

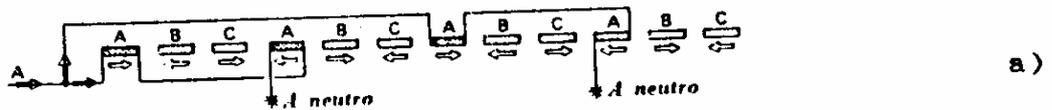
UNIDAD 9

IDENTIFICACION DE CONEXIONES Y EL NUMERO DE POLOS DE UN MOTOR TRIFASICO

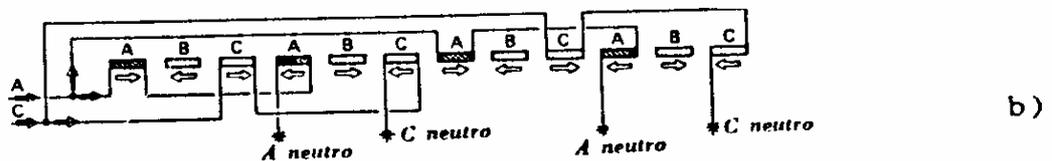
- OBJETIVO: El objetivo de esta unidad es instruir al estudiante para que identifique las conexiones y el número de polos en los motores trifásicos.
- CONTENIDO:
- 9.1 Manera de identificar la conexión de un motor trifásico
 - 9.2 Método práctico para determinar el número de polos en un motor
 - 9.3 Motores trifásicos doble tensión de servicio
 - 9.4 Principio de funcionamiento de motores de dos tensiones
 - 9.5 Motores conectados en estrella / triángulo
 - 9.6 Repaso de la unidad
 - 9.7 Cuestionario
- RECURSOS:
- Láminas explicativas
 - Maquetas de motores con diferentes conexiones.

1 MANERA DE IDENTIFICAR LA CONEXION DE UN MOTOR TRIFASICO

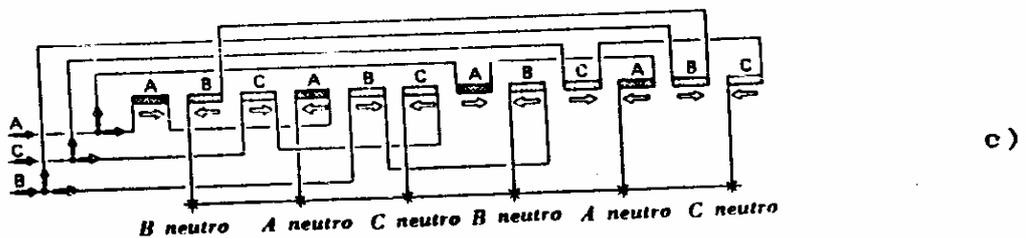
Como se mencionó anteriormente (ver rebobinado de un motor trifásico) antes de proceder a la extracción del devanado de un motor trifásico es preciso identificar el tipo de conexión del mismo. Esta cuestión es de suma importancia y requiere un conocimiento previo de los diferentes casos que pueden presentarse. Solo si el bobinador u operario encargado de la reparación tiene en la mente los diversos diagramas esquemáticos podrá llegar con relativa facilidad al objetivo propuesto.



Conexión en doble paralelo de los cuatro grupos de la fase A. Los dos terminales libres irán conectados al punto neutro.



Conexión en doble paralelo de los cuatro grupos de las fases A y C. Ahora son cuatro los terminales libres pendientes de su unión al punto neutro.



Esquema lineal completo del motor cuyo diagrama esquemático se ha representado en la figura. Los seis terminales libres están ahora conectados conjuntamente y forman el punto neutro.

fig. 9.1

Para la identificación de la conexión es conveniente observar varias normas preventivas, que pueden resultar de notoria utilidad.

En primer lugar, no deben cortarse terminales ni extraerse bobinas del arrollamiento hasta estar seguros del tipo de conexión del mismo, para ello nos ayudarán los datos de características del motor en ella está indicando si el motor ha sido previsto para girar a una o dos velocidades de régimen o para trabajar a una o dos tensiones de servicio e incluso si el motor está conectado en triángulo o estrella.

Reteniendo en la memoria estas características particulares y los diagramas esquemáticos descritos anteriormente, poco esfuerzo costará identificar la conexión en cuestión, bastará para ello proceder como sigue:

1. Se empieza por contar el # de grupos a cada hilo de línea. Por ejemplo en una conexión estrella serie a cada hilo de línea va conectado un grupo. No existe ninguna otra clase de conexión de motor que suceda así, vea la figura 8.1

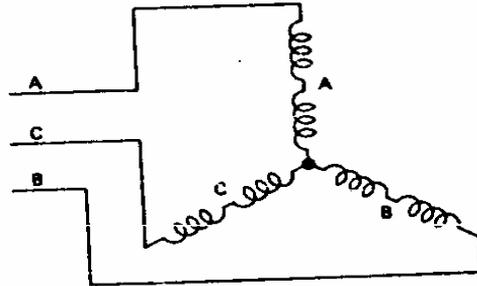
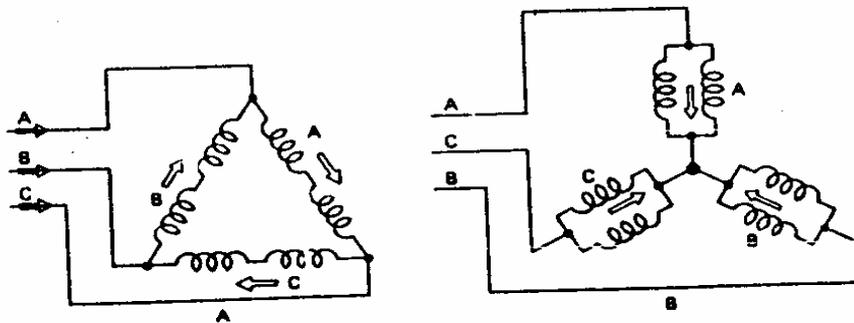


Diagrama esquemático de un motor trifásico bipolar estrella/serie (1 Y). La conexión es estrella/serie porque a cada línea de alimentación va unido un solo grupo.

fig. 8.1 Conexión estrella serie

2. Si a cada hilo de línea van conectados dos grupos, la conexión podrá ser en triángulo serie o bien en estrella doble paralelo como podemos ver en la figura 8.2 A y B respectivamente.



Tanto la conexión en triángulo/serie (izquierda) como la conexión en estrella/doble paralelo (derecha) tienen la particularidad de presentar dos grupos de bobinas unidos a cada línea de alimentación, pero la segunda se distingue de la primera porque los seis grupos tienen un extremo común.

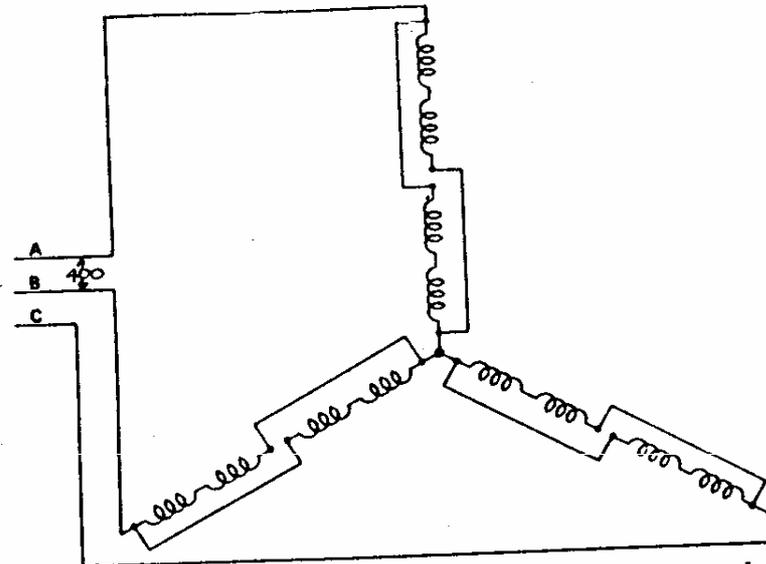
TRIÁNGULO SERIE

ESTRELLA DOBLE PARALELO

fig. 8.2

Para determinar si se trata de la conexión estrella doble paralelo se buscará el punto neutro al que vayan conectados los 6 grupos. Si no existe el punto neutro entonces la conexión será en triángulo o Delta.

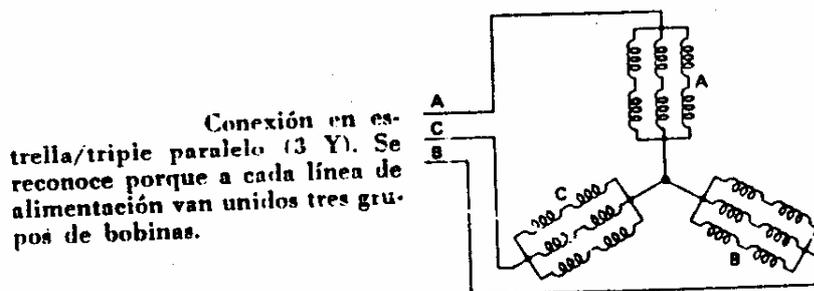
A veces hay dos puntos neutros separados de 3 grupos cada uno; o también puede ser que el motor este conectado en estrella doble paralelo como en la figura 9.3.



