

83
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

**ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS
"ARRANCADORES Y SISTEMAS DE CONTROL"**

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA:
EDGAR FRANCISCO MUÑOZ ORTIZ

ASESOR: ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

252166



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

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

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

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

Iluminación e Instalaciones Eléctricas
Arrancadores y Sistemas de Control

que presenta el pasante: Muñoz Ortiz Edgar Francisco,
con número de cuenta: 8922970 - 7 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 8 de Junio de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>	<u>JRM</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Pedro Guzmán Tinajero</u>	<u>P. Guzmán</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Benjamín Contreras Santacruz</u>	<u>B. Contreras</u>

AGRADECIMIENTOS

A mi madre...

La persona más importante en mi vida. Gracias por haberme dado fuerzas para seguir adelante y entregarme todo tu amor, comprensión y apoyo.

Ami hermano...

Por soportar mi mal carácter comprenderme y darme su apoyo

A mis tíos...

Alberto y Alicia, con un profundo cariño y agradecimiento por la valiosa ayuda y comprensión que siempre me han brindado.

Así mismo a mis tíos...

Fam. Lara Lazcano

Fam. Ortiz Lerma

Fam. Ortiz Pérez

Fam. Aguirre Lara

Fam. Avilés Mendoza

por el apoyo y consejos que me han dado.

A mis cuatro mejores amigos...

Miguel, René, Luis y Carlos que han estado conmigo en las buenas y en las malas, y quienes nunca me han negado su apoyo, estando siempre dispuestos a escuchar y brindar un consejo.

Al Ing. Benjamín Contreras Santacruz, por la asesoría brindada para la elaboración de este trabajo; y en general a todos mis profesores de la Facultad.

A mis compañeros de la FES-Cuautitlán quienes hicieron estos años de estudio menos difíciles.

Al Lic. Salvador Rodríguez Carrillo y al Ing. Juan Antonio Velasco Pajón por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

ARRANCADORES Y SISTEMAS DE CONTROL

OBJETIVO: Conocer el comportamiento de los arrancadores y sistemas de control.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1 “ARRANQUE Y PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA”.

Pág.

1.1 Corriente de arranque.....	1
1.2 Par de arranque.....	3
1.3 Protección del motor.....	5
1.3.1. Protección por sobrecorriente.....	5
1.3.2. Sobrecargas.....	6
1.3.3. Protección de sobrecargas.....	6
1.3.4. Protección de sobrecarga con fusibles.....	10
1.3.5. Protección de sobrecarga con relevadores de sobrecarga.....	10
1.3.6. Relevador térmico de sobrecarga de aleación fusible.....	12
1.3.7. Relevadores térmicos de sobrecarga bimetálicos.....	12
1.3.8. Relevador magnético de sobrecarga.....	15

1.3.9. Protección de mínima tensión y tensión nula.....	15
1.3.10. Protección contra el fallo de fase.....	17

**CAPÍTULO 2 “CONTROL DE ARRANQUE DE LOS
MOTORES DE INDUCCIÓN CON ROTOR
TIPO JAULA DE ARDILLA”.**

2.1 Diagramas de control.....	18
2.1.1. Diagramas.....	18
2.1.2. Diagrama de alambrado.....	18
2.1.3. Diagrama elemental.....	19
2.1.4. Circuitos básicos de control.....	21
2.1.5. Control de operación.....	23
2.2 Arrancadores.....	25
2.2.1. Arrancadores manuales a tensión plena.....	26
2.2.2. Arrancadores automáticos a tensión plena.....	27
2.2.3. Arrancadores manuales a tensión reducida.....	28
2.2.4. Arrancadores automáticos a tensión reducida.....	29

2.3 Métodos de arranque para motores tipo jaula de ardilla.....	29
2.3.1. Generalidades.....	29
2.3.2. Arranque a tensión plena.....	30
2.3.3. Arranque a tensión reducida	30

CAPÍTULO 3 “CENTROS DE CONTROL DE MOTORES”.

3.1 Generalidades.....	42
3.2 Datos para el diseño de un centro de control de motores.....	48

CONCLUSIONES.....	58
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	60
--------------------------	-----------

APÉNDICE A.....	62
------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

El control de motores eléctricos desempeña un papel muy importante dentro de muchos procesos industriales, los cuales no podrían llevarse a cabo de manera correcta, si las distintas actividades que desarrollan los elementos accionados por dichos motores no se realizaran con la secuencia y el orden apropiado, es decir sin los elementos de control.

En términos simples, se puede decir que el control de motores es una parte importante de los sistemas eléctricos que permite arrancar, detener e invertir el sentido de giro de los motores que accionan distintos tipos de cargas. Adicionalmente, el equipo seleccionado para el control de motores debe estar diseñado para limitar las corrientes de arranque y controlar también el par de arranque de los motores.

En este trabajo, se trataron de cubrir los aspectos más importantes relacionados con el control de los motores eléctricos.

Así, de esta manera en el primer capítulo se mencionan primeramente los dos aspectos principales a cuidar durante el arranque de un motor, como son la corriente y el par de arranque.

Posteriormente se hace referencia al concepto de protección de los motores eléctricos, donde se manejan dos aspectos fundamentales: la protección por sobrecorriente y la protección contra sobrecargas, mencionándose además los diferentes elementos que se utilizan para cada tipo de protección.

En el capítulo dos se explican conceptos básicos que permiten entender de mejor manera el control de arranque de los motores; así de esta manera se explican conceptos tales como qué es un diagrama y los diferentes tipos que existen, cuáles son los circuitos básicos de control y qué es el control de operación.

Más adelante, se explica qué son los arrancadores y las diferentes formas en las que se clasifican.

Para finalizar este capítulo, se explican los diferentes métodos de arranque que existen para los motores de inducción tipo jaula de ardilla, poniendo especial atención en los métodos a tensión reducida.

En el capítulo número tres se explica qué es un centro de control de motores (CCM) y se mencionan cuáles son los datos necesarios para el diseño del mismo.

Se incluyen también algunos diagramas que permiten observar de una forma clara los tipos de alambrado para un centro de control de motores, así como la disposición del equipo.

CAPÍTULO 1

ARRANQUE Y PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

ARRANQUE Y PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

En el arranque de un motor se presentan ciertas dificultades interesantes de analizar, principalmente en lo que se refiere a la corriente y el par de arranque.

En el momento en que se energiza la armadura del motor, aparece el flujo de estator girando a su velocidad síncrona puesto que no tiene inercia.

El rotor en cambio, tarda un cierto tiempo en acelerarse hasta su velocidad de trabajo, debido a que si tiene inercia y además hay que sumar la inercia del equipo impulsado.

El primer instante en el arranque, equivale a la condición de rotor bloqueado, o sea deslizamiento unitario.

1.1 CORRIENTE DE ARRANQUE

Los motores de gran potencia demandan de la línea de alimentación valores de corriente de arranque elevados. Las compañías suministradoras han encontrado que además de afectar el alumbrado (por bajo voltaje) en el área en donde se encuentran instalados, tales corrientes de arranque producen disturbios en el voltaje que afectan al equipo de otros usuarios e inclusive sus propios aparatos eléctricos.

La relación de la corriente de arranque (también llamada corriente de "rotor bloqueado") con la corriente a plena carga varía mucho según el tipo y tamaño del motor y puede ser de 600% o más. Un motor ordinario de 1 HP. 240 Volts, monofásico que sólo consume 8 amperes cuando funciona a velocidad máxima y carga máxima requerirá tanto como 48 amperes por un segundo o dos cuando se arranca. Para motores más potentes, la relación es normalmente más baja, pero sin embargo, la corriente de arranque es siempre más alta que la corriente de funcionamiento.

La relación entre corriente de arranque y corriente de plena carga para cualquier motor dado depende también del tipo de maquinaria que acciona el motor. Si la carga es difícil de

arrancar, los amperes de arranque serán más altos que si la carga es fácil de arrancar. Además, el amperaje más alto permanecerá por un tiempo más largo, ya que el motor no llegará a su velocidad máxima tan rápidamente como con una maquinaria que se arranca fácilmente.

Cualquier motor de C.A. de 1/2 Hp o más potencia, lleva en su placa de identificación una "Letra de Código" que indica los kilovoltamperes que se consumen por caballo de fuerza con el motor en condición de rotor bloqueado. Esta condición de rotor bloqueado no se presenta hasta que el motor empieza a girar. La corriente que consume el motor hasta que empieza a girar es muy alta. Luego la corriente disminuye hasta que el motor llegue a su velocidad máxima, momento en el cual se establece la corriente normal (nominal). A partir de la letra del Código, puede determinarse la corriente máxima que requiere un motor al momento de arranque.

La tabla 1.1 muestra las letras de código para indicar los kVA por HP de los motores con rotor bloqueado.

TABLA 1.1

Letras de código para indicar los kVA por HP de los motores con rotor bloqueado.

Letra del Código	Kilovoltamperes por Hp con rotor bloqueado	Letra de Código	Kilovoltamperes por Hp con rotor bloqueado
A	0 a 3.14	L	9.00 a 9.99
B	3.15 a 3.54	M	10.00 a 11.19
C	3.55 a 3.99	N	11.20 a 12.49
D	4.00 a 4.49	P	12.50 a 13.99
E	4.50 a 4.99	R	14.00 a 15.99
F	5.00 a 5.59	S	16.00 a 17.99
G	5.60 a 6.29	T	18.00 a 19.99
H	6.30 a 7.09	U	20.00 a 22.39
J	7.10 a 7.99	V	22.40 y más
K	8.00 a 8.99		

De manera general, mientras más potente sea el motor, más baja es la corriente de rotor bloqueado por caballo de fuerza.

Para establecer los amperes máximos aproximados que requiere un motor específico cuando arranca, debe determinarse primero la letra de código en la placa de datos del motor; suponiendo que fuese letra J y que el motor tenga una potencia nominal de 3 HP. En la tabla ubicamos el valor de los kVA por HP que corresponden a dicha letra, (en este caso indica desde 7.10 hasta 7.99 kVA por HP). Una buena aproximación puede ser tomar un valor medio como por ejemplo 7.55 kVA o 7550 VA. Para 3 HP el total es 7550×3 o sea 22650 VA. Si el motor es monofásico, dividimos dicho valor entre el voltaje. El cociente de $22650/240$ nos da un resultado de 94.375 amperes. En otras palabras, cuando el motor se conecta primero a la línea hay un flujo momentáneo de 95 amperes aproximadamente, el cual disminuye gradualmente conforme el motor llega a su velocidad máxima y entrega sus 3 HP nominales.

Si el motor es de 3 fases, primero deben multiplicarse los volts del motor por 1.73; en el caso de un motor de 240 Volts, el resultado es 415.2 Volts. Aproximando el resultado a 415 Volts dividimos 22650 entre 415, lo que da 54.57 amperes, que es el flujo cuando se enciende el motor al principio, y va disminuyendo cuando llega el motor a su velocidad máxima.

1.2 PAR DE ARRANQUE

El par de arranque de un motor de inducción con rotor tipo jaula de ardilla, es el esfuerzo de giro o par que el motor ejerce cuando un voltaje es aplicado a sus terminales en el instante del arranque. El valor del par de arranque que un determinado motor puede desarrollar depende, dentro de ciertos límites, de la resistencia del devanado del rotor.

El par de arranque suele expresarse usualmente como un porcentaje del valor del par de plena carga.

Un incremento en el valor de la resistencia del rotor, resulta por una parte, en un aumento del deslizamiento y por otra en una disminución del valor de la eficiencia. De hecho todas

las características deseables en un motor están tan interrelacionadas, que resulta prácticamente imposible hacer que una de ellas resulte ventajosa sin afectar de una manera negativa a las otras.

Los motores pueden ser montados de tal forma que se pueda obtener una alta eficiencia, un alto par de arranque o un alto factor de potencia, pero existe un cierto límite que no permite a un motor el hecho de que pueda sacar ventaja de todas y cada una de sus características.

A fin de tener una base que permita obtener pares de arranque normales, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha establecido los valores mínimos de éstos para motores de 2 hasta 16 polos. De esta manera, si un motor se arranca a tensión plena, la magnitud del par de arranque no deberá ser menor en porcentaje a los valores que se muestran en la tabla 1.2.

TABLA 1.2

PAR DE ARRANQUE MÍNIMO PARA MOTORES CON ROTOR JAULA DE
ARDILLA

No. DE POLOS	PORCENTAJE DEL PAR DE PLENA CARGA
2	150
4	150
6	135
8	125
10	120
12	115
14	110
16	105

1.3 PROTECCIÓN DEL MOTOR

Los motores pueden ser dañados o pueden ver reducida su vida efectiva cuando se encuentran sometidos a una corriente constante ligeramente más alta que su corriente de plena carga o su factor de servicio.

De igual forma, el material aislante y el devanado del motor pueden dañarse cuando se ven sometidos a corrientes extremadamente elevadas pero de corta duración, como las de fallas a tierra o cortocircuito.

Toda corriente mayor a la corriente de plena carga puede ser clasificada como sobrecorriente. Sin embargo, en general, debe hacerse una distinción basada en la magnitud de la sobrecorriente y en el equipo que va a protegerse.

