arrollamiento auxiliar o de arranque. La figura (5.1) muestra el aspecto exterior de un estator, y la figura (5.2), el esquema de ambos arrollamientos.

FIGURA 5.1

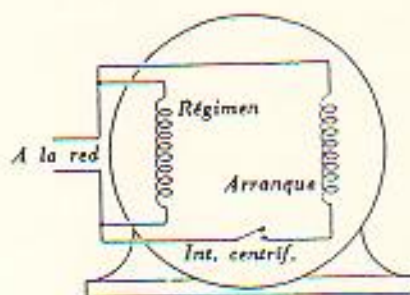
ESTATOR DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA



En el instante del arranque están conectados uno y otro a la red de alimentación; sin embargo, cuando la velocidad del motor alcanza un valor prefijado el arrollamiento de arranque es desconectado automáticamente de la red por medio de un interruptor centrífugo montado en el interior o exterior del motor,

FIGURA 5.2

ESQUEMA DE CONEXION DE LOS ARROLLAMIENTOS
PRINCIPAL Y AUXILIAR



5.2.1.- ARROLLAMIENTO PRINCIPAL.

Este arrollamiento también denominado fase de funcionamiento, ocupa las 2/3 partes de todas las ranuras del estator.

Durante todo el funcionamiento del motor éste permanece conectado a la red.

El arrollamiento principal es fabricado con un hilo de gran sección y de muchas espiras; para presentar una resistencia reducida y una reactancia elevada. A causa de su menor impedancia en comparación con el arrollamiento de arranque; la corriente que circula por éste es mayor que la que circula por el arrollamiento auxiliar o de arranque.

5.2.2.- ARROLLAMIENTO AUXILIAR.

Este arrollamiento también denominado fase de arranque, ocupa 1/3 parte de todas las ranuras del estator.

Este devanado se destina para la conexión de corta duración (normalmente hasta 3 segundos, o sea, sólo para el período de arranque) por eso se fabrica de un cable más fino y posee una resistencia óhmica mucho más grande que la del devanado principal. Su reactancia es reducida, por lo tanto su impedancia es grande y la corriente que circula por él es pequeña. Aprovechando esta circunstancia, así como tomando unas medidas artificiales especiales a fin de elevar la resistencia óhmica del devanado de arranque, es posible obtener un desplazamiento bastante grande entre los vectores de corrientes, en ambos devanados del motor sin recurrir a la conexión de una resistencia de arranque exterior. El motor en el cual, la resistencia de arranque es montado en el mismo devanado de arranque se denomina motor con la resistencia de arranque insertada o con la resistencia elevada de la fase de arranque.

5.2.3.- EJECUCION ESTRUCTURAL DEL DEVANADO ESTATORICO.

La estructura del devanado depende de la potencia y la tensión de la máquina, de la forma de ranuras de su núcleo y del esquema del devanado aprobado.

Todos los conductores del devanado se encuentran aislados uno de los otros y del armazón de la máquina. El aislamiento del mismo conductor al mismo tiempo desempeña el papel del aislamiento entre espiras en los devanados fabricados del cable de bobinado aislado. La estructura del aislamiento de armazón (de ranuras) puede ser diferente en función de la forma de la ranura y de la tensión en el devanado. Con la mayor frecuencia se trata de un monquito del material aislante colocado en la ranura.

5.2.4.- ESQUEMAS DEL DEVANADO ESTATORICO.

El orden de la composición de esquemas para los motores monofásicos con devanados de arranque vamos a analizar en el ejemplo de una máquina de cuatro polos ($2P = 4$) con un estator que tiene 24 ranuras ($Z = 24$).

La fase principal ocupa, como regla, las $2/3$ partes de las ranuras, es decir, $Z_p = 2Z/3 = 2 \cdot 24/3 = 16$ ranuras. La fase auxiliar (de arranque) se dispone en la $1/3$ parte de ranuras, es decir, $Z_a = Z/3 = 1 \cdot 24/3 = 8$ ranuras. El número de ranuras correspondiente al polo será para la fase principal:

$$q_p = Z_p/2P = 16/4 = 4, \text{ y}$$

para la fase auxiliar:

$$q_a = Z_a/2P = 8/4 = 2. \text{ Por lo tanto, } q_a = (\frac{1}{2})q_p.$$

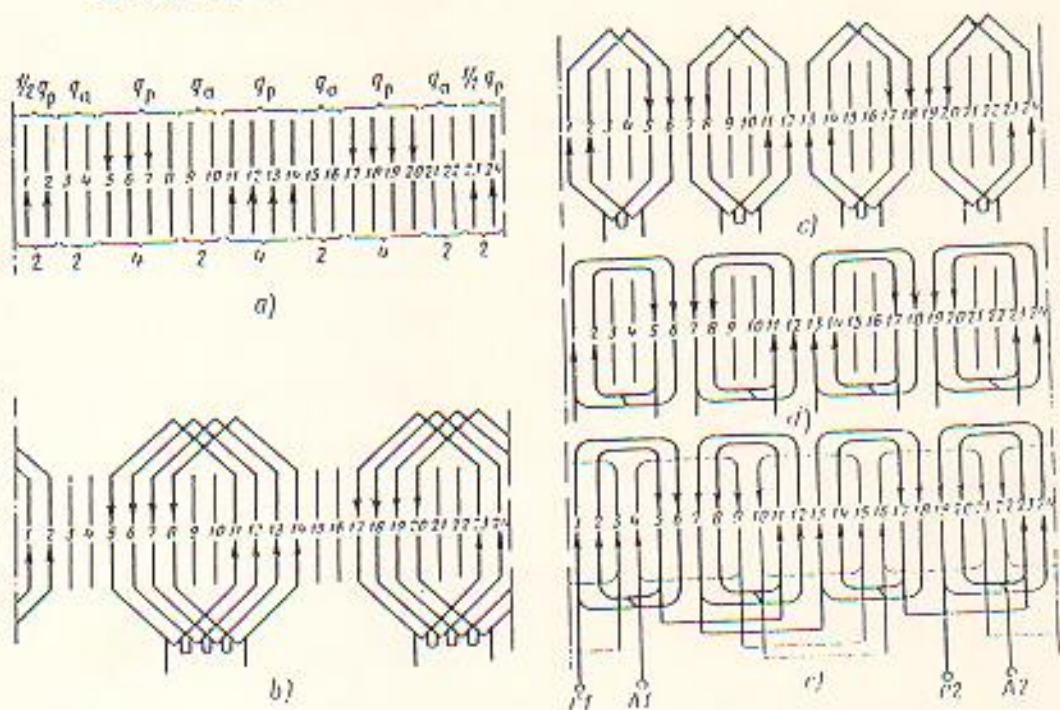
Ahora tracemos en el diseño de la figura (5.3.a) 24 líneas verticales correspondientes a las ranuras y vamos a enumerarlas. Luego, distribuimos las ranuras entre las zonas físicas, considerando que la zona física de la fase principal ocupa $q_p = 4$ ranuras y la de la fase auxiliar, $q_a = 2$ ranuras. Después vamos a indicar la dirección de las corrientes en las ranuras de la fase principal (líneas gruesas) guiándonos por la regla de que por debajo de los polos vecinos la dirección de las corrientes debe ser contraria.

De acuerdo con las direcciones indicadas de las corrientes se puede conectar, de una manera diferente, los lados activos de las bobinas formando los devanados de diferentes tipos. Por ejemplo, siendo el paso diametral $y = Z/2P = 24/4 = 6$, que es igual para todas las bobinas, obtenemos un devanado simple en nombre con el número de grupos de bobinas igual al número de los pares de polos P (figura 5.3.b).

Pero este devanado, en nuestro caso, no es ventajoso debido a las partes frontales grandes de las bobinas y considerable consumo del cable de bobinado.

FIGURA 5.3

COMPOSICION DE ESQUEMAS DE DEVANADOS DE UNA CAPA
DE LOS MOTORES MONOFASICOS CON DEVANADO DE ARRANQUE



Al dividir cada grupo de bobinas en dos semigrupos se puede formar un devanado en rombo (con inclinación), (figura 5.3.c) que tiene el paso más corto $y = 4 (1 - 5)$ y la longitud menor que la espira. Para el caso examinado sería más cómodo el devanado concéntrico (con inclinación), (figura 5.3.d) gracias a la compactibilidad máxima de sus partes frontales (no hay intersecciones).

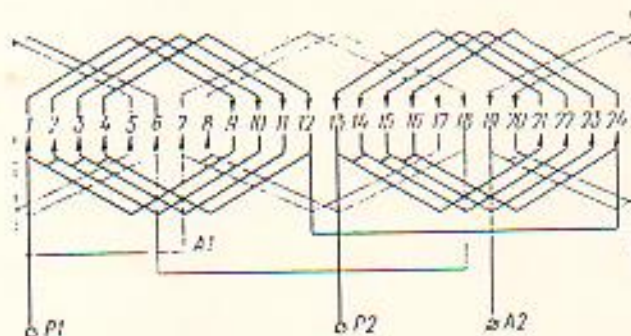
Una vez formados los grupos o semigrupos de bobinas, los conectan de tal modo que durante la vuelta del devanado del comienzo de la fase (el que puede salir del comienzo de cualquier grupo) hacia su terminal la dirección de las corrientes en los

bobinas fuera tal como la indican las flechas y las conexiones entre los grupos fueran en lo posible cortas (figura 5.3.e). El devanado puede realizarse mediante la conexión de los grupos de bobinas en serie o tener derivaciones paralelas. La conexión de los grupos de bobinas y la formación de las derivaciones paralelas se produce de acuerdo con las mismas reglas de los devanados trifásicos.

El esquema de un devanado de arranque (de la fase auxiliar) se compone según las mismas reglas que ya hemos utilizado al obtener el esquema de la fase principal. El paso del devanado de arranque puede ser igual al del devanado funcional o diferente del mismo (según figura 5.4).

FIGURA 5.4

ESQUEMA DEL DEVANADO DEL ESTATOR DE UN MOTOR MONOFASICO CON DEVANADO DE ARRANQUE Y LOS PASOS DIFERENTES EN LAS FASES PRINCIPAL Y AUXILIAR
($Z = 24$, $2P = 2$)



En los motores con la resistencia de arranque insertada con frecuencia, utilizan el devanado bifilar como un dispositivo artificial para elevar la resistencia óhmica de la fase de arranque, es decir, unas espiras en la bobina se enrollan en dirección contraria. Dichas espiras neutralizan la acción imantada del mismo número de espiras enrolladas en dirección

principal, no obstante la resistencia óhmica del devanado de arranque crece sustancialmente. Las bobinas de la fase de arranque están constituidas por dos partes: la sección principal con un número mayor de espiras enrolladas en dirección principal, las que determinan la polaridad del campo magnético engendrado, y la sección bifilar, con el menor número de espiras.

En la figura (5.5.a) se ofrece el devanado con el mismo esquema que el compuesto en la figura (5.3.e) pero con secciones bifilares en la fase de arranque (bobinas con secciones bifilares se presentan convencionalmente según lo aceptado por regla).

En la figura (5.5.b), se expone un esquema lateral de este devanado.

Estos esquemas son utilizados con frecuencia al fabricar los devanados para motores asincrónicos monofásicos.

En los devanados monofásicos de una capa (con inclinación) habitualmente se seleccionan los pasos de tal manera que el semigrupo de bobinas del devanado funcional abarque (q_p) todos los polos de las bobinas del devanado de arranque y el semigrupo de bobinas del devanado de arranque, q_a todos los polos de las bobinas del devanado funcional.

Siendo q_p y q_a números pares, ambos devanados se colocan simultáneamente, si el número de las ranuras correspondiente al polo es impar, el devanado no es simétrico. Así en la figura (5.6) se muestra un esquema del devanado en rombo de una capa del estator para $Z = 18$; $2P = 2$; $q_p = 6$; $q_a = 3$. Aquí un semigrupo de bobinas del devanado de arranque está constituido por dos bobinas y el segundo, por una bobina. También son di-

ferentes los pasos de estos semigrupos: $y_{1a} = 7$; $y_{2a} = 8$.

FIGURA 5.5

ESQUEMA DEL DEVANADO DEL ESTATOR DE UN MOTOR
MONOFASICO CON DEVANADO DE ARRANQUE QUE TIENE
BOBINAS CON SECCIONES BIFILARES ($Z = 24$; $2P = 4$)
a) esquema desarrollado, b) esquema lateral

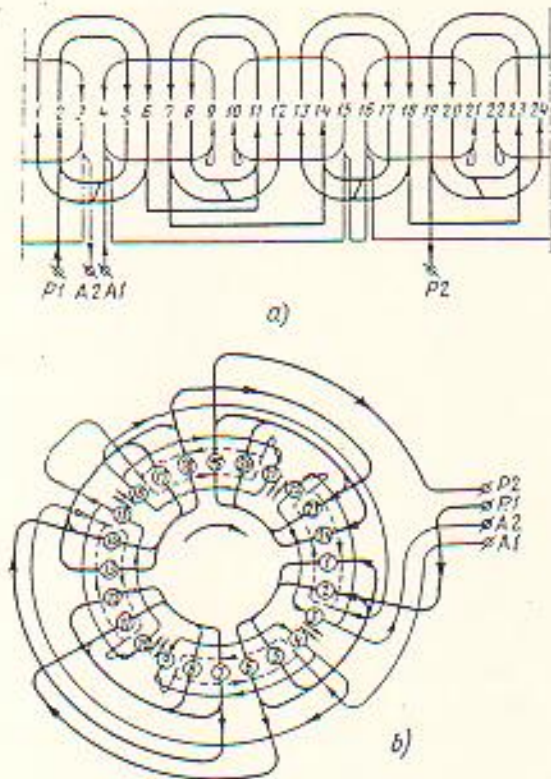
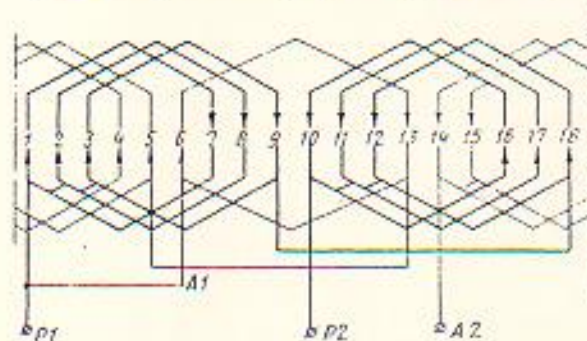


FIGURA 5.6

ESQUEMA DEL DEVANADO DEL ESTATOR DE UN MOTOR
MONOFASICO CON LA FASE DE ARRANQUE QUE TIENE
SEMIGRUPOS CON UN NUMERO DE BOBINAS DIFERENTE
($Z = 18$; $2P = 2$; $q_p = 6$; $q_a = 3$)



Vamos a observar el orden de la composición de los esquemas de los devanados de dos copas de los estatores de los motores monofásicos con devanado de arranque cuando $Z = 24$; $2P = 4$ (figura 5.7.a).

Primero, encontramos el número de ranuras correspondiente al polo del devanado principal (funcional) y del devanado auxiliar (de arranque):

$$q_p = \frac{(2/3) \cdot Z}{2P} = \frac{(2/3) \cdot 24}{4} ; \quad q_a = \frac{(1/3) \cdot Z}{2P} = \frac{(1/3) \cdot 24}{4}$$

$$q_p = 4$$

$$q_a = 2$$

A continuación se determina el paso del devanado, con la particularidad de que aquí éste resulta ser igual para las bobinas de las fases principal y auxiliar:

$$y = y_p = y_a = \frac{2 \cdot Z}{3 \cdot 2P} = \frac{2 \cdot 24}{3 \cdot 4} = 4 (1 - 5).$$

Ahora podemos empezar a diseñar el esquema. Trazamos $Z + y$, es decir, en nuestro caso, $24 + 4 = 28$ líneas verticales que representan las ranuras y pondremos sus números: inicialmente del primero al 24, luego del primero al cuarto (en el caso general, inicialmente de 1 a Z y a continuación, de 1 a y).

Vamos a colocar en la capa superior de las ranuras (líneas continuas), a partir de la ranura 1, primero $q_p = 4$ lados activos de las bobinas de la fase principal (líneas espesas), después $q_a = 2$ lados activos de las bobinas de la fase auxiliar (líneas no espesas) y lo volvemos a repetir $2P = 4$ veces.

De tal modo, llenamos las capas superiores de todas las $Z = 24$ ranuras. A continuación vamos a indicar la dirección de corrientes en las capas superiores de las bobinas guiándonos por una regla bien conocida: en los intervalos polares vecinos las direcciones de corrientes deben ser contrarias.

Luego, a partir de la ranura $1 + 4 = 1 + 4 =$ quinta, colocamos los lados activos de las bobinas en la capa inferior de las ranuras (líneas de trazos); en primer lugar colocamos $q_p = 4$ lados activos de las bobinas de la fase principal (líneas de trazos espesas), en segundo, $q_a = 2$ lados activos de las bobinas de la fase auxiliar (líneas de trazos no espesas), etc; en total, $2P = 4$ veces.

FIGURA 5.7

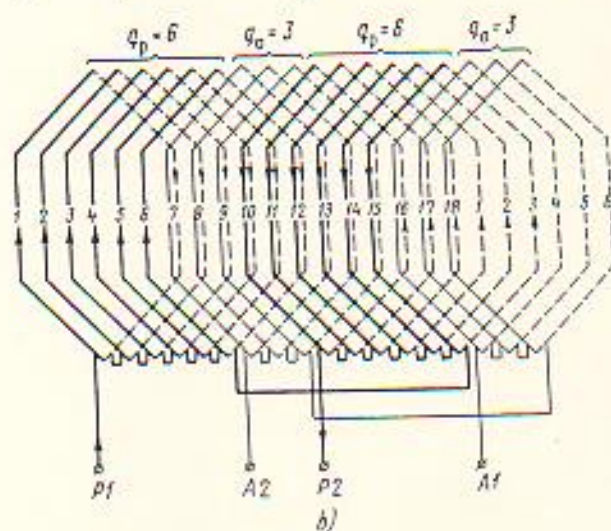
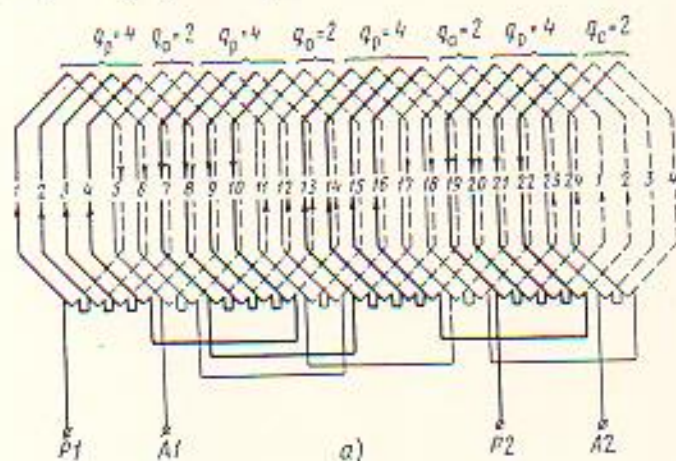
ESQUEMAS DE LOS DEVANADOS DE DOS CAPAS DE UNOS MOTORES MONOFASICOS CON DEVANADO DE ARRANQUE

a) devanado de dos capas siendo $Z = 24$; $2P = 4$;

$q_p = 6$; $q_a = 2$; $4 = 4_p = 4_a = 4 (1 - 5)$

b) devanado de dos capas siendo $Z = 18$; $2P = 2$;

$q_p = 6$; $q_a = 3$; $4 = 4_p = 4_a = 6 (1 - 7)$.