El mismo motor de la figura 9.2b pero conectado en estrella/doble paralelo (2 Y) con un solo punto neutro. La tensión aplicada entre fase y neutro es de 230 V. $\Rightarrow V_{F-P} = 230 \times \sqrt{3}$

fig. 9.3 Conexión estrella doble paralelo

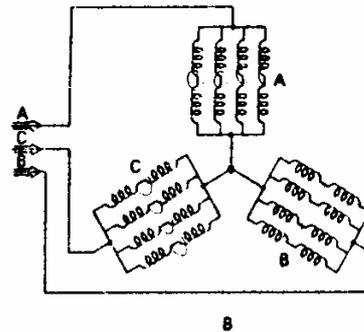
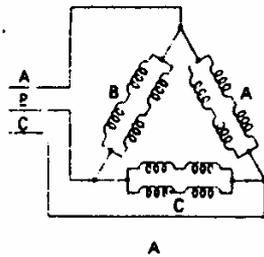
3. Si a cada hilo de línea van conectados 3 grupos la conexión es en estrella triple paralelo, no hay otro tipo de motor que tenga tal conexión, según se ve en la figura 9.4.



Conexión en estrella/triple paralelo (3 Y). Se reconoce porque a cada línea de alimentación van unidos tres grupos de bobinas.

fig. 9.4 Conexión estrella triple paralelo

4. Cuando a cada hilo de línea van conectados 4 grupos, el motor podrá ser: en triángulo doble paralelo o bien en estrella cuadruple paralelo, identificándose esta última conexión cuando los 12 grupos van conectados en el punto neutro. De no existir dicho punto neutro entonces será una conexión doble paralelo, según se ve en la figura 9.5.



TRIANGULO DOBLE PARALELO

ESTRELLA CUADRUPLE PARALELO

fig. 9.5

Basta estos ejemplos para demostrar que un conocimiento previo de los diagramas esquemáticos anteriormente expuestos facilita extraordinariamente la identificación del tipo de conexión de un motor dado.

8.2 METODO PRACTICO PARA DETERMINAR EL # DE POLOS DE UN MOTOR

Cuando se conoce la velocidad de un motor el problema solo se reduce a la aplicación de la fórmula de la velocidad sincrónica y se obtiene el respectivo número de polos.

$$S = \frac{120 \times F}{\# \text{ polos}}$$

F = Frecuencia

S = Velocidad sincrónica

Pero supongamos que vamos a rebobinar un motor que no tiene placa y no tenemos datos de velocidad; podemos proceder de la siguiente manera:

Se cuenta el # de grupos y se divide para el # de fases; se reconocen fácilmente los grupos ya que están aislados unos de otros con papel prespan y además cada grupo de bobinas tiene un principio y un final.

También puede determinarse el # de polos contando las conexiones entre grupos. Por ejemplo si se sabe que el motor va conectado en doble estrella y que el # de conexiones entre grupos es de 6 el motor será tetrapolar, como se ve en la figura 9.6. Los números indican las conexiones entre grupos.

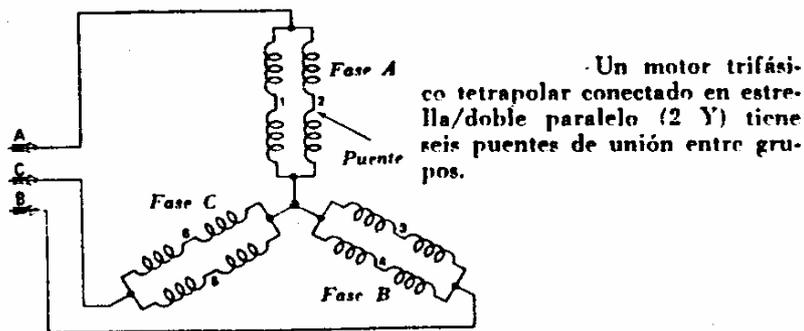


fig. 9.6

NOTA: Debe ponerse especial cuidado en revisar la conexión entre grupos ya que puede ser de CONEXION ALTERNADA o de CONEXION CONSECUENTE.

CONEXION ALTERNADA

Cuando la conexión que tienen los grupos de la misma fase es alternada coincidirá el número de grupos de una misma fase con el número de polos que hemos determinado según se ve en la figura 9.7, para mejor comprensión solo se ha conectado los grupos pertenecientes a la fase A de un motor de 4 polos.

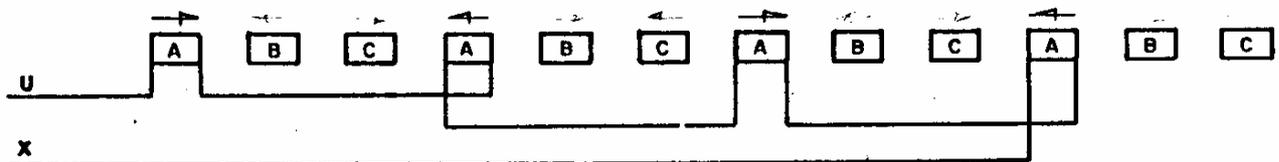


fig. 9.7 Conexión alternada de los grupos de un motor de cuatro polos

CONEXION CONSECUENTE

En cambio si la conexión es de polo consecutivo el número de grupos solamente es la mitad que el de polos, y las flechas que señalan la circulación de la corriente indicarán una sola dirección; en la figura 9.8 se puede ver la conexión para un motor de 4 polos pero con conexión consecuyente, igualmente se ha conectado solamente la fase A.

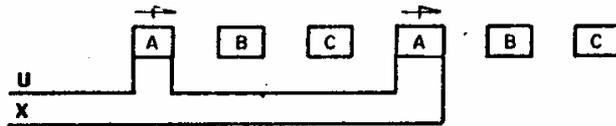


fig. 9.8 Conexión consecutiva de los grupos de un motor de cuatro polos

Nótese la diferencia en el número de grupos y la conexión entre ellos en un motor que va a girar a las mismas revoluciones.

Esta determinación es muy importante, caso contrario alteraríamos la velocidad de funcionamiento del motor, que a su vez traería grandes complicaciones cuando tenga que arrastrar la carga.

9.3 MOTORES TRIFÁSICOS PARA DOBLE TENSION DE SERVICIO

La mayoría de los motores trifásicos de tamaño pequeño y mediano se construyen de manera que puedan conectarse a dos tensiones de alimentación distintas. El objeto principal de aquello es que el mismo motor pueda ser utilizado en localidades con redes de fuerza de distintas tensiones.

Por lo general los terminales externos del motor están dispuestos para que puedan conectarse convenientemente los arrollamientos: "en serie" para la tensión mayor y en "doble paralelo" para la tensión menor.

9.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DE DOS TENSIONES

Supongamos que tenemos 4 bobinas cada una de ellas diseñadas para soportar una tensión de 115 V. Entonces según la conexión que realicemos podemos hacerlos trabajar sea a 115; 230 o 460 voltios, según como podemos apreciar en la figura 9.9 a, b y c.

Por consiguiente, a pesar de ser distinta la tensión de la red en los tres casos precedentes, la diferente conexión de los grupos deja invariable la tensión aplicada individualmente a cada uno. Todas las máquinas previstas para dos tensiones de servicio se basan en este principio.

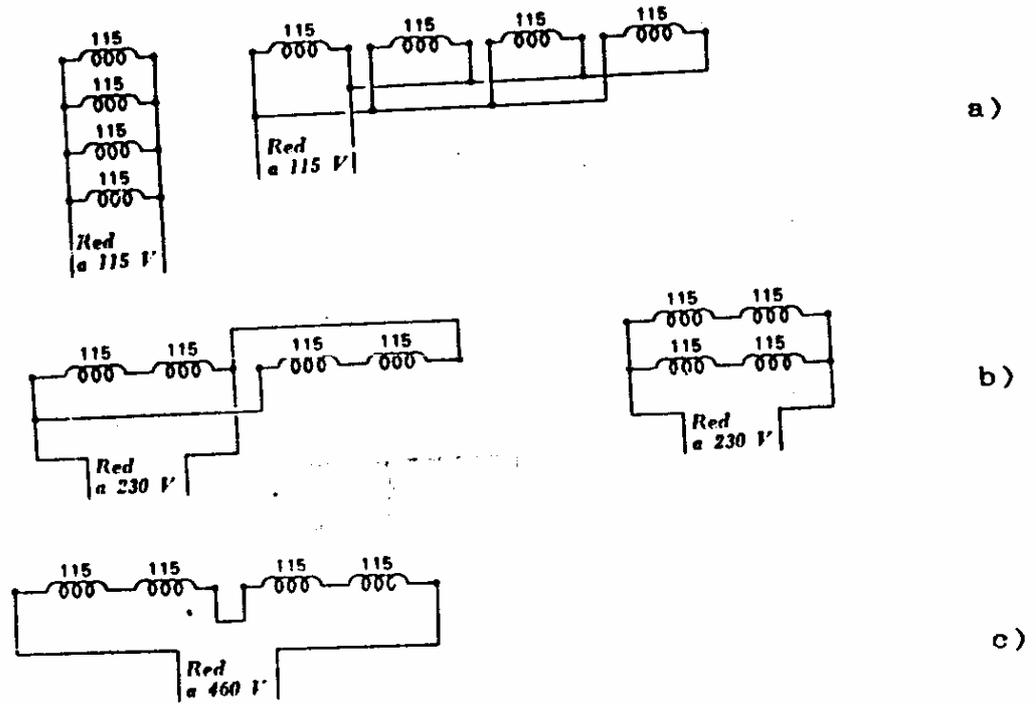


fig. 9.9 Conexiones para diferentes voltajes

Con los motores trifásicos se opera de modo análogo, pudiendo tenerse motores para conexión en estrella o conexión en triángulo. Estos motores generalmente tienen designados sus terminales con números, normalizados desde T₁ hasta T₁₂, o simplemente de 1 al 12 en motores que tienen los 12 terminales; o cuando tienen 9 terminales tendrán su designación de 1 al 9 o T₁ al T₉, según se ve en la figura 9.10

