



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“CONTROL Y PROTECCION DE
MOTORES TRIFASICOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

CESAR SINHUE MORENO VARELA

ASESOR: ING. JAIME FUENTES SANCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



DEPARTAMENTO DE

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. ~~CECILIA MONTESINO~~ ~~CECILIA~~ Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Control y Protección de Motores Trifásicos

que presenta el pasante: César Sinhué Moreno Varela,
 con número de cuenta: 0130527-7 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 VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de Marzo de 1 2002.

PRESIDENTE Ing. J. Juan Contreras Espinoza.

VOCAL Ing. Jaime Fuentes Sánchez.

SECRETARIO Ing. Diana F. Arce Zaragoza.

PRIMER SUPLENTE Ing. Roberto Reyes Arce.

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Fernando Pierra Teller.

AGRADECIMIENTOS
Y
DEDICATORIAS

A MI PADRE.

Quién me ha hecho mucha falta, pero tengo fe, en que donde quiera que el se encuentre puede ver que desde siempre hemos luchado por ser buenos hijos, que hemos hecho de ésta, la familia que seguramente siempre quiso tener y que el logro que obtengo el día de hoy se lo dedico con todo cariño como una prueba más de nuestro esfuerzo, algo que tal vez nunca imaginó, pero que seguramente lo enorgullece. *Gracias padre por haberme enseñado a prevalecer en pie bajo cualquier circunstancia adversa.*

A MI MADRE.

Desen expresar todo mi amor y agradecimiento a mi madre quién con tanto cariño y sacrificio ha luchado arduamente por mi educación y superación... y ahora se que de alguna manera, todo tu esfuerzo no ha sido en vano. *Gracias por haberme inculcado los valores suficientes para seguirme superando.*

TE AMO

A MAMA EVA.

Quién es una persona invaluable y no tengo forma de agradecerle lo que ha hecho por mí, quién no sólo cuidó de mí y mis hermanos, quién no sólo se preocupó, sino que también ha sido el pilar de la superación de todos y cada uno de los miembros de la familia...

GRACIAS MAMA.

A MIS HERMANOS.

Porque no ha sido fácil tener que superar día a día las adversidades que nos ha impuesto la vida, desde que fuimos niños, que si nos privamos de muchas cosas, el día de hoy hemos obtenido una parte más de lo que hemos estado construyendo juntos. *Gracias por brindarme todo su apoyo.*

LOS AMO

A MI ESPOSA E HIJA.

Por ser la paz que siempre necesito en los momentos más difíciles. Gracias por existir y sobre todo, por soportarme. *Nunca cambien y que siempre prevalezca la unión y armonía en nuestra familia.*

LAS AMO

TO MY BROTHER HECTOR.

Por que de ti he tomado el ejemplo de superación gracias por tu apoyo.

TE AMO.

A LA MEMORIA DEL INGENIERO, ESTEBAN CORONA ESCAMILLA.

Quién fue una gran persona, un excelente académico y un gran amigo. Le agradezco el haber sido parte fundamental del desarrollo profesional, no solo mío, sino de cientos de alumnos y profesionistas que adquirimos de usted una amplia gama de conocimientos.

GRACIAS

AL INGENIERO, JAIME FUENTES SANCHEZ.

Por brindarme todo su apoyo, su sapiencia y sobre todo su amistad incondicional.

GRACIAS

A LEONARDO FONSECA. R.

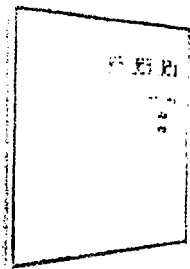
Por su apoyo incondicional, la amistad y esas largas noches de estudio.

A ROBERTO SÁNCHEZ. A.

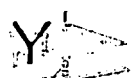
Por el apoyo incondicional, la amistad y los momentos inolvidables que hemos vivido.

A TODOS AQUELLOS QUE ESTARAN SIEMPRE CONMIGO:

Al football, a los escorpiones 96-97, Oscar Rosas, Alfredo Kobch, Luis A. Maldonado, Juan M. Ríos, Edgar López, José González, Jesús Rosas, Etna Mariana Castillo, Roberto Mayorga, Miguel Pineda, Jon, Paola.



CONTROL

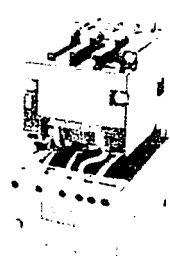


PROTECCION DE



MOTORES

TRIFÁSICOS



ÍNDICE

INDICE

INTRODUCCION.	6
CAPITULO I. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL.	9
I.1. CONTROLADORES.	10
I.2. FUNCIONES DE CONTROL.	11
1.2.1. ARRANQUE.	11
1.2.2. PARO Y FRENADO.	11
1.2.3. CONTROL DE LA DIRECCION.	11
1.2.4. CONTROL DE VELOCIDAD.	11
I.3. FUNCIONES DE PROTECCION.	12
1.3.1. SOBRECORRIENTES.	12
1.3.2. SOBRECARGAS.	12
1.3.3. INVERSION DE FASE.	12
1.3.4. INVERSION DE CORRIENTE.	12
1.3.5. SOBREVOLOCIDADES.	13
1.3.6. CAMPO ABIERTO.	13
I.4. TIPOS DE CONTROLADORES.	13
I.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL.	14
1.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.	15
1.5.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.	16
1.5.3. PULSADORES Y SELECTORES.	18
1.5.4. COMBINADORES.	20
1.5.5. INTERRUPTORES DE PEDAL.	21
I.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICOS.	22
1.6.1. INTERRUPTORES DE LIMITE.	22
1.6.2. INTERRUPTORES DE NIVEL.	23
1.6.3. INTERRUPTORES DE PRESION.	24
1.6.4. INTERRUPTORES DE FLUJO.	25
1.6.5. INTERRUPTORES TERMICOS.	25
1.6.6. INTERRUPTORES DE VELOCIDAD CERO.	25
I.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO.	26
1.7.1. CONTACTORES.	26
1.7.2. RELEVADORES.	27
1.7.3. ARRANCADORES.	33
CAPITULO II. SIMBOLOGÍA Y DIAGRAMAS.	34
II.1. SIMBOLOGÍA.	35
II.1.1. SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL.	35
II.1.2. SIMBOLOGIA NORMA OFICIAL MEXICANA.	43
II.2. DIAGRAMAS.	51
II.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES.	51
II.2.2. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES.	52
II.2.3. DIAGRAMA DE HACES.	53
II.2.4. DIAGRAMA LINEAL.	54