En este caso, en las primeras cuatro ranuras representadas por el lado izquierdo del esquema ($Y = 4$) estarán llenadas sólo las capas superiores y en las mismas ranuras representadas en el lado derecho del esquema, se llenarán sólo las capas inferiores. El semejante esquema de tallado se utiliza muy frecuentemente por ser muy demostrativo, gracias al hecho de que las ranuras representadas en el mismo no "se cortan".

Después vamos a representar las partes frontales de las bobinas según procedimientos conocidos y reunidos en los grupos las bobinas de la fase principal y las de la fase auxiliar, por separado. El comienzo de la fase principal sale de la capa superior de la ranura 1. Conectamos los grupos de bobinas de la fase principal de tal modo que las direcciones de corrientes en los mismos durante el recorrido desde el comienzo hasta el extremo de la fase, coincidan con las flechas anteriormente trazadas.

En el esquema se muestra la conexión en serie de los grupos de bobinas ($a = 1$) pero el devanado puede tener también varias derivaciones paralelas (por ejemplo, $a = 2$ o $a = 4$). Precisamente así conectamos entre sí los grupos de bobinas de la fase auxiliar (de arranque), cuyo comienzo sale de la capa superior de la ranura $q_p + 1 = 4 + 1 =$ quinta.

En la figura (5.7.b) se ofrece un esquema del devanado de dos capas del estator de un motor monofásico con un devanado de arranque para $Z = 18$; $2P = 2$; $q_p = 6$; $q_a = 3$; $Y = Y_p = Y_a = 6(1 - 7)$.

5.2.5.- TIPOS DE ARROLLAMIENTOS.

El tipo de arrollamiento más utilizado en los motores monofásicos de fase partida es el concéntrico; se dice que un bobina-

nado es concéntrico, cuando todas las bobinas que lo constituyen tienen un mismo centro, por lo que todas las bobinas de un mismo grupo son diferentes (figura 5.8.a).

Se dice también que un bobinado es concéntrico, cuando los lados activos de una misma fase están unidos mediante conexiones o cabezas concéntricas.

Estos bobinados se pueden construir "por polos" y por "polos consecuentes". En los bobinados "por polos", los grupos de una misma fase se unen de la siguiente forma: final del primer grupo, con el final del segundo grupo; principio del segundo con el principio del tercero; final del tercero con final del cuarto y así sucesivamente. Es decir que la unión se realizará de finales con finales y principios con principios. Siendo el principio del primer grupo, el principio de la fase; y el principio del último grupo, el final de la fase.

En los bobinados "por polos" (figura 5.8.b) por cada fase del devanado existen tantos grupos de bobinas como polos tiene la máquina: $Gf = 2P$.

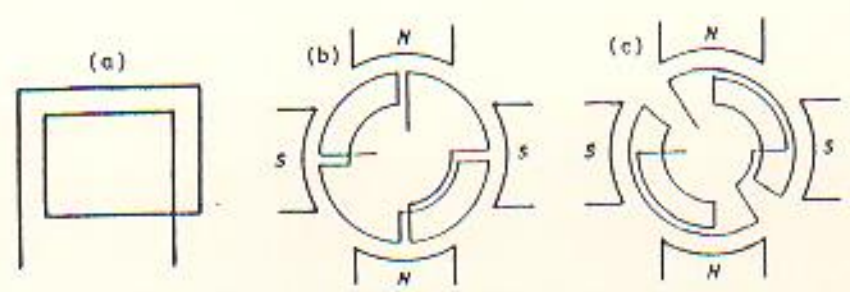
Los lados activos de una misma fase, situados frente a un mismo polo, se unen a los lados activos de la misma fase situados en polos de diferente nombre.

En los bobinados por "polos consecuentes", por cada fase del devanado existen tantos grupos como pares de polos tiene la máquina (figura 5.8.c): $Gf = P$.

En los bobinados por "polos consecuentes", los grupos de una misma fase se unen de la siguiente manera: final del primer grupo con el principio del segundo grupo; final del segundo grupo con el principio del tercer grupo y así sucesivamente, es decir, que se unirán principios con finales y finales con

principios.

FIGURA 5.8
BOBINADOS CONCENTRICOS



Los bobinados por su disposición pueden ser: separados y superpuestos.

El bobinado es separado, cuando los dos devonados tanto el funcional como el auxiliar ocupan ranuras diferentes y es superpuesto cuando estos bobinados comparten las mismas ranuras. A continuación se realizarán los cálculos tanto para los bobinados separados como para los bobinados superpuestos.

5.2.5.1.- CALCULOS DE BOBINADOS SEPARADOS.

En los bobinados separados la amplitud (m) y el número de bobinas por grupo del bobinado principal (U), viene dado por la misma fórmula: $U = m = K/6P$ (5.1)

- Donde: U = número de bobinas por grupo del bobinado principal
- m = amplitud
- K = número de ranuras
- P = número de pares de polos.

El número de bobinas de cada grupo del devonado auxiliar, viene dado por la siguiente fórmula: $U_a = K/12P$ (5.2)

- Donde: U_a = número de bobinas por grupo del bobinado auxiliar
- K = número de ranuras
- P = número de pares de polos.

Por último, la amplitud del grupo auxiliar, viene expresado

por: $m_a = K/3P$

(5.3)

Donde: $m_a =$ amplitud del bobinado auxiliar

$K =$ número de ranuras

$P =$ Número de pares de polos.

Para calcular el paso de principios se seguirá el mismo método que el empleado para motores bifásicos:

Paso de principios = $490 = K/4P$

(5.4)

Paso de ciclo = $4360 = K/P$

(5.5)

Donde: $K =$ número de ranuras

$P =$ número de pares de polos.

A continuación pondremos un ejemplo para su claro entendimiento.

Calcular un bobinado monofásico cuyos datos son:

$K = 36$

$2P = 6 =$ número de polos

$q = 1 =$ número de fases.

Desarrollo: Bobinado concéntrico separado realizado "por polos .

- $U = m = K/6P = 36/6 \cdot 3 = 36/18 = 2$

consecuentes y

- $U_a = K/12P = 36/12 \cdot 3 = 36/36 = 1$

- $m_a = K/3P = 36/3 \cdot 3 = 36/9 = 4$

- $490 = K/4P = 36/4 \cdot 3 = 36/12 = 3$

- $4360 = K/P = 36/3 = 12$

- Tabla de principios:

U	U _a
1	4
13	16
25	28

En cuanto al ejemplo anterior, sabemos que si se realiza "por polos", el número de grupos será igual al número de polos; en

Se entiende por un grupo, al número de bobinas que forman un arrollamiento con un solo centro.

Amplitud es el número de ranuras que existe dentro del grupo, es decir por los cuales no pasa ningún conductor de la fase con la que se está trabajando.

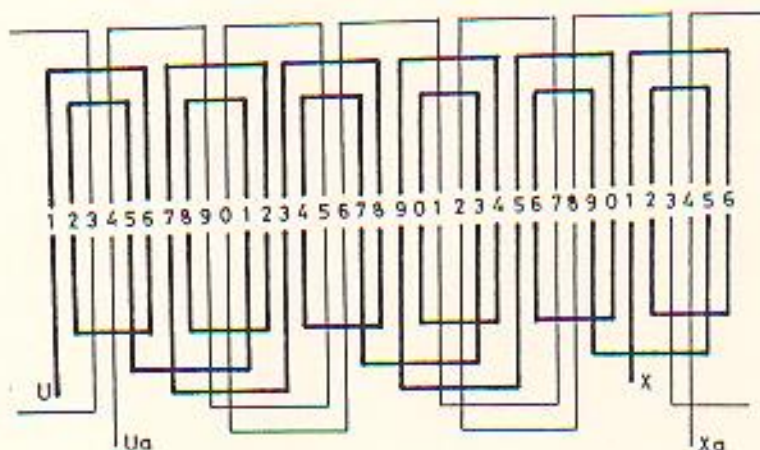
El paso de principios, en este caso dib (3), es decir que el principio del devanado de campo empezará en (1) y el devanado de arranque será (4); significa que el (3) es el número de espacios para el comienzo de cada fase (en este caso de campo y de arranque).

El paso de ciclo es el espacio que existe entre el principio de un polo al comienzo del siguiente polo, pero alternado, es decir del mismo que se consideró como inicio.

En la figura (5.9) mostraremos una representación detallada del ejercicio realizado.

FIGURA 5.9

REPRESENTACION DETALLADA DE DOBINADO
CONCENTRICO SEPARADO POR POLOS



5.2.5.2.- CALCULO DE BOBINADOS SUPERPUESTOS.

Determinados el número de bobinas por grupo de ambos bobinados de una forma convencional, se calcularán las amplitudes del bobinado principal y del bobinado auxiliar.

La amplitud del grupo principal, viene expresado por:

$$m = (K - 2P \cdot 2U) / 2P \quad (5.6)$$

Donde: m = amplitud del grupo principal

P = número de pares de polos

K = número de ranuras

U = número de bobinas por grupo del bobinado principal

$2P$ = número de polos.

La amplitud del grupo auxiliar, viene expresado por:

$$m_a = (K - 2P \cdot 2U_a) / 2P \quad (5.7)$$

Donde: m_a = amplitud del grupo auxiliar

U_a = número de bobinas por grupo del bobinado auxiliar

La tabla de principios, se determinará de la misma forma que para los bobinados separados (cálculo anterior).

A continuación ponemos un ejemplo para su claro entendimiento.

Calcular un bobinado monofásico cuyos datos son:

$$K = 18$$

$$2P = 2$$

$$q = 1 = \text{número de fases}$$

Bobinado concéntrico superpuesto realizado "por polos".

Desarrollo:

$$- U = 4 \quad (\text{convencionalmente})$$

$$- U_a = 3\frac{1}{2} \quad (\text{convencionalmente})$$

$$- m = (K - 2P \cdot 2U) / 2P = (18 - 2 \cdot 2 \cdot 4) / 2 = (18 - 16) / 2 = 1$$

$$- m_a = (K - 2P \cdot 2U_a) / 2P = (18 - 2 \cdot 2 \cdot 3\frac{1}{2}) / 2 = (18 - 14) / 2 = 2$$

$$- \gamma_{90} = K / 4P = 18 / 4 \cdot 1 = 18 / 4 = 4,5$$

- $4360 = K/P = 18/1 = 18$

- Tabla de principios:

U	U_a
1	5,5

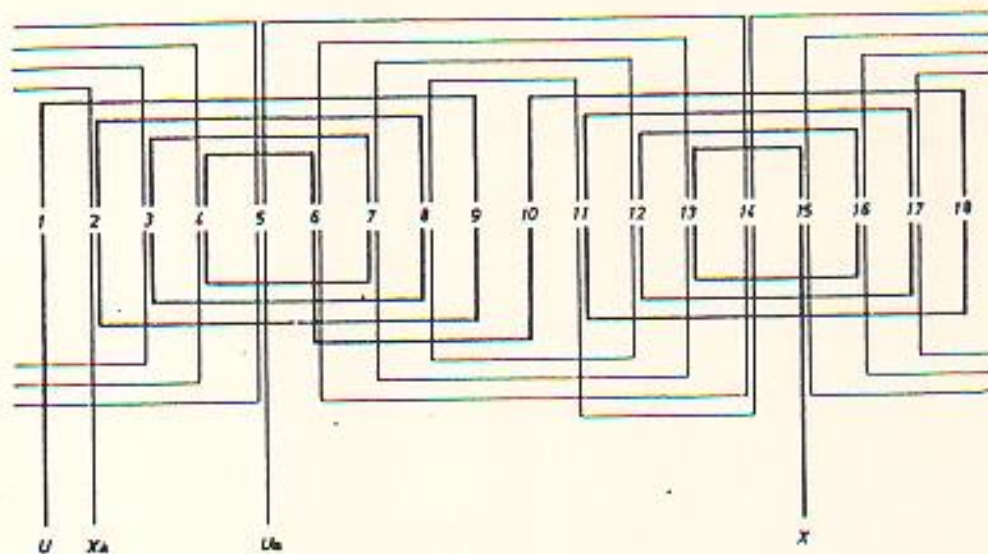
Se toma como principios: $U = 1$ y $U_a = 5$.

En este caso el comienzo y el final del segundo grupo ocupan una ranura cada uno del primer grupo, ya que el número de ranuras es de 20, y el número límite es 18. Esto en cuanto al bobinado auxiliar. (figura 5.10).

FIGURA 5.10

REPRESENTACION DETALLADA DE BOBINADO

CONCENTRICO SUPERPUESTO POR POLOS CONSECUTOS



En el caso de bobinados superpuestos; para el cálculo de bobinas por grupo y amplitud, tanto del bobinado principal como del bobinado auxiliar, se procede de la siguiente manera: (convencionalmente):

Se debe poner el número de bobinas de acuerdo al resultado que puede dar en la fórmula de amplitud y relacionar con el paso de ciclo para saber si abarca el número de ranuras. Es decir: Si tenemos 4 bobinas por grupo y 1 de amplitud, entonces abar-

ca 9 ranuras y al multiplicar por 2, tenemos 18 que es el paso de ciclo, lo que quiere decir que es exacto, por ende está correcto. (esto en cuanto al bobinado principal).

5.2.6.- PLACAS TERMINALES.

Los escudos o placas terminales de los cuales se ha representado uno en la figura (5.11), están fijados a la carcasa del estator por medio de tornillos o pernos; su misión principal es mantener el eje del rotor en posición invariable. Cada escudo tiene un orificio central previsto para alojar el cojinete, sea de bolas o de deslizamiento, donde descansa el extremo correspondiente del eje rotórico. Los dos cojinetes cumplen las siguientes funciones: sostener el peso del rotor, mantener a éste exactamente centrado en el interior del estator, permitir el giro del rotor con la mínima fricción y evitar que el rotor llegue a rozar con el estator.

FIGURA 5.11

ASPECTO INTERIOR DE UN ESCUDO DE MOTOR MONOFASICO
MOSTRANDO LA PARTE FIJA DEL INTERRUPTOR CENTRIFUGO



5.3.- EL ROTOR.

El rotor (figura 5.12) se compone de tres partes fundamentales. La primera de ellas es el núcleo, formado por un paquete de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética. La segunda es el eje sobre el cual va ajustado a presión el pa -

quete de chapas. La tercera es el arrollamiento llamado "jaula de ardilla", que consiste en una serie de barras de cobre de gran sección, alojadas en sendas ranuras axiales practicadas en la periferia del núcleo y unidas en cortocircuito mediante dos gruesos aros de cobre, situados uno a cada extremo del núcleo.

En la mayoría de los casos de los motores de fase partida, el arrollamiento rotórico es de aluminio y está fundido en una sola pieza. De este tipo es el rotor que aparece en la figura (5.12).

FIGURA 5.12

ROTOR DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA



5.3.1.- ARROLLAMIENTO (JAULA DE ARDILLA).

Los devanados rotóricos en cortocircuito (jaula de ardilla) de las máquinas eléctricas antiguamente se fabricaban en forma de "jaula de ardilla compuesta" con barras de cobre, cuyos extremos se encontraban soldados en orificios taladrados en aros de cobre que conectaban todas las barras.

En las máquinas eléctricas asincrónicas modernas el devanado en cortocircuito del rotor se forma llenando sus ranuras con aluminio fundido.

Al llenar el rotor con aluminio se forman no sólo las barras de la "jaula de ardilla" en las ranuras y los aros de cierre en las caras frontales del rotor, sino que al mismo tiempo

también se moldean las paletas del ventilador uniéndolas a los aros de cierre. Con este método se fabrican los devanados de los rotores en cortocircuito de la mayoría de los electromotores asincrónicos modernos en diversas potencias.

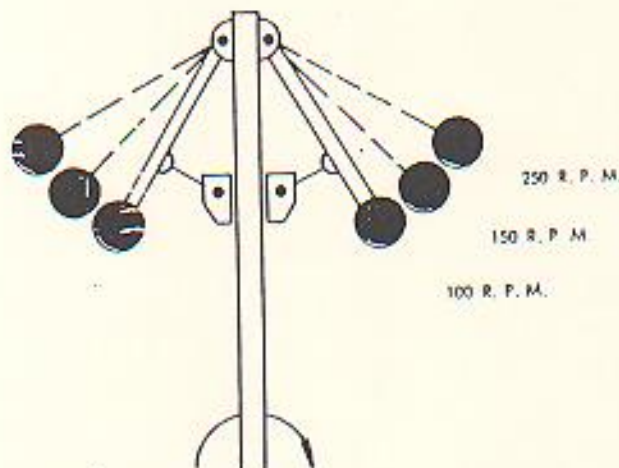
5.4.- EL INTERRUPTOR CENTRIFUGO.

Un elemento común a los motores monofásicos es el interruptor que desconecta el devanado de arranque, el cual, puede ser manual o centrífugo. Lo usual es emplear el segundo, que proporciona por una parte el arranque automático y por otra desconecta el devanado de arranque cuando el motor ha alcanzado una velocidad próxima a la de sincronismo (75% de velocidad de régimen).

El fundamento de estos interruptores centrífugos es el mismo que el del regulador de Watt; unas masas sujetas a brazos articulados que se separan más o menos según la velocidad del eje del motor (figura 5.13).