Por una parte, una sobrecorriente no mayor que la corriente de rotor bloqueado, generalmente es el resultado de una sobrecarga mecánica en el motor, mientras que una sobrecorriente originada por un cortocircuito o tierra, es mucho más elevada que la corriente de rotor bloqueado. Así, el equipo utilizado para protección contra cualquier daño debido a este tipo de sobrecorriente, debe proteger no solo el motor, sino también los conductores del circuito y el controlador del motor.

A continuación se explicarán los conceptos de sobrecarga y sobrecorriente, así como los tipos de protección que se aplican para cada caso.

1.3.1. PROTECCIÓN POR SOBRECORRIENTE.

La protección contra sobrecorriente, se instala en el circuito de fuerza o potencia para proteger a los conductores y circuitos derivados del motor, los aparatos de control y al motor mismo, de los cortocircuitos y tierras. Los dispositivos protectores comúnmente usados son los fusibles (Fig. 1.1) y los interruptores termomagnéticos (Figs. 1.2 y 1.3). El dispositivo para protección de cortocircuito podrá llevar la corriente inicial del motor, pero

no llevará calibración que exceda del 250% de la corriente a plena carga cuando no haya una letra o clave del rotor bloqueado del motor; o de 150% a 250% de la corriente de plena carga dependiendo de la letra que lleve el motor. Cuando no tenga la capacidad suficiente para llevar la corriente de arranque del motor puede aumentarse su calibración, pero en ningún caso se excederá del 400% de la corriente de plena carga del motor.

1.3.2. SOBRECARGAS.

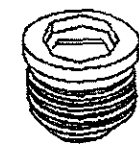
Un motor como máquina siempre llevará cualquier carga, aún si ésta es excesiva. Excluyendo la corriente de arranque o la de rotor bloqueado, un motor demanda una corriente cuando está en operación, la cual es proporcional a la carga y va desde la corriente sin carga, hasta la corriente a plena carga cuyo valor se encuentra estampado en la placa del motor. Cuando la carga excede el par normal del motor, éste demanda una corriente más elevada que la corriente de plena carga y esta condición se considera como una sobrecarga. La sobrecarga máxima existe bajo condiciones de rotor bloqueado, en las cuales la carga es tan excesiva que el motor se para o no se puede arrancar y como consecuencia, demanda la corriente de rotor bloqueado.

Las sobrecargas pueden ser eléctricas o mecánicas en su origen. Trabajar un motor polifásico con una fase o línea con bajo voltaje, puede ser un ejemplo de sobrecargas eléctricas.

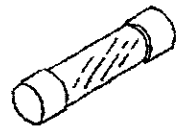
1.3.3. PROTECCIÓN DE SOBRECARGAS.

Este tipo de protección puede existir en forma de relevadores de sobrecarga o elementos térmicos, y se instala en el circuito para proteger los devanados del motor.

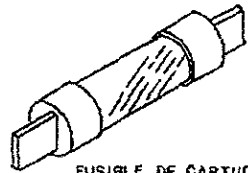
El efecto de una sobrecarga es una elevación de temperatura en el devanado del motor. Mientras mayor sea la sobrecarga, más rápidamente se incrementará la temperatura a un



FUSIBLE TIPO TAPON

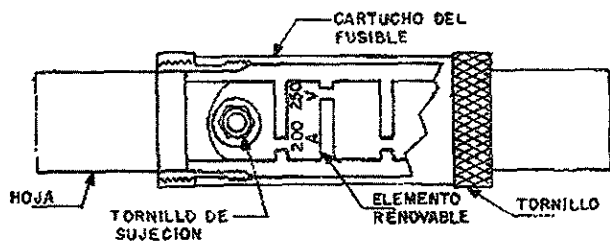


FUSIBLE DE CARTUCHO

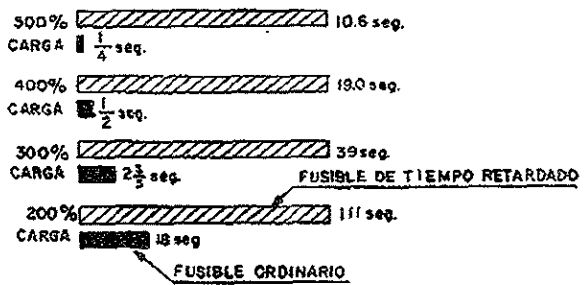


FUSIBLE DE CARTUCHO CON CONTACTO DE NAVAJA

FUSIBLES DE BAJA TENSION DISPONIBLES DE ACUERDO CON FABRICANTES PARA 250 V Y 600V Y 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 Y 6000 A.

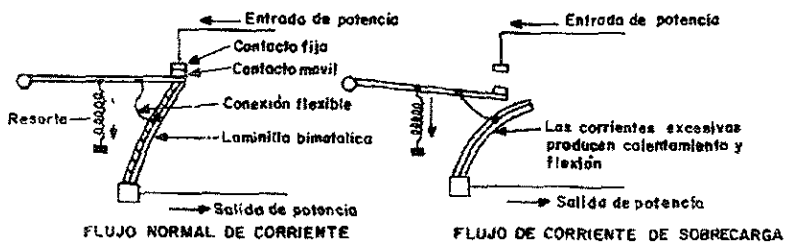


FUSIBLE CON ELEMENTO RENOVABLE

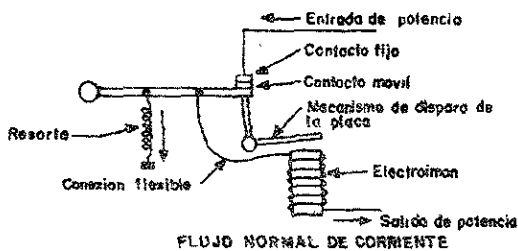


COMPARACION DE TIEMPOS DE OPERACION DE FUSIBLES ORDINARIOS Y DE TIEMPO RETARDADO

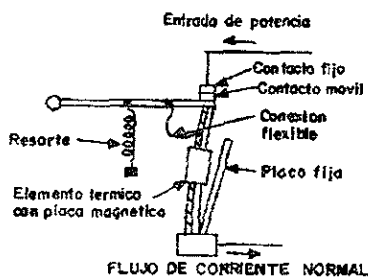
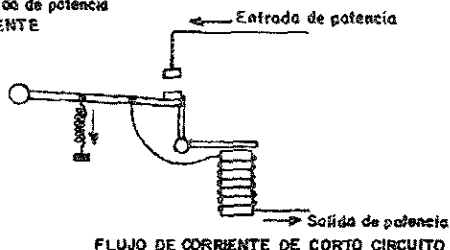
Fig. 1.1



ACCION DEL INTERRUPTOR CON DISPARO TERMICO



ACCION DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CON DISPARO MAGNETICO



ACCION DEL INTERRUPTOR CON DISPARO TERMOMAGNETICO

Fig. 1.2

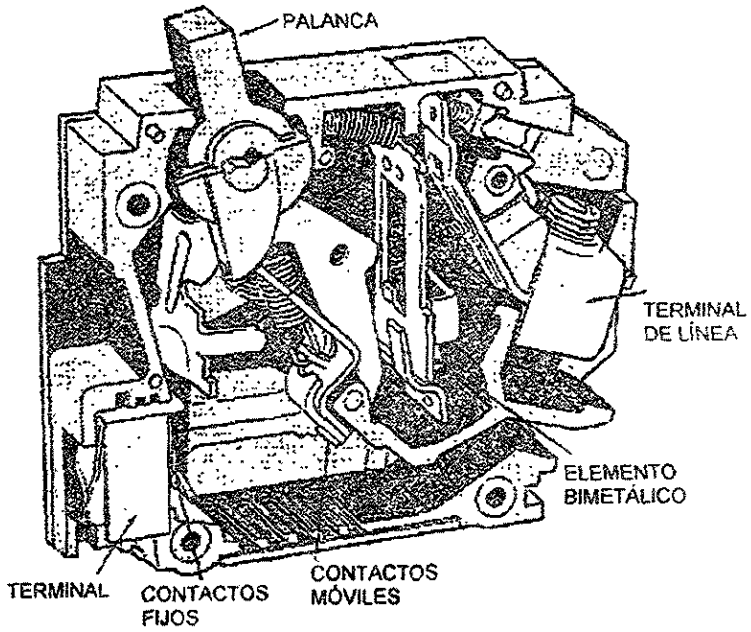


Fig. 1.3

Partes principales de un interruptor termomagnético

punto tal que daña los aislantes y la lubricación el motor. Una relación inversa, por lo tanto, existe entre corriente y tiempo. Mientras mayor sea la corriente, más corto será el tiempo en que el motor se dañe o se quemé.

Todas las sobrecargas acortan la vida del motor por deterioro del material aislante. Relativamente, las pequeñas sobrecargas de corta duración causan daño en pequeño grado, pero si se sostienen, harían tanto daño como las sobrecargas de magnitud más grande.

La relación entre sobrecarga y tiempo se ilustra según la curva de calentamiento de la figura 1.4, para un motor en particular. En 300% de sobrecarga, el motor para el cual corresponde esta curva característica podría llegar a su temperatura permisible límite en 3 minutos. El sobre calentamiento o daño en el motor ocurriría si la sobrecarga persistiera más allá de este tiempo.

1.3.4. PROTECCIÓN DE SOBRECARGA CON FUSIBLES.

Los fusibles no están diseñados para proporcionar protección de sobrecarga. Su función básica es proteger contra los cortocircuitos (sobrecorrientes). Los motores demandan una alta corriente de arranque (generalmente 6 veces la corriente de plena carga). Así, un fusible seleccionado sobre la base de motor con corriente de plena carga, se fundiría cada vez que el motor se pusiera en marcha.

Por otra parte, si un fusible fuera escogido lo suficientemente grande para poder conducir la corriente de arranque, no protegería al motor contra las pequeñas sobrecargas perjudiciales que podrían ocurrir posteriormente.

1.3.5. PROTECCIÓN DE SOBRECARGA CON RELEVADORES DE SOBRECARGA.

El relevador de sobrecarga es el corazón de la protección del motor. Un relevador de sobrecarga tiene características de tiempo inverso en el disparo o apertura, permitiendo

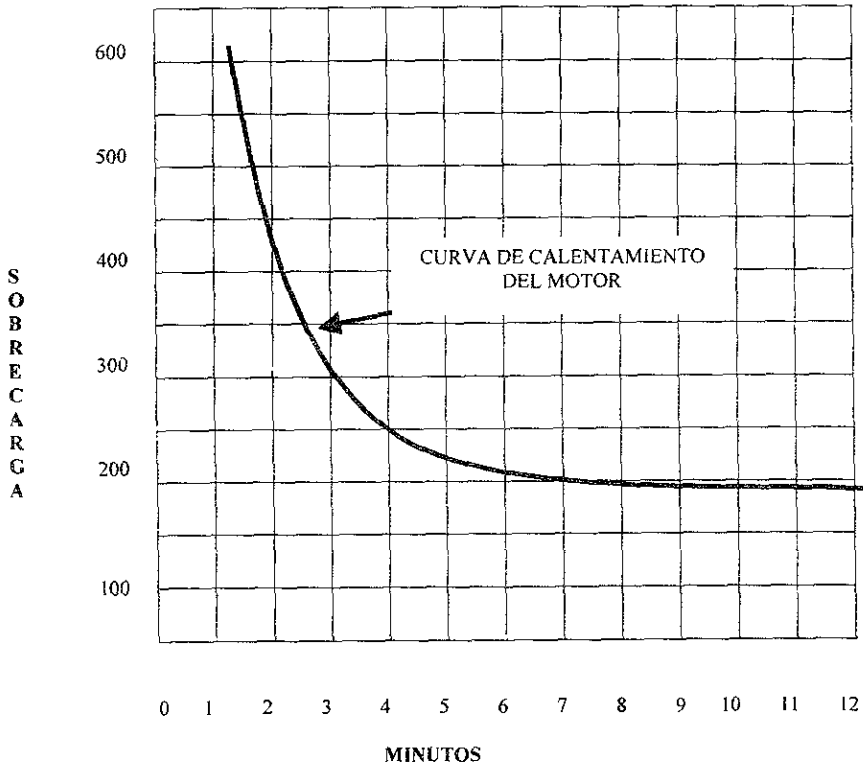


Fig. 1.4

mantener la conducción durante el periodo de aceleración (cuando se demanda la corriente de arranque), pero dando protección en las pequeñas sobrecargas de la CCP cuando el motor está operando. Contrariamente al fusible, el relevador de sobrecarga puede repetir la operación sin necesidad de ser reemplazado. Debe enfatizarse que el relevador de sobrecarga no provee protección de cortocircuito, esta es una función de un equipo protector de sobrecorriente, como son los fusibles e interruptores termomagnéticos.

El relevador de sobrecarga consiste en una unidad sensible a la corriente, conectada en la línea al motor, más un mecanismo que actúa por medio de la unidad, que sirve para directa o indirectamente interrumpir el circuito. En la figura 1.5 se muestra un diagrama esquemático de un relevador de sobrecarga.

Los relevadores de sobrecarga pueden ser clasificados en térmicos y magnéticos. Los relevadores de sobrecarga magnéticos reaccionan únicamente a los excesos de corriente y no son afectados por la temperatura, mientras que en los relevadores de sobrecarga térmicos la operación depende de la elevación de temperatura causada por la corriente de sobrecarga, la cual hace operar el mecanismo de disparo. Los relevadores térmicos de sobrecarga pueden ser subdivididos en los tipos aleación fusible y bimetálicos.