CAPITULO III. NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES.	55
III.1. GENERALIDADES.	56
III.1.1. DEFINICIONES.	56
III.1.2. CIRCUITOS DERIVADOS.	58
III.1.3. CIRCUITOS ALIMENTADORES.	58
III.1.4. PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE.	58
III.1.5. CONDUCTORES DE USO GENERAL.	59
III.2. MOTORES.	65
III.2.1. GENERALIDADES.	65
III.2.2. CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.	68
III.2.3. PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS EN EL MOTOR.	70
III.2.4. PROTECCION DE CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES. CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.	73
III.2.5. PROTECCION DE CIRCUITOS ALIMENTADORES QUE ABASTECEN MOTORES CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.	75
III.2.6. CIRCUITOS DE MOTORES	76
III.2.7. CONTROLADORES DE MOTORES.	76
III.2.8. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.	78
III.2.9. REQUISITOS PARA TENSIONES MAYORES A 1000 VOLTS.	80
 CAPITULO IV. CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS.	 81
IV.1. GENERALIDADES.	81
IV.1.1. ESTATOR.	82
IV.1.2. ROTOR.	83
IV.1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.	86
IV.1.4. VELOCIDAD DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS.	87
IV.2. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA.	89
IV.2.1. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA.	89
IV.2.2. ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.	90
IV.3. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.	98
IV.3.1. ACELERACIÓN MANUAL.	98
IV.3.2. ACELERACIÓN CON DISPOSITIVO DE CONTROL MAGNÉTICO	99
IV.4. INVERSIÓN DE ROTACIÓN.	100
IV.5. CONTROL DE VELOCIDAD.	102
IV.5.1. CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA.	103
IV.5.2. CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.	106
IV.6. FRENADO.	107
IV.6.1. FRENOS MECÁNICOS.	107
IV.6.2. FRENADO POR CONTRACORRIENTE.	107
IV.6.3. FRENADO DINÁMICO.	108

CAPITULO V. PROTECCIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS.	109
V.1. GENERALIDADES.	105
V.1.1. NORMATIVIDAD APLICABLE.	110
V.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR.	112
V.1.3. DEMANDA Y RENDIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS	114
V.2. CÁLCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIÓN PARA UN SISTEMA DE FUERZA.	115
V.2.1. LINEAMIENTO PARA DETERMINAR LA CARGA Y EL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE UN SISTEMA DE FUERZA.	117
V.2.2. LINEAMIENTO PARA DETERMINAR EL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DE UN SISTEMA DE FUERZA.	117
APÉNDICE.	125
CONCLUSIONES.	134
BIBLIOGRAFÍA.	136

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION.

Desde la instauración de la producción en serie, la máquina se ha convertido en una parte vital de nuestra economía.

Al principio las máquinas fueron gobernadas principalmente a mano e impulsadas desde un eje común de transmisión o línea. Este eje de transmisión estaba impulsado por un motor grande que funcionaba continuamente y accionaba cada una de las máquinas mediante una correa cuando era necesario. El control de este motor era un problema sencillo ya que solamente se tenía que arrancar o parar unas cuantas veces al día. Posteriormente con la demanda de mayor producción se prescindió del eje de transmisión y se introdujo el motor eléctrico en cada máquina individualmente. Este cambio permitió realizar con más frecuencia y más rápidamente los arranques, paradas e inversiones de las máquinas.

Al acoplar el motor de accionamiento directamente a una sola máquina del equipo, se hizo posible introducir algunas operaciones automáticas llegando a ser el motor una parte integral de la máquina, siendo necesario diseñar un controlador que se adapte a sus necesidades.

La palabra control significa gobierno o mando; así, cuando hablamos del control de un motor o máquina nos referimos al gobierno, mando o regulación de las funciones de dicho motor, tales como: La regulación de velocidad, potencia, protección, arranque, inversión y paro.

El control de motores, se basa en un dispositivo o conjunto de ellos que sirve para gobernar desde el diseño, la operación y funcionamiento del motor, hasta determinadas secuencias que permitan realizar procesos industriales específicos; desempeña un papel muy importante dentro de la mayoría de los procesos, ya que no podrían llevarse a cabo de manera correcta, si las distintas actividades que desarrollan los elementos accionados por dichos motores no se realizaran con el seguimiento y orden apropiado; es decir sin los elementos de control.

Este gobierno puede llevarse a cabo desde un simple interruptor de volquete hasta un complejo sistema con componentes tales como: Relevadores, controles de tiempo, interruptores, hasta un centro de control de motores (CCM).

Por lo tanto al seleccionar o instalar el equipo de control para un motor se debe considerar diversos factores, tales como: Tamaño, tipo de aplicación, características eléctricas, control de velocidad y características del par, a fin de que el mismo, pueda funcionar correctamente junto con la máquina para la cual fue diseñado.

En términos simples, se puede decir que el control de motores es una parte fundamental de los sistemas eléctricos que permite arrancar, detener e invertir el sentido de giro de los motores que accionan diversos tipos de cargas.

Adicionalmente, el equipo instalado para el control, debe estar diseñado y dispuesto de tal forma que proporcione protección a la máquina, a la red de alimentación, al operador y a la carga; por tal motivo, es conveniente referenciar el concepto de protección de motores, y la normatividad que se debe cumplir para cubrir los requisitos de protección y seguridad de un sistema de control de motores.

Para diseñar un sistema de control, es necesario adquirir conocimientos del lenguaje mediante el cual podamos describir el funcionamiento y la disposición de dichos sistemas; de tal forma, es apropiado familiarizarse con la simbología y los diagramas que representan todas y cada una de las partes que componen un sistema de control.

CAPÍTULO I

ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL

I. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL

El controlador de un motor eléctrico es un dispositivo que se usa normalmente para el arranque y paro, con un comportamiento de forma determinada y en condiciones normales de operación.

El controlador puede ser un simple desconectador para arrancar y parar al motor, también una estación de botones para arrancar a este en forma local o a control remoto.

Un dispositivo que arranque a un motor por pasos, o para invertir su sentido de rotación, puede hacer uso de las señales de los elementos por controlar, o cualquier otro cambio físico que requiera el arranque o paro del mismo, que evidentemente dará un grado mayor de complejidad al circuito.

Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, está constituido por un cierto número de componentes básicas conectadas entre sí para cumplir un comportamiento determinado.

El principio de operación de los componentes es el mismo, y su tamaño varía dependiendo de la potencia del motor que se va a controlar, aun cuando la variedad de componentes para los circuitos de control sea amplia.

I.1. CONTROLADORES.

Un controlador es un dispositivo o conjunto de ellos que sirve para gobernar de alguna manera predeterminada la operación del motor proporcionándole además algún tipo de protección, definiendo y gobernando las acciones del mismo, tales como: arranques y paros, inversión del sentido de rotación del eje y el cambio en la velocidad del motor.

Los controladores pueden ser extremadamente sencillos, desde un arrancador manual del tipo "volquete", hasta un complicado esquema de control que contenga una gran cantidad de elementos o dispositivos de gobierno.

Como los controladores son cada vez más sofisticados, se han desarrollado y mejorado dispositivos de protección para operadores y equipo; sin embargo a pesar de la complejidad o simplicidad del controlador debe cumplir los siguientes lineamientos:

- Debe satisfacer las necesidades de control especificadas.
- Debe ser confiable, proporcionando un sistema de protección que asegure el funcionamiento adecuado de la máquina, del operador y del dispositivo mismo.
- Debe permitir el fácil y rápido monitoreo, ajuste y reposición de todos y cada uno de sus elementos.
- Debe ser económico, es decir contar con el menor número posible de "elementos de calidad".

I.2. FUNCIONES DE CONTROL.

Existen diversas funciones que debe realizar un controlador para un motor, dentro de las operaciones más comunes en los sistemas de control se tienen:

I.2.1 ARRANQUE.

El primer requisito de un controlador es poner en marcha al motor. Esto debe realizarse en muchas ocasiones de manera gradual, no solo para proteger a la carga accionada por el motor, sino también, por que la corriente en el instante de arranque puede alcanzar valores inadmisibles. Antes de arrancar un motor, se deben considerar los requerimientos para velocidad y frecuencia.