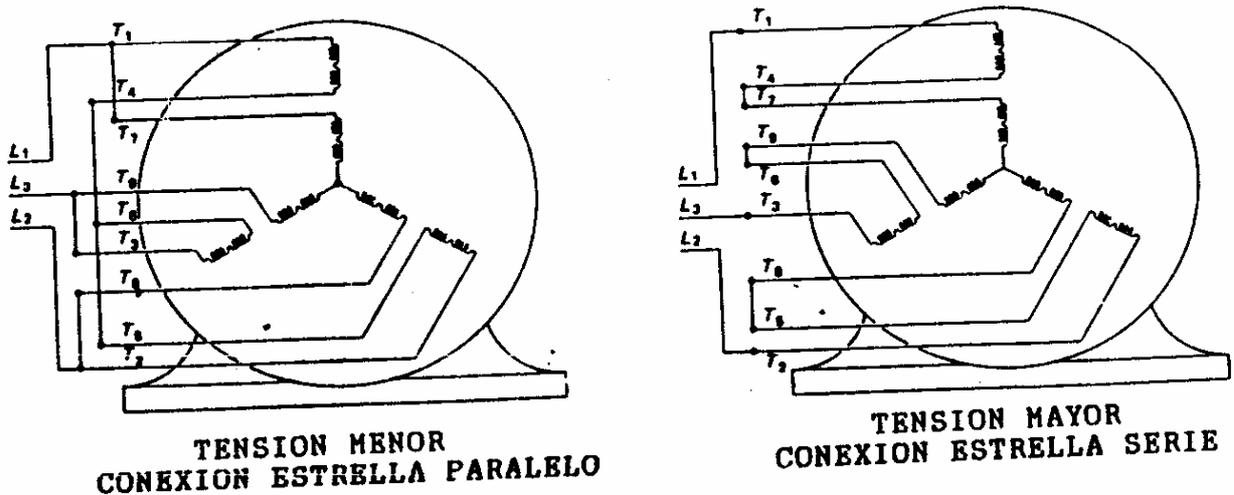


fig. 9.10

En la figura 9.11 puede verse la conexión esquemática para un motor conectado en triángulo (tensión mayor y tensión menor).

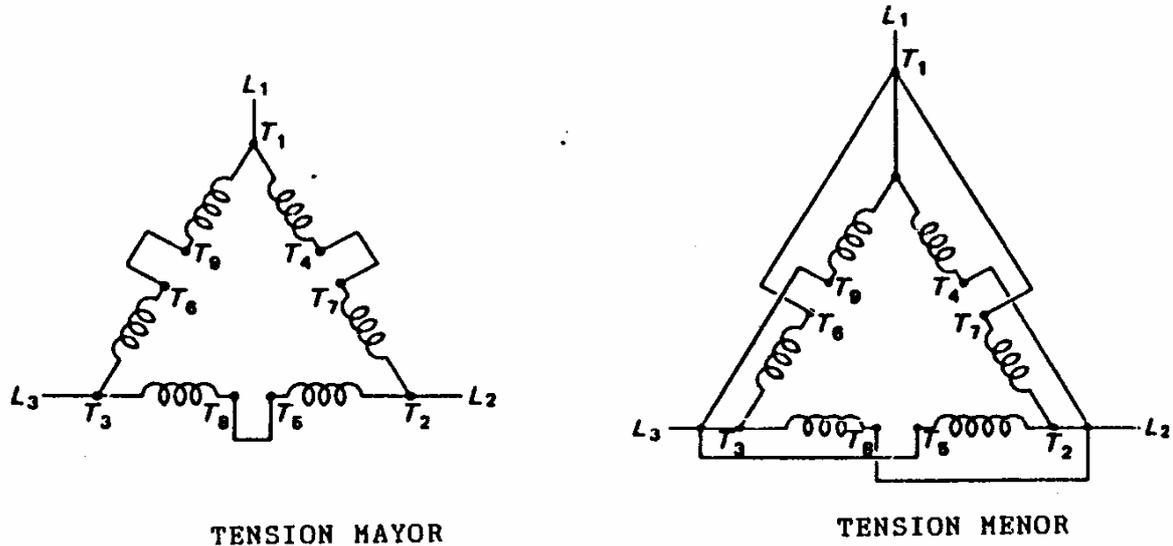


fig. 9.11

9.5 MOTORES CONECTADOS EN ESTRELLA / TRIANGULO

Ciertos motores para dos tensiones de servicio tienen los terminales previstos de modo que el arrollamiento entero pueda conectarse en estrella (Tensión mayor) o bien en triángulo (Tensión menor). En tal caso las tensiones mayor y menor deben hallarse en la relación de $\sqrt{3} : 1$ (en vez de $2 : 1$ como en los demás tipos).

En estos motores generalmente tenemos 6 terminales que salen fuera del motor, con las letra U-V-W; X, Y, Z, según se ve en la figura 9.12

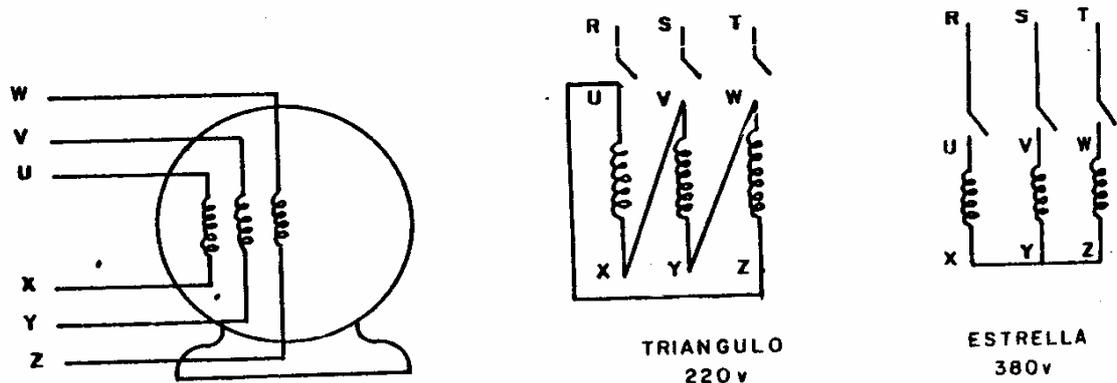


fig. 9.12 Motor trifásico con 8 terminales identificados con letras normalizadas

Para la conexión triángulo se aplicarán 220 voltios y para la conexión estrella se aplicarán 380 voltios.

6 REPASO DE LA UNIDAD

a. La identificación de las conexiones de un motor trifásico es de suma importancia y requiere previo conocimiento de los posibles casos que puedan presentarse.

b. En primer lugar no deben cortarse terminales ni extraerse bobinas del arrollamiento hasta cuando se este seguro del tipo de conexión del mismo.

c. Según el número de grupos que se conecte a cada hilo de línea la conexión podrá ser:

- Estrella serie
- Estrella doble paralelo - con punto común
- Triángulo serie
- Estrella triple paralelo - con punto común
- Triángulo doble paralelo
- Estrella cuádruple paralelo.

d. El número de polos de un motor trifásico puede determinarse mediante el dato de velocidad y aplicando la fórmula:

$$S = \frac{120 \times F}{\# \text{ polos}}$$

e. Se puede determinar el número de polos contando las conexiones entre grupos o también contando el número de grupos y dividiendo para el número de fases

f. Debe ponerse especial cuidado cuando se trate de conexión alternada o de conexión consecuente.

Si es conexión alternada coincide el número de grupos de una misma fase con el número de polos.

En cambio si es conexión consecuente, el número de grupos de la misma fase será la mitad que el número de polos.

- g. Los motores que pueden trabajar con dos tensiones distintas funcionan bajo el mismo principio: para tensión menor la conexión es en PARALELO. Para la tensión mayor la conexión es en SERIE.
- h. Cuando un motor trae 6 terminales con las letras U-V-W; X-Y y Z puede funcionar con dos tensiones, normalmente conexión en triángulo 220 voltios y conexión estrella 380 voltios.

.7 CUESTIONARIO

- 1. Si a cada hilo de línea van conectados dos grupos la conexión puede ser ... Δ $\frac{4}{2} = 2$
- 2. Si a cada hilo de línea van conectados tres grupos la conexión puede ser ... Δ
- 3. Cuántos grupos de bobinas debe haber en la fase A en un motor que gira a 1800 r.p.m. y tiene conexión de polo consecuente?
 $\frac{4}{2} = 2$
- 4. Cómo deben conectarse los grupos en un motor de dos tensiones para que trabaje con la tensión menor?.

UNIDAD 10

CALCULO Y DISTRIBUCION DE BOBINADOS FRACCIONARIOS

OBJETIVO: Instruir al estudiante para que realice calculos en bobinados fraccionarios como una introducción al diseño.

CONTENIDO:

- 10.1 Arrollamientos trifásicos con grupos desiguales de bobinas
- 10.2 Ejemplo de bobinado entero
- 10.3 Ejemplo de bobinado fraccionario
- 10.4 Repaso de la unidad
- 10.5 Cuestionario

RECURSOS: Conocimiento de las cuatro operaciones.

10.1 ARROLLAMIENTOS TRIFASICOS CON GRUPOS DESIGUALES DE BOBINAS

En la unidad No. 8 estudiamos las cuatro reglas fundamentales de los devanados de un motor trifásico, en el ejemplo aplicado se vio así mismo que cuando realizamos las operaciones los resultados fueron números enteros; entonces cuando realizamos las operaciones de las cuatro reglas fundamentales y los resultados son números enteros, el bobinado se llama ENTERO; y, se llama así porque todos los grupos de bobinas tienen el mismo número de bobinas.