FIGURA 5.13

SISTEMA CENTRIFUGO DE UN INTERRUPTOR DE COLLAR DESPLAZABLE



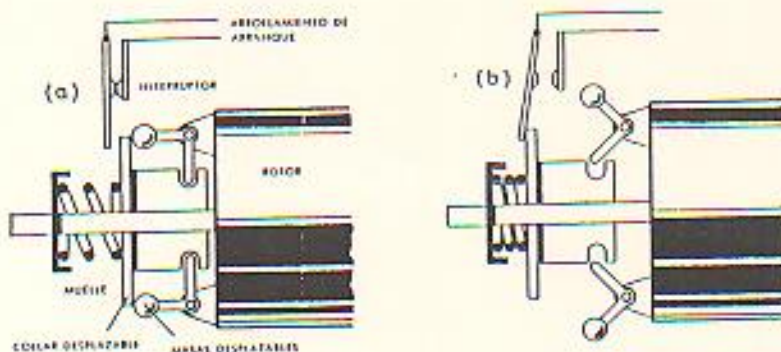
Se aprovecha el desplazamiento de estas masas que son proporcionales a la velocidad de giro, para desconectar el interruptor que pone fuera de servicio el arrollamiento de arranque. Las formas constructivas más comunes son: de collar desplazable y de escobillas desplazables. En la figura (5.14) se muestra un interruptor centrífugo de collar desplazable.

FIGURA 5.14

INTERRUPTOR CENTRIFUGO DE COLLAR DESPLAZABLE

a) Posición de reposo

b) Velocidad próxima a la de sincronismo



En el sistema de escobillas desplazables los extremos de las bobinas de arranque están conectados a sendas delgas semicirculares sobre las que se deslizan tres escobillas que las mantienen en cortocircuito.

Es decir: las escobillas actúan de puente entre los dos delgas. Cuando la fuerza centrífuga es suficiente, las delgas se separan de su posición de origen y se interrumpe la corriente de arranque.

Existe una parte fija sobre la cual se deslizan las escobillas que ponen en comunicación las dos piezas extremas del arrollamiento de arranque.

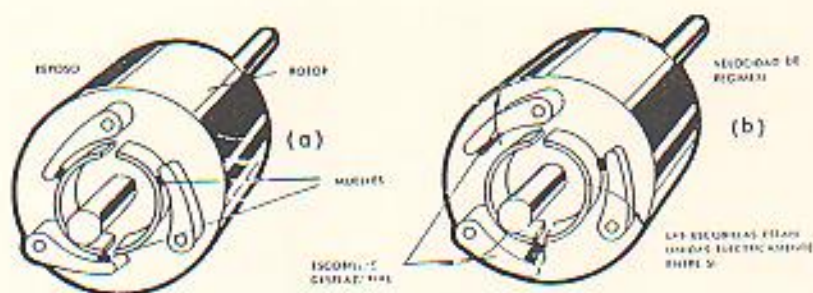
En la figura (5.15) podemos apreciar un interruptor centrífugo de escobillas desplazables,

FIGURA 5.15

INTERRUPTOR CENTRIFUGO DE ESCOBILLAS DESPLAZABLES

a) Posición de reposo

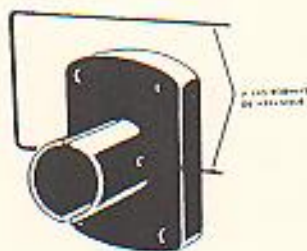
b) Velocidad próxima a la de sincronismo



En la figura (5.16) podemos apreciar la parte fija sobre la cual se deslizan las escobillas,

FIGURA 5.16

PARTE FIJA SOBRE LAS QUE SE DESLIZAN LAS ESCOBILLAS



5.5.-

EL CONDENSADOR.

Dos folios metálicos, generalmente de aluminio, separados por una o varias láminas de material aislante, como por ejemplo papel o tela, constituyen un condensador. Para usos prácticos se enrolla este paquete de hojas sobre si mismo, en forma de unidad compacta, y se aloja dentro de una envoltura hermética de metal o de plástico. Esta puede tener configuración cilin-

drica o prismática, e ir montada encima, dentro o fuera del motor.

El condensador está provisto de dos bornes para su conexión al circuito exterior.

Todos los condensadores poseen la propiedad fundamental de almacenar energía eléctrica en mayor o menor grado, según su capacidad, y de absorber corriente adelantada de la fuente de alimentación. Desde el punto de vista eléctrico, todos los condensadores son idénticos; siendo la única diferencia, su construcción mecánica.

A continuación nos limitaremos a examinar los tipos de condensadores más generalmente empleados.

Veamos primeramente el condensador con dieléctrico de papel.

Consta de dos o más finisimas láminas metálicas separadas por una o varias hojas de papel parafinado. Unas y otras se disponen, en el tipo utilizado para motores, en forma de rollo compacto con una funda metálica, cilíndrica o rectangular, que se coloca directamente sobre el motor, conectando el condensador al circuito por medio de dos terminales.

En algunos condensadores, el dieléctrico de papel está impregnado de aceite y el conjunto de papel y láminas se sumerge en un depósito también de aceite, con el objeto de aumentar el poder dieléctrico y evitar, al propio tiempo, un calentamiento excesivo.

Estos previstos para prestar un servicio permanente. A igualdad de capacidad, ocupan un volumen sensiblemente mayor que los de tipo electrolítico. Los diversos fabricantes utilizan distintas clases de aceite o de líquidos sintéticos como sustancia de impregnación. Se construyen con capacidades compen-

didadas entre 2 y 50 microfaradios (μ^F).

En muchos motores se emplea el condensador electrolítico compuesto de dos láminas de aluminio separada por una o más capas de gasa impregnados con una solución química, conocido por electrolito, que forma una película y constituye el dieléctrico del condensador. El paquete de hojas va arrollado en el interior de un recipiente de aluminio. Estos condensadores no deben quedar conectados al circuito más que unos pocos segundos después del arranque, pues solo están previstos para funcionamiento intermitente.

5.6.- MATERIALES UTILIZADOS PARA FABRICAR ARROLLAMIENTOS.

5.6.1.- CONDUCTORES MAS EMPLEADOS.

En la realización de bobinados, los materiales conductores más empleados son el cobre y el aluminio. Se ha de tener presente que las cualidades del conductor, se deben en parte al método empleado en su fabricación, ya que puede haber cobre con características eléctricas muy diferentes. Atendiendo a su finalidad interesará que el conductor sea duro, semiduro o blando. La densidad del cobre oscila entre 8,8 y 8,9 Kgr/dm^3 . Su coeficiente de resistividad a la temperatura ambiente de 20 grados centígrados es de 0,0172 $\Omega \text{ m/mm}^2$.

El aluminio es de uso más limitado que el cobre; se emplea con frecuencia para ejecución de inducidos en jaula de ardilla y algunos bobinados.

El aluminio empleado ha de ser de muy buena calidad con una gran pureza, dentro del 99,6 al 99,8%.

Al tener un coeficiente de resistividad superior al cobre que es 0,028, hace que su empleo sea más reducido, siendo además muy difícil de soldar.

5.6.2.- AISLANTES.

Para aislar los conductores se emplean materiales que son muy variados en la forma y los tipos que se presentan.

5.6.2.1.- ALGODON Y SEDA.

El aislamiento de conductores para bobinar mediante algodón y seda ha sido muy empleado hasta hace poco tiempo, pero actualmente el empleo de estos materiales va disminuyendo debido, por una parte a que el algodón es absorbente de la humedad y pierde sus propiedades aislantes, por lo que debe impregnarse con sustancias no higroscópicas, ya que la seda, aunque de excelentes propiedades aislantes, es cara, por lo que solamente se utiliza para bobinados con hilos de pequeño diámetro.

5.6.2.2.- FIBRA DE VIDRIO.

Es un aislante muy empleado en el bobinado y cableado de máquinas en general; se presenta trenzado en forma de macarrón que tiene mucha consistencia y, además, se impregna en resinas que le dan inmejorables cualidades, pudiendo llegar a soportar temperaturas del orden de los 180 grados centígrados.

5.6.2.3.- AMIANTO.

Se emplea junto con otros materiales para darle mayor consistencia mecánica y se presenta en forma de papel o de hilo.

5.6.2.4.- RESINAS SINTETICAS.

Entre las resinas sintéticas la más importante es el policloruro de vinilo, empleado como aislante en tensiones hasta los 500V.

5.6.2.5.- TELA ACEITADA.

De gran uso en los bobinados eléctricos, consiste en tela ligera, bañada y secada varias veces, en un barniz a base de aceites.

5.6.2.6.- PAPEL IMPREGNADO.

Al igual que el aislante anterior su empleo es muy extendido en los bobinados, tanto en los transformadores como en los motores, alternadores y dinamos.

Se emplea mucho, no sólo para separar capas de conductores, sino también para recibir a los conductores ~~serviéndoles~~ de aislante.

5.6.2.7.- PARAFINA.

Se emplea como aislante, ya que no es higroscópico y también para facilitar la entrada de cartones y conductores en las ranuras.

5.6.2.8.- CARTONES.

Los cartones se emplean de muy diversas calidades; los más utilizados son el presspon y el leatheroid.

5.6.2.9.- OTROS AISLANTES.

Además de los aislantes reseñados se emplean las fibras, moderna, plásticos, etc.

5.6.3.- BARNICES.

Los barnices se emplean para impregnar las trenzas textiles y los materiales que sirven de protección exterior a los conductores.

Los barnices se pueden dividir en dos grupos: barnices grasos y barnices sintéticos.

Los barnices grasos tienen el inconveniente de carecer de consistencia mecánica, pero su aplicación fue un gran avance para la reducción de volumen de las máquinas, ya que sustituyeron a los aislantes tradicionales a base de algodón y seda.

El ingrediente principal para su obtención es el aceite de ricino o similares.

Los barnices sintéticos tienen muchísimas ventajas sobre los anteriores entre las principales se encuentran sus buenas cualidades mecánicas, su flexibilidad, adherencia, el poder soportar temperaturas altas y no ser atacados por el alcohol, bencol, aceite de transformadores, etc. Además no son higroscópicos.

En la actualidad se presenta en el mercado cubriendo los hilos y pletinas.

Se ha de tener presente que antes de impregnar un conductor o bobinado, se han de secar para eliminar completamente la humedad.

5.6.4.- ALEACIONES PARA SOLDAR.

La unión de los conductores de los arrollamientos en las máquinas eléctricas se realiza por soldadura autógena o soldadura heterogénea con aleaciones para soldar. En dependencias de la temperatura de fusión de las aleaciones, éstas se dividen en blandas y fuertes.

Las aleaciones para soldar están compuestas fundamentalmente por estaño y plomo, tienen baja temperatura de fusión (por lo común de hasta 400 grados centígrados) y por ello se llaman blandas. Para la reparación de máquinas eléctricas generalmente se utilizan las aleaciones de estaño y plomo al 30 y 61% del contenido de estaño en la aleación.

Las aleaciones de cobre y fósforo y las de plata con una temperatura de fusión superior a 700 grados centígrados, son soldaduras fuertes. La aleación de cobre y fósforo más empleada es la que contiene cerca del 92% de cobre y el 8% de fósforo; su temperatura de fusión es de 750 a 800 grados centígrados. Las soldaduras de plata constan en lo fundamental de aleación

de plata (25 a 65%) y lo demás cobre; su temperatura de fusión es de 725 a 800 grados centígrados.

5.7.- FORMAS CONSTRUCTIVAS DEL AISLAMIENTO EN LOS ARROLLAMIENTOS.

El aislamiento empleado en las máquinas eléctricas debe poseer suficiente rigidez eléctrica y resistencia mecánica a temperaturas normales y de servicio, estabilidad a la acción de los compuestos de impregnación y capacidad de conservar las propiedades necesarias en el proceso de impregnación y secado, así como una determinada estabilidad a la acción del ambiente (resistencia a las sustancias químicas, la humedad, el frío, etc) y estabilidad térmica, determinada por la clase de resistencia al calor del aislamiento.

Todos los materiales aislantes se dividen en siete clases de resistencia al calor: Y, A, E, B, F, H, y C con temperatura límite admisible de calentamiento de 90, 105, 120, 130, 155, 180 y por encima de 180 grados centígrados, respectivamente. La estabilidad de las propiedades del aislamiento expuesto durante largo tiempo a elevadas temperaturas determina la fiabilidad y el plazo de servicio de la máquina eléctrica.

Al reparar las máquinas eléctricas modernas se deben emplear materiales aislantes de las mismas clases de aislamiento que las que habían sido utilizados en la fábrica. La sustitución de estos materiales pertenecientes a una clase por materiales de otra clase se admite sólo cuando se reparan máquinas de estructura anticuada, con la particularidad de que esta sustitución eleve el nivel de aislamiento de la máquina.

Las ranuras del estator de las máquinas se aíslan antes de colocar en ellas los devanados. El aislamiento de la ranura en las máquinas eléctricas que admiten un calentamiento de los

arrollamientos de hasta 105 grados centígrados (aislamiento de la clase A), consta de dos o tres capas de cartón aislante de 0,2 mm de espesor impregnado en aceite de linaza o de una o dos capas de cartón aislante impregnado y una o dos capas de tela barnizada. Para el arrollamiento de dos capas, entre los lados de las dos bobinas en la ranura se coloca una junta de cartón aislante impregnado. Las partes frontales del arrollamiento de dos capas se aíslan situando entre las capas superior e inferior una junta de cartón aislante hervido en aceite de 0,3 a 0,5 mm de espesor. Si en el estator las ranuras son abiertas, las bobinas de arrollamiento se aíslan antes de colocarlas en las ranuras. El aislamiento de las bobinas de arrollamientos de dos capas se realiza aplicando el método sin interrupciones, consistente en que tanto la parte de la ranura, como la frontal se aíslan con los mismos materiales, pasando paulatinamente de la primera a la segunda. Las partes frontales de las bobinas se aíslan adicionalmente con tela barnizada.

El aislamiento de las barras en el arrollamiento del rotor bobinado de los electromotores asincrónicos de c.a. está compuesto por varias capas de papel baquelizado y la camisa. Esta última sirve para proteger el aislamiento de las barras al introducir las en las ranuras semicerradas del inducido por la cara frontal del rotor, así como se emplea en calidad de aislamiento adicional de las barras.

5.8

DESIGNACION NORMALIZADA PARA LOS TERMINALES DE ARROLLAMIENTOS.

Estas designaciones son las publicadas por la "National Electrical Manufacturers Association" (NEMA) en su publicación estándar MG1 de 1968.

Los motores de fase partida pueden funcionar a una sola tensión de servicio y a dos tensiones de servicio.

5.8.1.- TENSIONES DE SERVICIO.

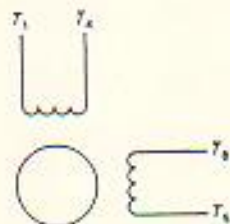
5.8.1.1.- UNA SOLA TENSION DE SERVICIO.

Todo motor monofásico previsto para una sola tensión de servicio, o en el cual cada arrollamiento pueda trabajar a una sola tensión, debe llevar en los terminales de sus arrollamientos las designaciones que se muestran a continuación:

A los terminales del arrollamiento principal se asignarán las letras T1 y T4; a los terminales del arrollamiento auxiliar las letras T5 y T8. Las polaridades se establecerán de manera que el motor que en sentido normal cuando T4 y T5 estén conectados a una de las líneas de alimentación, y T1 y T8 a la otra. La disposición y designación de los arrollamientos es la indicada en el esquema de la figura (5.17).

FIGURA 5.17

DISPOSICION Y DESIGNACION DE LOS ARROLLAMIENTOS
PARA UNA TENSION DE SERVICIO



5.8.1.2.- DOS TENSIONES DE SERVICIO.

En todos los motores monofásicos que poseen arrollamientos subdivididos en secciones capaces de ser modificadas y ser conectadas en serie o en paralelo, a efectos de alimentación con dos tensiones distintas, se identificarán los terminales de los mismos mediante las designaciones que siguen a continua -

ción:

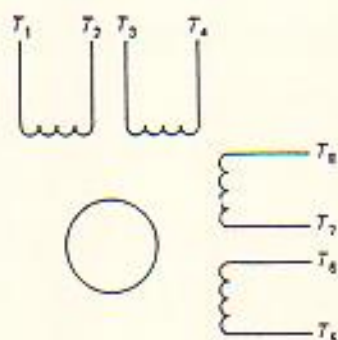
El arrollamiento principal se supone dividido en dos mitades; a los terminales de la primera mitad se asignarán las letras T1 y T2, a los terminales de la segunda, las letras T3 y T4.

El arrollamiento auxiliar se supone dividido en dos mitades; a los terminales de la primera mitad se asignarán las letras T5 y T6, a los terminales de la segunda mitad, las letras T7 y T8.

Las polaridades se establecerán de manera que el motor gire en sentido normal (contrario al de las agujas de un reloj visto desde el extremo opuesto al de accionamiento) cuando el terminal T4 del arrollamiento principal y el terminal T5 del arrollamiento auxiliar estén unidos, o bien cuando entre uno y otro arrollamiento existe una conexión circuital equivalente. La disposición y designación de los arrollamientos es la indicada en el esquema de la figura (5.18).

FIGURA 5.18

DISPOSICION Y DESIGNACION DE LOS ARROLLAMIENTOS
PARA DOS TENSIONES DE SERVICIO

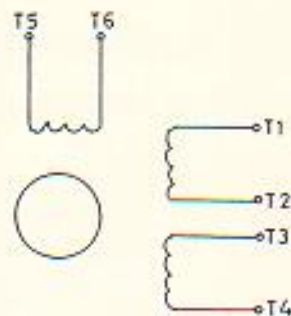


Existen motores monofásicos a dos tensiones de servicio; en los cuales el arrollamiento de arranque es uno solo y el arrollamiento principal se encuentra dividido en dos mitades. El esquema de la figura (5.19) indica lo dicho anteriormente.

FIGURA 5.19

DISPOSICION Y DESIGNACION DE LOS ARROLLAMIENTOS

(caso especial)



La aplicación de estas normas de designación de terminales ha resultado ser impracticable para algunos motores especiales. Además para motores de varias velocidades se ha renunciado a establecer normas generales relativas a la designación de terminales, dada la gran diversidad de sistemas empleados para conseguir velocidades múltiples.

5.8.2.- IDENTIFICACION DE TERMINALES MEDIANTE COLORES.