1.3.6. RELEVADOR TÉRMICO DE SOBRECARGA DE ALEACION FUSIBLE.

En estos relevadores de sobrecarga (también conocidos como “relevadores de crisol de soldadura”), la corriente del motor pasa por un pequeño devanado calefactor. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor causa que la soldadura especial se funda, permitiendo que una rueda gire libremente, abriéndose los contactos. (Fig. 1.6a).

1.3.7. RELEVADORES TÉRMICOS DE SOBRECARGA BIMETÁLICOS.

Estos relevadores emplean una tira metálica en forma de U, asociada con un elemento calefactor. Cuando ocurre una sobrecarga, el calor causará que el elemento bimetálico se desvíe y abra un contacto. Diferentes calentadores dan diferentes puntos de disparo.

Además, la mayoría de los relevadores son ajustables en un rango de 85% a 115% del valor nominal del calefactor. (Fig. 1.6b).

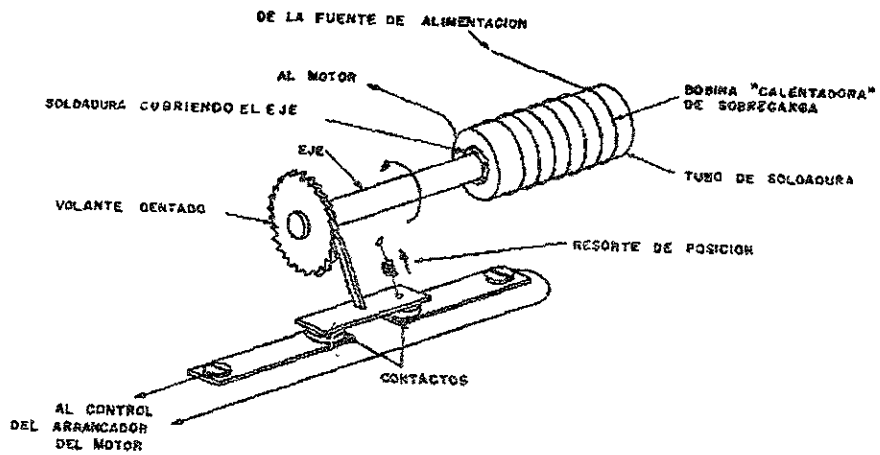


Fig. 1.5

Diagrama esquemático de un relevador de sobrecarga

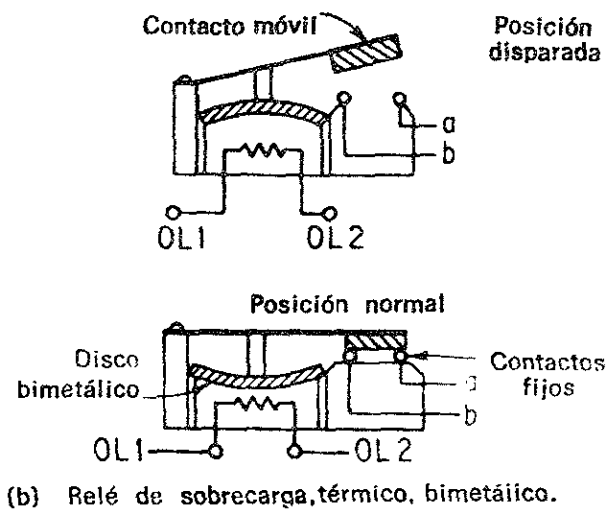
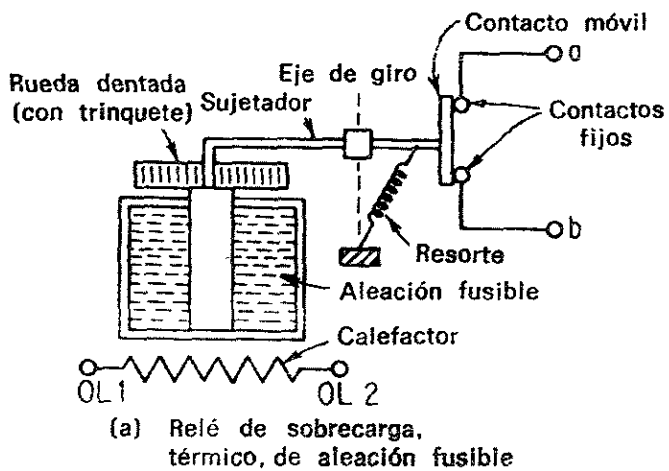


Fig. 1.6

1.3.8. RELEVADOR MAGNÉTICO DE SOBRECARGA.

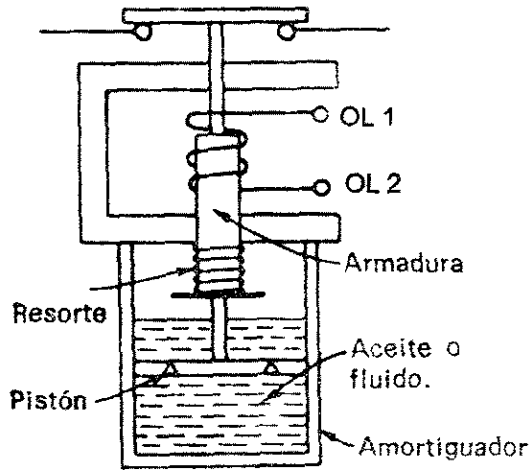
Un relevador magnético de sobrecarga de tiempo retardado tiene un núcleo magnético móvil dentro de una bobina que lleva la corriente del motor. El flujo magnético de la bobina empuja el núcleo hacia arriba. Cuando el núcleo se eleva lo suficiente (movimiento determinado por la corriente y la posición del núcleo) opera un juego de contactos en la parte superior del relevador. El movimiento del núcleo es detenido lentamente por un pistón que trabaja en un cilindro amortiguador lleno de aceite que se encuentra debajo de la bobina. Esto produce una característica de inversión de tiempo. El valor efectivo de corriente se ajusta moviendo el núcleo en una varilla roscada, y el tiempo de disparo se varía dejando de cubrir de aceite los agujeros de derivación del pistón. (Fig. 1.7a).

Debido a los ajustes de tiempo y corriente, el relevador magnético de sobrecarga se utiliza algunas veces para proteger a los motores que tengan largos periodos de aceleración o ciclos de trabajo no usuales (El relevador magnético de sobrecarga de arranque instantáneo es similar al de tiempo retardado, pero no tiene cilindro amortiguador lleno de aceite). (Fig. 1.7b).

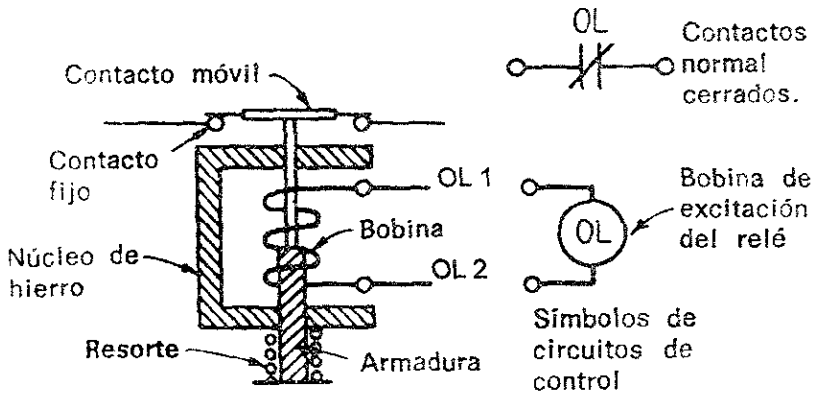
1.3.9. PROTECCIÓN DE MÍNIMA TENSIÓN Y TENSIÓN NULA.

La tensión de la línea que alimenta los circuitos del motor puede disminuir hasta valores peligrosamente bajos o puede anularse en un instante imprevisto. Cuando la tensión es demasiado baja, los arrollamientos del motor se pueden deteriorar gravemente si quedan conectados en línea.

Por esta razón algunos motores de gran potencia emplean un relé especial de tensión para desconectar el motor en caso de que la tensión descienda a valores peligrosos para el motor. En la mayoría de los motores de poca potencia, esta misión queda encomendada a los relés de sobrecarga que abrirán el interruptor o contactor.



(a) Relé de sobrecarga magnético de acción retardada.



(b) Relé de sobrecarga magnético de disparo instantáneo.

Fig.1.7

Si el circuito de control es tal que el motor se pone en marcha por sí solo cuando la tensión de la línea vuelve a tener su valor correcto, la protección se denomina de desconexión por mínima tensión.

Si por el contrario, la protección utilizada requiere que el motor sea puesto nuevamente en marcha manualmente, el dispositivo protector se llama protección por tensión nula.

El uso de protección contra tensión nula o tensión mínima depende de los requisitos de la máquina. En cualquier motor en que haya el más ligero riesgo para él o para la seguridad del operador por un arranque inesperado, se deberá emplear protección de tensión nula.

1.3.10. PROTECCIÓN CONTRA EL FALLO DE FASE.

Cuando en un motor trifásico se interrumpe la corriente en una fase, se dice que éste queda funcionando como monofásico. Ordinariamente las unidades de protección contra sobrecarga dispararán el arrancador y desconectarán de la línea al motor. Sin embargo, puede suceder que la intensidad debida a la carga que en ese momento tenga que soportar el motor no sea la suficiente para actuar las protecciones de sobrecarga.

En motores pequeños el riesgo se considera generalmente demasiado pequeño para que esté justificado el coste de la protección adicional. Para motores de gran potencia se dispone un relé de tensión para cada fase, y sus contactos se conectan en serie con la bobina de retención del contactor del arrancador. El fallo de una fase hará que se desconecte el arrancador inmediatamente.

El uso de tres unidades de relé de sobrecarga en el arrancador proporciona una protección contra el fallo de fase que se considera generalmente adecuada para la mayoría de instalaciones de hasta 100 CV.

CAPÍTULO 2

CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN CON ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN CON RÓTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

2.1 DIAGRAMAS DE CONTROL

2.1.1. DIAGRAMAS.

En forma general se puede decir que el diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, el cual puede tomar diferentes formas para resolver diferentes tipos de necesidades.

La mayoría de los circuitos de control se muestran de diferentes maneras, siendo los más comunes el diagrama de alambrado y el diagrama elemental.

2.1.2. DIAGRAMA DE ALAMBRADO.

Este diagrama muestra, con la máxima claridad posible la localización real de todos los componentes del dispositivo. Las terminales abiertas (marcadas con circuitos abiertos) y las flechas representan las conexiones hechas por el usuario.

Puesto que las conexiones de alambrado y las marcas de las terminales están mostradas, este tipo de diagrama resulta muy útil al alamburar el dispositivo, o si se requiere seguir el circuito físico para localizar alguna falla.

Cabe hacer notar que en el diagrama existen dos tipos de líneas, una gruesa y una delgada; las líneas gruesas representan el circuito de fuerza o potencia, mientras que las líneas delgadas indican los circuitos de control. De manera convencional, en los equipos magnéticos se usan cables negros para los circuitos de fuerza y cables rojos para los circuitos de control.

2.1.3. DIAGRAMA ELEMENTAL

La mayor ventaja de esta representación se encuentra en el hecho de que muestra el circuito de control en la secuencia eléctrica apropiada. Cada componente se presenta en el lugar preciso del circuito eléctrico, sin importar la localización física. Este tipo de diagramas requiere mucho menor tiempo para ser trazado, además que permite entender fácilmente la operación del circuito y detectar fallas en el mismo. Dentro del diagrama se encuentran los circuitos de control y de fuerza.

El circuito de control indica las operaciones secuenciales que se realizan para controlar el sistema. Sus principales características son:

- a) Emplea dos líneas paralelas que representan los puntos de diferencia de potencial. Estas líneas verticales se unen con líneas horizontales en las cuales se dibuja la simbología que corresponde a los dispositivos empleados.
- b) Los elementos pertenecientes a un mismo dispositivo, tienen la misma abreviatura característica de que va precedida el aparato que los acciona.
- c) Se acostumbra representar los circuitos sin funcionar, de tal manera que se visualicen las señales necesarias para la operación de los dispositivos.

Esta forma de diagrama eléctrico algunas veces recibe la denominación de diagrama “esquemático” o “lineal”.

En la figura 2.1 se muestra un ejemplo de un diagrama de alambrado, así como de un diagrama elemental.