Pero en algunos devanados de motores trifásicos no tienen igual número de bobinas los grupos, unos tendrán más bobinas que otros, llamándose por ello bobinado FRACCIONARIO.

Para mejor comprensión ilustremos con ejemplos lo dicho anteriormente.

10.2 EJEMPLO DE BOBINADO ENTERO

Se trata de un motor de 4 polos con 24 ranuras trifásico y se desea encontrar:

- a. # de bobinas por fase
- b. # de bobinas por polo
- c. # de grupos
- d. # de bobinas por grupo

DESARROLLO

$$a. \quad \# \text{ de bobinas por fase} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ fases}} = \frac{24}{3} = 8 \text{ bob./fase}$$

$$b. \quad \# \text{ de bobinas por polo} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ polos}} = \frac{24}{4} = 6 \text{ bob./polo}$$

$$c. \quad \# \text{ de grupos} = \# \text{ fases} \times \# \text{ polos} = 3 \times 4 = 12 \text{ grupos}$$

$$d. \quad \# \text{ bobinas por grupo} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ grupos}} = \frac{24}{12} = 2 \text{ bob./grupo}$$

Como se podrá dar cuenta el estudiante todos los resultados han sido números enteros, en consecuencia todos los grupos tendrán el mismo número de bobinas, en este caso dos bobinas por grupo; la distribución sería la siguiente:

POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4
A B C	A B C	A B C	A B C
2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2

COMPROBACION

sumamos el número de grupos de la fase A = 8 bobinas
 sumamos el número de grupos de la fase B = 8 bobinas
 sumamos el número de grupos de la fase C = 8 bobinas
 TOTAL 24 bobinas.

10.3 EJEMPLO DE BOBINADO FRACCIONARIO

Se trata de un motor de 4 polos con 54 ranuras, trifásico, y se desea encontrar:

- # de bobinas por fase
- # de bobinas por polo
- # de grupos
- # de bobinas por grupo

DESARROLLO

$$a. \# \text{ de bobinas por fase} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ fases}} = \frac{54}{3} = 18 \text{ bob./fase}$$

$$b. \# \text{ de bobinas por polo} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ polos}} = \frac{54}{4} = 13.5 \text{ bob/polo (FRACCIONARIO)}$$

$$c. \# \text{ de grupos} = \# \text{ fases} \times \# \text{ polos} = 3 \times 4 = 12 \text{ grupos}$$

$$d. \# \text{ bobinas por grupo} = \frac{\# \text{ bobinas}}{\# \text{ grupos}} = \frac{54}{12} = 4 \frac{6}{12} \text{ bob./grupo}$$

Como se dar cuenta el estudiante el resultado del número de bobinas por polo no es un número entero, y además el número de bobinas por grupo tampoco es entero; y, como se podrá dar cuenta no se puede construir grupos de 4 bobinas y un poquito más de bobina, sino que tendrá que construirse grupos de cuatro bobinas y grupos de cinco bobinas, pero ahora la pregunta sería: y cuántos grupos de bobinas construyo de 4 y cuántos grupos de 5 bobinas?. Para esto debemos hacer lo siguiente:

- a. El resultado del número de bobinas por grupo se debe dejar expresado en número mixto sin reducir la fracción, o sea:

$$54 \overline{) 06} \begin{array}{r} 12 \\ 4 \end{array} \quad \text{es lo mismo} \quad \frac{54}{12} = 4 \frac{6}{12}$$

Seguidamente se trabaja con el número mixto, cojamos el de nuestro ejemplo que es:

$4 \frac{6}{12}$

Recuerde que no e debe reducir la fracción.

Entonces el nuemrador de la fracción nos indica el número de grupos con mayor número de bobinas, el número entero sumado una unidad, para el ejemplo que estamos siguiendo sería:

	6 grupos de 4 + 1 bobinas = 30 bobinas
y	6 grupos de 4 bobinas = 24 bobinas
TOTAL	12 grupos 54 bobinas

A continuación debemos distribuir uniformemente en la periferia del estator las bobinas de modo que cada fase cuente con el mismo número de bobinas, o sea 18 bobinas.

Se acostumbra simbolizar los grupos con las letras A-B-C y se pone debajo de cada una el mayor número de bobinas encontrado, en nuestro ejemplo sería el 5, luego se resta el número conveniente en forma simétrica como se ve a continuación:

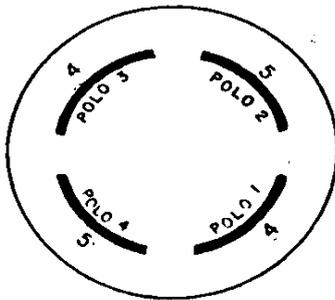
POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4
A B C	A B C	A B C	A B C
5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5
-1 -1	-1	-1 -1	-1
<hr/> 454	<hr/> 545	<hr/> 454	<hr/> 545

Sumemos ahora el número de bobinas que tienen las fases:

FASE A:	4 + 5 + 4 + 5 = 18 bobinas
FASE B:	5 + 4 + 5 + 4 = 18 bobinas
FASE C:	4 + 5 + 4 + 5 = 18 bobinas
TOTAL	<hr/> 54 bobinas

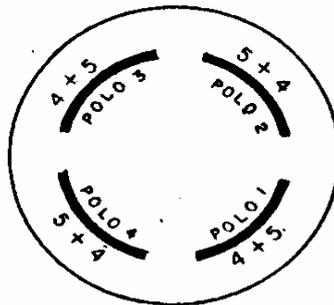
Para comprobar que hemos hecho una buena distribución simétrica se comprueba con el diagrama circular.

FASE A



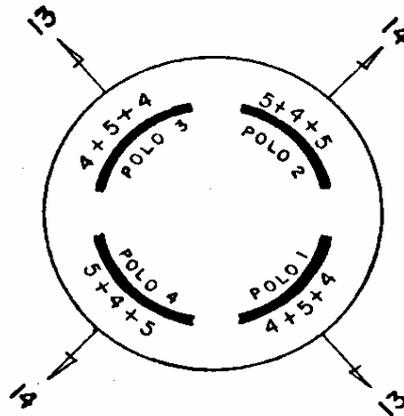
Como se podrá observar están diametralmente opuestos los grupos que tienen mayor número de bobinas, con esto se logra que el flujo magnético se distribuya uniformemente.

FASE A + B



Como se podrá fijar el estudiante hemos equilibrado con la fase B y tenemos hasta ahora 9 bobinas en cada polo.

FASE A+B+C



Ahora ya tenemos completa la distribución y como podrá darse cuenta el estudiante hemos equilibrado el número de bobinas que existe en cada polo, en otras palabras lo que hicimos linealmente lo hemos trasladado al diagrama circular para darnos cuenta muy rápidamente si se está distribuyendo bien o mal.

NOTA: No se debe sacar las bobinas de grupos seguidos, ya que la distribución va a ser pésima y además el rendimiento del motor bajará ostensiblemente, a continuación voy a ilustrar lo que no se debe hacer, por eso lo voy a tachar.

POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4
A B C	A B C	A B C	A B C
5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5
-1-1-1	-1-1-1		
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
444	444	555	555

Sumemos ahora el número de bobinas que tienen las fases:

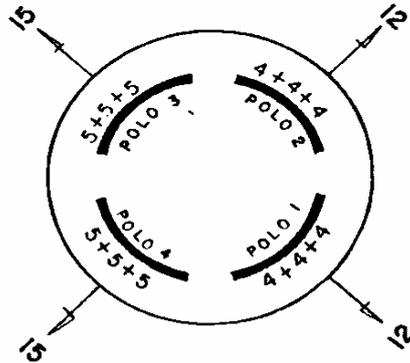
FASE A: 4 + 4 + 5 + 5 = 18 bobinas

FASE B: 4 + 4 + 5 + 5 = 18 bobinas

FASE C: 4 + 4 + 5 + 5 = 18 bobinas

TOTAL 54 bobinas

/NUNCA HAGA ESTO/



Como se ve claramente cuando este motor funcione en un lado del motor habrá más flujo que en el otro con lo que el motor bajaría notablemente su rendimiento.

Fijese que el motor solamente tiene 54 bobinas que es igual al número de ranuras expuesto en el ejemplo, además cada fase tiene el mismo número de bobinas 18 para nuestro ejemplo, pero la mala distribución hará que fracasemos en caso de tener que diseñar un motor o recuperar una carcasa que se encuentra sin bobinas y queremos que el motor vuelva a funcionar.

10.4 REPASO DE LA UNIDAD

Por la característica misma de esta unidad no existe repaso, mas bien recomiendo al estudiante memorizar todo lo referente a la distribución de bobinados fraccionarios ya que esto nos va a servir en las siguientes unidades, cuando tratemos de cálculo de motores trifásicos.

10.5 CUESTIONARIO

1. Siguiendo los lineamientos vistos en esta unidad realizar el cálculo y distribución para los siguientes problemas:
 - a. se trata de un motor trifásico con 48 ranuras, 6 polos.
 - b. se trata de un motor trifásico con 27 ranuras, 4 polos.
 - c. se trata de un motor trifásico con 30 ranuras, 4 polos.

UNIDAD 11

DETECCION, LOCALIZACION Y REPARACION DE AVERIAS EN
LOS MOTORES TRIFASICOS

OBJETIVO: Tener una guía básica para detectar posibles defectos o fallas que tengan los motores trifásicos.

CONTENIDO:

- 11.1 Contactos a masa
- 11.2 Interrupciones
- 11.3 Cortocircuitos
- 11.4 Inversiones de polaridad
- 11.5 Inversiones de bobinas
- 11.6 Inversiones de grupos
- 11.7 Inversiones de fases
- 11.8 Averías más frecuentes en motores trifásicos
- 11.9 Repaso de la unidad
- 11.10 Cuestionario

RECURSOS:

- brújula
- fuente variable de corriente continua
- variac trifásico.