I.2.2. PARO Y FRENADO.

Un motor puede ser detenido simplemente desconectando su alimentación, sin embargo en ocasiones, esto no basta para detenerlo completamente; Algunos controladores paran al motor en forma gradual, permitiendo al mismo y su carga llegar cerca del alto; otros controladores aplican una acción de frenado para detener la rotación del motor rápidamente, estos controladores pueden proporcionar un paro rápido en casos de emergencia. Por ejemplo: elevadores, bandas transportadoras, etc. El frenado puede ser de manera mecánica o eléctrica

I.2.3. CONTROL DE LA DIRECCION.

Invertir el sentido de rotación del eje de un motor es un requerimiento común en muchos procesos y aplicaciones industriales. El circuito de control de la dirección consiste en contactores de frente y reversa, que formando un interbloqueo mecánico y eléctrico (para circuitos automáticos), previene que ambos contactores puedan ser energizados simultáneamente.

I.2.4 CONTROL DE VELOCIDAD.

Existen procesos en los cuales el control de la velocidad es indispensable, por ejemplo: en las industrias textiles o papeleras, donde el producto puede ser deteriorado si no se cuenta con este riguroso y preciso control.

Las aplicaciones del motor, varían de acuerdo con los requerimientos del control de la velocidad:

- **Controles De Velocidad Constante:** Se usan en una unidad de accionamiento directo, donde en velocidad constante, se deben mantener bajas todas las condiciones de carga.
- **Controles De Velocidad Variable:** Son usados para reducir y aumentar la velocidad del motor cuando la carga aumenta o se reduce.
- **Controles De Velocidad Ajustable:** Le permiten a un operador cambiar la velocidad del motor mientras se encuentra en operación.

1.3. FUNCIONES DE PROTECCION.

Los motores eléctricos pueden verse sometidos a diversas fallas o contingencias, entre las cuales podemos mencionar:

1.3.1. SOBRECORRIENTES.

Las sobrecorrientes son provocadas principalmente, por sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra, estas sobrecorrientes, son corrientes que exceden en magnitud a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible en un conductor y que dañan no solo al motor y a los conductores de la red, sino que también a los controladores que gobiernan al sistema; así los fusibles instalados en la envolvente del medio de desconexión y los interruptores termomagnéticos, son utilizados entre otros, como medio de protección en caso de presentarse este tipo de falla.

1.3.2. SOBRECARGAS.

Una sobrecarga es una condición de operación de un equipo en la que demanda una potencia en exceso de la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente en exceso de su valor permisible.

Existen sobrecargas de origen mecánico o de origen eléctrico. En muchas ocasiones un motor trifásico funciona únicamente con dos fases y en otras, la corriente de la fuente es inferior que la nominal. Por otro lado la carga accionada por el motor es de magnitud tal, que el motor disminuye su velocidad de régimen o la alcanza en forma lenta, demandando una corriente mayor que la nominal.

Bajo cualquier sobrecarga, un motor eleva su corriente de manera excesiva, esto produce un aumento de temperatura en los devanados del motor, provocando daños en el dieléctrico aislante de los mismos. Una sobrecarga relativamente pequeña y de corta duración no produce daños al motor, pero si esta persiste por un periodo prolongado, puede ser tan perjudicial como las sobrecargas de gran magnitud.

Los relevadores de sobrecarga protegen, evitando sobrecorrientes y calentamientos que puedan dañar a los aislamientos del motor.

1.3.3. INVERSIÓN DE FASE.

Es bien sabido que al invertir dos de las líneas de alimentación para un motor trifásico, este invertirá el sentido de rotación de su eje, con los consabidos perjuicios que ocasiona, como: contracorrientes y alteraciones en la carga accionada, por ejemplo: en plantas de bombeo, elevadores etc.

Los relevadores de inversión de fase protegen a los motores, operadores y carga accionada de los riesgos que se puedan presentar al producirse la inversión de giro de manera imprevista.

1.3.4. INVERSIÓN DE CORRIENTE.

La inversión de la corriente en un motor trifásico puede ocasionar de la misma manera que la inversión de fases, graves problemas en los conductores, accionadores, contactores y devanados del motor.

I.3.5. SOBREVELOCIDADES.

En procesos industriales como papeleros, textiles y de impresión, una sobrevelocidad es causal de graves daños, sobre todo al producto, por ello es importante, la selección de una protección adecuada que permita evitar tales contingencias.

I.3.6. CAMPO ABIERTO.

Existen relevadores de campo para proteger a las máquinas de corriente directa y a los motores síncronos por la pérdida de excitación, misma que origina sobrevelocidades peligrosas y la pérdida de velocidad de sincronismo respectivamente.

I.4. TIPOS DE CONTROLADORES.

De acuerdo al tipo de operación, los controladores se clasifican en:

- **MANUALES.**

Un controlador manual es aquel que tiene sus operaciones controladas o representadas a mano, en el punto de localización del controlador. Este tipo de arrancador es frecuentemente usado, cuando la única función requerida es arrancar y parar un motor.

- **SEMIAUTOMÁTICOS.**

En este tipo de controladores, el elemento humano interviene al inicio del cambio de estado de operación de un motor; por ejemplo cuando por medio de un botón accionado por una simple pulsación, se accionen y energicen los contactores y relevadores que realicen una determinada secuencia.

- **AUTOMÁTICOS**

Este tipo de controlador, cambia por sí mismo su estado de operación sin la intervención del elemento humano; por ejemplo, los equipos de control para sistemas de bombeo, en donde una secuencia puede iniciarse al operar un interruptor flotador, cuya acción depende de un determinado nivel del líquido. Se habla de control remoto cuando se controla un motor desde un punto lejano; como sucede en las modernas instalaciones, en donde desde un centro de control, se operan motores que pueden no encontrarse en el local en donde se halla el centro de mando.

1.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL

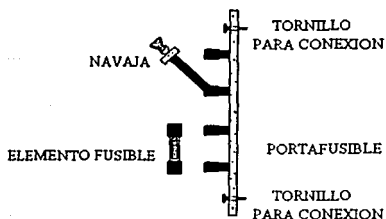
1.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.

Los desconectadores, también conocidos como "switch", constituyen uno de los medios más elementales del control, ya que conectan o desconectan directamente no solo a un motor de la fuente de alimentación, sino también a muchas otras máquinas y circuitos eléctricos en general.

Se construyen con navajas para dos líneas, (motores monofásicos o bifásicos) y tres líneas (motores trifásicos). Las navajas abren o cierran simultáneamente activadas por un mecanismo. Por lo general se encuentran alojados en una caja metálica y tienen por conductores elementos fusibles, que protegen al motor interrumpiendo la alimentación cuando se presenta una sobrecorriente.

Actualmente se han desarrollado fusibles de doble elemento, que presentan una acción instantánea al producirse un cortocircuito, y una acción rápida y positiva cuando se produce una sobrecarga.

Este tipo de desconectador de cuchillas con elemento fusible, es utilizado comúnmente como un medio de protección en motores fraccionarios.