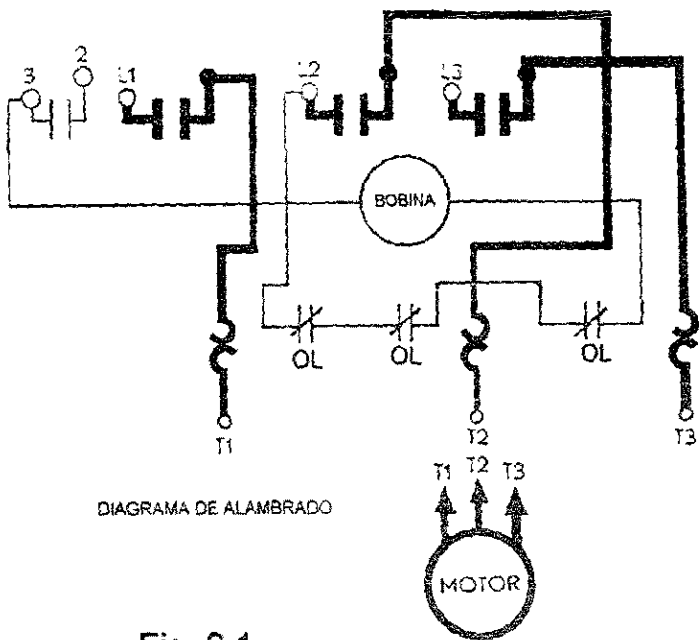


Fig. 2.1

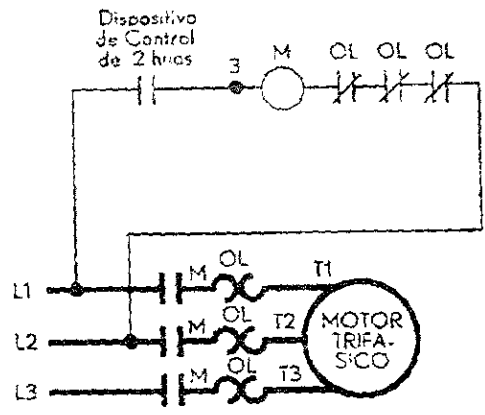


DIAGRAMA ELEMENTAL DE UN ARRANCADOR (control de 2 hilos)

2.1.4. CIRCUITOS BÁSICOS DE CONTROL.

Con los circuitos de control eléctrico es posible realizar operaciones sencillas tales como arranque y paro de motores, así como secuencias de operación complejas en las que se enlaza coordinadamente la operación de un grupo de máquinas.

Independientemente del tipo de operación a realizar, todos los circuitos de control, por complejos que sean, son variaciones de dos tipos básicos conocidos como circuitos de control a 2 y 3 hilos.

A continuación, se dará una explicación del funcionamiento de cada uno de estos circuitos de control.

a) CONTROL A 2 HILOS. En la figura 2.2a podemos observar un esquema de control a 2 hilos en el que se usa un dispositivo piloto de contacto mantenido, conectado en serie con la bobina del arrancador. Este tipo de esquema se utiliza en los casos en que se requiere que el arrancador funcione automáticamente, es decir, sin la atención de un operador. Cuando se cierran los contactos del dispositivo piloto, se energiza la bobina y se cierran los contactos de energía con lo que el motor queda conectado a la línea. En caso de que ocurriese una falla en el circuito de fuerza mientras que los contactos del dispositivo piloto permanecen cerrados, el arrancador abrirá. Cuando el circuito de fuerza es restaurado, el arrancador cerrará automáticamente, a través de los contactos cerrados del dispositivo piloto. De la misma manera, cuando los contactos del dispositivo piloto se abren, la bobina se desenergiza y el motor se detiene.

El término “control a 2 hilos” surge de la realidad que en un circuito básico, únicamente son requeridos dos hilos (dos alambres) para conectar el dispositivo piloto al arrancador.

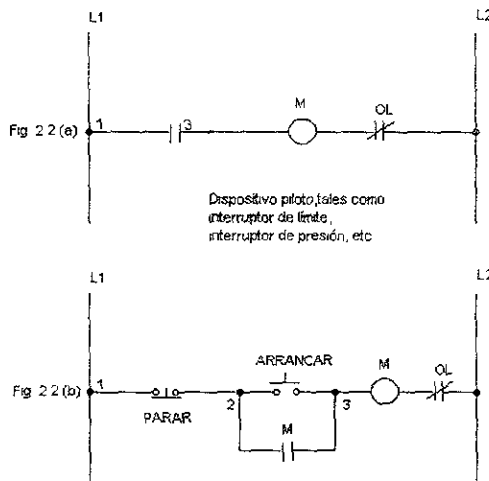
Este tipo de circuito es utilizado en el control de equipos de bombeo, de presión, compresores, etc. y en procesos en los cuales un arranque inesperado del motor al regresar la tensión a la línea, represente la posibilidad de daño al equipo, al proceso o al operador.

b) CONTROL A 3 HILOS. Este tipo de control se le conoce también como de protección contra falta de tensión y/o contra baja de tensión. En la figura 2.2b se muestra un control a 3 hilos usando una estación de botones con contacto momentáneo ó dispositivos piloto similares, para energizar la bobina del arrancador.

Cuando se presiona el botón de arranque se energiza la bobina cerrando el contacto de enclave y los contactos de potencia, conectando de esta manera el motor a la línea. Este circuito tiene la característica de que al soltar el botón de arrancar, la bobina se mantiene energizada por circular su corriente a través del contacto de enclave. Si se presiona el botón de parar se abrirá el circuito de la bobina, desenergizándola y parando el motor.

El término “control a 3 hilos” surge de la realidad que en un circuito básico son requeridos al menos 3 hilos (alambres) para conectar los dispositivos piloto al arrancador.

Para detener la marcha del motor, basta con interrumpir momentáneamente el circuito de control; con esto se desactiva la bobina (M) del contactor del motor y se abren los contactos M, con lo cual el motor queda desconectado de la línea, y no vuelve a arrancar hasta que se oprime nuevamente el botón de arrancar.



2 1.5. CONTROL DE OPERACIÓN.

En muchos procesos de control, es necesario operar algún dispositivo del circuito de control a cierto voltaje para que los contactores y arrancadores operen, por lo que deben energizar sus bobinas con la tensión y frecuencia requeridas

Las bobinas se construyen para operar al voltaje de placa (120, 220, 440, 480 Volts) por lo que de acuerdo a su construcción puede alimentarse directamente de una fuente de energía monofásica o por alguno de los métodos siguientes: control común, control a través de un transformador y control separado.

a) Control común. El circuito de la bobina de un arrancador o contactor es distinto del circuito de energía. El circuito de la bobina puede ser conectado a cualquier fuente de energía monofásica, y el controlador podría funcionar, si la tensión y la frecuencia de la fuente de alimentación corresponden a los datos de placa de la bobina.

Cuando el circuito de control está conectado a las líneas 1 y 2 del arrancador, el voltaje del circuito de control es siempre el mismo que el voltaje del circuito de potencia y el término "control común" es usado para describir esta relación. (Fig.2.3)

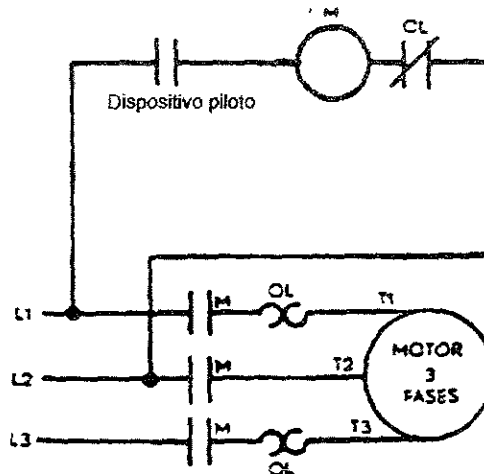


Fig. 2.3 Control Común

b) Control a través de un transformador. Este tipo de control se utiliza cuando algún dispositivo necesite operar a un voltaje menor que el del motor. En este caso, todo el circuito de control se conecta al secundario de un transformador de control.

Normalmente el transformador es de voltaje dual, pudiendo alimentarse a 240-480 Volts en el primario y 120 Volts en el secundario; el circuito de control se protege con un fusible y se conecta a tierra una terminal del secundario del transformador. (Fig. 2.4).

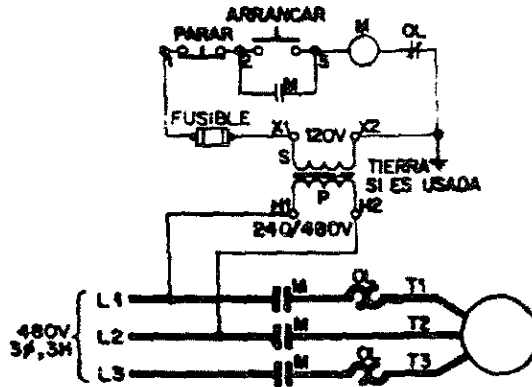


Fig. 2.4 Control a través de un transformador

c) Control separado. Este método se utiliza cuando se requiere alimentar al circuito de control con voltaje menor al del motor (circuito de potencia). Esto se logra conectando el circuito de la bobina a una fuente separada, en lugar del secundario del transformador; el circuito de potencia puede alimentarse hasta 600 Volts y el de control a voltajes menores. (Fig. 2.5).

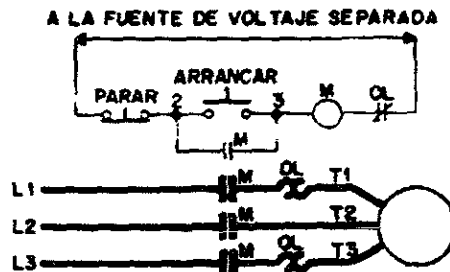


Fig. 2.5 Control Separado

2.2 ARRANCADORES

Los arrancadores son equipos que controlan el arranque y paro de los motores, ya sea en forma manual o automática, y además contienen elementos de protección que detienen la operación de la máquina cuando se presenta alguna condición anormal de trabajo.

Por la forma de accionar, los arrancadores se dividen en:

a) Manuales. Un arrancador manual es un controlador de motor cuyo mecanismo de contacto es operado por un entrelace mecánico desde una palanca articulada o un botón que a su vez es operado manualmente. Una unidad térmica y un mecanismo de sobrecarga que actúe directamente, proporciona al motor en marcha una debida protección. Básicamente un arrancador manual, es un interruptor del tipo “CERRAR-ABRIR” con relevadores de sobrecarga.

Los arrancadores manuales se usan generalmente en pequeñas máquinas de herramientas, ventiladores, sopladores, bombas, compresores y transportadores. Estos arrancadores son los de más bajo costo; tienen un mecanismo bastante simple, y una operación silenciosa.

b) Magnéticos. Un alto porcentaje de aplicaciones requieren que el controlador tenga la suficiente capacidad de operación desde localizaciones apartadas, o que tenga una operación automática en respuesta a señales que le lleguen de algún dispositivo piloto tales como termostatos, interruptores de flotador o de presión, interruptores de límite, etc. Pudiera tal vez ser requerido también liberación de bajo voltaje o de protección. Los arrancadores manuales no pueden proporcionar este tipo de control y consecuentemente se usan los arrancadores magnéticos.

El principio de operación que distingue un arrancador magnético de uno manual, es el uso de un electroimán, el cual consiste de una bobina de alambre devanada en un núcleo de hierro. Cuando la corriente se envía a través de la bobina, se produce un fuerte campo magnético que atrae la barra de hierro llamada armadura.

Con el control manual, el arrancador debe ser montado de tal manera que sea accesible al operador. En el caso del control magnético, las estaciones de botones u otros dispositivos

piloto, pueden montarse en cualquier lugar de la máquina, y conectarse por medio de un alambre que sirve como control, al circuito de la bobina del arrancador instalado a distancia.

Por otra parte, según el voltaje de arranque los arrancadores se dividen en:

a) Arrancadores a tensión plena. El control más económico y más empleado para los motores de inducción jaula de ardilla es el arranque directo sobre la línea. Este tipo de control tiene como inconveniente la aplicación súbita de un par mayor que el de plena carga que puede dañar la flecha, y la variación de voltaje en la línea del motor debido a la caída de tensión producida por la alta corriente de arranque del mismo.

b) Arrancadores a tensión reducida. Aplican al motor una fracción de voltaje nominal durante el arranque. La corriente podrá reducirse lo más que permita la reducción del par, siendo el valor mínimo de éste el que determina el voltaje que debe aplicarse.

2.2.1. ARRANCADORES MANUALES A TENSIÓN PLENA.

Su apariencia es la de un interruptor de luz tipo palanca, aunque de mayor tamaño y se requiere más fuerza para cerrarlo y abrirlo. Su construcción en cambio, sí difiere bastante de la de un interruptor común.

Al cerrar el interruptor en forma manual, se mantiene en esta posición por medio de un mecanismo de trinquete que tiene además la propiedad de ser sensible al calor. En los lados del cuerpo del interruptor se montan pequeñas resistencias calibradas a la corriente de trabajo del motor. Si por cualquier tipo de sobrecarga se produce una corriente mayor, el calor disipado por la resistencia actúa sobre el mecanismo de trinquete y se produce la apertura del interruptor.

Si se desea parar el motor, basta con operar manualmente la palanca en sentido opuesto al de arranque.

Es importante hacer notar que los elementos térmicos actúan con la más mínima sobrecarga que detectan, pero requieren de cierto tiempo para disipar calor. No actúan con la corriente de arranque, debido a que tiene una duración muy corta y no da tiempo suficiente para producir calentamiento.

2.2.2. ARRANCADORES AUTOMÁTICOS A TENSIÓN PLENA.

En estos arrancadores, los interruptores en vez de cerrarse por la mano del operador, se cierran por un mecanismo de electroimán. Los contactos normalmente abiertos se cierran al energizarse la bobina del electroimán y permanecen así hasta que se desenergiza ésta, volviendo a condición de abiertos.

Los elementos térmicos se localizan en pequeñas cajas de montaje, junto con contactos normalmente cerrados y que abren al elevarse su temperatura, interrumpiendo la corriente de la bobina. En la mayoría de los circuitos de control, los elementos térmicos aparecen identificados con las siglas **OL**.