11.1 CONTACTOS A MASA

Ya estudiamos en la unidad No. 4 al referirnos a los motores monofásicos, pero haremos incapié en que debemos probar fase por fase estando estas separadas.

De detectarse una fase con este defecto se procurará localizar el mismo y tratar de solucionar, a veces es necesario separar todos los grupos para probar uno a uno.

11.2 INTERRUPCIONES

Pueden producirse por rotura de algún hilo o también por un mal empalme o conexión floja, la prueba se realiza con un ohmetro o también con una lámpara de prueba, para detectar esta falla es necesario que se pruebe fase por fase como en el caso anterior.

11.3 CORTOCIRCUITOS

Se estudió en la unidad No. 4 por lo que recomiendo repasar y revisar dicha unidad.

11.4 INVERSIONES DE POLARIDAD

Son debidos a conexiones erróneas de bobinas, grupos o fases, causadas por descuido eventual o falta de experiencia del bobinador.

11.5 INVERSIONES DE BOBINAS

En todos los motores polifásicos, las bobinas pertenecientes a un mismo grupo deben estar conectadas de manera que la corriente circule por todas ellas en el mismo sentido. Si se ha ejecutado una o varias conexiones erróneamente, la corriente circulará por las bobinas afectadas en sentido contrario al debido, con las consiguientes inversiones de polaridad.

Efectuando el devanado por grupos no puede cometerse evidentemente este error, a menos que las bobinas se alojen en las ranuras al revés por error o descuido al introducirlas.

El mejor método para localizar bobinas con la polaridad invertida es examinarlas visualmente todas una por una; sin embargo, ello no es siempre posible. Un sistema de compro-

bación muy seguro consiste en alimentar separadamente cada fase con una fuente de corriente continua de baja tensión, por ejemplo una batería y recorrer con una brújula todo el estator, junto al bobinado.

A medida que la brújula pasa frente a cada polo de una misma fase, la aguja irá acusando alternativamente el cambio de polaridad, (procedimiento visto en la unidad No. 4).

NOTA: Si al hallarse ante un polo, la aguja se mantiene en una posición mas bien indefinida, habrá probablemente una bobina con las conexiones invertidas en dicho polo. Esta bobina crea un campo magnético de sentido opuesto al creado por las demás, lo cual debilita el campo resultante, y el efecto de éste sobre la aguja de la brújula.

11.6 INVERSIONES DE GRUPOS

Se produce por la mala conexión entre grupos de la misma fase, la forma de comprobar es idéntica al procedimiento anterior, se lo hará así mismo con ayuda de una fuente de C.C. y una brújula.

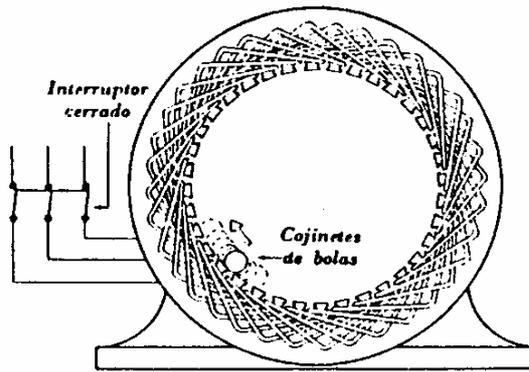
11.7 INVERSIONES DE FASES

Sucede a menudo en la conexión final; por ejemplo suponemos que se va a realizar una conexión estrella y por error en vez de puentear los tres finales punteamos dos finales y un principio de fase o si se trata de una conexión en triángulo es posible que nos hayamos equivocado así mismo en las conexiones de principio y finales. Cuando esto sucede el motor funcionará con un zumbido magnético, además la corriente en las tres fases serán desiguales, por lo tanto el motor corre el peligro de quemarse, si no se remedió a tiempo.

La mejor manera de comprobar es conectando en estrella y alimentando con C.C. de baja tensión al punto neutro y el otro lado de la fuente a cada una de las fases, en estas condiciones se pasa la brújula frente a cada grupo y la brújula debe cambiar alternativamente de no hacerlo así entonces en la fase que se repita la polaridad anterior debe cambiarse el principio por el final.

Otro método que da óptimos resultados es el siguiente:

Realizadas las conexiones se alimenta el estator con corriente trifásica de baja tensión y se hace rodar una bola metálica o rodamiento dentro del estator como se ve en la figura 11.1.



Si las conexiones internas son correctas, la bola de cojinete rodará por dentro el núcleo estatórico.

fig. 11.1 Comprobación de las conexiones de las fases

Cuando las conexiones están bien realizadas la bola girará, de lo contrario, permanecerá estática en el lugar que se tiene una inversión de polaridad, ayudándonos con esto a detectar la posición del grupo o de la bobina que tiene falla.

11.8 AVERIAS MAS FRECUENTES EN MOTORES TRIFASICOS

A continuación enumeramos las causas más frecuentes de daño en este tipo de motores en la Unidad No. 4 ya estudiamos con detenimiento la mayoría de pruebas, aquí nos limitaremos solamente a enumerarlas.

1. EL MOTOR NO ARRANCA

- a. fusible fundido
- b. cojinetes desgastados
- c. sobrecarga
- d. fase interrumpida
- e. bobina o grupo de bobinas en cortocircuito
- f. barras rotóricas flojas
- g. conexiones internas erróneas
- h. cojinetes agarrotados
- i. arrollamiento con contacto a masa.

2. EL MOTOR NO FUNCIONA CORRECTAMENTE

- a. fusible fundido
- b. cojinetes desgastados
- c. bobina con cortocircuito entre espiras
- d. fase con polaridad invertida
- e. fase interrumpida
- f. conexión en paralelo interrumpida
- g. arrollamiento con contacto a masa
- h. barras rotóricas flojas
- i. tensión o frecuencia incorrectas.

3. EL MOTOR GIRA DESPACIO

- a. bobina o grupo de bobinas con cortocircuito
- b. Bobina o grupo de bobinas con la polaridad invertida
- c. Cojinetes desgastados
- d. sobrecarga
- e. fase con la polaridad invertida
- f. barras rotóricas flojas.

4. EL MOTOR SE CALIENTA EXCESIVAMENTE

- a. sobrecarga
- b. cojinetes desgastados o agarrotados
- c. bobina o grupo de bobinas con cortocircuito entre espiras
- d. funcionamiento como monofásico
- e. barras rotóricas flojas.

NOTA: Cuando probemos un motor trifásico en vacío debemos medir la corriente que consume el mismo y ésta debe ser aproximadamente la tercera parte de la nominal (de lo que indica la placa) en cada una de las fases; si cualquiera de las fases consume más que las demás es señal evidente que el motor tiene avería.

Esta prueba es básica y es necesario realizarla ya que nos indica aproximadamente el estado en que se encuentra el motor trifásico.

Si la corriente es menor que la tercera parte de la nominal y además es equilibrada, significa que el motor está trabajando con tensión menor a la nominal, en cuyo caso se deberá cambiar la conexión, por ejemplo el motor debe funcionar con 220 voltios y conexión triángulo, pero si le hemos puesto conexión estrella deberíamos aplicar 380 voltios y si por el contrario le aplicamos 220 voltios, la corriente que consume en vacío será menor que la tercera parte; si no cambiamos la conexión, al cargar el motor, este se quemará.

11.9 REPASO DE LA UNIDAD

- a. La mayoría de fallas fueron estudiadas en la Unidad No. 4
- b. Es posible que por un error involuntario o por falta de pericia se invierta una bobina, un grupo o toda una fase, en cuyo caso es conveniente realizar las pruebas que estudiamos en la Unidad No. 4 pero como es trifásico debemos realizar las pruebas en cada una de las fases.
- c. Las fallas que se producen en los motores trifásicos son similares a las estudiadas en la Unidad correspondiente a motores monofásicos, por lo mismo la reparación deberá ser aproximadamente la misma, es por eso que recomiendo estudiar detenidamente la unidad No. 4 correspondiente a motores de fase partida.
- d. Recuerde que cuando se prueba un motor trifásico en vacío el consumo de corriente debe ser la tercera parte de la nominal.

11.10 CUESTIONARIO

1. Cómo se comprueba que una fase está invertida en un motor trifásico?
2. Qué se comprueba con ayuda de una brújula y una fuente variable de corriente continua?
3. Si el motor consume menos de la tercera parte de la corriente nominal en vacío que se debe hacer?
4. Si el motor se calienta excesivamente cuáles pueden ser las posibles fallas?
5. Si el motor gira despacio cuáles son las posibles fallas?.

UNIDAD 12

CALCULO DE MOTORES TRIFASICOS

OBJETIVO: Dar al estudiante los pasos necesarios para la recuperación de carcazas de motores trifásicos en forma sencilla y fácil.

CONTENIDO: 12.1 Generalidades
12.2 Procedimiento de cálculo
12.3 Repaso de la unidad
12.4 Cuestionario

RECURSOS: - conocimiento de las cuatro operaciones
- conocimiento de las unidades
- calculadora.

12.1 GENERALIDADES

El cálculo que vamos a proponer se ha desarrollado en base a la necesidad de modificar, o recuperar un motor trifásico, o también en el caso de tener que cambiar el devanado de un motor monofásico a devanado trifásico. Sea cual fuere la necesidad que se nos presente el procedimiento es el mismo, que por cierto es bastante sencillo y ha sido comprobado a base de la recuperación y modificación de muchos motores que en la actualidad se encuentran trabajando en la industria.