VISTA LATERAL DE UN DESCONECTADOR DE NAVAJA
EQUIPADO CON UN ELEMENTO FUSIBLE

Fig. 1.1. esquema de un desconectador de cuchillas y sus partes principales.

Los elementos fusibles, tienen su principal aplicación en la protección de los conductores de las redes eléctricas y en los circuitos de control, así como para el motor mismo.

La selección e instalación de un desconectador de navajas depende de la capacidad de protección del fusible, y de la forma que este posea.

En la figura 1.2 se muestran algunos elementos fusibles y sus capacidades.

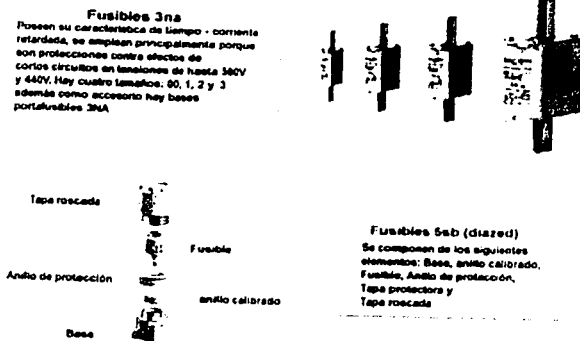


Fig. 1.2 diferentes elementos fusibles.

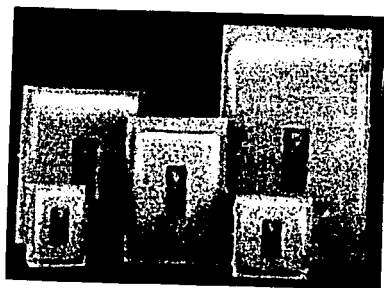


Fig. 1.3 desconectores de cuchillas un tiro, 2 y 3 polos.

1.5.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

Los interruptores termomagnéticos proporcionan protección contra sobrecargas y corrientes de corto circuito. Forman una sola unidad más compacta que los anteriores, en donde generalmente las navajas o cuchillas y el fusible van separados.

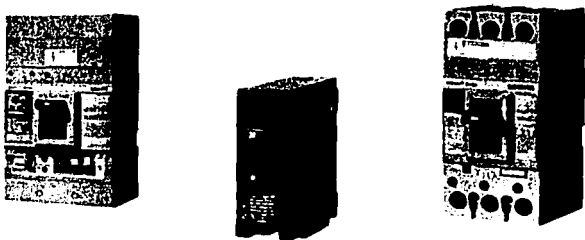


Fig. 1.4 interruptores termomagnéticos.

Este dispositivo permite conectar o interrumpir manualmente el circuito al cual este conectado. Protege instalaciones, cables y demás elementos del circuito, así como a los motores contra incidencias de cortocircuito y sobrecargas sostenidas. De acuerdo al tipo de disparo es la forma en que actúan sus protecciones, ya sea térmica (para sobrecarga sostenida) o magnética (para un corto circuito).

En la figura 1.5 se muestra el funcionamiento de este dispositivo. En el disparo magnético, la corriente en una sobrecarga elevada o en un corto circuito, excita el circuito magnético de disparo instantáneo. Este atrae la armadura de modo que el desconectador se libere inmediatamente. Existen interruptores con disparo magnético ajustable, en los cuales los elementos magnéticos se pueden calibrar sobre un rango muy grande de valores de corriente, con solo variar el entrehierro.

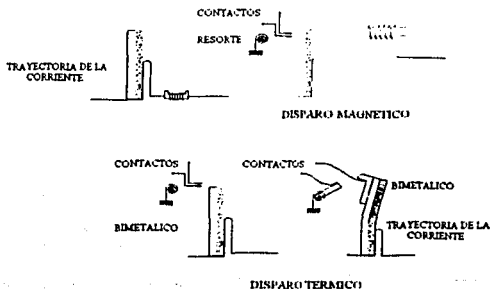


Fig. 1.5 disparo de un interruptor termomagnético.

Para el disparo térmico, el elemento bimetalítico que se hace de dos metales diferentes, soldados entre sí y que tienen la propiedad de que uno de ellos no es afectado apreciablemente por cambios de temperatura, mientras que el otro se expande con cierta rapidez, se flexiona operando el dispositivo de disparo. Se logra una dilatación en éste, ya que se requiere de cierto tiempo para que el calor suba lo suficiente, para flexionar el bimetal. Esta dilatación es inversamente proporcional a la intensidad de corriente. Cuanto mayor es la sobrecarga, mas corto es el tiempo necesario para que se abra el circuito.

Los interruptores termomagnéticos son instalados dentro de gabinetes como interruptores generales, interruptores para circuitos derivados y en general como protección para efectos de sobrecorriente.

También son conectados en combinación con arrancadores que posean relevadores de sobrecarga, como protección contra cortocircuito en el sistema de alimentación o en el motor mismo.

La selección de ellos depende de la aplicación que se le dé, y es llevada a cabo de acuerdo a la corriente nominal del equipo instalado.

Las partes principales de un interruptor termomagnético son:

1. Cámara de extinción.
2. Piezas de contacto.
3. Portacontactos.
4. Vía de corriente
5. Sistema de trinquete.
6. Pestaña de bloqueo.
7. Flecha de desconexión.
8. Disparador de cortocircuito.
9. Disparador de sobrecarga.

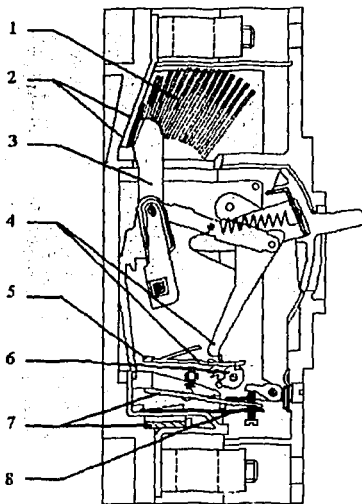


Fig. 1.6. corte transversal de un interruptor termomagnético.

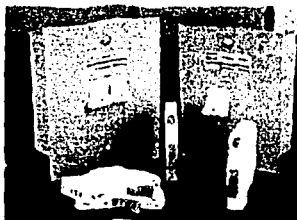


Fig. 1.7 interruptores termomagnéticos instalados en un centro de carga.

1.5.3. PULSADORES Y SELECTORES.

De los elementos de entrada a los circuitos de control, los pulsadores desempeñan una función primordial, debido a que son dispositivos que proporcionan el control de un motor con solo oprimirse. Son accionados mecánicamente para que a su vez, cierran o abran (o realicen ambas cosas) circuitos auxiliares que eventualmente accionan contactores u otros elementos de los circuitos principales de potencia.

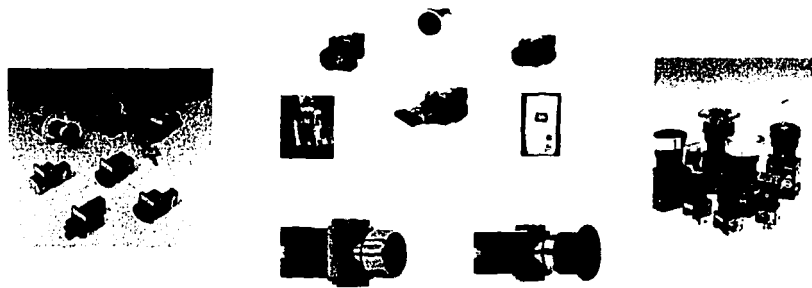


Fig. 1.8 pulsadores y selectores.