Para el control de arranque y paro se utilizan interruptores de baja capacidad tipo botón, los cuales se incluyen en el circuito de la bobina.

Este arrancador proporciona las siguientes protecciones:

- a) Sobrecarga. La sobrecarga se manifiesta por corrientes superiores a la normal, que son detectadas por los elementos térmicos.
- b) Sobrevoltajes. También producen corrientes superiores a la normal y las detectan los elementos térmicos.
- c) Bajos voltajes. La bobina pierde fuerza y no puede mantener cerrados los contactos.
- d) Suspensiones de energía. Al desenergizarse la bobina se abren los contactos y el motor no tiene un arranque inesperado al volver la energía.

Otras ventajas de este arrancador son:

- La estación de botones se puede instalar lejos del arrancador, si se requiere control remoto.
- Se pueden instalar varias estaciones de control, conectando los botones de arranque en paralelo y los de paro en serie.
- Se puede cambiar la estación de botones y su interruptor auxiliar, por un interruptor automático, sensor de nivel, presión, temperatura, etc.

2.2.3. ARRANCADORES MANUALES A TENSIÓN REDUCIDA.

Este tipo de arrancadores tiene tres grupos de contactos:

- a) Contactos principales.
- b) Contactos de arranque.
- c) Contactos de trabajo.

En el arrancador manual a tensión reducida, los contactos cierran y abren por acción de un mecanismo de levas, cuyo eje sale de la caja del equipo y tiene una palanca para accionarlo. La salida del eje generalmente es por el lado derecho, y la palanca se acciona hacia delante durante el arranque, y hacia atrás para el trabajo. Un sistema de electroimán mantiene la palanca en su posición de trabajo.

Los elementos térmicos actúan sobre contactos incluidos en el circuito de bobina del electroimán, de modo que en caso de que opere la protección, se desenergiza la bobina y la palanca de mando salta a la posición de reposo.

2.2.4. ARRANCADORES AUTOMÁTICOS A TENSIÓN REDUCIDA.

Los elementos de este arrancador son los mismos que para el arrancador manual, solamente que los contactos ahora son accionados por bobinas, como en el caso de los arrancadores automáticos a tensión plena.

El grupo de los contactos principales debe accionarse por una bobina que permanezca energizada, tanto en arranque como en trabajo.

Los dos contactos de arranque se accionan por otra bobina que sólo se energiza durante el tiempo de arranque, y los de trabajo, por una tercera bobina que se energiza hasta que la de arranque haya salido de operación.

El cambio de la condición de arranque a la de operación se consigue con un relevador de tiempo retardado, que tiene la propiedad de que sus contactos accionan algunos segundos después de energizada la bobina. La duración de este tiempo se puede calibrar a voluntad.

Los botones de arranque y paro, y los interruptores de sobrecarga accionan de manera semejante que en los arrancadores a pleno voltaje. También se pueden instalar estaciones de botones a control remoto, varias estaciones de botones, o interruptores sensores automáticos.

2.3 MÉTODOS DE ARRANQUE PARA MOTORES TIPO JAULA DE ARDILLA

2.3.1. GENERALIDADES.

Los motores de inducción con rotor jaula de ardilla, son máquinas con una impedancia en su devanado estatórico, que permite su conexión directa a la red, sin el peligro de destruir sus devanados. Sin embargo, la corriente demandada si bien no perjudica al motor, si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación, tanto por su intensidad, como por el bajo factor de potencia con que es absorbida; sobre todo en máquinas con capacidades de 10 HP y mayores.

Esta situación y el hecho de que el par pueda tener efectos no deseados en la carga accionada, trae como consecuencia, el empleo de métodos de arranque, en los cuales la

conexión del motor ya no se hace de manera directa a la red, sino a través de resistencias, reactancias, autotransformadores, etc., que constituyen los métodos de arranque a tensión reducida.

2.3.2. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA.

Método de arranque de motores, en el que éstos se conectan directamente a la red eléctrica operando satisfactoriamente. Este método se emplea cuando la corriente y el par de arranque del motor no afectan a la instalación eléctrica o alumbrado.

El arranque a tensión plena utiliza el dispositivo eléctrico denominado arrancador a tensión plena, los cuales como se vio anteriormente pueden ser operados manual o magnéticamente. (Fig. 2.6).

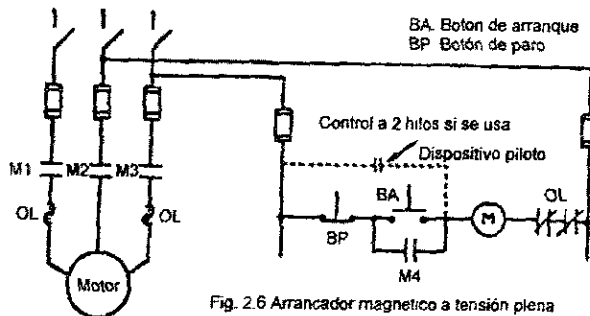


Fig. 2.6 Arrancador magnético a tensión plena

2.3.3. ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.

Un motor tipo jaula de ardilla toma corriente de arranque alta (irrupción) y produce un par de arranque alto cuando se arranca a tensión plena. Esta corriente y par de arranque altos pueden causar problemas en los sistemas eléctrico y mecánico, o en el material que está siendo procesado. Los arrancadores de tensión reducida se utilizan para reducir la corriente de arranque, el par de arranque o bien ambos.

Cuando los motores se arrancan a tensión reducida, la corriente en las terminales del motor se reduce en proporción directa a la reducción de la tensión, mientras que el par se reduce como la raíz cuadrada de la reducción de la tensión.

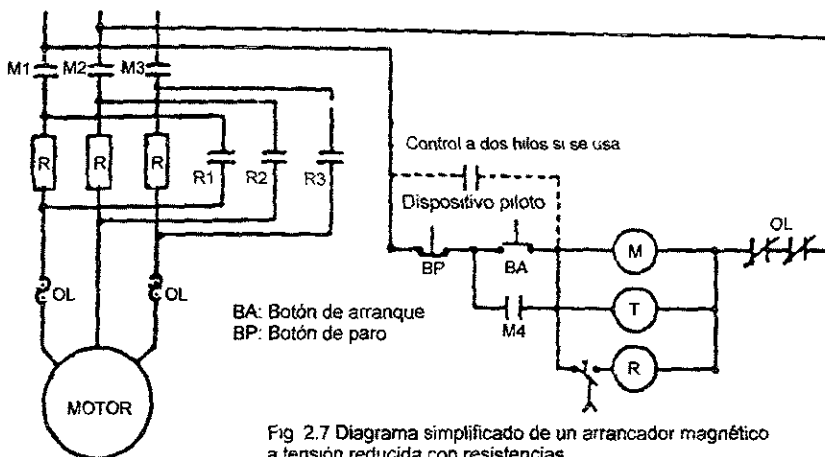
Si la inercia de la carga del motor es alta o si las especificaciones del motor son marginales para la carga del motor, la reducción del par de arranque puede prevenir que el motor alcance velocidad completa antes que las sobrecargas se desconecten. Las aplicaciones que requieren de un par de arranque alto deberían ser revisadas para determinar si se recomienda el arranque de tensión reducida para las mismas.

Existen varias formas o métodos de arranque a tensión reducida. A continuación se describirán los tipos más comúnmente usados.

a) ARRANQUE CON RESISTENCIAS PRIMARIAS.

En este método de arranque el motor se conecta a la línea a través de un grupo o banco de resistencias, donde cada resistor está conectado en serie con cada bobinado del motor, lo que produce una caída de tensión en el resistor y reduce la tensión aplicada al motor. Ya que la corriente de arranque del motor disminuye al aumentar la velocidad, la caída de tensión en el resistor disminuye a medida que el motor acelera y aumenta la tensión de la terminal del motor. El resistor es cortocircuitado después del arranque.

Aproximadamente 70% de la tensión de la línea se suministra a las terminales del motor en el instante que el motor arranca, lo cual reduce la corriente de arranque a un 70% y el par de arranque a 49% de los límites de tensión plena. (Fig. 2.7).



La secuencia de operación de este tipo de arrancador es la siguiente:

Cuando se oprime el botón de arranque, se establece continuidad en la línea que contiene el botón de paro, la bobina del contactor M, los contactos del relevador de sobrecarga y el mismo botón de arranque. La bobina M se energiza, cerrando los contactos M1, M2 y M3 en el circuito de fuerza, y el contacto M4 de enclave en el circuito de control; así el motor se conecta a la línea a través del banco de resistencias.

En el momento en que la bobina M se energiza, también lo hace la bobina T de un relevador de tiempo, de tipo a bobina energizada. Este en un tiempo "t" cierra el contacto T, permitiendo la conexión de la bobina del contactor R, el cual cierra sus contactos R1, R2 y R3 en el circuito de fuerza punteando las resistencias, con lo que el motor queda conectado a la tensión plena de carga.

Para detener el motor, basta con pulsar el botón de paro, con lo que se interrumpe el circuito que energiza la bobina del contactor M, provocando la apertura de los contactos M en el circuito.

En el caso de una sobrecarga, la apertura de los contactos del relevador en serie con la bobina M, origina la desconexión del motor. Para arrancar después de una sobrecarga hay

que oprimir el botón de restablecer (que cierra mecánicamente los contactos OL) y después pulsar el botón de arranque.

Este tipo de arrancadores pueden diseñarse para más de un paso de resistencias en la aceleración y para operaciones reversibles. Los contactores utilizados en el controlador son de capacidad acorde al motor a controlar. El relevador de tiempo puede ser de tipo neumático, con amortiguador o bimetálico.

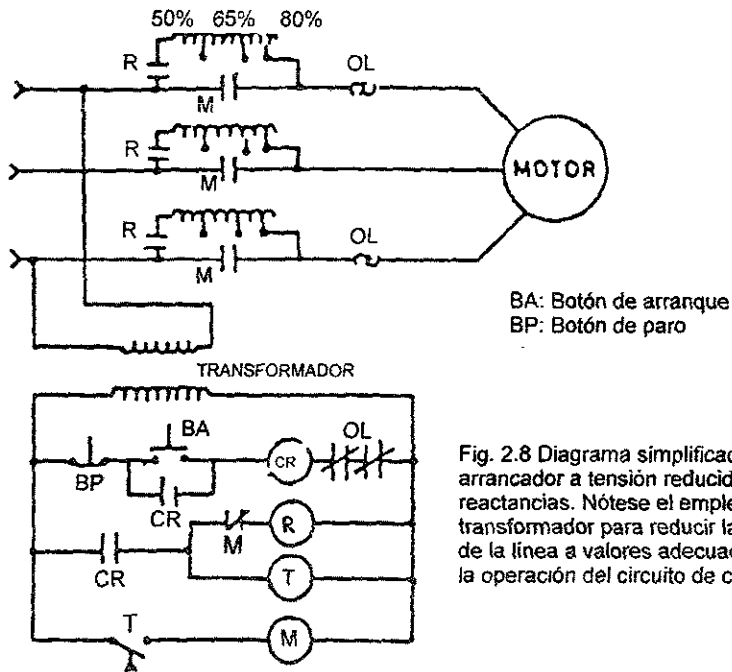
Este tipo de arrancadores no es conveniente usarlos en el arranque de cargas de alta inercia; sin embargo, su construcción sencilla, su bajo costo inicial y algunas otras características lo hacen adecuado para un gran número de aplicaciones.

b) ARRANQUE CON REACTANCIAS.

Este método de arranque consiste en conectar el motor a la línea a través de reactores colocados en cada una de las fases.

Como resultado de utilizar este tipo de arrancador, el par de arranque es muy bajo; además el empleo de reactores disminuye aún más el factor de potencia durante la aceleración. Estas características y su mayor costo, hacen que el método de arranque por resistencias primarias, sea preferido en lugar del de reactancias en la mayoría de los casos. Sin embargo, en accionamientos donde se requieren bancos de resistencias de gran volumen y se tienen problemas con la disipación de calor, se emplea el arrancador con reactancias.

Usualmente, los reactores van provistos de derivaciones para conseguir en los bornes del motor tensiones del 50%, 65% y 80% de la tensión plena de alimentación, lo que permite ajustes en las relaciones par y corriente. (Fig. 2.8).



c) ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR.

El arranque con autotransformador conocido como compensador, tiene los mismos propósitos que los arrancadores con resistencias primarias o reactancias y a pesar de ser más costoso, posee ciertas cualidades que lo hacen preferido en la mayoría de las aplicaciones.

En los arrancadores con resistencias o con reactancias, la disminución de la corriente es proporcional a la disminución de la tensión, mientras que el par disminuye con el cuadrado de ésta. De esta manera, si en un arrancador se tiene una caída de tensión en los bancos limitadores de un 20%, la corriente absorbida por el motor, durante el arranque, será el 80% de su valor si se arrancara a tensión plena de la red, en tanto que el par se reduce a un 64%.

Supóngase que el mismo motor se conecta a un transformador durante el arranque, como se muestra en la figura 2.9. Si la tensión en los bornes del motor se reduce a un 80% de la de la red, la corriente absorbida por la máquina disminuye en la misma proporción. Sin embargo, por la acción transformadora, la corriente de la red que está dada por la siguiente relación:

$$I_L = \frac{V_M}{V_L} \times I_M = \frac{80\%}{100\%} \times 80\% = 64\%$$

Resulta ser el 64% de la corriente que absorbería el motor si se conectara directamente a la línea.