Cuando en motores monofásicos, se empleen conexiones de color, en vez de letras y subíndices, para identificar los terminales de los arrollamientos, se asignarán a éstos los colores siguientes:

- | | |
|---------------|----------------------------|
| T1 - Azul | T5 - negro |
| T2 - Blanco | T8 - Rojo |
| T3 - Naranja | P4 - Ningún color asignado |
| T4 - Amarillo | P2 - Castaño |

5.8.3.- DISPOSITIVOS AUXILIARES EN EL INTERIOR DEL MOTOR.

La presencia de un dispositivo auxiliar como condensador, in-

terruptor centrífugo, protección térmica, etc, conectado permanentemente en serie entre un terminal del motor y la sección de arrollamiento sobre la cual actúa, no alterará la designación correspondiente, excepto si existe un terminal procedente del punto de unión.

Si dicho terminal existe, la designación del mismo quedará determinada por la sección de arrollamiento a la cual está conectado. Cualquiera otro terminal (o terminales) conectado al dispositivo en cuestión deberá identificarse mediante una letra que indique cuál es el dispositivo auxiliar (interior al motor) al cual está unido.

5.8.4.- DISPOSITIVOS AUXILIARES EXTERIORES AL MOTOR.

Cuando los dispositivos auxiliares (condensadores, resistencias, inductancias, transformadores, etc) están alojados fuera del motor, se emplearán para los terminales las designaciones correspondientes al dispositivo en cuestión.

5.8.5.- PLACA DE BORNES.

En una placa de bornes, la identificación de cada uno de ellos quedará especificada por la correspondiente designación sobre la placa o bien por su esquema de conexiones fijado al motor. Cuando todos los arrollamientos estén conectados permanentemente a sus respectivos bornes de la placa, se designarán éstos últimos de acuerdo con las notaciones establecidas para los terminales correspondientes. Cuando los arrollamientos no estén conectados permanentemente a los mismos bornes de la placa, se designarán éstos últimos tan sólo con números, puesto que su identificación no debe coincidir necesariamente con la de los terminales de arrollamientos conectados a dichos bornes.

5.8.6.- *DISPOSITIVOS AUXILIARES INTERIORES CONECTADOS PERMANENTEMENTE A LA PLACA DE BORNES.*

Cuando en el proyecto del motor se prevé que el interruptor centrífugo, la protección térmica u otro dispositivo auxiliar cualquiera esté conectado permanentemente a un borne determinado, es preciso introducir algunas modificaciones en los esquemas de conexión reproducidos en el numeral (5.8.8). Todas las modificaciones se ceñirán no obstante, a las reglas especificadas en el numeral (5.8.7).

5.8.7.- *PRINCIPIOS GENERALES PARA LA DESIGNACION DE TERMINALES EN MOTORES MONOFASICOS.*

Las normas relativas a designación y conexión de terminales que figura en el numeral (5.8.1) y en los esquemas del numeral (5.8.8), están basadas en los siguientes principios:

5.8.7.1.- *PRIMER PRINCIPIO.*

En todo motor monofásico se designarán los terminales del arrollamiento principal con las letras T1, T2, T3 y T4 y los del arrollamiento auxiliar con las letras T5, T6, T7 y T8 al objeto de distinguirlos de los de un motor bifásico, en el que se emplean cifras pares para una fase e impares para la otra. En motores para dos tensiones de servicio, el arrollamiento auxiliar suele estar dimensionado para trabajar a la tensión más baja; sus terminales deben llevar entonces las designaciones T5 y T8.

5.8.7.2.- *SEGUNDO PRINCIPIO.*

De acuerdo con el primer principio, para conectar en paralelo las dos secciones de un arrollamiento (tensión de servicio más baja) se unen entre si los respectivos terminales pares y los respectivos terminales impares; por el contrario, para la co-

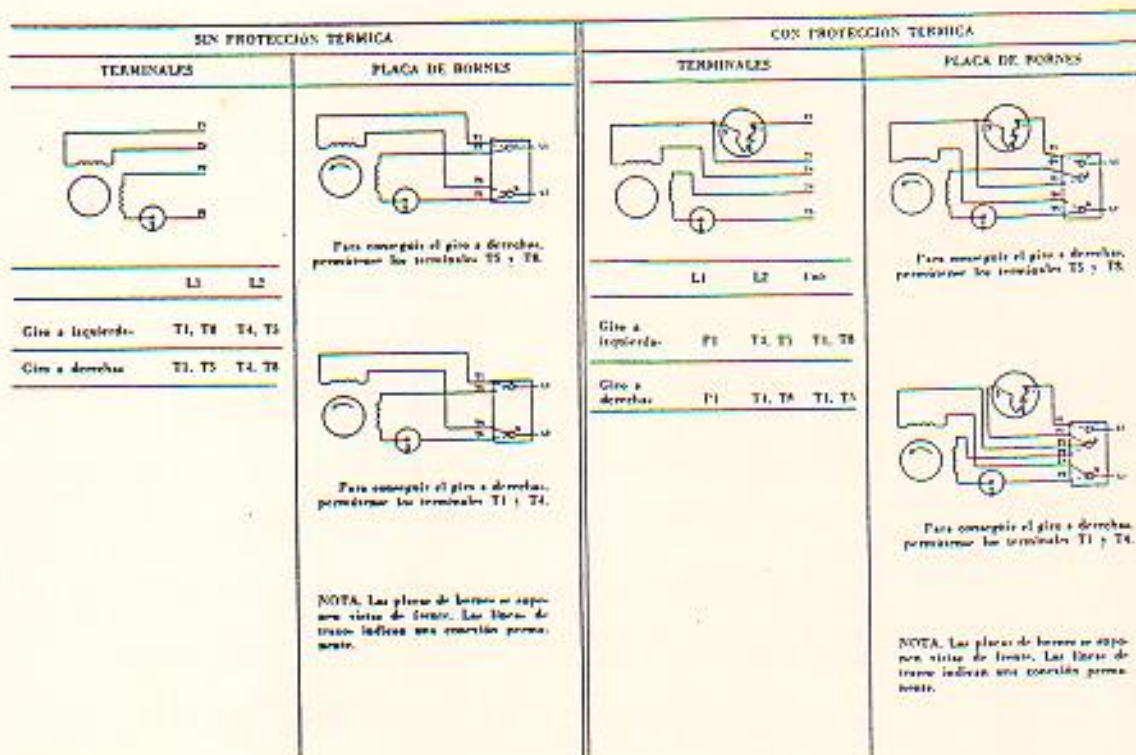
nexión de ambas secciones en serie (tensión de servicio más elevada), se une el terminal par de una con el terminal impar de la otra.

5.8.7.3.- TERCER PRINCIPIO.

El rotor de todo motor monofásico se representa siempre por un círculo, incluso si carece de conexiones exteriores. El esquema del motor monofásico se diferencia así del esquema del motor bifásico, cuyo rotor no se representa nunca.

5.8.8.- ESQUEMAS DE CONEXIONES CON DESIGNACION DE TERMINALES PARA MOTORES DE FASE PARTIDA CON UNA SOLA TENSION DE SERVICIO Y SENTIDO DE GIRO REVERSIBLE.

FIGURA 5.20



CAPITULO 6

ENSAMBLAJE DEL MOTOR DE INDUCCION MONOFASICO

DE FASE PARTIDA

6.1.- INTRODUCCION.

En este capítulo estudiaremos todo lo que se refiere al cálculo para motores monofásicos capaz de reconstruir sus bobinas de características similares al bobinado original, partiendo de datos geométricos del estator.

Además explicaremos en forma detallada los pasos que se deben dar para lograr un trabajo de ensamblaje correcto.

Cabe indicar que la construcción de bobinas se lo realizarán partiendo únicamente de las dimensiones del núcleo del estator y realizando las respectivas pruebas necesarias para su funcionamiento óptimo.

6.2.- AISLAMIENTO DE RANURAS.

Antes de disponer los arrollamientos en sus respectivas ranuras es preciso colocar en las mismas un determinado aislamiento con objeto de evitar que el conductor recubierto tenga algún punto de contacto directo con el núcleo de hierro. Existen diferentes materiales aislantes apropiados para esta finalidad. Algunos de los más comúnmente usados son: 1) Papel de trapo elaborado con gran esmero para asegurar su pureza química y su resistencia mecánica (fabricado en varios espesores y doblado) constituye un aislamiento de clase A; 2) Combinación o "sandwich" Mylar, también de clase A; 3) Combinaciones Dacron-Mylar, para aislamientos de clase B y F; 4) Papel Nylon, para aislamientos de clase B hasta H (es especialmente resistente a las temperaturas elevadas, posee gran gran resistencia mecánica).

nica a la tracción y goza de excelentes propiedades dieléctricas).

Existen otras clases de aislantes como son: de clase C, E, Y. En cuanto al aislante de clase A, se le asigna una temperatura de 105 grados centígrados. Consiste en un material como el algodón, la seda o el papel, adecuadamente impregnado o recubierto.

Al aislante de clase B se le asigna una temperatura de 130 grados centígrados; consiste en un material como la mica, la fibra de vidrio o el amianto adecuadamente impregnado o cubierto.

Al aislante de clase F se le asigna una temperatura de 155 grados centígrados; consiste en un material como la mica, fibra de vidrio o el amianto adecuadamente impregnado o recubierto.

Al aislante de clase H se le asigna una temperatura de 180 grados centígrados; consiste en materiales como los elastómeros de silicona y combinaciones de materiales como la mica, fibra de vidrio y el amianto adecuadamente impregnados o recubiertos.

Estas cuatro clases son aislantes para maquinaria y aparatos eléctricos definida en BS 2757 sobre la base de estabilidad térmica en servicio.

El aislamiento para las ranuras se corta del modo indicado en la figura (6.1), es decir unos 6mm más largo que la ranura; luego se amolda a la forma de ésta para que encaje perfectamente. Es frecuente practicar dobleces en los cuatro extremos del aislamiento para evitar que éste pueda deslizarse hacia el exterior de la ranura y causar un posible contacto de la bobina con masa.

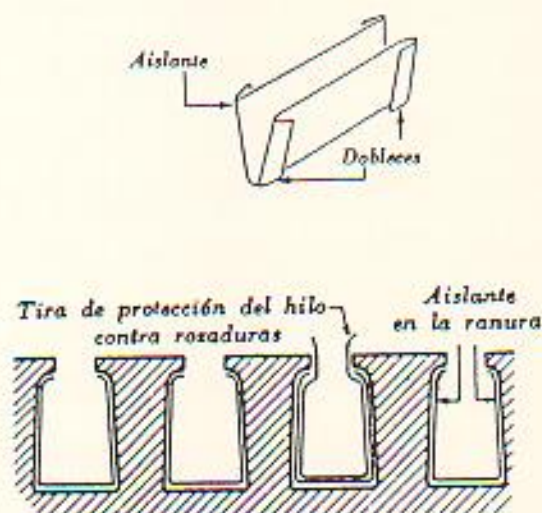
El aislamiento, con los extremos ya doblados se corta en tiras

de longitud adecuada al perímetro de las ranuras por medio de una cuchilla especial. En motores de fracción de caballo y de tamaño medio resulta muy apropiado el papel aislante de espesor comprendido entre 0,2 y 0,4 mm; por otra parte, entre el arrollamiento de trabajo y el de arranque se dispone generalmente batista barnizada de 0,2mm de espesor.

La figura (6.1) muestra además el modo de colocar tiras aislantes de protección sobre los bordes de las ranuras, para evitar que durante el rebobinado el hilo roce contra el núcleo de hierro. Dichas tiras pueden retirarse, una vez terminada la operación, o bien doblarse por sus extremos y dejarse en el interior de las ranuras.

FIGURA 6.1

FORMA DEL AISLAMIENTO PARA RANURAS Y COLOCACION DEL MISMO ANTES DE PROCEDER AL REBOBINADO DEL ESTATOR



6.3.- BOBINADO.

El bobinado del motor monofásico consiste en arrollar las espiras necesarias en el estator de éste, ya que, como sabemos el rotor es de jaula de ardilla. Al hablar de espiras necesarias, nos referimos a la parte fundamental para lograr la potencia deseada en el motor.

Primero determinamos el tipo de arrollamiento que vamos a utilizar (lo cual ya se estudió en el capítulo 5). Luego procedemos a tomar las respectivas dimensiones del estator para confeccionar sus devanados.

Las dimensiones que se deben tomar en cuenta son las siguientes:

H = Dimensión radial de la corona o parte sin dientes de la chapa

L = Longitud axial del paquete de chapas en (cm)

ϕ_i = Es el diámetro interior del estator en (cm)

L_g = Es la distancia desde el fondo de una ranura a la otra posterior; se denomina largo geométrico.

h = Profundidad de la ranura

a = Ancho del diente

b = Ancho de la ranura

E = Tensión

RPM = Revoluciones por minuto

η = Rendimiento

P = Potencia en (W)

$\cos \theta$ = Factor de potencia

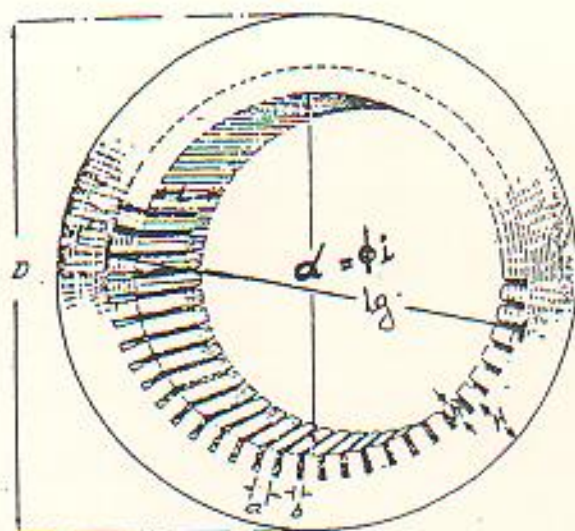
K = Número de ranuras

$2P$ = Número de plos.

En la figura (6.2), podemos observar lo anteriormente dicho.

FIGURA 6.2

ESTATOR DE UN MOTOR MONOFASICO



Para calcular el número total de espiras se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Z_f = (V_f \cdot P) / (C \cdot K_a \cdot \phi_i \cdot L_g \cdot B_d) \quad (6.1)$$

Esta fórmula es utilizada para el sistema de "polos consecuentes".

La siguiente fórmula es utilizada para el sistema "por polos":

$$Z_f = (V_f \cdot 2P) / (E \cdot K_a \cdot \phi_i \cdot L_g \cdot B_d) \quad (6.2)$$

Donde: Z_f = Número de espiras total por fase

V_f = Voltaje de fase

P = Pares de polos

$2P$ = Número de polos

C = Es una constante que varía de acuerdo a la frecuencia; así para 42Hz = 94; 50Hz = 112 y 60Hz = 113.

K_a = Es un factor de zona que varía de acuerdo al número de ranuras.

mero de ranuras por polo (Q) y el número de ranuras por polo del devanado de arranque (q)

ϕ_i = Diámetro interno en (m)

L_g = Largo geométrico en (m)

B_d = Inducción en el entrehierro que depende del número de polos. (tabla 7.2).

Luego se determina el número de espiras para las ranuras utilizadas para el devanado de campo por medio de la siguiente fórmula: $Z_r = Z_f / \text{Número de ranuras de campo}$ (6.3)

Donde: Z_r = Número de espiras para el devanado de campo por ranura.

Para determinar el número de ranuras de campo, se debe multiplicar el número de ranuras por polo (Q) por $2/3$ y luego por el número de polos. Y como sabemos $Q = K/2P$ (6.4)

Luego se determina el número de espiras para las ranuras utilizadas para el devanado de arranque por medio de la siguiente fórmula: $Z = Z_f / (2 \cdot \text{Número de ranuras de arranque})$ (6.5)

Donde: Z = Número de espiras para el devanado de arranque por ranura.

Para determinar el número de ranuras de arranque, se debe multiplicar el número de ranuras por polo (Q) por $1/3$ y luego por el número de polos.

El número de ranuras por polo del devanado de arranque se determina por: $q = Q \cdot 1/3$ (6.6)

Procedemos luego a determinar la corriente; partiendo de la potencia: $P = V \cdot I \cdot \eta \cdot \cos \theta$ (6.7)

despejamos y : $I = P / (V \cdot \eta \cdot \cos \theta)$

Donde: P = Potencia sugerida (W)

V = Voltaje por fase

η = Rendimiento que varia con la potencia (según tabla 7.3)

$\cos\phi$ = Factor de potencia que varia de acuerdo a la tabla (7.3).

Luego que hemos determinado la corriente; podemos determinar la sección del conductor por medio de la fórmula:

$$S = I_f / d \tag{6.8}$$

Donde: S = Sección del conductor en mm^2

I_f = Corriente por fase en amperios (A)

d = Densidad en (A/mm^2) .

La densidad para el conductor de campo varia de 3 a 4,5 A/mm^2 en motores abiertos y de 1,8 a 3 A/mm^2 en motores cerrados.

La densidad para el conductor de arranque debe ser siempre el doble de la densidad del conductor de campo para poder así lograr un desfasaje; y si redondeamos que para calcular el número de conductores para el devanado de arranque, dividimos el número total de espiras (Z_f) para 2 y luego para el número de ranuras; por lo que su densidad debe ser multiplicada por 2. Si en un inicio nos dan como dato una velocidad deseada, entonces debemos determinar el número de polos en base a su velocidad y frecuencia por medio de la fórmula:

$$2P = 120 \cdot f / \text{n. p. m} \tag{6.9}$$

Donde: $2P$ = Número de polos

f = Frecuencia

n. p. m = Velocidad deseada

Para poder saber si el número de vueltas por ranura y la sección son las correctas de acuerdo a lo que puede abarcar la ranura en cuanto a tamaño, se debe experimentar la siguiente relación: $1,5 \cdot Z_r \cdot S < l \cdot h$ (6.10)

Donde: Z_r = Número de espiras por ranura de campo

S = Sección del conductor en (mm^2)

b = Ancho de la ranura en (mm)

h = Profundidad de la ranura en (mm)

Para un mejor entendimiento de lo dicho anteriormente a continuación se realizará un ejemplo.

6.3.1.- CALCULO DEL MOTOR MONOFASICO.