Para la fábrica de motores eléctricos el cálculo representa una tarea de proyecto y otra de verificación en el laboratorio pero para el bobinador el asunto es diferente, pues debe resolver distintos problemas para cada motor y no diseñar un prototipo en el cual se invierte tiempo y dinero para luego construir muchas unidades en serie. Por esta razón desarrollaré el procedimiento de cálculo de un bobinado en forma general, no aplicable a las fábricas sino al taller de rebobinado. Claro que el principio es único; y, puede ser adaptado al proyecto de una serie de motores, con las debidas comprobaciones y mediciones en el laboratorio.

12.2 PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Vamos a partir desde el punto de vista que se tiene un motor que no tiene bobinas y todos los datos referentes al bobinado se han extraviado.

PRIMER PASO: TOMA DE DATOS DE PLACA

Los datos de placa son los siguientes:

TIPO	M 11252	No. 1296322	Hz 60
HP	5.5	220/380 V.	16.5/9.5 Amp.
RPM	1750		

Con los datos de placa nos damos cuenta que se trata de un motor de 5.5 HP que puede trabajar con 220 voltios conectado en triángulo y con 380 voltios se le conecta en estrella, además se puede ver claramente que se trata de un motor de 4 polos.

SEGUNDO PASO:

Para completar los datos se toma el diámetro interior del yugo (núcleo de chapas del estator) en centímetros; además se toma la longitud del yugo y no de la carcasa.

Tomamos además el dato del número de ranuras que tiene el estator, para el ejemplo que vamos siguiendo los datos son los siguientes:

d = 9.0 cms.
l = 11.2 cms.
No. ranuras = 36

TERCER PASO:

Se aplica la resolución de las 4 reglas fundamentales vistas en la unidad No. 8 suponiendo que se va a realizar un devanado imbricado de doble capa.

a. # de bobinas por fase = $\frac{36 \text{ bobinas}}{3 \text{ fases}} = 12 \text{ bobinas/fase}$

b. # de bobinas por polo = $\frac{36 \text{ bobinas}}{4 \text{ polos}} = 9 \text{ bobinas/polo}$

c. # de grupos = 3 fases x 4 polos = 12 grupos

d. # bobinas por grupo = $\frac{36 \text{ bobinas}}{12 \text{ grupos}} = 3 \text{ bobinas/grupo}$

CUARTO PASO:

Calculamos el paso de ranura.

$$Y_k = \frac{\# \text{ de ranuras}}{\# \text{ de polos}} = \frac{36}{4} = 9$$

QUINTO PASO:

Calculamos el No. de grados electricos entre ranura y ranura.

$$\alpha_E = \frac{180 \times \# \text{ de polos}}{\# \text{ de ranuras}} = \frac{180 \times 4}{36} = 20 \alpha_E$$

NOTA: Una bobina es ciento por ciento "EFECTIVA" cuando abarca 180° eléctricos.

En motores antiguos se elegía siempre el paso de bobina de 180° eléctricos ya que el hierro que constituía el yugo no era de buena calidad.

En motores modernos cuyo hierro es de excelente calidad se ha logrado acortar el paso de bobina sin que baje apreciablemente la EFECTIVIDAD DE LA BOBINA, lo que constituye un ahorro apreciable de alambre de cobre.

En la figura 12.1 se puede apreciar una bobina con el paso de 180° E, que sería la normal para un motor antiguo.

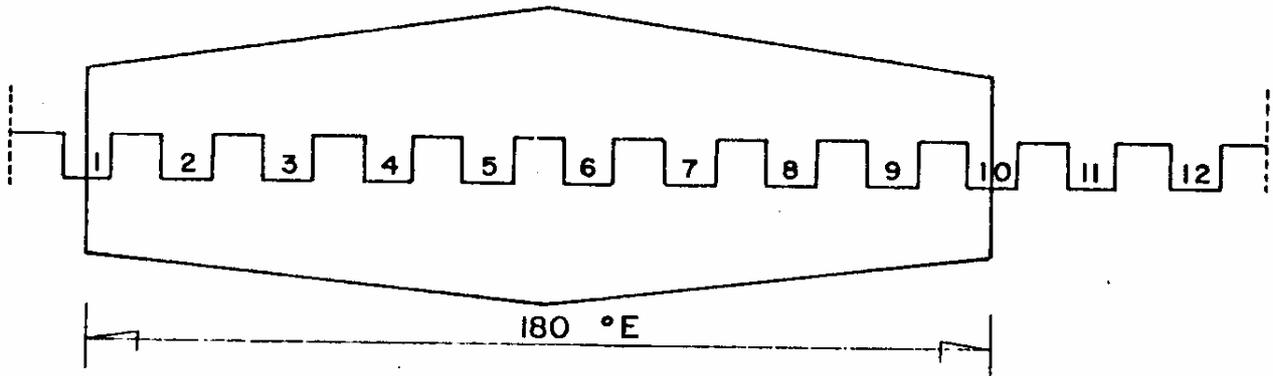


fig. 12.1 Bobina que abarca 180° E

Nótese que la bobina abarca mitad de la ranura 1 más la 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; y la mitad de la ranura 10, en consecuencia la bobina abarca 9 ranuras que multiplicada por 20° E según lo anteriormente calculado nos da 180° E.

En los motores modernos TODO EL GRUPO DEBE ABARCAR LOS 180° E o UN VALOR CERCANO.

En la figura 12.2 se puede ver el paso de bobina acortado, pero el grupo está dentro de los 180° E.

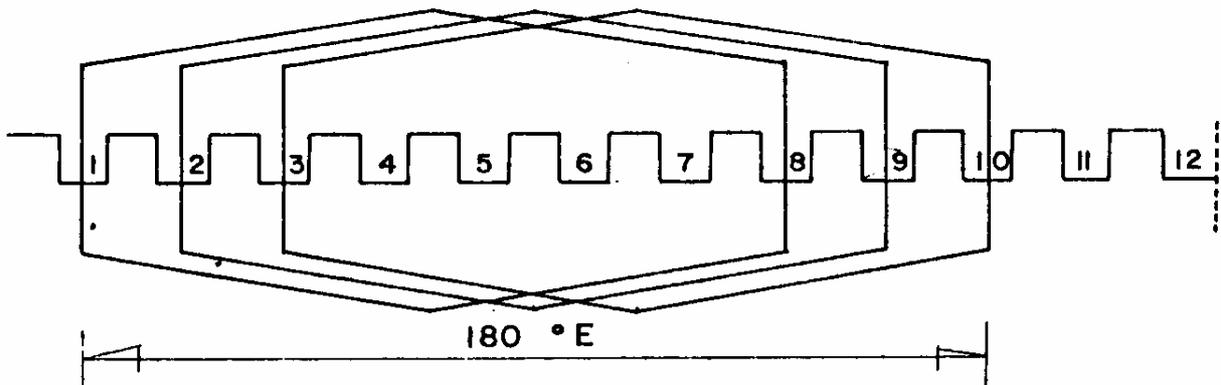


fig. 2.12 Grupo que abarca 180° E

Nótese que el paso de bobina es 140° E y que todo el grupo abarca 180° E.

En realidad hemos bajado un poco la efectividad de la bobina, pero igualmente hemos ahorrado cobre, la efectividad de la bobina no ha bajado mucho, dado que como estamos realizando un bobinado imbricado doble capa, el flujo magnético se distribuye uniformemente; y, recordemos que estamos realizando un devanado imbricado doble capa, con lo que se compensa en algo la efectividad de las bobinas.

SEXTO PASO:

Como es un bobinado entero no es necesario realizar la comprobación en el diagrama circular. Cuando se trata de un bobinado fraccionario es necesario distribuir uniformemente el flujo, según se vio en la unidad No. 10.

SEPTIMO PASO:

Debemos ahora comprobar si con el paso elegido es ejecutable el bobinado, para lo cual se traza un diagrama con el número de ranuras de la carcasa, en otras palabras hagamos cuenta que cortamos la carcasa y la extendemos en el plano, según se ve en la figura 12.3

LADO SUPERIOR	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-
RANURA Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
LADO INFERIOR	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-

- O BOBINAS DE LA FASE A
- X BOBINAS DE LA FASE B
- BOBINAS DE LA FASE C

fig. 12.3 Bobinado imbricado de doble capa con paso de bobina de 180° E; el grupo abarca 220° E (motor antiguo)

En la figura 12.4 se puede ver el detalle del bobinado completo que es exactamente al de la figura 12.3