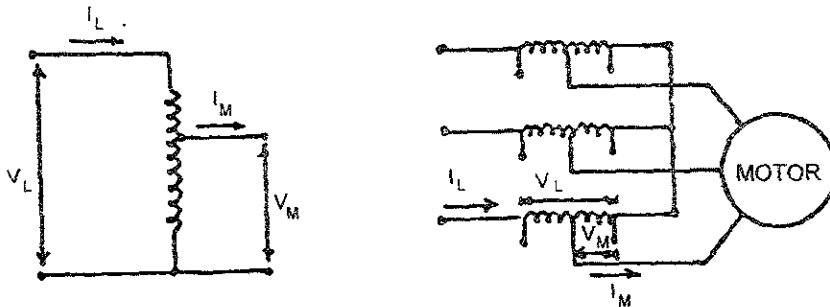


Fig.2.9 Conexión del motor durante el arranque con un transformador

Al 80% de la tensión nominal, el par durante el arranque se reduce a un 64%. De esta manera, se puede observar que para el mismo par de arranque, el arrancador con autotransformador produce una reducción de la corriente de la línea, mayor que los arrancadores con resistencias o reactancias.

El uso de autotransformadores conectados en delta abierta está muy difundido, pero esta conexión puede ocasionar disturbios en la línea durante el arranque, que como consecuencia, hacen disminuir todavía más el par de arranque.

Esta disminución no suele ser tan crítica en la mayoría de las aplicaciones; sin embargo, cuando se prefiere tener el par máximo, se completa el autotransformador, conectándose en estrella.

La figura 2.10, muestra el diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador en delta abierta, que utiliza dos contactores, uno de los cuales es de cinco polos.

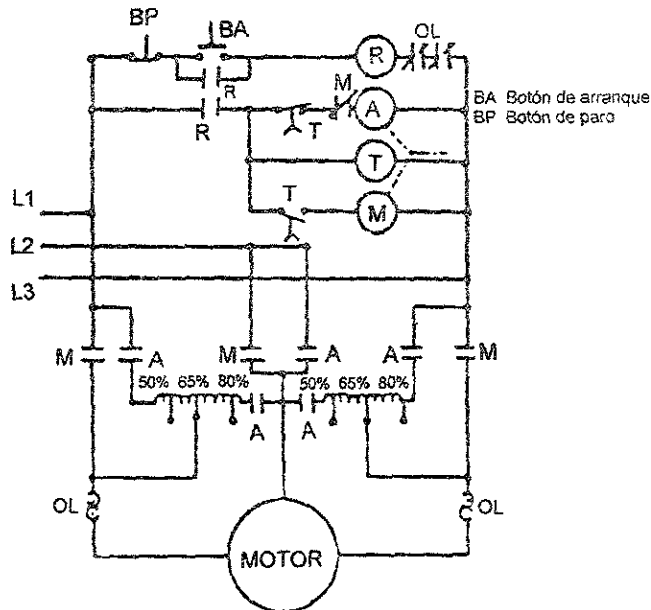


Fig. 2.10 Diagrama simplificado de un arrancador magnético a tensión reducida. A y M están bloqueados mecánicamente

Cuando el elemento de mando es una estación de botones (pulsadores) la operación de arranque se reduce a presionar el botón de arranque, normalmente abierto. Al cerrar éste, se excita la bobina del relevador R, que cierra sus contactos en el circuito de control,

manteniendo uno de ellos el enclave al dejarse de pulsar el botón. Otro contacto de R permite la energización de la bobina del contactor A y la del relevador de tiempo a bobina energizada T. Al cerrarse los contactos de A, el motor se conecta a la línea a través del autotransformador.

Un tiempo después de energizada la bobina T, los contactos que gobierna, actúan desconectando la bobina A y conectando la bobina M, la cual cierra sus contactos y conecta el motor a la tensión plena de línea.

Se acostumbra utilizar enclavamientos mecánicos y eléctricos, para evitar que los contactores A y M actúen al mismo tiempo. El enclavamiento mecánico se logra con un sistema de palancas, y el eléctrico con contactos normalmente cerrados del contactor que se va energizar, en serie con la bobina que se desea mantener excitada.

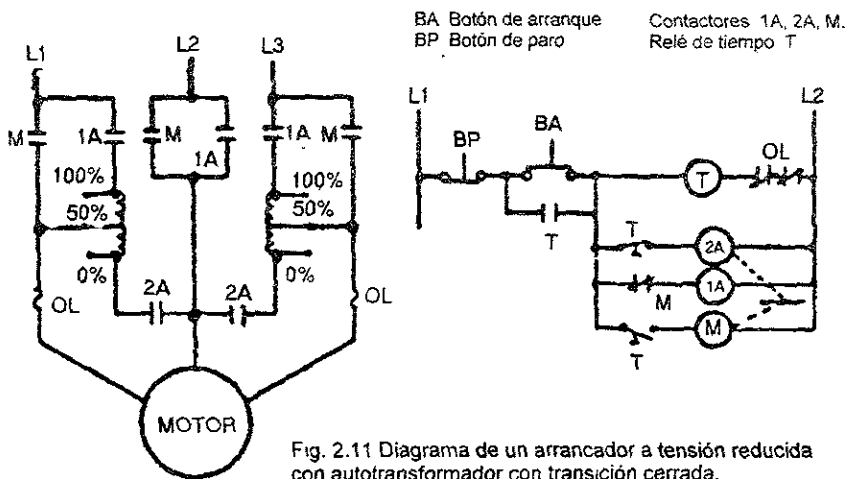
Para detener el motor, basta pulsar el botón de paro, con lo que se desenergiza el relevador de control R, que abre sus contactos interrumpiendo la operación. En caso de sobrecarga, ocurre una operación similar, ya que al abrirse los contactos OL se desenergiza la bobina R.

En el caso de utilizar dispositivos de mando como interruptores, flotadores de presión, etc., la operación se puede realizar automáticamente, dependiendo de la variable a controlar. En el caso de una sobrecarga, estando cerrados los elementos de mando, por requerirlo así la condición del sistema controlado, basta pulsar el botón de restablecimiento para iniciar la operación antes descrita.

El arrancador que se acaba de mencionar ya sea automático o semiautomático, presenta un inconveniente que a veces hay que considerar cuando se realiza el diseño o la selección. En la operación de apertura de los contactos de arranque A y el cierre de los de marcha M, hay un instante en el cual el motor se queda desconectado de la línea. Esta transición abierta, ocasiona en el momento de la conmutación, que el motor demande corrientes que pueden inclusive superar en intensidad la corriente de arranque a tensión total.

Para evitar el problema anterior, se ha desarrollado el arrancador de transición cerrada, del cual se puede observar un diagrama en la figura 2.11.

Las conexiones de transición cerrada, se encuentran usualmente en los arrancadores para motores de 200 HP en 220 Volts/440 HP en 440 Volts y mayores. En estos arrancadores se tienen dos contactores de arranque, uno de dos contactos 2 A y otro de tres 1 A, que operan independientemente. La operación de arranque, es similar a lo descrito antes, sólo que en el momento de la transición, el contacto 2 A se abre, en tanto que el 1 A permanece cerrado. Cuando esto sucede, se conecta el motor a la línea a través de las bobinas del transformador, que entonces actúan como reactores. Al momento de energizarse la bobina del contactor M y cerrarse los contactores que conectan el motor a la tensión plena de red, el contactor 1 A se desenergiza abriendo sus contactos.



d) ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.

Este método de arranque, consiste en conectar en estrella los devanados del motor durante el proceso arranque, para luego pasarlos a conexión delta al terminar la aceleración.

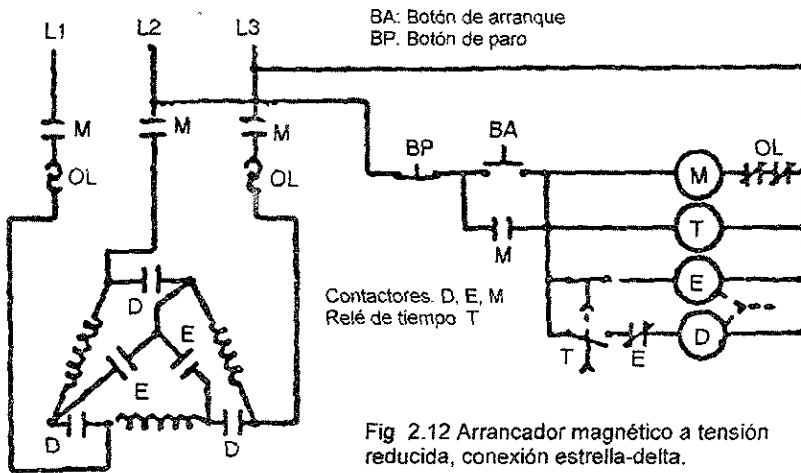
Cuando el motor se conecta en estrella, la tensión en cada una de las fases será $1/\sqrt{3}$ del valor de la tensión de la línea que se aplica a cada fase si se conectara en delta. Por otro lado, siendo la corriente de la línea en conexión delta, la corriente absorbida por el motor durante el arranque, en estrella será $1/3$ del valor que tomaría si se arrancara en conexión delta.

El par de arranque, también disminuye en $1/3$ de su valor en conexión delta, puesto que su reducción es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada y siendo esta de $1/\sqrt{3}$, su cuadrado, da el valor mencionado.

En la figura 2.12, se muestra un arrancador magnético a tensión reducida estrella-delta, el cual puede mandarse por pulsadores o por dispositivos de mando conectados a dos hilos.

Al pulsarse el botón de arranque, se excitan las bobinas M y E cerrándose sus respectivos contactos, de esta manera el motor se conecta a la línea con sus devanados estáticos en estrella. El relé de tiempo T actúa unos segundos después, ya cuando el motor se haya acelerado, desconectando la bobina del contactor E y conectando la bobina D, que al cerrar sus contactos, deja trabajando al motor en delta.

El contacto normalmente cerrado de E en serie con la bobina D garantiza que sólo hasta que la bobina E se encuentre fuera, el contactor D puede actuar, asegurando que no se produzca un cortocircuito. Además de este enclavamiento eléctrico, se acostumbra dotar a los contactores E y D de un enclavamiento mecánico, el cual a pesar de energizarse una bobina no deseada, impide mecánicamente el cierre de sus contactos.



El circuito de la figura anterior, corresponde a un arrancador con transición abierta, ya que en la operación de apertura de los contactos E y el cierre de los contactos D, el motor queda desconectado de la línea por un instante.

Para evitar la posibilidad de que en el instante de transición, el motor demande una corriente elevada, se utiliza un control muy similar al anterior, pero que realiza la transferencia de estrella a delta sin desconectar el motor de la línea. Los arrancadores con estas características se llaman de transición cerrada.

La figura 2.13 representa el diagrama lineal de un arrancador estrella-delta, en donde en el periodo de transición se mantiene el motor conectado a la línea a través de unas resistencias, las cuales se desconectan después de realizada la transferencia.

En general, el arrancador a tensión reducida estrella-delta, está prescrito cuando se exija que las intensidades en el arranque sean reducidas a un par especialmente bajo para un arranque suave.

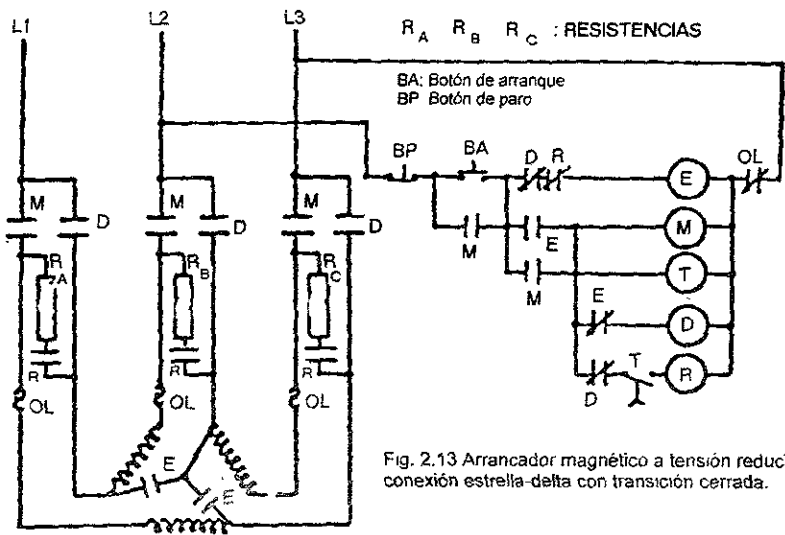


Fig. 2.13 Arrancador magnético a tensión reducida conexión estrella-delta con transición cerrada.