Datos de placa:

$$V = 110V \quad f = 60 \text{ Hz}$$

$$n_{p.m} = 3600 \quad \phi_i = 103 \text{ mm} \quad h = 7 \text{ mm}$$

$$L_g = 106 \text{ mm} \quad P = 0,74 \text{ kW} \quad \text{Por "polos consecuentes"}$$

$$K = 36 \quad b = 5 \text{ mm}$$

DESARROLLO

$$2P = 120 \cdot f / n_{p.m} = 120 \cdot 60 / 3600 = 2 \text{ polos.} = 2P$$

$$Q = K / 2P = 36 / 2 = 18 \text{ ranuras por polo.} = Q$$

$$q = Q \cdot 1/3 = 18/3 = 6 \text{ ranuras de arranque por polo} = q$$

Tendremos por lo tanto en cada polo 12 ranuras para el devanado de campo y 6 para el devanado de arranque. Es decir que el número total de ranuras de campo serían 24 y de arranque 12 ya que son dos polos.

$$\begin{aligned} Z_f &= V \cdot f \cdot P / C \cdot K_a \cdot \phi_i \cdot L_g \cdot B_d = 110V \cdot 1 / (113)(0,828)(0,103)(0,106)(0,64) \\ &= 110 / 0,6 = 184 \text{ espiras} \end{aligned}$$

$$Z_r = Z_f / \text{Número de ranuras de campo} = 184 / 24 = 8 \text{ espiras/ranura}$$

$$Z = Z_f / 2 \cdot \text{Número de ranuras de arranque}$$

$$= 184 / 2 \cdot 12 = 184 / 24 = 8 \text{ espiras/ranura}$$

$$I = P / V \cdot \eta \cdot \cos \phi = 740W / 110 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 12A = I$$

$$S \text{ para el devanado de campo} = 12A / 4,5A / \text{mm}^2 = 2,6 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ para el devanado de arranque} = 12A / 2,4,5A / \text{mm}^2 = 1,33 \text{ mm}^2$$

La relación: $1,5 \cdot Z_n \cdot S < k \cdot h$

$1,5 \cdot 8 \cdot 2,6 < 5 \cdot 7$

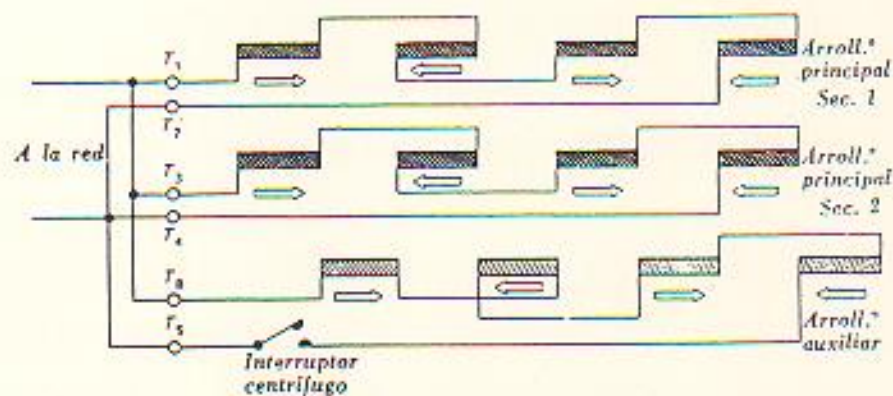
$31,2 \text{ mm}^2 < 35 \text{ mm}^2$

Los valores de K_a y B_d se ven en las tablas (7.1 y 7.2) respectivamente.

En el caso de que se desee realizar un motor para dos tensiones, es decir para 110/220V. Se debe hacer los cálculos para la tensión mayor (220V) y el valor Z_f se lo debe dividir para el número de polos, luego que se tiene el valor de espiras por polos, se procede a dividir para 2 y así obtenemos la mitad del arrollamiento, del cual podemos ejecutar salidas y de esta manera poder realizar el conexionado para dos tensiones. En la figura (6.3) se muestra el esquema para dos tensiones de los motores monofásicos de fase partida.

FIGURA 6.3

DISPOSICION Y CONEXION DE LOS ARROLLAMIENTOS EN UN MOTOR DE FASE PARTIDA PARA DOS TENSIONES DE SERVICIO



Si luego que se tiene bobinado el motor para una tensión, y se desea cambiar a otra tensión, ya no debemos realizar los cálculos anteriores nuevamente, sino que debemos realizar los siguientes relaciones:

Para el nuevo # de espiras =

$$\left(\frac{\text{Tensión nueva}}{\text{Tensión primitiva}} \right) \cdot \# \text{ primitivo de espiras} \quad (6.11)$$

Para la nueva sección =

$$\left(\frac{\text{Tensión primitiva}}{\text{Tensión nueva}} \right) \cdot \text{Sección primitiva} \quad (6.12)$$

Aplicando esta relación al ejercicio anterior tenemos:

Si deseamos que el motor funcione a 220V.

$$\# \text{ de espiras} = (220V/110V) \cdot 8 = 16 \text{ espiras}$$

$$\text{Sección} = (110V/220V) \cdot 2,6 = 1,3 \text{ mm}^2 \text{ (en bobina de campo)}$$

$$\text{Sección} = (110V/220V) \cdot 1,33 = 0,66 \text{ mm}^2 \text{ (en bobina auxiliar)}$$

Luego que se tiene realizado los cálculos necesarios se procede a confeccionar los devanados (grupo por grupo).

Los métodos a seguir son los siguientes:

6.3.2.- BOBINADO A MANO.

Este procedimiento puede emplearse tanto para el enrollamiento de trabajo como para el de arranque y posee dos ventajas principales: 1) permite un bobinado más compacto, lo cual es especialmente importante cuando el espacio disponible en las carreras de bobina es reducido, y 2) hace innecesario el uso de hormas, plantillas, etc.

Los conductores se van alojando en las ranuras, espira por espira, comenzando por la bobina interior y terminando por la exterior, con lo cual quedan completadas todas las bobinas de un polo.

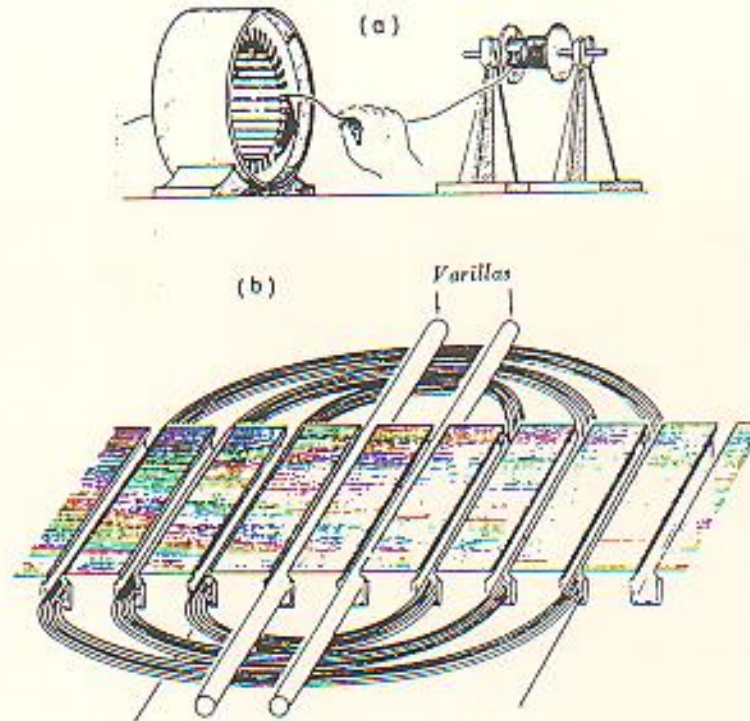
Para realizar el bobinado a mano debemos buscar una posición adecuada para comenzar, tanto del carrete como del hilo; como se indica en la figura (6.4.a).

Si el bobinado es concéntrico se colocan horillas de madera en las ranuras vacías para evitar que salten las bobinas en el

momento de colocarlas (figura 6.4.b).

FIGURA 6.4

DISPOSICIONES PARA BOBINADO A MANO



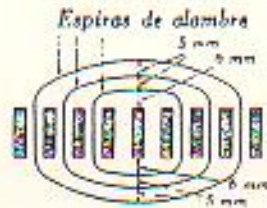
6.3.3.- BOBINADO CON MOLDE.

Con este sistema se moldean primero las bobinas sobre una horma, plantilla o gólibo de madera o metal, se sacan luego del molde y se colocan finalmente en las ranuras correspondientes. Es el procedimiento más usado para rebobinar motores de fase partida.

Los pasos a seguir son los siguientes:

El primer paso consiste en: determinar el tamaño y la forma de las bobinas, partiendo de las dimensiones del núcleo estatórico. Para ello se utiliza un alambre grueso, al que se da la bobina interior haciéndolo pasar por las bobinas correspondientes y dejando por lo menos una distancia libre de 6mm en cada extremo de las mismas (figura 6.5).

FIGURA 6.5
REPRESENTACION DE LA UTILIZACION DE UN ALAMBRE
COMO MOLDE

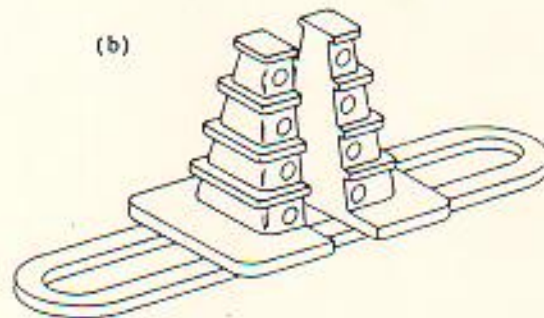


Para cada tamaño de bobina se confecciona una horma de madera cuyo contorno corresponda exactamente a la forma de aquella y cuyo espesor sea exactamente o aproximadamente los $3/4$ de la profundidad de una ranura. Estas formas se afianzan luego conjuntamente por medio de un perno (figura 6.6.a).

FIGURA 6.6
MODELOS DE MOLDES

a) De madera

b) Concéntrico de cabezales ajustables



El segundo paso consiste en: ir arrollando sobre cada horma de madera las espiras para la correspondiente bobina, empezando siempre por la más pequeña. Una vez concluida la operación se atan sólidamente las bobinas por varios puntos con un cordel, a fin de mantener inmovibles las espiras, y se sacan del molde.

El empleo de moldes concéntricos de cabezales ajustables como el indicado en la figura (6.6.b) existentes en el mercado, permite ejecutar bobinas para muy diversas marcas de motores con suma rapidez y precisión. La ventaja de este tipo de moldes es que permite un considerable ahorro de tiempo en el bobinado de un estator a la vez que hacen innecesaria la construcción de moldes para cada marca distinta de motor.

El tercer paso consiste en: alojar dichas bobinas moldeadas en las correspondientes ranuras del estator, apretándolas con fuerza contra el fondo de éstas últimas.

El cuarto paso consiste en: sujetar bien las espiras en el interior de las ranuras por medio de cuñas a base de material de clase A, B, F, o H, según sea la clase de aislamiento del motor.

6.3.4.- BOBINADO EN MADEJAS.

Este procedimiento se usa principalmente para el arrollamiento de arranque. Esta modalidad de devanado utiliza una sola bobina para cada polo, suficientemente grande para que pueda ser alojada en todas las ranuras abarcadas por la totalidad de las secciones individuales que integran un polo. A pesar de ello, algunos talleres de reparación prefieren sustituir las madejas por bobinas moldeadas, especialmente cuando disponen de moldes con cabezales ajustables.

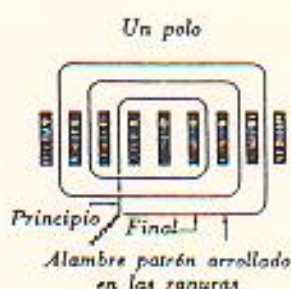
El procedimiento a seguir es el siguiente:

El primer paso dice:

El tamaño y la forma de la madeja se obtienen generalmente de la propia madeja primitiva al desmontar el estator. Un bobinado de este género es fácil de identificar, debido a que pueda sacarse un polo entero en forma de una sola bobina. No obstante, si no fuera posible averiguar el tamaño de la madeja siguiendo el método indicado, se procederá a determinarlo arrollando un alambre grueso sobre las ranuras correspondientes (figura 6.7), dejando unos espacios laterales suficientes para que el nuevo devorado no quede excesivamente apretado. A continuación se unen los dos extremos del alambre retorciéndolos uno sobre el otro, y se saca dicho alambre de las ranuras.

FIGURA 6.7

MANERA DE DETERMINAR EL TAMAÑO Y LA CONFIGURACION
DE UNA MADEJA

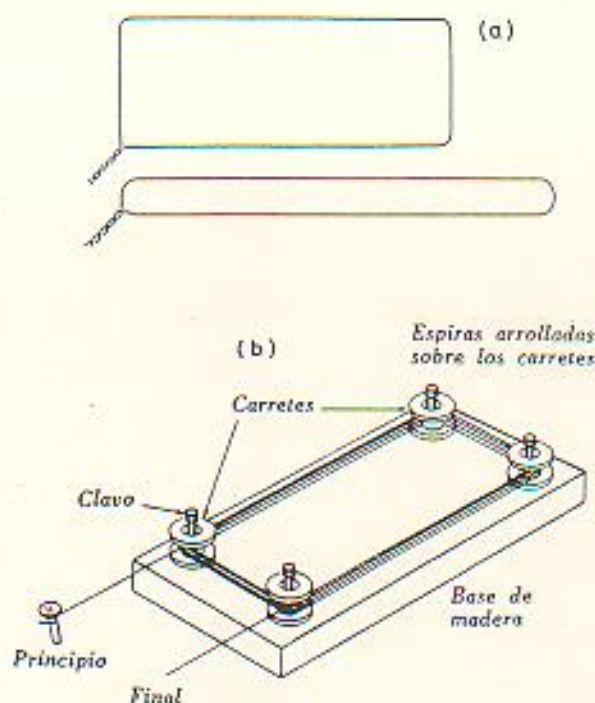


El segundo paso dice:

Se da luego al alambre una forma rectangular u ovalada (figura 6.8.a) que se utiliza como molde para devorar la madeja correspondiente, como si fuera una bobina normal. En realidad, la configuración de esta bobina tiene poca importancia a condición que su perímetro sea siempre el mismo. En la figura (6.8.b) puede verse una bobina dispuesta sobre su molde.

FIGURA 6.8

BUCLES DE ALAMBRE, Y MOLDE PARA BOBINADO EN MADEJA



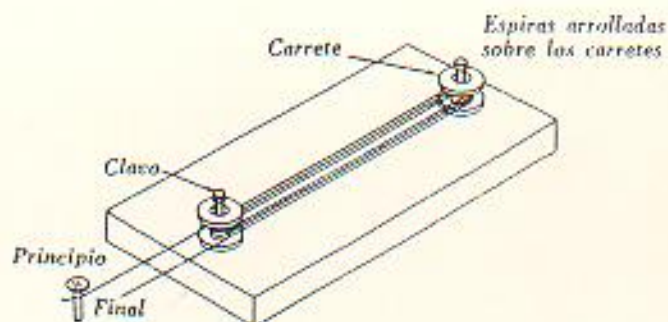
El tercer paso dice:

Si la bobina debe ser de forma rectangular, se enrolla el número necesario de espiras alrededor de los carretes fijados sobre una base de madera, procurando dejar libres los dos extremos del hilo. Antes de sacar la bobina del molde es conveniente atarla en varios puntos, para evitar que se deshaga. Si se desea dar a la bobina una forma ovalada, basta clavar dos carretes vacíos a un lado o encima del propio banco de trabajo, separados a la distancia conveniente, y enrollar las espiras necesarias a su alrededor (figura 6.9).

También cabe hacer uso de un molde con cabezales ajustables. Si bien está previsto para la ejecución de bobinas trifásicas, puede adaptarse fácilmente para las monofásicas. La ventaja del mismo es que puede adaptarse a cualquier forma de bobina separando sus cabezales a la distancia adecuada.

FIGURA 6,9

BOBINA OVALADA ARROLLADA ALREDEDOR DE DOS CARRETES
FIJADOS AL LADO O ENCIMA DEL BANCO DE TRABAJO

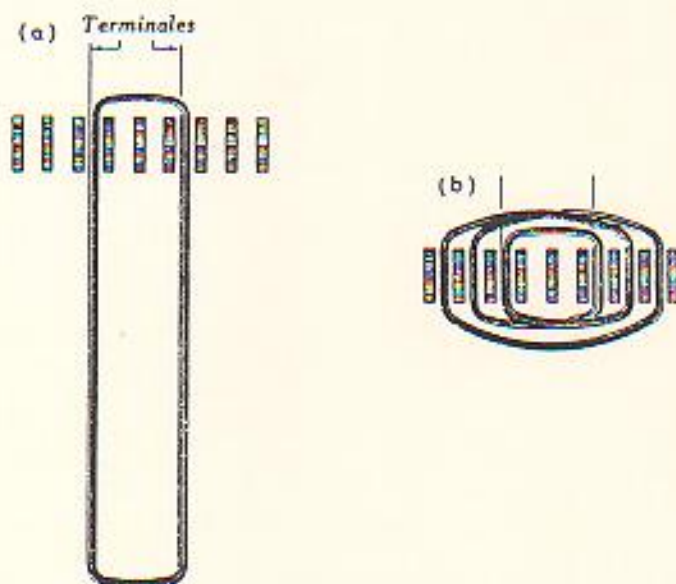


El cuanto paso dice:

Ahora se saca la madeja del molde y se aloja en las ranuras correspondientes al menor de los pasos (figura 6,10,a). Seguidamente se retuerce la madeja y luego se dobla para hacer entrar sus costados en las dos ranuras correspondientes al paso inmediatamente superior, y así sucesivamente hasta completar el polo (figura 6,10,b).

FIGURA 6,10

DISPOSICIONES PARA BOBINADO EN MADEJA



En muchos motores se introduce la modeja hasta dos y tres veces en las mismas ranuras, según las características de la bobina primitiva (en caso de rebobinado) es decir en bobinados superpuestos.

6.4.- COLOCACION DE LAS BOBINAS.

Se meterán por una parte solamente tantas bobinas cuantas sean necesarias para ocupar, según los esquemas, las ranuras que corresponden al paso de bobina, contando a partir de la ranura anterior a la primera ocupada.

Cabe indicar que la manera de como se coloquen las bobinas depende de la manera como se halla realizado el bobinado, como es: a mano, en molde, o modeja. Lo cual se estudió en el numeral (6.3).

6.5.- CONEXION DE LAS BOBINAS.