Existen dos tipos de botones pulsadores: de contacto momentáneo y de contacto sostenido, fabricados para dos clases de servicio: normal para la aplicación usual y el de servicio pesado, para su uso continuo.

En la figura 1.9 se representan esquemáticamente botones de acción momentánea.

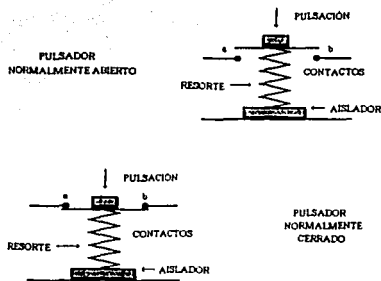


Fig. 1.9 pulsadores o contactos de acción momentánea.

En el pulsador normalmente abierto, al ejercer una pulsación la corriente puede circular del punto "a" al punto "b", al desaparecer la presión el resorte coloca al pulsador en su posición original, separando los contactos. En el normalmente cerrado, la operación es inversa, cuando se ejerce una presión, el pulsador interrumpe el circuito y al soltarse, los contactos regresan a su posición original cerrando nuevamente el circuito.

Los pulsadores de contacto sostenido, se distinguen de los anteriores, porque una vez llevados a una posición, se mantienen en ella mientras no se les accione nuevamente.

Los "selectores" son conmutadores para uno o varios circuitos, y como los anteriores, al ser accionados quedan en la posición seleccionada.

Con frecuencia los pulsadores se combinan con otros elementos en envoltentes, formando las "estaciones de botones", con las que se pueden realizar operaciones verdaderamente complejas.

La envoltente de una estación de botones, se fabrica usualmente de plástico moldeado o de lámina metálica.

Los contactos de los pulsadores: de plata, cobre y de algunas aleaciones especiales.

Se pueden obtener diversos contenedores aparte de las de tipo general, para condiciones extraordinarias, como son a prueba de agua, de polvo, de explosión, sumergibles, etc.

Como los botones se someten a altas tensiones momentáneas, causadas por el efecto inductivo de las bobinas a las que se conectan, se proporciona conveniente espacio entre los contactos y aislamiento a tierra.

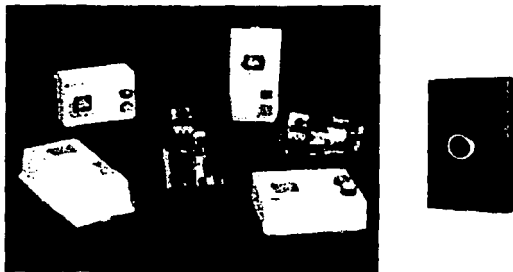


Fig. 1.10 Estación de botones (envoltente plástica y metálica)

1.5.4. COMBINADORES.

Proyectados para controlar varias operaciones en los motores, como el arranque, parada, regulación de la velocidad, etc. se fabrican para operación en c.c. o c.a. Son dispositivos diseñados para operarse a mano, mediante el giro de una palanca ó manivela, se emplean para conectar circuitos de fuerza o circuitos de mando; denominándose como: combinadores de fuerza y combinadores de gobierno o de control respectivamente.

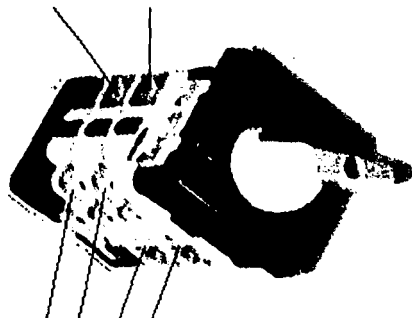
Existen dos tipos diferentes de combinadores:

- De tambor.
- De levas.

Los combinados de tambor consisten en un juego de contactos móviles montados en una flecha y aislados de ella, que pueden girar mediante una manivela u otro medio conveniente. Además van provistos de un juego de contactos estacionarios, de tal forma que al girar la flecha los contactos móviles, se separan o se juntan con los fijos.

Los combinadores ya sean de tambor o de levas se pueden adaptar con facilidad para muchas combinaciones de circuitos, modificándose si es necesario en el lugar de trabajo.

CONTACTOS FIJOS



CONTACTOS MOVILES

Fig. 1.11 combinador de levas.

1.5.5. INTERRUPTORES DE PEDAL.

Existen muchas máquinas y procesos en donde se requiere de elementos de mando, que permitan realizar el control aún cuando el operario tenga ocupadas las manos (p. ejem. Industria costurera); por tal motivo es necesario un dispositivo que satisfaga esta condición.

Los dispositivos que satisfacen esta condición de mando son los interruptores de pedal, accionados al ejercer presión sobre ellos.

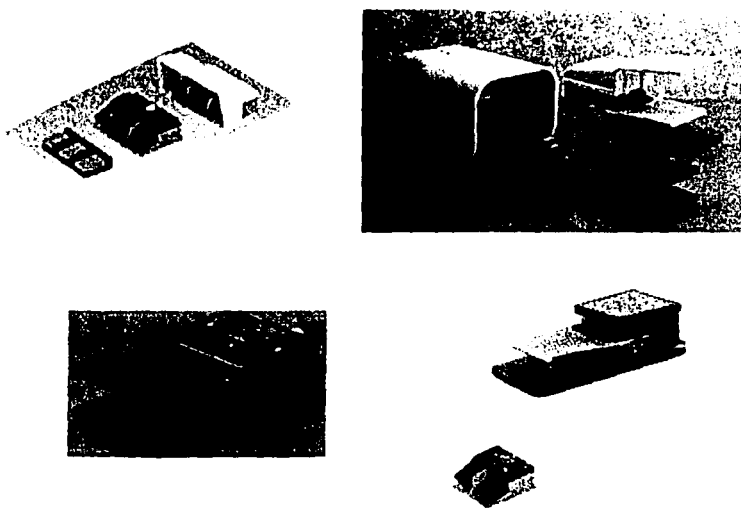


Fig. 1.12 interruptores de pedal de uso común.

1.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICOS.

1.6.1. INTERRUPTORES DE LIMITE.

Muchas aplicaciones requieren dispositivos que se accionen por el movimiento de las máquinas. Estos dispositivos son los llamados: interruptores de límite o de fin de carrera.

Existe una gran cantidad de diseños de interruptores de límite; sin embargo, la mayor parte de éstos, esta construido de tal manera, que un brazo o palanca de operación sea accionada por algún equipo móvil. El movimiento de este brazo abre o cierra contactos dependiendo de su estado.

La fig. 1.13 muestra de manera esquemática el funcionamiento general de los interruptores de límite.

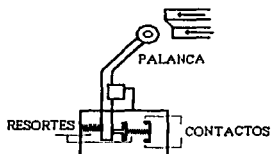


Fig. 1.13. diagrama esquemático del funcionamiento de los interruptores de límite.

Ordinariamente son utilizados, para desconectar en límites de carrera el avance de bancadas en máquinas herramientas, como fresadoras, tornos, puertas automáticas, bandas transportadoras, etc.