Tabla de arranque con arrancadores a tensión reducida

ARRANCADOR	CORRIENTE EN EL ARRANCADOR	PAR DE * ARRANQUE	VOLTAJE EN EL MOTOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tipo	64	64	80	1- El balance entre voltaje y par de arranque se logra mediante las tres piernas del autotransformador 2- Alta eficiencia del par de arranque 3- Flexibilidad para la aplicación 4- Protección contra bajo voltaje 5- Relev de sobrecarga bimetalicos 6- Larga vida con pocas partes moviles	1- Ciclo de trabajo limitado por el autotransformador
Auto	42	42	65		
Transformador	25	25	50		
Magnético	64	64	80	1- Operación automática después de la señal de motivación 2- Operación a control remoto de acuerdo a las necesidades 3- Mayores ciclos de operación que el tipo manual (15 seg en periodos de 4' min durante 1 hora y después de un periodo de descanso de 2 horas) 4- Circuito de transición cerrada (El motor está conectado desde arranque hasta plena carga Sin interrupciones de corriente) 5- Protección al autotransformador	1- Más caro que el tipo manual
	42	42	65		
	25	25	50		
Manual	64	64	80	1- Más barato que el magnético	1- Operación mas difícil que el magnético 2- 15 seg de arranque en periodos de 4 min y con un total de cuatro ciclos
	42	42	65		
	25	25	50		
Resistencia Pnmana	80	64	80	1- Es el menos complejo de los arrancadores A T R 2- Aceleración suave 3- Circ transición cerrada 4- F P alto al arranque	1- Bajo para de arranque cuando el voltaje decrece 2- Las características de arranque no son fácilmente ajustadas después de manufacturarse 3- Demasiada comente en el arranque.
Estrella Delta	33	33	100	1- Alta capacidad de trabajo en el arranque y aceleración durable. 2- Par eficiente por ser alto	1- Las características de arranque no son ajustables para motores con alta inercia 2- Requiere de un diseño especial en el motor.

*Se representa la cantidad en porciento a plena carga que toma el motor en arranque y en voltaje

CAPÍTULO 3

CENTROS DE CONTROL DE MOTORES

CENTROS DE CONTROL DE MOTORES

3.1 GENERALIDADES

Un centro de control de motores (CCM) es un tablero que se usa para montar las componentes del alimentador de los motores y sus circuitos derivados. Desde luego, no todas las componentes se deben incluir en el centro de control; por ejemplo, la protección del alimentador se puede instalar en el tablero principal o bien otro ejemplo, la estación de botones se puede localizar en algún lugar más conveniente.

El número de secciones en un centro de control de motores depende del espacio que tome cada una de sus componentes, de manera que si se sabe que componentes se incluirán, se puede diseñar el centro de control de motores.

Un centro de control de motores ofrece las siguientes ventajas:

- Permite que los aparatos de control se alejen de lugares peligrosos.
- Permite centralizar al equipo en el lugar más apropiado
- Facilita el mantenimiento
- Reduce el costo de instalación

Para diseñar el centro de control de motores se debe tomar en consideración la siguiente información:

1. Elaborar una lista de los motores que estarán contenidos en el CCM, indicando para cada motor:
 - Potencia en HP o kW
 - Voltaje de operación
 - Corriente nominal a plena carga

- Forma de arranque (tensión plena o tensión reducida)
 - Si tiene movimiento reversible
 - Lámparas de control e indicadoras
2. Elaborar un diagrama unifilar simplificado de las conexiones de los motores, indicando la información principal referente a cada uno.
 3. Tomando como referencia los tamaños normalizados para centros de control de motores, se puede hacer un arreglo preliminar de la disposición de sus componentes, de acuerdo con el diagrama unifilar, y considerando ampliaciones futuras.
 4. Las especificaciones principales para un centro de control de motores, como son:

Características del gabinete y dimensiones principales.

Generalmente son del tipo autosoportado de frente muerto para montaje en piso con puertas al frente para permitir el acceso al equipo.

Arrancadores.

Normalmente son del tipo magnético, con control remoto y/o local por medio de botones y elementos térmicos de protección de los motores.

Interruptores.

Por lo general son del tipo termomagnético en caja moldeada de plástico con operación manual y disparo automático y que pueden ser accionados exteriormente por medio de palancas.

Frecuentemente se instala para cada motor una combinación de interruptor y arrancador.

Barras y conexiones.

Cada centro de control de motores tiene sus barras alimentadoras que son normalmente de cobre electrolítico. Estas barras se encuentran en la parte superior y las conexiones se hacen en la parte inferior.

EJEMPLO 3.1

Calcular las características principales de los circuitos derivados y el alimentador para un centro de control de motores que alimentará los siguientes motores:

1 motor trifásico de inducción de 25 HP a 220 Volts, tipo jaula de ardilla con letra de código G

1 motor trifásico de inducción de 20 HP a 220 Volts, tipo jaula de ardilla con letra de código C.

Se considera que se usarán interruptores termomagnéticos, elementos térmicos y conductores TWH. Se supone también que se trata de motores estándar con una elevación de temperatura no mayor de 40 °C.

Determinar:

1. La protección del alimentador
2. El conductor del alimentador
3. La protección del circuito derivado de cada motor
4. El conductor del circuito derivado de cada motor
5. Los elementos térmicos de cada motor
6. Las capacidades de los medios de desconexión de cada motor

SOLUCIÓN

1. Para un motor de 25 HP a 220 Volts la corriente nominal según la tabla A.1 del apéndice A, es de 71 amperes; para motores de inducción con letra de código G y corriente de plena carga mayor de 30 amperes se puede usar un factor de 2.5 veces la corriente nominal a plena carga, por lo que la protección del alimentador se calcula como:

$$\text{Protección del alimentador} = 2.5 \times I_{pc \text{ motor mayor}} + \Sigma I_{pc \text{ otros motores}}$$

Para el motor de 20 HP a 220 Volts, la corriente de plena carga de acuerdo con la tabla A.1 es:

$$I_{pc} = 56 \text{ amperes}$$

La protección del alimentador se calcula como:

$$\text{Protección del alimentador} = 2.5 \times 71 + 56 = 233.5 \text{ amperes máximos}$$

Por lo tanto, se puede usar un interruptor termomagnético de 225 amperes.

2. Calibre del conductor del alimentador

La capacidad de conducción de corriente del alimentador (ampacidad) es:

$$I = 1.25 I_{pc \text{ motor mayor}} + \Sigma I_{pc \text{ otros motores}}$$

$$I = 1.25 \times 71 + 56 = 144.75 \text{ amperes}$$

Para conductor TWH, de la tabla A.2 para 1 a 3 conductores en tubo conduit se requieren 3 conductores No. 2 / 0 AWG.

3. Protección del circuito derivado de cada motor

- a) Para el motor de 25 HP a 220 Volts con $I_{pc} = 71$ amperes, y letra de código G se puede usar un factor de $2.5 \times I_{pc}$, es decir:

$$I = 2.5 \times I_{pc} = 2.5 \times 71 = 177.5 \text{ amperes}$$

Por lo que se puede emplear un interruptor termomagnético de 175 amperes.

- b) Para el motor de 20 HP a 220 Volts, según la tabla A.1 la corriente nominal es $I_{pc} = 56$ amperes. Para motores de inducción con letra de código C y corriente de plena carga mayor de 30 amperes, se puede usar un factor de 2 veces la corriente nominal a plena carga, por lo que:

$$I = 2 \times I_{pc} = 2 \times 56 \text{ amperes} = 112 \text{ amperes}$$

Se puede emplear un interruptor termomagnético de 110 amperes.

4. Conductores de los circuitos derivados

- a) Para el motor de 25 HP se tiene:

$$I = 1.25 \times I_{pc} = 1.25 \times 71 = 88.75 \text{ amperes}$$

Con conductor TWH (1 a 3 conductores en tubo conduit) se requieren 3 conductores No. 2 AWG.

b) Para el motor de 20 HP:

$$I = 1.25 \times I_{pc} = 1.25 \times 56 = 70 \text{ amperes}$$

Con conductor TWH (1 a 3 conductores en tubo conduit) se requieren 3 conductores No. 4 AWG.

5. Elementos térmicos

Para motores estándar con elevación de temperatura no superior a 40°C la capacidad de los elementos térmicos es $1.25 I_{pc}$.

a) Para el motor de 25 HP a 220 Volts con $I_{pc} = 71$ amperes

$$I_{\text{elemento térmico}} = 1.25 \times 71 = 88.75 \text{ amperes.}$$

b) Para el motor de 20 HP a 220 Volts con $I_{pc} = 56$ amperes

$$I_{\text{elemento térmico}} = 1.25 \times 56 = 70 \text{ amperes}$$

6. Dado que los motores no estarán a un lado del CCM, es necesario proporcionar un desconectador por separado, por lo que se deben usar desconectadores de 25 HP y 20 HP, o bien interruptores termomagnéticos de $2.5 \times I_{pc}$ para el motor de 25 HP, es decir:

$$2.5 \times 71 = 177.5 \text{ amperes. (175 amperes)}$$

y de $2.5 \times I_{pc}$ para el motor de 20 HP, o sea:

$$2.5 \times 56 = 140 \text{ amperes.}$$

3.2 DATOS PARA EL DISEÑO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

Para dar la información más precisa para el diseño de un CCM, es conveniente tener una idea de los datos que se manejan para sus componentes, como es el caso de los arrancadores y los interruptores termomagnéticos, por mencionar dos de los más representativos, además de los elementos de control.

En el caso de información para arrancadores, normalmente se hace referencia a normas nacionales, aún cuando se deben satisfacer condiciones establecidas por normas internacionales, como las de NEMA (National Electrical Manufacturers Association) de Estados Unidos, en donde se establecen las capacidades máximas que se dan a continuación

TABLA 3.1

TAMANO NEMA	CORRIENTE POR 8 HORAS (A)	Hp MÁXIMOS PARA MOTORES TRIFÁSICOS	
		220 V	440 V
0,0		1 1/2	2
0	15	3	5
1	25	7 1/2	10
2	50	15	25
3	100	30	50
4	150	50	10
5	300	100	200

CAPACIDADES MÁXIMAS PARA ARRANCADORES A TENSIÓN PLENA Y PROTECCION
CONTRA SOBRECARGAS

La tabla anterior es aplicable a motores trifásicos de inducción de una sola velocidad, con rotor tipo jaula de ardilla.

TABLA 3.2

TAMAÑO NEMA	CAPACIDAD PARA MÁXIMA POTENCIA	DIMENSIONES (cm)				
		ANCHO	ALTO	FONDO		
		A	B	C	D	E
0,0	1 Hp a 220 V	13	12	10	8	4
0	2 Hp a 220 V	13	12	10	13	5
1	3 Hp a 220 V	13	12	10	15	5
2	7 1/2 Hp a 220 V	16	17	14	17	5
3	50 Hp a 440 V	22	25	17	22	7
4	75 Hp a 440 V	22	25	17	25	10

DIMENSIONES GENERALES DE ARRANCADORES A TENSION PLENA Y PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

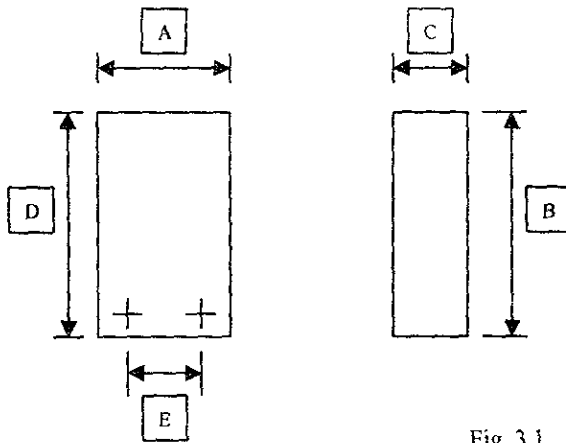


Fig. 3.1

Como parte de los datos para el diseño de un CCM se debe definir además:

1. La característica y voltaje de la fuente de alimentación.
2. El tipo de gabinete que se empleará en función del punto de instalación del mismo (características ambientales).
3. El número y calibre de los conductores alimentadores.

4. La forma de construcción de los gabinetes, es decir, estándar o respaldo contra respaldo.

En función de las cargas que se alimentarán, se elabora una lista de equipo específico a considerar en el CCM, como por ejemplo:

1. Tipo de arrancadores (reversibles, no reversibles, etc.), así como si se incluirán tableros de alumbrado
2. Número de unidades requeridas
3. Circuitos derivados y protección de los mismos

Finalmente, para tener una idea del arreglo y dimensiones del CCM se hace uso de tablas como las que se han indicado y las que se muestran a continuación, para de esta manera determinar:

- 1.- La altura de las unidades individuales
- 2.- El mejor agrupamiento de las unidades
- 3.- La mejor utilización de los espacios para cada unidad

TABLA 3.3

DATOS PARA COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO Y ARRANCADOR *

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MÁXIMA EN Hp		ALTURA DE LA UNIDAD CCM	
	220 V	440 V	ARRANCADOR REVERSIBLE	ARRANCADOR NO REVERSIBLE
1	7 1/2	10	30	48
2	15	25	30	61
3	20	40	15	76
	30	50	30	107
4	50	100	30	122
5	100	200	45 +	199 +

* Todas las unidades se pueden alojar en un ancho de 50 cm.

+ Se refiere al tipo no enchufable

TABLA 3.4

DATOS PARA INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES DE 3 POLOS (interruptor general o derivado)*

CAPACIDAD EN AMPERES	PORTAFUSIBLES PARA AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)	
		220 V	600 V
30	30	30	30
	60	30	
60	60	38	38
	100	38	38
100	100	54	54
	200	41	61
200	200	61	61
	400	99	105

* Todas las unidades se alojan en 50 cm. de ancho.