Una vez bobinados todos los polos de un motor, la próxima operación consiste en conectar entre sí sus respectivos arrollamientos. Independientemente del número de polos en cuestión, es condición indispensable que dos polos consecutivos cualesquiera sean de signo opuesto. Esto se logra conectándolos entre sí de manera que la corriente circule por las espiras de un polo en el sentido de las agujas de un reloj; y por las espiras del polo siguiente en sentido contrario al de las agujas de un reloj; ambos sentidos seguirán alternando de modo análogo para los polos restantes.

Los grupos de bobinas se pueden conectar en: serie, paralelo, y serie - paralelo.

6.5.1.- CONEXION SERIE.

En los bobinados o polos consecuentes (homónimos) se conecta el fin del primer grupo con el principio del segundo y así su-

cesivamente.

En los bobinados "por polos" (alternos) se conecta el final del primer grupo de bobinas con el final del segundo grupo y el principio de éste, con el principio del tercero y así sucesivamente.

6.5.2.- CONEXION EN PARALELO.

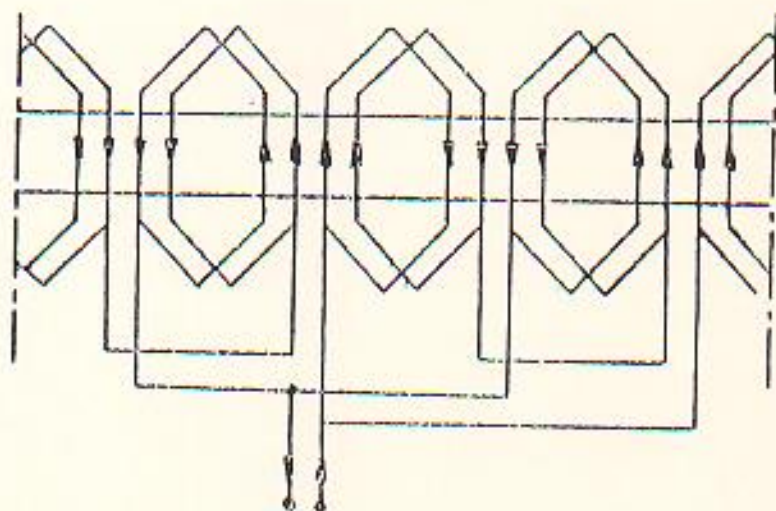
El número de los paralelos es normalmente igual a los pares de polos. El sentido de la corriente en los distintos grupos de bobinas debe resultar el mismo que en la conexión en serie.

En los bobinados a "polos consecuentes" (hombrimos) se conectan entre ellos todos los principios de los distintos grupos de bobina, e igual conexión se practica con los finales.

En los devanados "por polos" (alternos) se conectan en serie de dos en dos los grupos sucesivos de bobinas, y después cada par de grupos se conectan en paralelo (figura 6.11).

FIGURA 6.11

CONEXION DE BOBINAS EN PARALELO

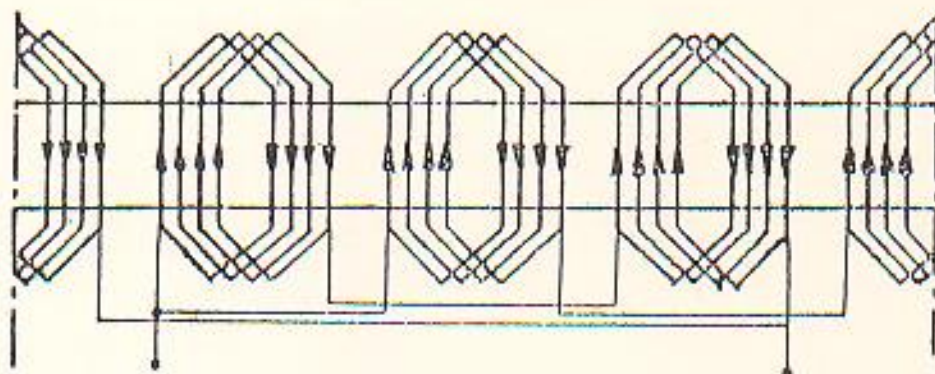


6.5.3.- CONEXION EN SERIE - PARALELO.

El número de los paralelos se hace comunmente igual a dos, pero con el número de par de polos pares. Se hace también un número de paralelos con la mitad del número de los pares de polos. El sentido de la corriente debe resultar igual a la de la serie (figura 6.12).

FIGURA 6.12

CONEXION DE BOBINAS EN SERIE - PARALELO



Una manera de empalmar los terminales de dos polos consiste en sacar el aislamiento de ambos en una longitud de unos 5 cm a partir de cada extremo, retorcer los hilos desnudos uno sobre el otro, soldarlos, y finalmente encintar la unión (figura 6.13.a).

Otra manera de proceder es utilizar manguitos barnizados o tubos de fibra de vidrio en vez de cinta aislante. En la figura (6.13.b) se indica detalladamente el modo de efectuar un empalme según este sistema, puede dividirse en cinco operaciones fundamentales:

Primera operación: Se quita el aislamiento de los extremos de los dos terminales a empalmar en una extensión de 2 a 3 cm.

Segunda operación: Se hace pasar hacia el interior de cada terminal un manguito barnizado de unos 2,5 cm de largo o más,

según convenga.

Tercera operación: Se hace pasar sobre uno de estos manguitos otro manguito del mismo material, pero de mayor diámetro y longitud (aproximadamente unos 5 cm).

Cuarta operación: Se retuercen los dos extremos uno sobre el otro, de modo que quede un empalme recto, y se suelda la unión.

Quinta operación: Se hacen deslizar los manguitos pequeños hasta que se tocan en el centro del empalme, y luego se desliza el manguito mayor sobre ambos, de forma que los cubra por completo.

El proceso íntegro exige menos tiempo que el aislamiento a base de cinta; por otra parte, la ejecución del empalme resulta de mejor calidad.

Un tercer procedimiento consiste en usar una lámpara para soldar los extremos de los terminales, previamente retorcidos.

El empalme se cubre deslizando sobre el mismo un trozo corto de manguito, que luego se sujeta a la conexión. (figura 6.13.c).

Una vez ejecutadas correctamente todas las uniones de los polos tanto del devanado de arranque como del de campo. Ahora se deben empalmar cables flexibles a los terminales de ambos arrollamientos que deben ir conectados a la red.

La mejor manera de aislar estos empalmes es mediante manguitos de fibra de vidrio.

Además se tendrá la precaución de sujetar sólidamente con un cordel los cables flexibles a sus respectivos arrollamientos (figura 6.14) para evitar que un tirón eventual sobre los primeros pueda arrancarlos de los segundos.

Las propias bobinas de los arrollamientos se aseguran también entre sí con un cordel o cinta adecuados (de nylon, lienzo o

algodón). Esto confiere mayor compacidad a los arrollamientos, impiden que se aflojen o deshagan, y evita hasta cierto punto que los conductores vibren y se desplacen.

FIGURA 6.13

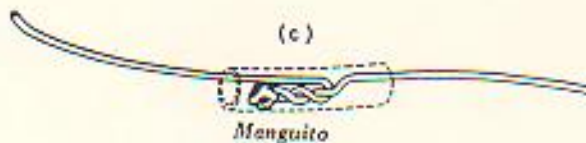
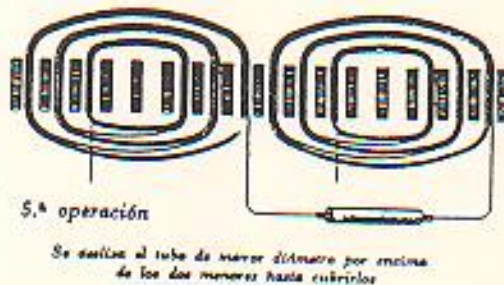
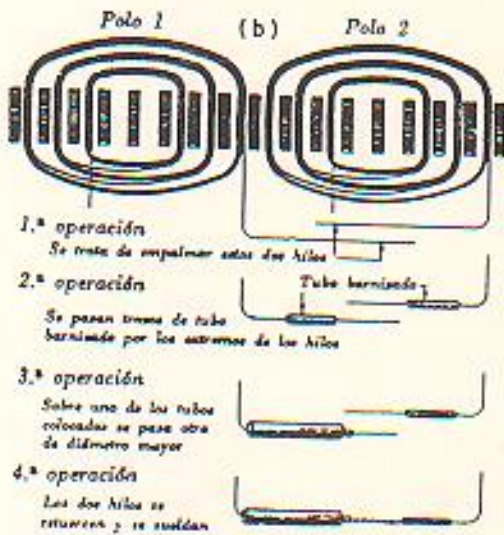
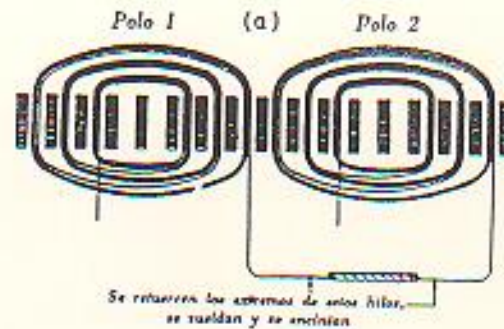
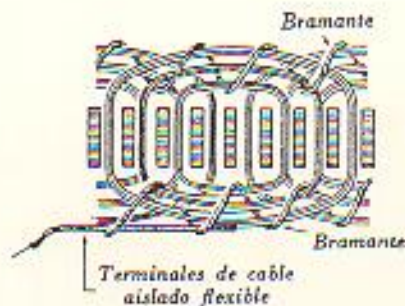


FIGURA 6.14

AMARRADO DE CABLE TERMINAL FLEXIBLE
A SU ARROLLAMIENTO



6.6.- COMPROBACION DE LAS BOBINAS.

Luego que se ha realizado el rehobinado y se han hecho las respectivas conexiones es muy aconsejable y conveniente comprobar eléctricamente las bobinas una a una, con objeto de localizar posibles cortocircuitos entre espiras, contactos a masa, conexiones erróneas o interrupciones. Estas pruebas deben efectuarse antes de proceder a las operaciones de secado e impregnación, pues así resulta más fácil remediar cualquier defecto eventual.

Para esta prueba basta utilizar un óhmetro y observar por medio de éste, las posibles fallas.

6.7.- MONTAJE DEL MOTOR.

Cuando ya se han efectuado y verificado todas las conexiones entre polos, y los cables flexibles de conexión a la red han sido empalmados a sus respectivos terminales y sujetos a los arrollamientos, se aloja el estator en una estufa de secado, donde debe permanecer aproximadamente una hora a una temperatura de unos 120 grados centígrados. Con este precalentamiento se consigue eliminar la humedad de los arrollamientos y facilitar así la posterior penetración del barniz. Seguidamente

se sumerge el estator en un baño de barniz aislante adecuado al tipo de conductor empleado.

El barniz debe ser suficientemente fluido para que pueda penetrar en los arrollamientos y suficientemente espeso para que deje una película consistente tras el secado.

El barniz puede volverse excesivamente espeso por evaporación de su base líquida. Si esto ocurre diluyase siempre con el líquido recomendado por el fabricante del mismo.

Una vez impregnados los arrollamientos (lo cual ocurre tras una inmersión en el barniz de aproximadamente $\frac{1}{2}$ hora, o bien cuando ha cesado por completo el desprendimiento de burbujas), se saca el estator del baño y se deja escurrir. Luego que ha cesado de escurrirse se lo aloja de nuevo en la estufa, donde se deja secar por espacio de varias horas. Cualquiera que sea el tipo de barniz empleado, se debe estar seguro de que se han tenido en cuenta todas las instrucciones y recomendaciones del fabricante del mismo. Después de extraer el estator de la estufa conviene frotar la superficie interior del núcleo con objeto de eliminar de ella el barniz adherido, que podría dificultar el libre giro del rotor.

La impregnación y el secado confieren a todo el bobinado las características de una masa compacta y rígida, sin posibilidad de movimiento; además, protegen herméticamente los arrollamientos contra la penetración de la humedad o de partículas extrañas, y elevan tanto la resistencia mecánica como la rigidez dieléctrica de los conductores.

Existen algunos barnices que no exigen ningún secado en la estufa, puesto que se secan por sí solos al contacto del aire.

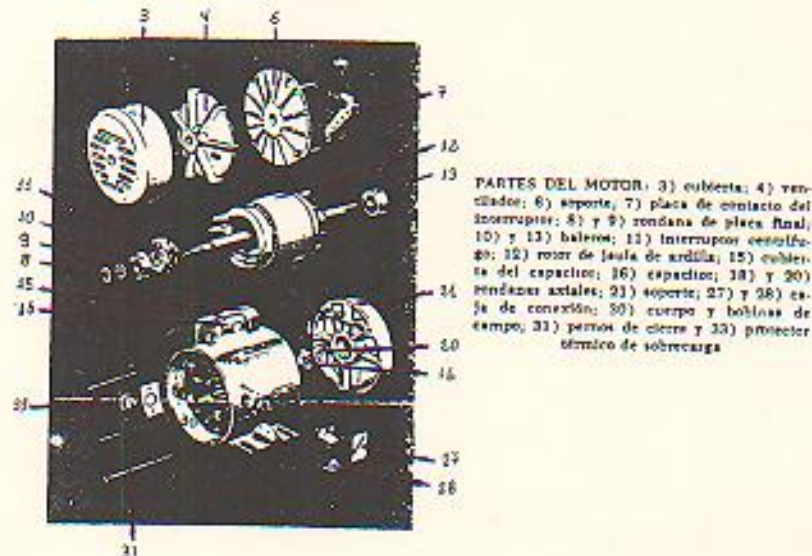
Este tipo de barniz es muy utilizado en los talleres de rebo-

linaje.

Se fabrica otro tipo de barniz a base de resina "epoxy" o de poliéster, que puede ser aplicado a los arrollamientos en menos de 20 minutos. Carece en absoluto de poder disolvente y ofrece el mismo grado de protección que los barnices ordinarios. Los arrollamientos a impregnar se calientan previamente aplicando entre sus bornes la mitad, aproximadamente, de la tensión nominal. A continuación se coloca el estator en posición horizontal y se vierte el barniz sobre las cabezas de bobina, dejando que se deslice através de las ranuras. Una vez concluida la operación, se mantienen los arrollamientos calientes haciendo circular corriente por sus bobinas durante unos 5 minutos. Esto permite que el barniz se solidifique y endurezca rápidamente. Todo el proceso se realiza en menos de 1/2 hora. Luego de este proceso se realiza el armado del motor. En la figura (6,15) se muestra un motor monofásico de fase partida con todas sus partes mecánicas, las cuales deben ser ensambladas.

FIGURA 6,15

PARTES CONSTITUTIVAS DE UN MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA



6.8.- *PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.*

El motor ya armado debe ser puesto en funcionamiento para que se le pueda realizar las pruebas finales, basadas en la placa de características sugerida.

6.8.1.- *PRUEBA DE ROZAMIENTO.*

Debemos energizar el motor y escuchar con mucha atención, que no exista un ruido que delate la existencia de rozamiento entre el rotor y el estator. De suceder el rozamiento, debemos destapar el motor y eliminar el desperfecto.

6.8.2.- *PRUEBA DE TEMPERATURA.*

El motor debe ser puesto en funcionamiento por un lapso bastante largo, y de esta forma poder determinar si la temperatura de funcionamiento es la normal.

6.8.3.- *PRUEBA DE VIBRACIONES.*

El motor funcionando debe mantener una estabilidad de acuerdo con su característica de tamaño y potencia, sin poseer una vibración demasiado grande, lo cual no sería normal.

6.8.4.- *PRUEBA DE VELOCIDAD.*

Para poder realizar esta prueba necesitamos de un instrumento llamado "tacómetro", el cual nos va a determinar la velocidad del motor y debemos compararla con la velocidad sugerida.

El tacómetro es un instrumento que se coloca en el eje del rotor, y éste determina la velocidad a la cual está funcionando el motor.

6.8.5.- *PRUEBA DE CORRIENTE.*

Esta prueba debe realizarse en dos circunstancias. La primera en vacío (sin carga) y la segunda bajo carga.

Debemos utilizar un amperímetro para poder realizar esta prueba, teniendo en cuenta que la corriente absorbida en la prueba

con carga debe ser mayor que la corriente absorbida en vacío. Estos valores de corriente no deben superar a los sugeridos en la placa de características.

6.8.6.- PRUEBA DE CONEXION DE POLOS.

Para realizar esta prueba necesitamos de una aguja imantada (brújula). Debemos tener el estator alimentado a la tensión nominal, y luego introducir la brújula, la cual debe orientarse de acuerdo a los polos que se encuentren formados en el estator teniendo presente que dos polos juntos deben ser diferentes. Si no se encontrara bien realizada la conexión de polos, notaremos que la aguja de la brújula empezará a tener movimientos fuera de lo normal, lo cual delataría un error de conexión de polos, por lo cual se debe verificar cuyas conexiones.

Esta prueba debe realizarse lo más rápido posible para evitar que sufra el arrollamiento estático.

La prueba debe realizarse únicamente con el devanado de campo. Si alguna de estas condiciones no se ha cumplido debemos detectar la causa por la cual no se ha obtenido lo deseado, para luego de superado el inconveniente proceder nuevamente a la prueba respectiva, si se ha superado el desperfecto; entonces el motor se encontrará listo para ser utilizado en diversas aplicaciones a una tensión monofásica y con cargas que vayan de acuerdo con su potencia mecánica.

CAPITULO 7CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONESTABLAS

TABLA 7.1

FACTORES DE ZONA PARA DEVANADOS MONOFASICOS
EN FUNCION DE q Y Q_0 .