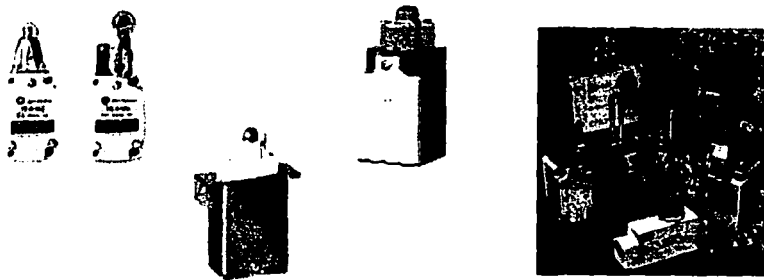


Fig. 1.14. diferentes tipos de interruptores de límite.

Existe un interruptor de límite conocido como limitador giratorio de levas. Este interruptor lleva un eje en el cual se montan unas levas, que abren o cierran cierto número de contactos en posiciones angulares, que pueden ser ajustadas. El eje del interruptor se acopla directamente o a través de engranes al eje de la máquina.

1.6.2. INTERRUPTORES DE NIVEL.

Este dispositivo, al igual que el anterior, es un elemento de mando, ya que convierte una acción mecánica en una señal eléctrica. Se utiliza con frecuencia en equipos de bombeo o hidroneumáticos, para mantener valores límites de agua en cisternas y tinacos.

Aunque existen muchos tipos de construcciones, todos los interruptores de nivel están básicamente formados por un conjunto de contactos que se accionan mediante algún dispositivo mecánico.

Los interruptores de nivel se diseñan para ajustar los rangos de apertura y cierre de contactos, proporcionando flexibilidad al sistema, pudiéndose emplear para conectar directamente motores de potencia fraccionarios, sin la necesidad de un arrancador. Sin embargo en motores de mayor potencia, la presencia de un arrancador es necesaria, entonces el interruptor puede emplearse para controlar su operación.

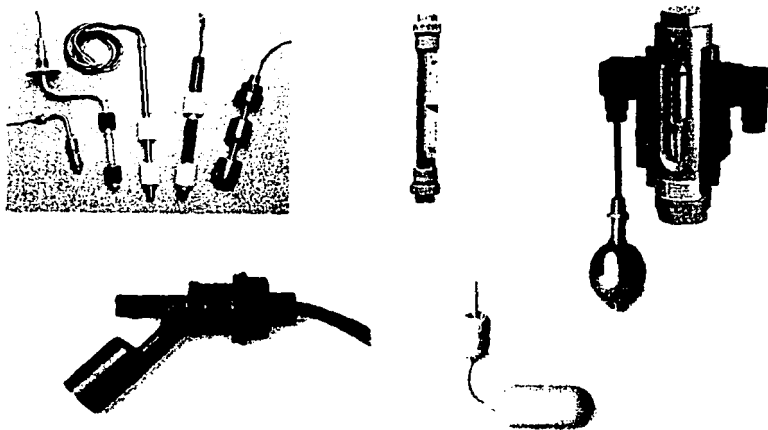


Fig. 1.15 interruptores de nivel.

1.6.3. INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

Dentro de los procesos industriales, en los cuales se manejan variables como gases, agua, aceite, etc. son necesarios dispositivos que respondan a esos medios. Los interruptores de presión o preóstatos, son algunos de ellos. Existe una gran variedad de interruptores empleados en diferentes gamas de presión; de diafragmas o muelles débiles para bajas presiones y de muelles reforzados para altas presiones; sin embargo, el principio de operación es el mismo; la presencia o ausencia de una presión, accionan mecánicamente sus contactos.

Los interruptores de presión se diseñan para operar dentro de cierto rango con ajuste diferencial, esto es con diferencias ajustables entre las presiones de conexión y desconexión. Generalmente los ajustes guardan relaciones de 3 a 1 y de 10 a 1. Por ejemplo se tienen interruptores del tipo diafragma con rangos de operación de 1.4 a 12.6 kg/cm² y que presentan un ajuste diferencial de 0.7 a 2.8 Kg/cm².

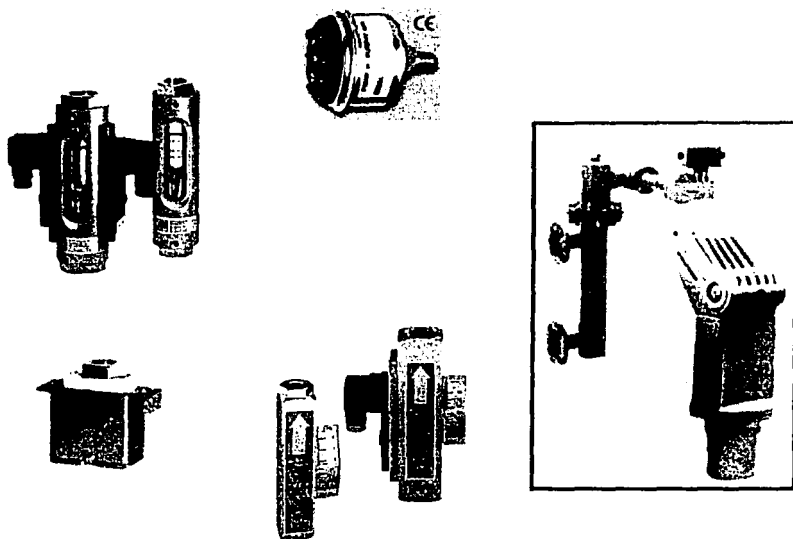


Fig. 1.16 interruptores de presión.

1.6.4. INTERRUPTORES DE FLUJO.

Los interruptores de flujo, son elementos sensores de aire, líquido o gases que circulan por tuberías y ductos. Este flujo se aprovecha para accionar contactos, los cuales conectados a relevadores y contactores, inician o interrumpen alguna secuencia de control. Un interruptor de flujo muy utilizado es el llamado de remo o de paleta, en donde el flujo acciona un remo ó paleta que actúa sobre un microinterruptor cerrando o abriendo contactos. El rango de apertura o cierre puede graduarse utilizando un resorte que acciona el remo.



Fig. 1.17 interruptores de flujo.

1.6.5. INTERRUPTORES TERMICOS.

Los interruptores térmicos, se diseñan para el control automático del equipo que debe mantener una determinada temperatura. El termostato es probablemente el elemento que se construye en la mayor variedad de diseños. La mayoría de ellos utiliza bimetales como sensores de la temperatura, para actuar grupos de contactos en respuesta a cambios de temperatura.

1.6.6. INTERRUPTORES DE VELOCIDAD CERO.

Estos interruptores son ampliamente utilizados en las maniobras de frenado en innumerables procesos y aplicaciones industriales. Se conectan directamente a la flecha del motor, a través de algún mecanismo de transmisión. Al girar el motor se cierran unos contactos, generalmente uno para cada dirección de rotación, los cuales permanecen abiertos a velocidad cero, se fabrican para operar en rangos de velocidades como por ejemplo: de 15 a 60 r.p.m. de 50 a 200 r.p.m. y de 150 a 900 r.p.m.

1.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICOS.

1.7.1. CONTACTORES.

El contactor se define como un dispositivo empleado para conexión y desconexión repetida de circuitos eléctricos de potencia.