TABLA 3.5

DATOS PARA COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR DE FUSIBLES Y ARRANCADOR *

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MÁXIMA TRIFÁSICA EN Hp		PORTAFUSIBLE AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)	
	220 V	440V		NO REVERSIBLE	REVERSIBLE
1	3	7 1/2	30	31	45
	7 1/2	10	60	31	45
			60	38	45
2	10	15	60	61	83
	15	25	100	61	83
3		30	100	83	122
		50	200	91	130
	30		200	83	122
	30		400	105	145
4		60	200	99	145
		100	400	130	175
	50	400	122	160	

* Todas las unidades se pueden alojar en un ancho de 50 cm.

TABLA 3.6

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS GENERALES O DERIVADOS DE 3 POLOS*

AMPERES CONTINUOS MAXIMOS	MARCO	CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN AMPERES (VALOR EFICAZ)		ALTURA DE LA UNIDAD (cm)
		240 V	480 V	
100	FA	18000	14000	31
225	KA	25000	22000	45
400	LA	42000	30000	45
800	MA	42000	30000	53

* Todas las unidades se pueden alojar en un ancho de 50 cm.

TABLA 3.7

DATOS PARA TABLEROS DE ALUMBRADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO *

NÚMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)
8 - 12	46
14 - 20	53
22 - 30	61
32 - 42	76

* Todas las unidades se alojan en 50 cm. de ancho.

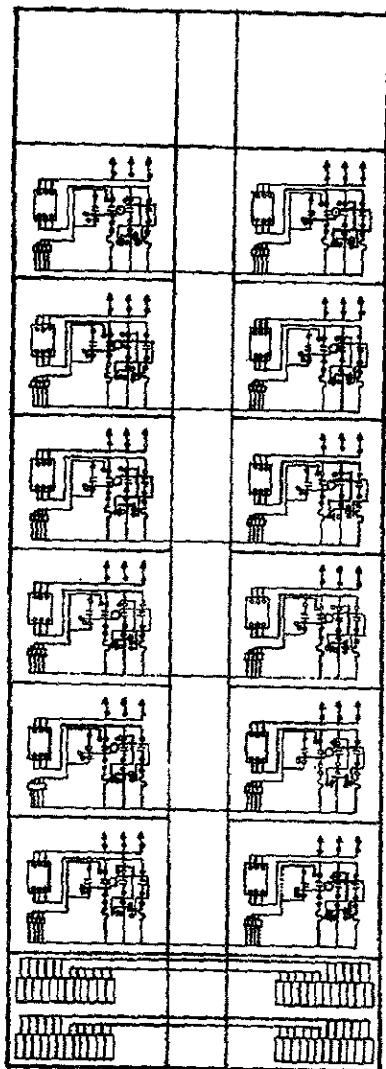
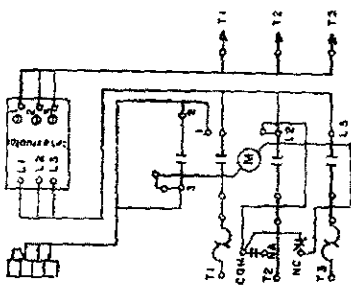
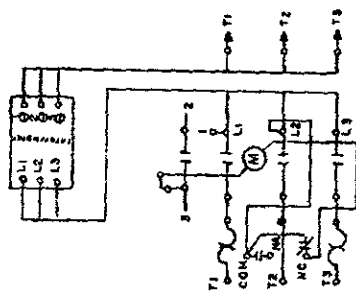


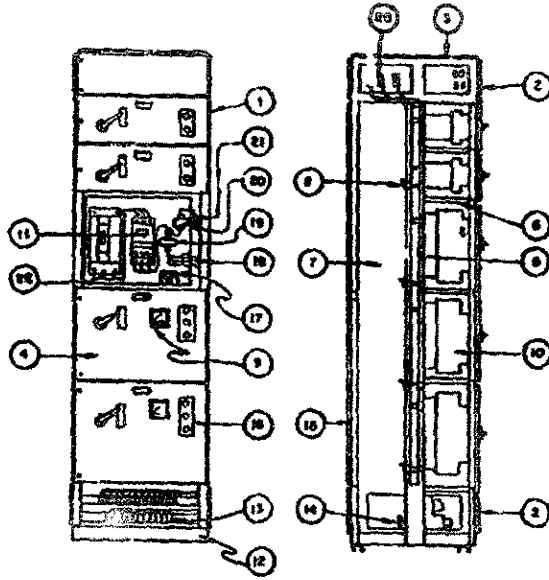
DIAGRAMA DE ALAMBRADO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

TABLAS DE CONEXION EN LA PARTE INFERIOR



TIPOS DE ALAMBRADO PARA EL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Fig. 3.2



DISPOSICIÓN DE EQUIPO EN UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM)

1. Estructura soporte de lámina
2. Ventana de inspección
3. Techo de lámina
4. Puerta de frente con manija e instrumentos
5. Módulo
6. Diafragma de separación
7. Lámina separadora entre unidades
8. Barras
9. Instrumentos de medición
10. Interruptores termomagnéticos o fusibles
11. Protección en aire con relevador térmico
12. Base
13. Tablillas de conexiones
14. Transformadores de instrumentos
15. Fondo
16. Estación de botones
17. Lámparas piloto
18. Conexiones
19. Contactores
20. Contactores
21. Conector
22. Interruptor termomagnético

Fig. 3.3

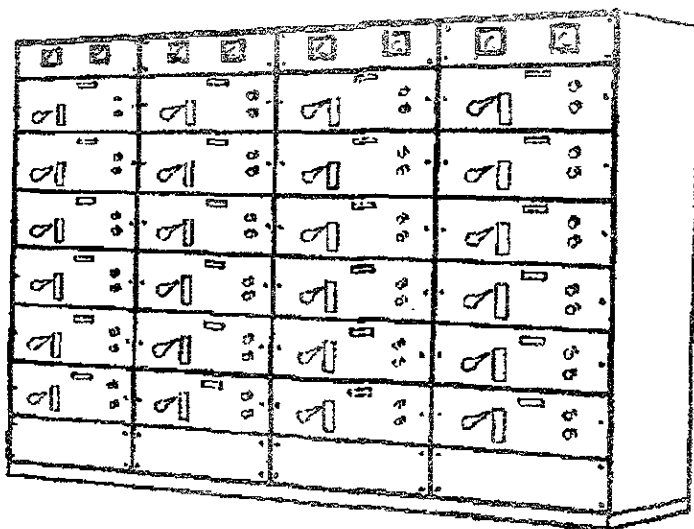


Fig. 3.4
VISTA PARCIAL DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Las principales características de los tableros usados como centros de control de motores son:

Estructura metálica normalizada, realizada de tal manera que sea fácilmente armada y modular. Cada módulo o compartimento contiene un grupo de paneles en los que se alojan los aparatos de mando y control de motores.

Los paneles o módulos, tienen por lo general dimensiones normalizadas, de manera que cada compartimento contenga un número entero de elementos, aunque de características distintas o sean fácilmente sustituibles en caso de ser necesario. Por seguridad se recomienda que la puerta de estos compartimentos no se pueda abrir con el interruptor energizado.

Cada compartimento o panel contiene por lo general un interruptor automático que constituye un órgano de seccionamiento y protección para la corriente de cortocircuito, estaciones de botones para el mando de motores o bien arrancadores con estaciones de botones a control remoto, eventualmente se tienen módulos con instrumentos de medición, lámpara piloto, etc.

Un sistema de barras generales de distribución, cuchillas o un interruptor general a la entrada y algunos otros aparatos de medición como por ejemplo wathhorímetros.

Los tableros para centro de control de motores se fabrican con corriente nominal de las barras principales, por lo general no superiores a 1000 amperes y para corrientes de cortocircuito no superiores a 50 kiloamperes. Por su característica modular, los centros de control de motores pueden ser fácilmente ampliados.

CONCLUSIONES

Del desarrollo del presente trabajo, se puede concluir lo siguiente.

1.- Debido a que los motores eléctricos son máquinas que se encuentran en una gran variedad de aplicaciones dentro de la industria realizando funciones que difícilmente se podrían llevar a cabo si no fuera por ellos, se hace necesario proporcionar a dichos motores de la protección adecuada para su correcto funcionamiento, de tal manera que no se vean afectados en su operación por ninguna perturbación que pudiese presentarse, llámese esta: sobrecarga, sobrecorriente, falla de fase, caída de tensión, etc.

Es muy importante tener en cuenta que de la correcta operación de un motor puede depender el buen funcionamiento de un proceso de producción, razón por la cual la selección del equipo de protección debe hacerse de la mejor manera posible a fin de que cumpla con las características requeridas.

2.- La aplicación de los distintos métodos de arranque para los motores de inducción con rotor tipo jaula de ardilla dependerá de la situación que se presente al instante de arranque, de tal forma que si la corriente y el par de arranque del motor no afectan a la instalación eléctrica, al motor mismo o el alumbrado, se podrá conectar el motor directamente a la red eléctrica sin ningún inconveniente.

Por el contrario, si la corriente demandada por el motor produce perturbaciones en la red de alimentación, tanto por su intensidad como por el bajo factor de potencia con que se absorbe y además el par de arranque tiene efectos no deseados en la carga accionada deberá emplearse sin ninguna duda alguno de los métodos de arranque a tensión reducida, lográndose con esto, disminuir la corriente de arranque, o bien, acelerar suavemente la carga, es decir, disminuir el par.

3.- Para poder llevar a cabo el arranque de un motor por alguno de los métodos antes mencionados se cuenta con equipos eléctricos denominados "arrancadores". Estos equipos

se deben seleccionar de acuerdo con las necesidades del proceso que se desee llevar a cabo, de tal manera que podamos arrancar nuestro motor ya sea en forma manual o automática, a tensión plena o reducida.

4.- En lo referente a los Centros de Control de Motores (CCM) estos tableros resultan de gran utilidad al montar las componentes del alimentador de los motores y sus circuitos derivados.

La utilización de un CCM está recomendada cuando no existen razones particulares para que los motores de una instalación o de una zona se alimenten en forma centralizada, de esta manera un solo operador puede controlar fácilmente todo un complejo en el cual se encuentran los órganos de mando, protección e instrumentos de medición.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, Edwin P. y Miller Rex.
Electric Motors. Fifth Edition
USA, Macmillan Publishing Company, 1991.

ENRIQUEZ Harper, Gilberto
EL ABC DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS. III
Instalación y control de motores de corriente alterna
México, Edit. Limusa, 1992

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto
El ABC del alambrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión
México, Edit. Limusa, 1996

RICHTER, H.P. y Creighton Schwan W.
Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas
"Domésticos, Granjas e Industriales"
México, Compañía Editorial Continental, 1995

Catálogo SQUARE D. El arranque motor – NEMA

Catálogo SQUARE D. Diagramas de Alambrado

Manual Eléctrico – CONELEC

CAMARENA M, Pedro

Instalaciones Eléctricas Industriales

México, Compañía Editorial Continental, 1996

PÉREZ, Víctor

Generadores, Motores y Transformadores Eléctricos

México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1992

TABLA A.1
CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Hp	MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARILLA Y ROTOR DE AVANADO (AMPERES)			MOTOR SINCRONO, CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)		
	220 V	440 V	2400 V	220 V	440 V	2400 V
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	108	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	---	158	29
200	502.0	251.0	47	---	210	38

TABLA A.2

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C


CALIBRE A.W.G. K.C.M.	TIPO V.F. T.W. T.W.H 60 °C						VINANEL 900 RH. RVHV 75 °C					
	1 A 3		4 A 6		6 A 9		1 A 3		4 A 6		6 A 9	
	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO
14	15	12	10	10	20	15	12	10	10	20	15	10
12	20	16	14	14	25	20	18	14	14	35	20	14
10	30	24	21	21	40	30	24	21	21	41	30	21
8	40	32	28	28	55	54	36	31	31	65	54	31
6	55	44	38	38	80	65	52	45	45	95	65	45
4	70	56	49	49	105	85	68	59	59	125	85	59
2	95	76	66	66	140	115	92	80	80	170	115	80
1/0	125	100	87	87	195	150	120	105	105	230	150	105
2/0	145	116	110	110	225	175	140	122	122	265	175	122
3/0	165	132	115	115	280	200	160	140	140	310	200	140
4/0	195	156	132	132	300	230	184	161	161	350	230	161
250	215	172	150	150	340	255	204	178	178	405	255	178
300	240	192	168	168	375	285	228	198	198	445	285	198
350	260	208	182	182	420	310	248	217	217	505	310	217
400	280	224	196	196	455	335	268	234	234	545	335	234
500	320	256	224	224	515	380	304	266	266	600	380	266

SIMBOLOGÍA

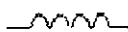
BOTONES DE TIPO CONTACTO MOMENTÁNEO


 Normalmente abierto

 Normalmente cerrado

 Bobina

 Motor de C.A. trifásico

 Inductancia

 Relevadores de sobrecarga térmicos

CONTACTOS DE OPERACIÓN INSTANTÁNEA

 Normalmente abierto

 Normalmente cerrado

CONTACTOS DE TIEMPO La acción del contacto es retardada después que la bobina es energizada.

 Normalmente abierto

 Normalmente cerrado