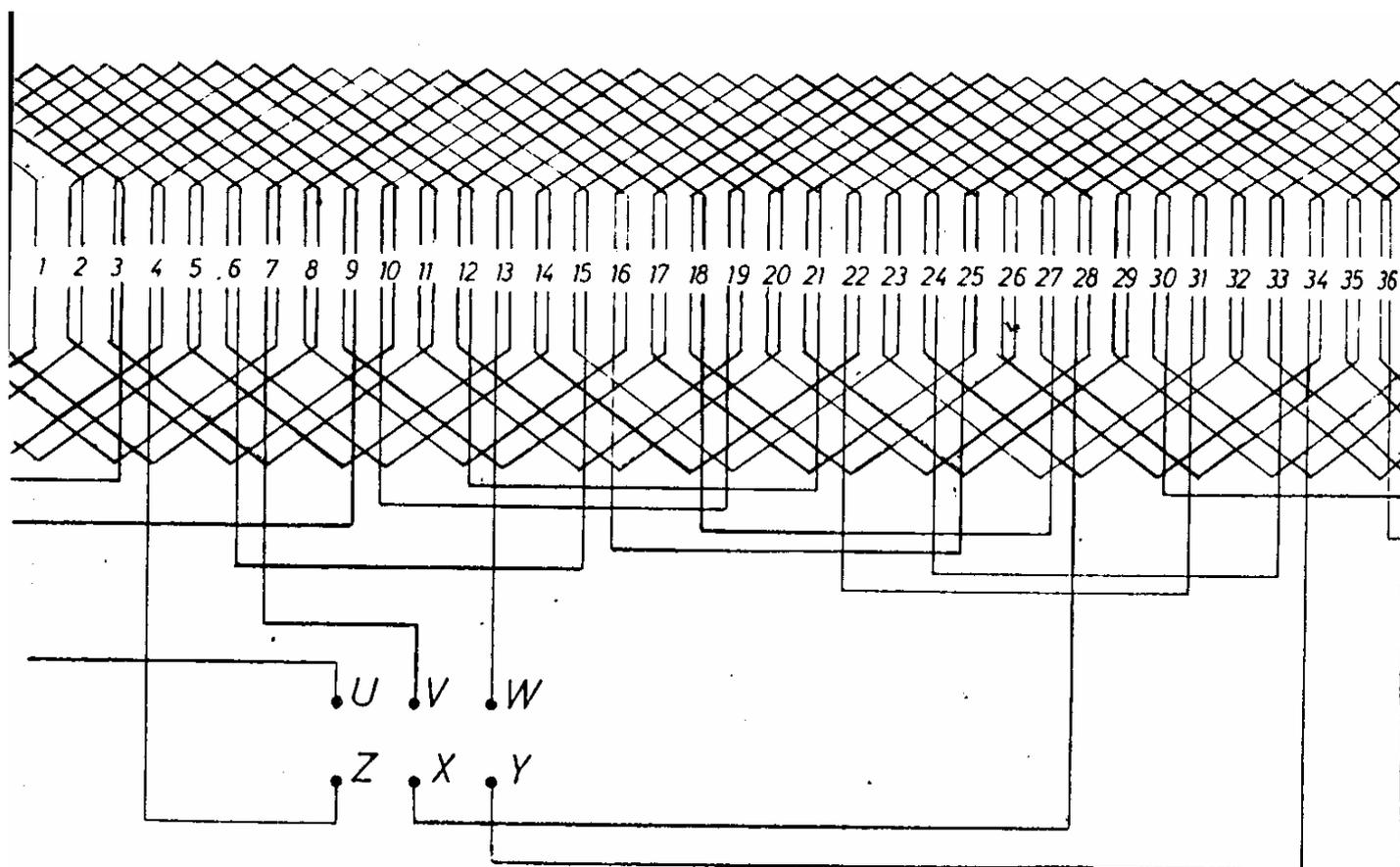


fig. 12.4

En ocasiones se suele alargar un poquito las bobinas, con lo que el grupo abarcará más de 180° E, esto se hace con el fin de tener una efectividad de bobina más o menos normal.

En la figura 12.5 se puede apreciar el diagrama extendido de la carcaza.

LADO SUPERIOR	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	
RANURA Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
LADO INFERIOR	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0	0	0	X	X	X	-	-	-	0

- O BOBINAS DE LA FASE A
- X BOBINAS DE LA FASE B
- BOBINAS DE LA FASE C

fig. 12.5 Bobinado imbricado doble capa con paso de bobina de 160° E El grupo abarca 200° E (motor moderno)

En la figura 12.6 se puede apreciar el detalle del bobinado completo que es exactamente el de la figura 12.5

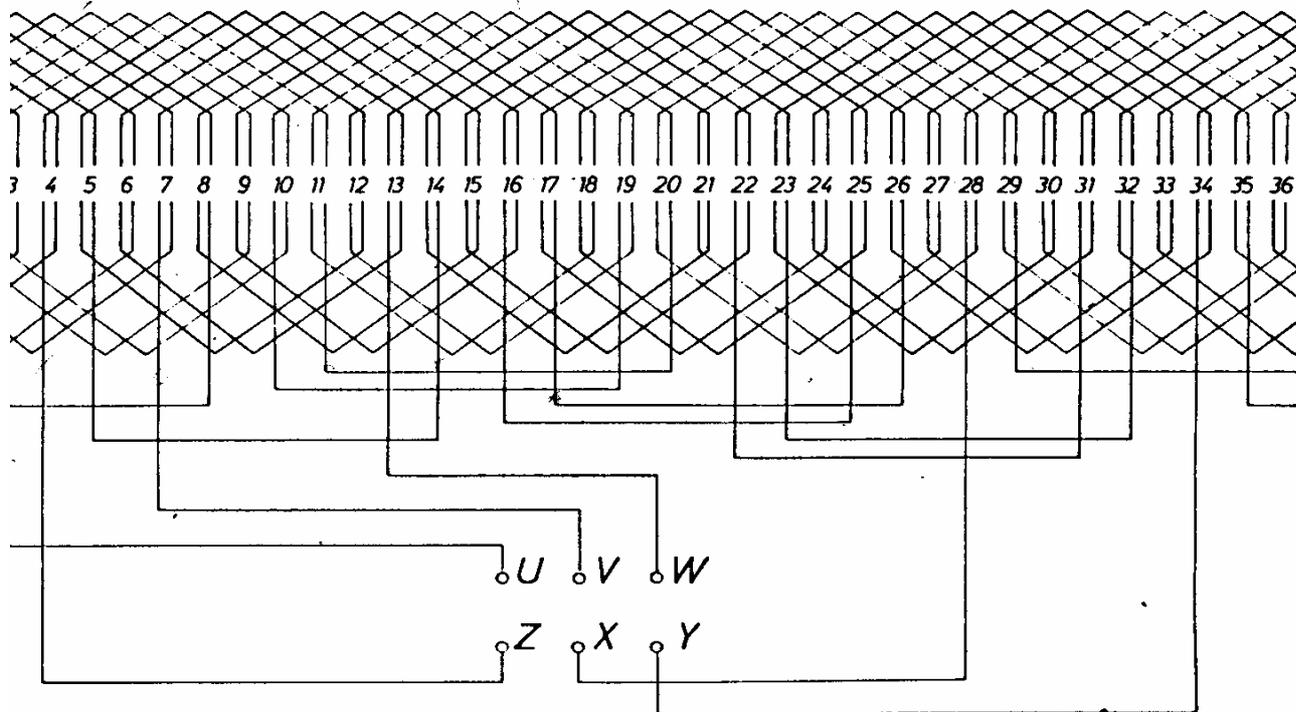


fig. 12.6 Detalle de bobinas de la figura 12.5

NOTA: El diagrama del plano extendido de las figuras 12.3 y 12.5 sirve para comprobar que el devanado con el paso de bobina es ejecutable o no, entonces, se dice:

"Que un devanado es ejecutable cuando en cada ranura aparecen solamente dos lados de bobina".

"Un devanado no es ejecutable cuando al hacer la comprobación en el diagrama del plano extendido en una ranura aparece mas de dos lados de bobina".

Nótese que en cada ranura de las figuras 12.3 y 12.5 solamente aparecen dos lados de bobina; si al hacer la comprobación aparecen tres lados de bobina en una ranura, el bobinado no es ejecutable en cuyo caso se tendrá que buscar un nuevo paso de bobina y probar otra vez.

En la figura 12.6 se puede apreciar el detalle del bobinado completo que es exactamente el de la figura 12.5

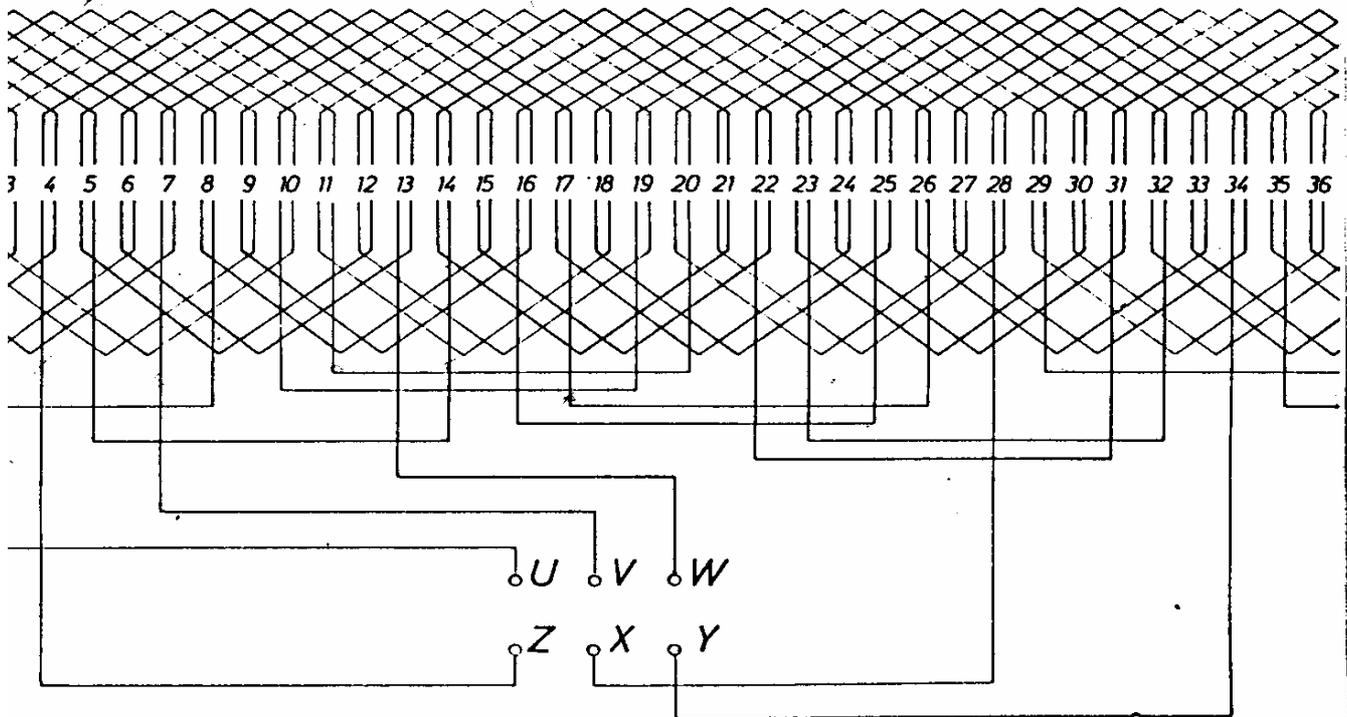


fig. 12.6 Detalle de bobinas de la figura 12.5

NOTA: El diagrama del plano extendido de las figuras 12.3 y 12.5 sirve para comprobar que el devanado con el paso de bobina es ejecutable o no, entonces, se dice:

"Que un devanado es ejecutable cuando en cada ranura aparecen solamente dos lados de bobina".