# de ranuras por polo $\Phi =$	6	6	7	8	9	12	15	30
# de ranuras por polo $q =$	4	5	5	6	6	8	10	20
Factor de zona $K_a =$	0,836	0,746	0,810	0,794	0,831	0,829	0,828	0,827

TABLA 7.2

INDUCCION EN EL ENTREHIERRO

Números de polos $2P$	Inducción en el entrehierro en Wb/cm^2	
2	0,64	0,55
4	0,75	0,65
6 - 8	0,70	0,67

TABLA 7.3

PORCENTAJES DE RENDIMIENTO Y FACTOR DE POTENCIA

EN BASE A LA POTENCIA

$\eta\%$ =	70 - 75% desde 0,25 kW - 1 kW
	82 - 89% desde 5 kW - 50 kW
$\cos \theta =$	0,8 - 0,85 desde 0,25 kW - 1 kW
	0,85 - 0,90 desde 5 kW - 50 kW

TABLA 7.4
COEFICIENTE QUE DEPENDE DE LA TENSION
DE ALIMENTACION

V =	125	150	220	260
$\alpha =$	1,4	1,55	1,80	1,95

TABLA 7.5
POTENCIA DE CONDENSADOR EN FUNCION DEL PAR
DE ARRANQUE

Par de arranque en % del par normal	40%	70%	100%	180%	200 a 250%
Potencia del condensador por cada Hp de potencia del motor en V.A	600	1000	1400	1800	2500

TABLA 7.6
VALOR DE $K(\alpha \cdot V)^2$ DE LA FORMULA (7.1) PARA
FRECUENCIAS DE 50 Y 60Hz

Tensión del motor en V	125	150	220	260
50 Hz	9×10^6	14×10^6	41×10^6	63×10^6
60 Hz	11×10^6	$13,1 \times 10^6$	$32,8 \times 10^6$	$49,7 \times 10^6$

TABLA 7.7

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE
NORMALIZADOS SEGUN LA ESCALA DE CALIBRES A.W.G

A.W.G	DIMENSIONES		MODOS NOMINALES		RESISTENCIA		TENSIONES	
	Diámetro	mm	Resistencia	mm	Temperatura 20°C 1000 pies	Por 1000 pies	Temperatura 90°C 1000 pies	Temperatura 90°C 1000 pies
1000	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
998	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
996	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
994	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
992	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
990	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
988	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
986	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
984	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
982	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
980	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
978	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
976	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
974	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
972	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
970	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
968	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
966	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
964	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
962	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
960	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
958	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
956	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
954	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
952	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
950	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
948	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
946	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
944	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
942	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
940	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
938	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
936	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
934	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
932	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
930	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
928	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
926	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
924	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
922	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
920	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
918	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
916	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
914	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
912	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
910	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
908	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
906	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
904	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
902	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000
900	0.008	0.203	100.00	100.00	100.0	100.0	0.000	0.000

TABLA 7.8

CALIBRES EQUIVALENTES DE CONDUCTORES

Cuando no se dispone de 1 conductor de calibre	Puede emplearse dos conductores en paralelo de calibre
n° 10	n° 15
n° 11	n° 16
n° 12	n° 15
n° 13	n° 16
n° 14	n° 17
n° 15	n° 18
n° 16	n° 19
n° 17	n° 20
n° 18	n° 21
n° 19	n° 22
n° 20	n° 23
Cuando no se dispone de 2 conductores en paralelo de calibre	Puede emplearse 1 conductor de calibre
n° 24	n° 23
n° 25	n° 24
n° 26	n° 23
n° 27	n° 22
n° 28	n° 21
n° 29	n° 20
n° 30	n° 19
n° 31	n° 18
n° 32	n° 17
n° 33	n° 16
n° 34	n° 15

TABLA 7.9

CORRIENTE (EN AMPERIOS) ABSORBIDA A PLENA CARGA POR MOTORES MONOFASICOS DE DIVERSAS POTENCIAS Y TENSIONES

Potencia en CV	115 V	230 V
1/8	4.4	2.2
1/4	5.8	2.9
3/8	7.2	3.6
1/2	9.8	4.9
3/4	13.8	6.9
1	16	8
1 1/2	20	10
2	24	12
3	34	17
5	56	28
7 1/2	80	40
10	100	50

TABLA 7.10

VELOCIDADES SINCRONAS POSIBLES (R.P.M) EN FUNCION DEL NUMERO DE POLOS Y DE LA FRECUENCIA

Nº polos	60 Hz	50 Hz	40 Hz	25 Hz
2	3600	3000	2400	1500
4	1800	1500	1200	750
6	1200	1000	800	500
8	900	750	600	375
10	720	600	480	300
12	600	500	400	250
14	514.2	428.6	343	214.3
16	450	375	300	187.5
18	400	333.3	266.6	166.6
20	360	300	240	150
22	327.2	272.7	218.1	136.3
24	300	250	200	125
26	277	230.8	184.5	115.4
28	257.1	214.2	171.5	107.1
30	240	200	160	100
32	225	187.5	150	93.7
34	212	176.5	141.1	88.2
36	200	166.6	133.3	83.3
38	189.5	157.9	126.3	78.9
40	180	150	120	75
42	171.5	142.8	114.2	71.4
44	163.5	136.3	109	
46	156.6	130.5	104.3	
48	150	125	100	
50	144	120	96	
52	138.5	115.4	92.3	
54	133.3	111.1	88.9	

TABLA 7.11

TEMPERATURAS LIMITES DE LOS MATERIALES AISLANTES

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Clase de aislante	Temperatura admisible para una temperatura ambiente de 40°C	Temperatura límite máxima del punto más caliente
Algodón, seda, papel u otros materiales orgánicos al impregnarse al empujarse en resinas sintéticas sólidas.	O	50°C	60°C
1. Celulosa de los materiales orgánicos empujados o impregnados en dieléctricos líquidos. 2. Resinas y barnices aplicados a los aislamientos. 3. Películas y laminas de acetato de celulosa u otros materiales orgánicos. 4. Maderas laminadas y laminadas con resinas sintéticas o resinas naturales u otros materiales orgánicos sólidos.	A	65°C	105°C
Miel, almidón, lana de vidrio u otros materiales orgánicos con un pequeño porcentaje de materiales de la clase A como refuerzo y aglomerantes.	B	90°C	130°C
1. Miel, almidón, lana de vidrio u otros materiales orgánicos sólidos con aglomerantes a base de resinas sintéticas. 2. Compuestos de almidón en forma de goma o resina o materiales con propiedades dieléctricas y de temperatura estables.	H	140°C	180°C
Miel pura, porcelana, vidrio, cuarzo y materiales orgánicos sólidos en forma pura (lana de vidrio, fibras sintéticas, etc.).	C	Sin límite concreto	

APENDICE

NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO
DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS

Es indispensable ejecutar en todas las máquinas eléctricas una esmerada y continua limpieza para obtener un funcionamiento regular.

Es necesario evitar a los motores abiertos especialmente el polvo que se suele acumular sobre los devanados. A tal objeto debe darse periódicamente una limpieza a la máquina mediante un fuerte chorro de aire seco producido por un compresor o con aparatos aspiradores.

A largos intervalos se deben lavar los inducidos y los induc-

tores.

La limpieza se hace por medio de una brocha limpia y dura empapada de alcohol. Se debe evitar el uso de la gasolina, debido a la gran inflamabilidad de este hidrocarburo.

Las partes metálicas de latón adquieren brillo, tratándolas con una solución de acetato neutro de cobre, limpiando con piedra pómez las partes ennegrecidas y secando enérgicamente con trapos de lana, o con trozos de cuero.

Una inspección hecha muy a menudo de la lubricación es muy útil, pero con un soporte y un ruliman de buena construcción no es necesario añadir más de tres o cuatro veces al año. En caso de funcionamiento continuo, una vez al mes.

Si un soporte necesita una mayor cantidad de aceite, se deberá buscar la causa del demasiado consumo de lubricante y sustituir eventualmente el soporte o el buje (cojinete). El aceite lubricante tiene que ser muy fluido.

No debe alterarse su densidad a la temperatura máxima a la cual puede llegar el motor durante el funcionamiento.

El espesor del entrehierro debe ser constante y uniformemente distribuido. Se necesita entonces comprobar el entrehierro por lo menos dos veces al año, sirviéndose de láminas de acero de espesor calibrado o de calibradores sondas formados por muchas láminas de espesor comprendido entre 0,05 y 3mm, envainados en un estuche pequeño.

Se aconseja, por último, desarmar los máquinas por lo menos una vez al año para una limpieza general.

CALCULO DEL CONDENSADOR

La capacidad del condensador de arranque depende de:

- La tensión de alimentación

- La frecuencia ω
- El par de arranque que se quiere obtener.

La capacidad se puede determinar en μF con la fórmula siguiente:

$$C = P_c \cdot 10^6 / \omega (a \cdot V)^2 \quad (7.1)$$

Donde: C = Capacidad en μF

P_c = Potencia del condensador en V.A

ω = Velocidad angular = $2 \cdot \pi \cdot f$

V = Tensión de los bornes del motor

a = Coeficiente que depende de la tensión de alimentación (ver tabla 7.4).

El producto $(a \cdot V)$ en la fórmula (7.1) representa la tensión a los bornes del condensador. Experimentalmente se ha llegado a construir una tabla que nos da la potencia del condensador por cada Hp en función del par de arranque que se quiere obtener (ver tabla 7.5).

El producto $\omega (a \cdot V)^2$ para la frecuencia de 50 y 60Hz alcanza los valores indicados en la tabla (7.6).

ABREVIATURAS GENERALES

P = Número de pares de polos

$2P$ = Número de polos

S.I = Sistema internacional

A.W.G = Calibre de alambres Americanos (American Wire Gauges)

c.a = Corriente alterna

c.c = Corriente continua

f.c.e.m = Fuerza contraelectromotriz

f.e.m = Fuerza electromotriz

f.m.m = Fuerza magnetomotriz

f.p = Factor de potencia

S.G.W = Calibre de alambres de normas Inglesas

S.C.I.M = Motor de rotor "jaula de ardilla"

W.R.I.M = Motor de rotor bobinado.

SÍMBOLOS DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS

B = Inducción

C = Capacidad

D = Densidad de flujo eléctrico

E = Intensidad de campo eléctrico

f = Frecuencia

H = Intensidad de campo magnético

I = Corriente

L = Inductancia

N = Número de espiras

P = Potencia activa

Q = Potencia reactiva

R = Resistencia

S = Potencia aparente

V = Tensión

X = Reactancia

Z = Impedancia

$\cos\theta$ = Factor de potencia.

ANEXO

CONSTRUCCION DE LA PARTE ELECTRICA DEL MOTOR

MONOFASICO DE FASE PARTIDA

Para poder realizar este objetivo, primero debemos tener el material necesario, como es, un estator que posea un núcleo de chapas de acero con ranuras semicerradas, un rotor con barras y aros de aluminio fundido en una sola pieza (rotor jaula de

ardilla), un interruptor centrífugo, el cual debe ir colocado dentro del motor acoplado a la base de un extremo del estator. A continuación presentamos el informe respectivo de este trabajo:

OBJETIVO: Construcción de la parte eléctrica del motor monofásico de fase partida; para dos tensiones de servicio 110/220V y apto para poder realizar la inversión de giro; maniobras realizadas por medio de un circuito de control. Será del tipo concéntrico "por polos", separado.

INFORMACION TEORICA: El motor monofásico de fase partida es uno de los que presenta mayor interés práctico.

Este motor dispone de una sola fase en el bobinado del estator, fase que al ser recorrida por una corriente alterna crea un flujo también alterno, pero de dirección constante, flujo que por si solo no impulsa al rotor a girar.

Sea el bobinado monofásico que es excitado por una corriente monofásica, durante la alternancia positiva los conductores son recorridos por una corriente cuyo sentido es positivo creando un flujo magnético de dirección fija en el espacio, aunque de valor variable, alcanzando el valor cuando es máximo la corriente y anulándose cuando dicha corriente es nula.

El motor monofásico es incapaz de arrancar por si mismo, pero una vez puesto en marcha, mantiene el giro del rotor.

El procedimiento utilizado consiste en disponer en la armadura del estator un segundo bobinado llamado bobinado auxiliar de arranque, que hace que el motor monofásico funcione como bifásico durante los breves instantes que dura el proceso de arranque.

Dentro de esta clase de motores monofásicos con bobinado auxi-

liar de arranque se distingue dos tipos distintos, según que en serie con el bobinado auxiliar se disponga o no de un condensador.

MATERIAL UTILIZADO:

Para la construcción:

- Motor monofásico
 - Alambre de cobre # 22
 - Pinza
 - Cautín
 - Alicote
 - Navaja
 - Piola (nylon)
 - Aislante (cartulina y barniz)
 - Tiras de madera
 - Suelta
 - Lija
 - Cinta aislante
 - Metro
 - Llaves de corona y de boca
 - Destornilladores estrella y plano
 - Martillo
 - Grasa
 - Brocha
 - Conductor flexible # 18
 - Pintura anticorrosiva
- Para el mando:
- 3 contactores a 220V
 - 2 bloques de contactos auxiliares
 - 2 pulsantes de marcha

- 1 pulsante de paro
- 1 relé térmico
- 3 focos para señalización a 220V
- Tablero para montar el circuito
- Fuente de alimentación.

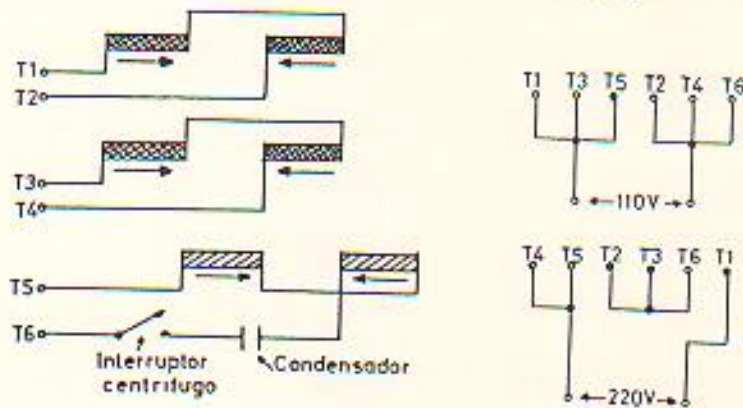
PROCEDIMIENTO:

- Verificar que todo el material necesario se encuentre completo,
- Realizar los cálculos necesarios para este tipo de motor con las características sugeridas para la respectiva confección de sus arrollamientos estatoricos,
- Realizar los cálculos necesarios, de acuerdo al tipo de devanado que se halla optado por hacer para el montaje de las bobinas en el estator,
- Tomar las medidas de sus ranuras, al estator, tanto de su ancho, largo como de su profundidad para el confeccionamiento del aislante de ranura hecho en este caso de plástico (mica),
- Proceder a colocar el aislante de plástico en las ranuras, teniendo en cuenta que este aislante quede sobrepasado en los dos extremos de la ranura y evitar el roce entre el conductor y el núcleo del estator,
- Realizar el bobinado,
- Luego de concluido el bobinado, hacemos las respectivas conexiones entre bobinas de acuerdo a las sugerencias presentadas,
- Procedemos a tapar las ranuras con cartulina aislante, para evitar la salida de los conductores de éstas,
- Amarrar con piola (nylon) las bobinas para lograr una compa-

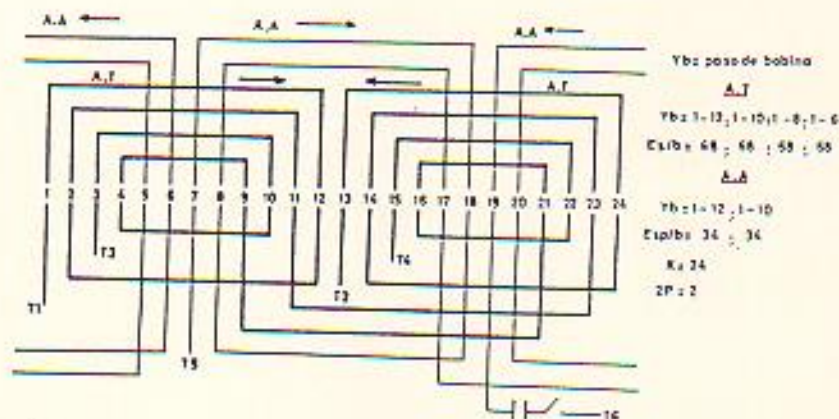
- idad en beneficio del motor y su buen funcionamiento,
- Procedemos a colocar en el estator; el condensador y el interruptor centrífugo para su respectiva conexión,
 - Armamos el motor,
 - Ponemos en funcionamiento el motor y realizamos las pruebas de rigor para comprobar su buen funcionamiento,
 - Desactivar el motor y destaparlo nuevamente,
 - Si el motor funciona correctamente, procedemos a barnizar las bobinas, caso contrario corregir la falla,
 - Luego de que el aislante se encuentre seco procedemos a armar nuevamente el motor,
 - Motor listo para la utilización.

ESQUEMA DE LOS CIRCUITOS.