Están formados básicamente por dos partes: una fija usualmente en forma de E, en cuyo centro se instala una bobina, y una parte móvil llamada armadura. Cuando se aplica una diferencia de potencial en las terminales de la bobina, la corriente que circula por ella produce un campo magnético que hace que la parte fija atraiga la armadura. Al moverse ésta, cierra o abre sus contactos.

1.7.1.1. CONTACTOS: Los contactos son la parte más delicada de un contactor, es por esto que su construcción y mantenimiento, deben ser lo más adecuado posible, están construidos de aleaciones con lo que se busca que su resistencia mecánica, sea buena y que además el desgase por el arco sea el mínimo posible. Entre las aleaciones más utilizadas, se tiene plata-paladio, plata-cadmio y sobre todo plata-níquel.

1.7.1.2. CAMARAS DE ARQUEO: Los contactores van provistos en la mayoría de los casos, de cámaras de arco o deionizadoras, cuyo propósito es reducir el arco y extinguirlo en el menor tiempo posible, evitando con ello el deterioro de los contactos.

El arco se produce por la ionización del aire entre los contactos al producirse la apertura. Este aire calentado se vuelve conductor y como la resistencia es elevada, el calentamiento que se produce es sumamente peligroso, sobre todo en el caso de circuitos que conduzcan corrientes considerables. Además de las cámaras de arco, se tienen otros métodos para extinguir el arco entre los cuales se encuentran: soplado de aire a presión, soplado magnético, baño de aceite, etc.

Los contactores magnéticos se fabrican para operación en c.a. en c.c. En los primeros el núcleo y la armadura se construyen laminados, para evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas al variar el flujo. Además, se instalan en las extremidades del núcleo, espiras de cobre en cortocircuito, con el objeto de suministrar al circuito magnético un flujo, cuando el producido por la bobina se hace cero. Esta situación se presenta en un tiempo mínimo; sin embargo, si no se dotara al núcleo de estas espiras llamadas de sombra, se producirían vibraciones que dañarían al contactor.

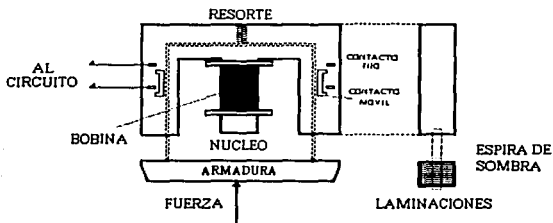


Fig. 1.18. contactor magnético de c.a.

En los contactores de c.c. cuya bobina se alimenta desde una fuente de c.c. el núcleo y la armadura se forman de un mismo bloque de hierro, ya que al no existir variación en el flujo, no habrá corrientes inducidas y por lo tanto calentamientos. Algunos contactores de c.c. operan en circuitos de control de c.a., lo cual impone en su construcción, las condiciones dadas para los contactores de c.a.

Las bobinas que producen el flujo principal en los contactores magnéticos, se construyen con alambre de cobre enrollado en un carrete, que se instala en la parte central del núcleo. Este carrete es desmontable, de tal manera que si la bobina se llegara a estropear, fácilmente podría ser reemplazada.

Además de los contactos principales, a través de los cuáles se alimentan los circuitos de fuerza, los contactores van provistos de otros contactos llamados auxiliares o de control. De menor capacidad que los primeros, se emplean en las operaciones de control ó de señalización del aparato, así como elementos de retención para mantener en funcionamiento el circuito de control. Estos contactos pueden estar abiertos o cerrados y en ocasiones, dotados de elementos de retardo.

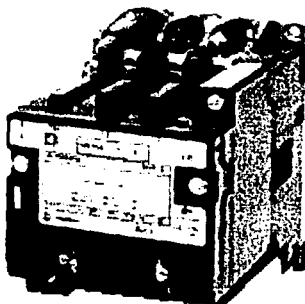


Fig. 1. 19 contactor magnético.

1.7.2. RELEVADORES.

Un relevador es un dispositivo que funciona mediante una variación en un circuito eléctrico, para poner en operación otros aparatos, ya sea en el mismo circuito ó en otro.

Existen una gran cantidad y variedad de relevadores, entre los cuales se pueden mencionar los de control, temporizados, de sobrecarga, etc. Todos ellos muy importantes en los circuitos de control de motores.

1.7.2.1. RELEVADORES DE CONTROL.

Estos dispositivos llamados también contactores auxiliares, funcionan exactamente igual que los contactores, pero son de aspecto y construcción totalmente diferente. Los relevadores se utilizan para aceptar, información de un dispositivo sensor y obtener múltiples acciones de control, entre las cuales se tiene la de amplificación de potencia. Una débil señal de control puede tener la potencia necesaria para energizar la bobina de un contactor, con el que se puede controlar una fuente separada de potencia.

La siguiente figura muestra un diagrama esquemático de un relé, frecuentemente utilizado en circuitos de control; como se puede observar, está provisto de varios contactos (abiertos y/o cerrados), mismos que cambian de estado al ser atraída la armadura por el campo magnético.

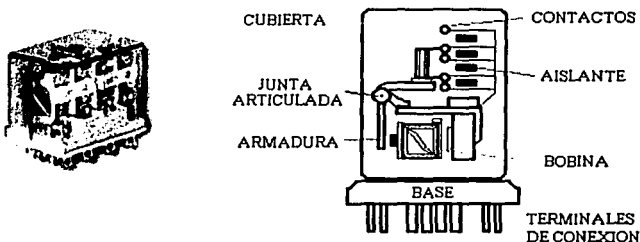


Fig. 1.20. relevador de control y sus elementos.

Sus bobinas son fabricadas del mismo material que las bobinas de los contactores y sus contactos, de pequeño tamaño, son fabricados de platino ó aleaciones de este metal, y en casos excepcionales, de iridio y paladio.

Entre sus aplicaciones más frecuentes se encuentra la de interrumpir la alimentación de la bobina de los contactores, conexión de pequeños motores y equipos de alarma y señalización con lámparas piloto y bocinas.

1.7.2.2. RELEVADORES DE CONTROL DE TIEMPO.

La necesidad de disponer de sistemas de control de tiempo, secuencias y otras muchas funciones para las múltiples aplicaciones industriales, ha motivado el desarrollo de cierto número de dispositivos de control de tiempo. Entre otros se encuentran los relevadores neumáticos, los de fluido amortiguador, los de condensador, controles de tiempo impulsados por motor, etc.

Los relevadores neumáticos de tiempo, son empleados con mucha frecuencia en los circuitos de control. Son básicamente relevadores de control con una unidad neumática de retardo, que se acciona mecánicamente mediante la acción de la armadura. La función de retardo de tiempo, depende del paso de aire a través de un orificio restringido, generalmente de un fuelle o diafragma de caucho sintético reforzado.

Los relevadores neumáticos pueden presentar un retardo en el cierre o apertura de sus contactos, al energizarse la bobina o bien al desenergizarse. La figura 1.21 muestra un diagrama en el cual se puede observar la operación de un relevador de tiempo con retardo al energizarse la bobina. Cuando se excita la bobina, la armadura es atraída dejando libre la palanca de ataque, accionando los contactos dependiendo del retardo determinado por el fuelle.

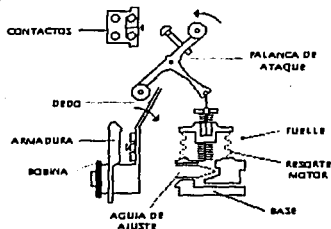


Fig. 1.21 relevador neumático de tiempo a bobina energizada.