"Un devanado no es ejecutable cuando al hacer la comprobación en el diagrama del plano extendido en una ranura aparece mas de dos lados de bobina".

Nótese que en cada ranura de las figuras 12.3 y 12.5 solamente aparecen dos lados de bobina; si al hacer la comprobación aparecen tres lados de bobina en una ranura, el bobinado no es ejecutable en cuyo caso se tendrá que buscar un nuevo paso de bobina y probar otra vez.

OCTAVO PASO

Comprobado que el bobinado es ejecutable con el paso escogido lo que nos resta es saber cuantas espiras debe tener cada bobina, para ello vamos a aplicar una fórmula empírica que ha dado buenos resultados:

$$Z = \frac{NPP \times V \times 10^6}{2.664 \times d \times l \times B}$$

en donde: Z = número de espiras por fase

NPP = número de pares de polos

V = voltaje al que está sometida la fase

10^6 = CONSTANTE

2.664 - CONSTANTE para el cálculo con 60 Hz

d = diámetro interior del yugo en centímetros

l = largo del yugo en centímetros .

B = se debe tomar entre 5.000 y 8.000 líneas/cm²

pero en la generalidad de casos se toma 6.500 líneas/cm²

Volvamos con nuestro ejemplo y veamos:

La placa decía 220/380 V, lo que significa que el motor va a trabajar en triángulo con 220 V y en estrella con 380 V, pero en cualquier condición que funcione la fase siempre va a estar sometida a 220 voltios según se vio en la Unidad No. 9.

Reemplazamos entonces los valores en la fórmula:

$$Z = \frac{NPP \times V \times 10^6}{2,664 \times d \times l \times B}$$

$$Z = \frac{2 \times 220 \times 10^6}{2,664 \times 9.0 \times 11.2 \times 6.500}$$

$$Z = \frac{440 \times 10^4}{17454.28}$$

$$Z = \frac{4400000}{17454.28} = 252.08 \text{ espiras por fase}$$

Recordemos que cada fase tenía 12 bobinas según lo calculado en el tercer paso, entonces dividimos el número de espiras por fase para el número de bobinas y obtenemos el número de espiras por bobina según se ve a continuación:

$$\text{No. espiras bobina} = \frac{\text{No. espiras por fase}}{\text{No. de bobinas}} = \frac{252.08}{12} = 21.00$$

Ahora ya sabemos el número de vueltas que debemos poner al fabricar las bobinas para la carcasa que estamos recuperando.

NOVENO PASO:

Nos resta calcular la sección del conductor.

Según la placa de características del motor nos dice que "cuando trabaja con 220 voltios la conexión es en triángulo y a plena carga tomará 16.5 amperios.

entonces la corriente de fase será:

$$I_r = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

según se vio en el Módulo IV, Unidad 11.

Volviendo a nuestro ejemplo tenemos:

$$I_r = \frac{16.5}{\sqrt{3}} = \frac{16.5}{1.73} = 9.5 \text{ Amp.}$$

Ahora apliquemos la fórmula de la sección del conductor que es:

$$S = \frac{I_r}{D}$$

en la que: S = Sección del conductor en mm²

I_r = corriente nominal de la fase

D = densidad de corriente en amperios/mm²

La densidad de corriente se toma entre 5.0 y 7.5 Amp/mm² para la generalidad de casos se toma 5.5 Amperios/mm²

Calculemos entonces para nuestro motor:

$$S = \frac{I_r}{D} = \frac{9.5 \text{ Amp}}{5.5 \text{ Amp./mm}^2} = 1.7272 \text{ mm}^2$$

El resultado es 1.7272 mm² con este valor vamos a la tabla del apéndice de esta unidad (tabla 12.7) y buscamos en la columna "SECCION mm²" un valor parecido, para nuestro caso el valor mas próximo es 1.6504 que corresponde a un alambre No. 15 AWG, según indica la columna de la izquierda.

DECIMO PASO:

Para no desperdiciar material y recordando que estamos recuperando una carcasa cuya característica del hierro no conocemos con exactitud se recomienda hacer lo siguiente:

Se cortan alambres de bobina según lo calculado, para nuestro caso el No. 15 AWG y según lo calculado sabemos que en cada ranura van 2 lados de bobina, entonces en cada ranura irán 42 espiras del alambre No. 15 AWG, decíamos se cortan alambres del largo del yugo, en nuestro caso 42 y se introducen en la ranura, si caben perfectamente, considerando el espacio para los aislantes entonces estamos seguros que no fracasaremos; en ocasiones nos falta espacio; en cuyo caso lo que se hace es bajar la sección del conductor y se pondría un 16 AWG; no disminuya el No. de vueltas, ya que el número de vueltas viene relacionado con el voltaje aplicado.

En cambio si al poner los alambres correspondientes queda la ranura con mucha holgura entonces se debe poner un alambre más grueso, por ejemplo el No. 14 AWG.

NOTA: En ocasiones no se dispone del alambre calculado, sino otro más delgado, se puede reemplazar los alambres gruesos por otros más delgados por ejemplo si no disponemos del alambre No. 15 AWG se puede reemplazar con dos alambres No. 18 AWG en cuyo caso al realizar la prueba de "si entra o no el número de espiras", tendríamos que cortar 84 alambres No. 18 AWG y probar si entra o no en la ranura.

Si seguimos los pasos uno a uno y calculamos en debida forma, esté seguro que el motor funcionará satisfactoriamente, pero recuerde que no puede darse el lujo de equivocarse en una coma, en un punto o en una sola cifra al realizar los cálculos.

Recuerde señor estudiante, cuando se trata de cálculo de motores solo se tiene dos alternativas: "O ESTA BIEN", "O ESTA MAL", no existen intermedios.

12.3 REPASO DE LA UNIDAD

Por lo mismo que no existen intermedio para el cálculo, en esta unidad no existe repaso.

~~"O SABE CALCULAR SIGUIENDO LOS DIEZ PASOS DEL CALCULO O DEFINITIVAMENTE NO SABE".~~

12.4 CUESTIONARIO

Como cuestionario recomiendo al estudiante recopilar datos de motores originales o motores que han estado trabajando y se han quemado, y realizar el cálculo a manera de comparación, especialmente en lo que se refiere al No. de espiras por bobina y por fase.

~~Si usted realiza correctamente cada uno de los pasos tenga la seguridad que su motor funcionará a las mil maravillas, como muchos de los motores que hay día los tengo funcionando en la industria.~~

TABLA PARA ALAMBRES DE COBRE

AWG	DIAMETRO mm	SECCION mm ²	PESO g/m	CORRIENTE A (2.8 A/mm ²)
0	8.25195	53.4814	476.0000	149.7480
1	7.34857	42.4126	377.4782	118.7553
2	6.54408	33.6347	299.3483	94.1770
3	5.82767	26.6734	237.3896	74.6856
4	5.18968	21.1530	188.2550	58.7287
5	4.62154	16.7750	149.2903	46.9701
6	4.11560	13.3032	118.3904	37.2489
7	3.66504	10.5499	93.8861	29.5397
8	3.26381	8.3664	74.4537	23.4260
9	2.90650	6.6349	59.0434	18.4511
10	2.59831	5.2617	46.8227	14.3827
11	2.30496	4.1727	36.9134	10.9987
12	2.05262	3.3091	29.4460	8.3774
13	1.82771	2.6242	23.3513	6.4577
14	1.62780	2.0811	18.5181	5.8271
15	1.44928	1.6504	14.7022	4.6622
16	1.29090	1.3088	11.6455	3.6622
17	1.14958	1.0379	9.2353	2.8622
18	1.02373	0.8234	7.3238	2.3047
19	0.91486	0.6528	5.8079	1.8277
20	0.81295	0.5177	4.6059	1.4382
21	0.72697	0.4105	3.6524	1.1268
22	0.64383	0.3256	2.8968	0.8827
23	0.57334	0.258179	2.29673	0.6827
24	0.51078	0.204745	1.81544	0.57285
25	0.45468	0.162370	1.4484	0.4546
26	0.40491	0.128765	1.1455	0.3546
27	0.36058	0.102125	0.89447	0.2728
28	0.32110	0.080781	0.70419	0.2077
29	0.28686	0.064220	0.571207	0.15817
30	0.25463	0.050929	0.451059	0.11268
31	0.22477	0.040388	0.352885	0.083088
32	0.20194	0.032079	0.284921	0.069682
33	0.18084	0.025400	0.225949	0.057101
34	0.16085	0.020143	0.187182	0.046402
35	0.14262	0.015974	0.148095	0.03728
36	0.12700	0.012668	0.112684	0.030471
37	0.11316	0.010046	0.088144	0.025130
38	0.10092	0.007967	0.070865	0.022308
39	0.08969	0.006318	0.056198	0.017691
40	0.07987	0.005011	0.044764	0.014030
41	0.07113	0.003974	0.035342	0.011126