REPRESENTACION ESQUEMATICA

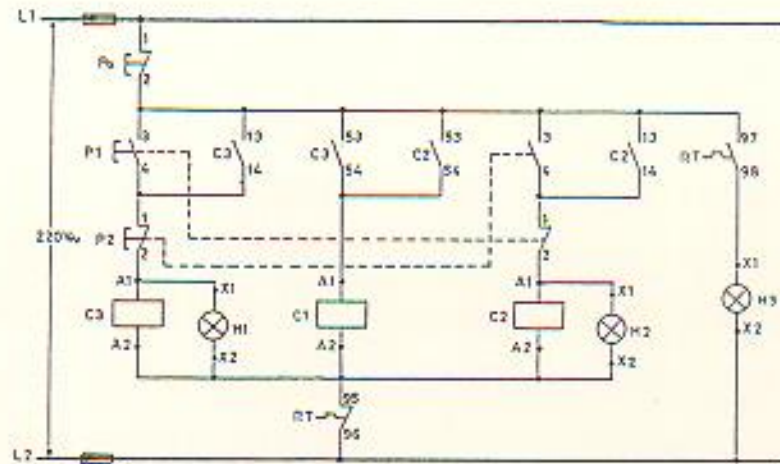


REPRESENTACION DETALLADA

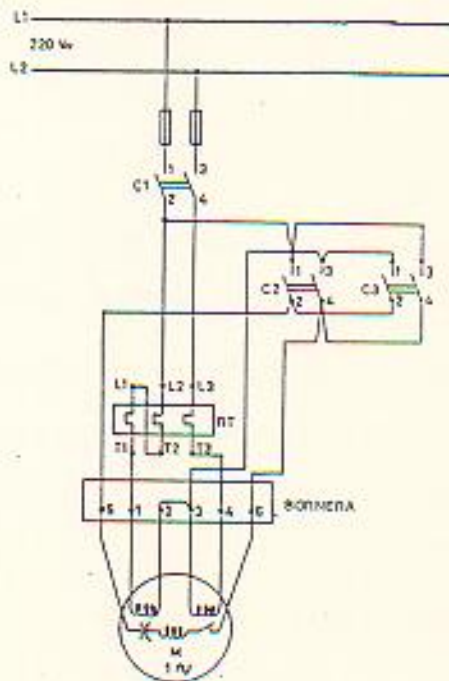


Yba pose de bobina
A.T
Yb = 1-12, 1-10, 1-8, 1-6
Cs/b = 68 : 68 : 58 : 58
A.D
Yb = 1-12, 1-10
Esp/b = 34 : 34
Ks 24
2P = 2

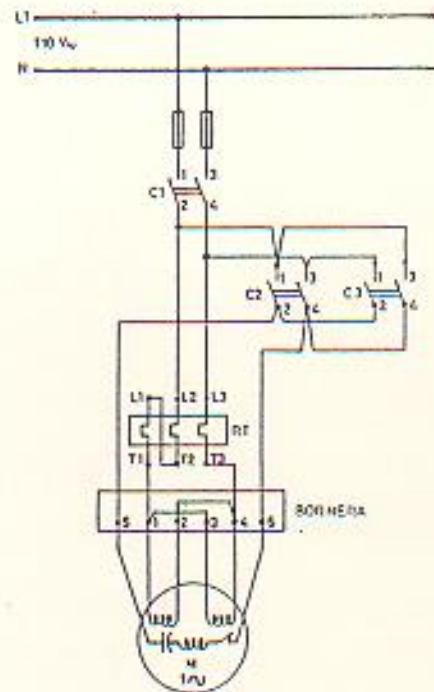
CIRCUITO DE CONTROL PARA REALIZAR LA INVERSION DE GIRO DEL MOTOR



CIRCUITO DE FUERZA DEL MOTOR (PARA 220V)



CIRCUITO DE FUERZA DEL MOTOR (PARA 110V)



TABULACION DE DATOS OBSERVADOS:

$$K = 24$$

$$\phi_i = 0,067m$$

$$L_g = 0,1m$$

$$V = 110/220V$$

$$R.P.M = 3600$$

$$\eta = 70\% \text{ (tabla 7.3)}$$

$$\cos\theta = 0,8 \text{ (tabla 7.3)}$$

$$h = 16mm$$

$$b = 8mm$$

$$H = 35mm$$

$$C = 113$$

$$P = 1/4 \text{ Hp} = 186,5W$$

$$d = 4,5 \text{ A/mm}^2$$

$$Bd = 0,64 \text{ (tabla 7.2)}$$

CALCULOS DE MUESTRA:

$$2P = 120. \text{f/R.P.M} = 120.60/3600 = 2 \text{ polos}$$

$$Q = K/2P = 24/2 = 12 \text{ ranuras/polo}$$

$$q = Q.1/3 = 12.1/3 = 4 \text{ ranuras/devanado auxiliar por polo}$$

$$Q.2/3 = 12.2/3 = 8 \text{ ranuras/devanado de campo por polo}$$

$$K_a = 0,829 \text{ (tabla 7.1)}$$

$$Z_f = V_f.2P/C.K_a.\Phi_i.L_g.B_d$$

$$Z_f = 220.2/113.0,829.0,067.0,1.0,64 = 1095 \text{ espiras}$$

$$Z_n = Z_f/\text{Número de ranuras de campo} = 1095/16 = 68 \text{ espiras/bobina}$$

$$I = P/V.\eta.\cos\theta = 186,5W/220.0,7.0,8 = 1,5A$$

$$S_c = I/d = 1,5A/4,5A/\text{mm}^2 = 0,33\text{mm}^2 = \# 22 \text{ A.W.G}$$

Para bobina de arranque:

$$Z_f = V_f.2P/C.K_a.\Phi_i.L_g.B_d$$

$$Z_f = 110.2/113.0,829.0,067.0,1.0,64 = 548 \text{ espiras}$$

$$Z = (Z_f/2)/\text{Número de ranuras auxiliares} = (548/2)/8$$

$$Z = 34 \text{ espiras/bobina}$$

$$I = P/V.\eta.\cos\theta = 186,5W/110.0,7.0,8 = 3A$$

$$S_c = I/2d = 3A/2(4,5A/\text{mm}^2) = 0,33\text{mm}^2 = \# 22 \text{ A.W.G}$$

Disposición de bobinas para funcionamiento a dos tensiones:

$$\text{Total de espiras} = 1095$$

$$2P = 2$$

$$Z_f/2P = 1095/2 = 548 \text{ espiras/polo}$$

$$548/2=274 \text{ .Las espiras quedan} = 274 + 274 \text{ por polo}$$

Cálculo del condensador:

$$C = P_c.10^6\mu F/W(a.V)^2$$

$$C = 1400.10^6\mu F/11.10^6 = 127\mu F$$

Donde: 1400 (tabla 7.5)

$$11.10^6 \text{ (tabla 7.6)}$$

Cálculo para la confección de bobinas para su montaje:

El devanado es "concentrico", "por polos", "separado"

Posibilidad de ejecución $\approx K/2P \cdot q = 24/2 \cdot 1 = 12$

Donde: $q = \#$ de fases

La ejecución puede hacerse ya que 12 es número entero.

Amplitud = $\#$ de bobinas por grupo del bobinado de campo:

$$U = m = K/6P = 24/6 \cdot 1 = 4$$

Número de bobinas por grupo del bobinado auxiliar

$$Ua = K/12P = 24/12 \cdot 1 = 2$$

Amplitud del bobinado auxiliar

$$ma = K/3P = 24/3 \cdot 1 = 8$$

Paso de principios:

$$y90 = K/4P = 24/4 \cdot 1 = 6$$

Paso de ciclo:

$$y360 = K/P = 24/1 = 24$$

Tabla de principios:

U	Ua
1	7

TABULACION DE DATOS CALCULADOS:

$$2P = 2$$

$$P = 1$$

$$Q = 12 \text{ ranuras/polo}$$

$$q = 4 \text{ ranuras/devanado de arranque por polo}$$

$$Zf = 1095 \text{ espiras}$$

$$Zr = 68 \text{ espiras por bobina}$$

$$I = 1,5A/3A$$

$$Sc \text{ (devanado de campo)} = 0,33\text{mm}^2$$

$$Sc \text{ (devanado de arranque)} = 0,33\text{mm}^2$$

$$C = 127 \mu F$$

$$U = 4$$

$$m = 4$$

$$U_a = 2$$

$$m_a = 8$$

$$y_{90} = 6$$

$$y_{360} = 24$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

En cuanto al funcionamiento del motor, el cual ha sido armado según los valores dados de los cálculos anteriores, podemos afirmar que se encuentra muy bien tanto para 110V como para 220V, lo cual nos indica que los cálculos han sido realizados correctamente y podemos confiar en su exactitud.

En cuanto a los valores de corriente y velocidad tenemos los

siguientes:	110V	220V
	$I = 3,8A$	$I = 1,9A$
	R.P.M = 3575	R.P.M = 3575

Lo que demuestra un funcionamiento normal.

El valor de velocidad no coincide, pero se debe a que el valor de frecuencia tomado de la fuente alimentadora del motor, no es exactamente 60Hz, por lo cual varía su valor de r.p.m.

El valor de la corriente excede en un 27%, pero es debido a que la estructura del motor es para una potencia más grande, y el rotor forma parte ya de una pequeña carga mecánica.

CONCLUSIONES:

La construcción de este motor tiene en sí, el cálculo y diseño de sus devanados estatoricos; partiendo de las dimensiones geométricas del núcleo del estator; lo cual es muy importante ya que conocemos el origen de los componentes eléctricos de este motor, basados en una potencia y tensión deseada.

Será muy aplicado en la práctica en el campo del rebobinado ya que muchas veces a un taller llegan motores con sus devonados totalmente destruidos, siendo imposible poder determinar por lo menos el número de vueltas de los devonados. Es aquí donde entra en práctica lo dicho anteriormente.

GLOSARIO TECNICO

ASBANTO.- Silicato de cal, aluminio y hierro que se presenta en fibras blancas y flexibles, de aspecto sedoso, incombustible e inatacable por los ácidos, por lo que se usa para fabricar tejidos resistentes al fuego.

AMPLITUD.- Se denomina amplitud al valor de pico de una magnitud senoidal.

BOBINA DE CAMPO.- Una bobina por la que circula corriente utilizada para excitar el imán de campo de una máquina.

COJINETE.- Pieza o conjunto de piezas en que se apoya i gira algún eje de maquinaria.

COLECTOR.- Una parte esencial de algunas máquinas especiales de c.a y de todas las máquinas de c.c, que consiste en varias barras de cobre, llamadas delgas, aisladas entre sí y de tierra, y adecuadamente fijadas para soportar los esfuerzos debidos a la rotación. Cada delga está conectada a un extremo de por lo menos dos bobinas de armadura. Unas escobillas de carbón fijas rozan sobre la superficie del colector y dejan circular corriente entre el devonado y los terminales de la máquina.

CONDENSADOR.- Un elemento de circuito cuya característica predominante es la capacidad, el cual almacena energía en su campo eléctrico. Un condensador práctico tiene pérdidas de energía por histéresis y conductibilidad, y puede ser representado

por un condensador ideal con una resistencia de pérdidas en serie o en paralelo.

DEVANADO.- Un sistema de conductores aislados que forman el sistema conductor de corriente de una máquina o transformador y diseñado de manera que establezca un campo magnético, o sea influenciado por uno.

DEVANADO BIFILAR.- Devanado que comprende dos conductores aislados dispuestos uno al lado de otro y conectados en serie, de manera que por ellos circula una corriente de sentidos opuestos.

DEVANADO EN CADENA.- También se denomina devanado en cesto. Es un devanado distribuido para máquinas de c. a. El nombre se deriva del aspecto de las bobinas enlazadas.

DEVANADO CONCENTRICO.- Devanado de armadura en el que las bobinas de un grupo están dispuestas de manera tal que todas tienen un mismo centro.

DEVANADO DE AGUJA.- Un devanado concéntrico realizado a mano que, a pesar de ser obsoleto, en ciertos tipos de máquinas es necesario.

DEVANADO EN ANILLO DE GRAMME.- Un devanado que consiste en unas bobinas devanadas alrededor de un núcleo magnético y en el que cada bobina está conectada en lazo en el anillo.

Puede conocerse alternativamente como devanado toroidal o como devanado gramme.

DEVANADO DE BARRAS.- Un devanado de armadura que consiste en unas barras de sección rectangular. El devanado está hecho con tiras de cobre rectas, aisladas en la parte de la ranura que forman una media bobina. Un extremo está doblado para darle forma y la media bobina se desliza por la ranura. Después se

dobla por el otro extremo y se conectan ambos para formar el devanado.

DEVANADO DE PASO CORTO.- Un devanado distribuido en el que el paso de las bobinas es inferior al paso entre bobinas (paso polar).

DEVANADO DE DOBLE CAPA.- Un devanado en el que cada ranura contiene dos lados de bobina, uno sobre otro.

DEVANADO IMBRICADO.- Una forma muy extendida de devanado de una máquina eléctrica en el que las bobinas conectadas sucesivamente, de aproximadamente paso completo, se solapan.

DEVANADO ONDULADO.- Un devanado de armadura en el que solo hay dos circuitos en paralelo en la armadura, independientemente del número de polos.

DEVANADO DE POLO CONSECUENTE.- Un devanado en el que el número de grupos de bobinas por fase es igual a la mitad del número de polos.

DEVANADO POR POLOS.- Un devanado en el que el número de grupos de bobinas por fase es igual al número de polos.

EJE DIRECTO.- El eje del sistema del campo principal de una máquina electromagnética, dispuesto eléctricamente en ángulo recto con el eje transversal o de cuadratura.

EJE DE CUADRATURA.- En una máquina electromagnética, el eje eléctricamente perpendicular al eje directo. También se conoce como eje transversal.

ENTREHIERRO.- Parte del circuito magnético de las máquinas eléctricas rotativas y de los electroimanes, que requiere la mayor proporción de la fuerza magnetomotriz; por ejemplo, el espacio que hay entre el rotor y el estator de un motor, o entre la armadura y el núcleo de un electroimán.

ESCOBILLA.- Un conductor utilizado para hacer contacto entre una superficie fija y otra móvil. Las condiciones de funcionamiento varían dentro de una amplia gama, y a lo largo de los años se han desarrollado numerosos tipos de calidades de escobillas para adaptarse a los progresos en el diseño de máquinas.

ESPIRA.- Cada una de las vueltas de una hélice o de una espiral.

HORNA.- Es un molde para hacer una cosa; en este caso para hacer madejas.

IMPREGNACION.- De un material aislante, sustitución del aire contenido entre sus fibras por una sustancia adecuada (como cera o barniz). La sustancia de impregnación puede que no llene necesariamente de forma completa el espacio entre conductores aislados.

INDUCTOR.- Un dispositivo cuya principal característica es la propiedad de la inductancia. Casi invariablemente tiene la forma de una bobina compacta. Es un órgano de las máquinas generadoras de corrientes eléctricas y también de los motores que funcionan con ellas, destinado a producir la inducción. En las dinamos es un electroimán y en los magnetos, un imán.

INDUCIDO.- Circuito en el cual se desarrolla una corriente eléctrica por la acción inductora de otra corriente o de un imán.

LINEA DE FUERZA.- La línea de acción de una fuerza, como una fuerza eléctrica o magnética, o una línea dibujada para mostrar en cualquier punto la dirección en que actúa la fuerza.

MATERIAL AISLANTE.- Un material que ofrece una elevada resistencia al paso de la corriente eléctrica. Otras características importantes de un material aislante son su rigidez dieléctrica.

trica y su permitividad.

MICA.- Un complejo de aluminio - silicato de potasio, magnesio y hierro, o de combinaciones parciales de sodio, litio, titanio y vanadio. Las micas, tanto en hojas como más habitualmente en pequeñas escamas o en polvos terrosos, son unos valiosos aislantes eléctricos resistentes al calor. En forma de escamas, la mica necesita un tejido flexible o un papel como soporte.

PERMITIVIDAD.- Es el cosiente entre la densidad de flujo eléctrico en un medio y la intensidad de campo eléctrico.

PERMEABILIDAD.- Es el cosiente entre la densidad de flujo magnético en un medio y la intensidad de campo magnético.

REGULADOR DE INDUCCION.- Un dispositivo electromagnético que tiene un devanado primario en paralelo y un devanado secundario en serie con una alimentación de c.a. La tensión aplicada a una carga puede regularse variando las posiciones relativas de los devanados primario y secundario.

SECCION EFECTIVA CALCULADA.- De un conductor de un cable, la superficie transversal de un conductor macizo de similar resistividad y que tiene la misma resistencia que una longitud igual de cable.

ZUMBADOR.- Dispositivo de señalización como un timbre eléctrico sin martillo o campana. El sonido es producido por la vibración electromagnética de una armadura.

BIBLIOGRAFIA

- (1) *ATABEKOV. V, Reparación del equipo eléctrico de Empresas Industriales, Editorial Mir Moscú.*
- (2) *COYNE, Electricidad práctica aplicada (2), Unión topográfica Editorial Hispano Americana, Segunda edición en Español, Mexico.*
- (3) *DAY Richard, Manual práctico de reparaciones eléctricas, Ediciones C.E.C.S.A, Compañía editorial continental, S.A Mexico 1980.*
- (4) *FEINBERG - JACKSON, Diccionario de Ingeniería Eléctrica.*
- (5) *FERRER Ricardo, Biblioteca práctica de Electricidad (2), Motores eléctricos, Ediciones Edidac, Séptimo edición, Barcelona, 1978.*
- (6) *KOSOW Irving L. PH,D, Máquinas eléctricas y transformadores, Estaten Island Community College city University of New York.*
- (7) *NICOLAU, Electricidad técnica-práctica, transformadores y máquinas eléctricas de c.c y c.a, tomo (4), Ediciones AFHA internacional, S.A, Décimonovena edición, Barcelona (20).*
- (8) *NICOLAU, Electricidad técnica-práctica, Aparatos electrodomésticos, tomo (8), Ediciones AFHA internacional, S.A, Decimooc-tava edición, Barcelona (20).*
- (9) *PERELMUTER N.M, Manual del Electricista, en trabajo de devanado y aislamiento, Editorial Mir Moscú.*
- (10) *RAPUIREZ Vásquez José, Manual de reparación de máquinas de c.a, Ediciones CEAC, Primera edición, Barcelona, 1979.*
- (11) *ROLDAN José, Manual del bobinador, Ediciones CEAC, Barcelona España, 1980.*
- (12) *ROSENBERG Robert, Reparación de motores eléctricos, Tomo (1)y(2)*

- (13) RUDOLPH - WESSEL, *Los electromotores en la práctica, Elección-puesta en servicio - mantenimiento*, Editorial Gustavo Gili, S.A.
- (14) SINGER, L. Francisco, *Tratado de bobinados*, Editorial Neotecnica.
- (15) VASQUEZ Ulloa Patricio, *Tecnología del motor asincrónico, Cálculos trifásicos y monofásicos*.

Santo Domingo, a de de 199

ELABORADO POR :

.....
CESAR MORALES VELEZ

DIRECTOR


.....
ING. ANGEL AGUINALDO R.

EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

.....
ING. OSCAR RODRIGUEZ C.

EL DIRECTOR DE ESCUELA
DE TECNOLOGIA ELECTRICA

.....
ING. RAUL LOPEZ Z.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

EXTENSION SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

Santo Domingo de los Colorados, 21 de Abril de 19 92

INFORME DEL DESARROLLO DE TESIS

El Sr. CESAR MORALES VELEZ, desarrolló la presente tesis, previa a la obtención del título de tecnólogo eléctrico, con el tema "FUNCIONAMIENTO - MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES MONOFÁSICOS Y CONSTRUCCION DEL MOTOR DE INDUCCION MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA", cabe señalar que este trabajo ha sido realizado de manera continua y sistemática de acuerdo a la planificación inicial del tema de tesis, tal y como consta en la denuncia y plan de tesis.

El Sr. CESAR MORALES VELEZ, para elaborar su trabajo tuvo como principal fuente de información la bibliografía existente en la biblioteca municipal de Santo Domingo de los Colorados y biblioteca particular, así como de manuales que tratan sobre el tema.

En la parte práctica de la tesis, el Sr. CESAR MORALES VELEZ, obtuvo un motor monofásico bitensión, reforzando los planteamientos técnicos emitidos en su tesis.

Se ha dado cumplimiento en forma satisfactoria a los objetivos programados.

Tnlgo. Angel Aguagallo R.


.....
DIRECTOR DE TESIS