El diagrama para un relevador de tiempo a bobina desenergizada, es similar al anterior, sólo que ahora al energizarse la bobina, el mecanismo actúa cerrando o abriendo contactos instantáneamente. Al desenergizarse la bobina, es entonces cuando aparece el retardo, ya que ahora los contactos, tardarán un tiempo "t" en, re tornar a su posición original.

Otro tipo de relevador de tiempo cuyo empleo está difundido, es el relevador con fluido amortiguador. Este basa su operación, en la acción de un núcleo de hierro que se levanta mediante el campo magnético de una bobina, contra la fuerza retardante de un pistón, el cual se mueve dentro de un recipiente lleno de aceite u otro tipo de fluido amortiguador.

Usualmente proporcionan retardo después de energizarse la bobina; retardo que se controla en algunos modelos, ajustando la abertura de la válvula del circuito de retorno con que van provistos, el cual comunica los espacios del recipiente a ambos lados del pistón.

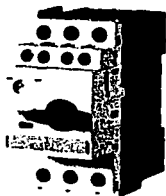


Fig. 1.22 relevador de control de tiempo.

1.7.2.3. TEMPORIZADOR ACCIONADO POR MOTOR.

Los controles de tiempo impulsados por un motor, son empleados en operaciones de control que se repiten. Básicamente están formados por un pequeño motor, cuyo eje lleva montado un conjunto de levas que pueden ser ajustadas, proporcionando varias secuencias en la operación de unos microinterruptores accionados por ellas.

1.7.2.4. RELEVADORES DE SOBRECARGA.

Ya se ha mencionado que un circuito de control, además de realizar funciones de gobierno, debe proporcionar protección a la máquina o proceso que está controlando.

Un motor eléctrico se puede ver sometido a perturbaciones como corrientes de cortocircuito y corrientes de sobrecarga. Para proteger al motor de las corrientes de corto circuito, que pueden alcanzar valores muy elevados, se pueden emplear los interruptores termomagnéticos o fusibles, y para las corrientes de sobrecarga, que si bien no alcanzan valores tan grandes, pero si originan calentamientos que pueden afectar a la máquina, se pueden emplear los relevadores de sobrecarga.

Existen varios tipos de relevadores de sobrecarga, pero ordinariamente están formados por dos elementos: una unidad sensora, conectada directamente a la línea de alimentación o indirectamente a ella, a través de transformadores de corriente y un mecanismo actuado por esa unidad que opera desconectando el motor de la fuente de alimentación.

Los relevadores de sobrecarga se construyen para disparo instantáneo o con características de tiempo inverso. En éstos últimos, una mayor intensidad de corriente origina un menor tiempo en el disparo.

En la figura 1.23 se observa una gráfica típica que muestra la relación que guarda la curva de calentamiento de un motor, con la curva de disparo de un relevador de sobrecarga de tiempo inverso. En el momento en que el motor aumenta su temperatura peligrosamente el relevador de sobrecarga se dispara, desconectando al motor de la red.

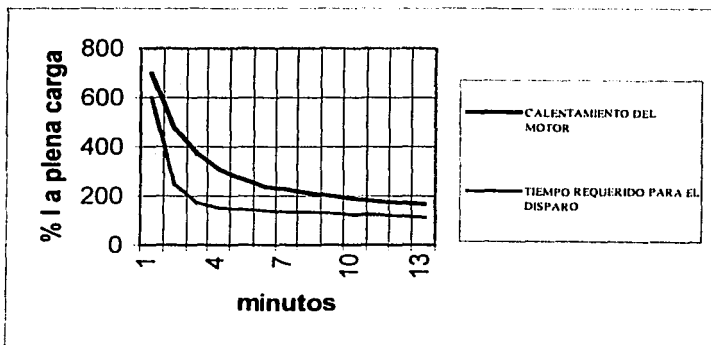


Figura 1.23 relación calentamiento del motor – disparo de un relevador de sobrecarga de tiempo inverso.

Dependiendo de la tecnología en que basan su funcionamiento, los relés de sobrecarga se dividen en:

- Térmicos.
- Magnéticos.
- Magnetotérmicos.

En los **relevores térmicos**, la elevación de temperatura causada por una corriente de sobrecarga, hace operar el mecanismo de disparo. Estos relevores se construyen de diferentes tipos, pero entre los más utilizados se encuentran los bimetalíticos y los de aleación fusible.

Los relevores bimetalíticos emplean como unidad sensora un bimetal, que está formado por dos metales soldados entre sí y cuya característica es, que cada uno de los metales que forman al elemento bimetal, poseen diferente coeficiente de dilatación. El bimetal que se fabrica generalmente con níquel y hierro, al ser calentado se dobla en un sentido, lo que se aprovecha para accionar el contacto o contactos que realizan la apertura del circuito a proteger.

En la figura 1.24 se muestra un diagrama elemental en donde se observa el funcionamiento de este dispositivo. Cuando una corriente pasa por el elemento calefactor (en ocasiones el calefactor puede ser el mismo bimetal) éste actúa sobre el bimetal que al deflectarse acciona la leva, liberando la varilla móvil. Al desplazarse ésta última presionada por un resorte, operan los contactos.

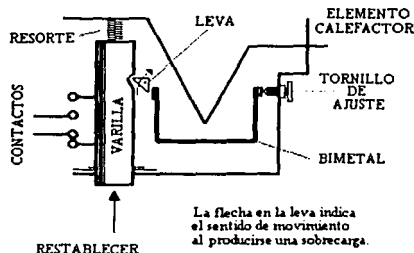


Fig. 1.24. diagrama esquemático elemental del funcionamiento de un relevador bimetalítico de sobrecarga.

Cuando la sobrecarga haya terminado, basta presionar la palanca o botón de restablecer para regresar los contactos a su posición original. El tornillo de ajuste permite graduar el momento de disparo del relevador, al acercarse más o menos el bimetal al calefactor.

Otro tipo de relevador de sobrecarga térmico muy popular, es el relevador de aleación fusible. Este relevador térmico, va provisto de una pastilla de soldadura, la cual se funde al ser atravesada por una corriente de sobrecarga.

Esto permite que la rueda de un trinquete que mantiene los contactos en su posición normal gire en el metal fundido, dando por resultado una acción de disparo. Se requiere un período de enfriamiento para permitir que el depósito de metal se solidifique, antes de que el conjunto del relevador de sobrecarga pueda restablecerse y reanudar el servicio.

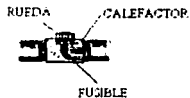
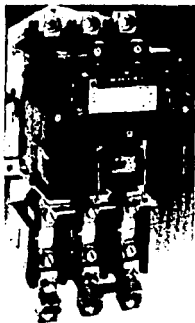


FIG. 1.26 relevador de sobrecarga de acción fusible.

Los relevadores magnéticos de sobrecarga, son también empleados con frecuencia en la protección de motores eléctricos. Operan respondiendo a incrementos de corriente, accionando contactos en el circuito de control. En estos relevadores la unidad sensora es una bobina, a través de la cual circula la corriente de alimentación. Cuando esta última toma valores de sobrecarga, se crea un campo que actúa sobre un émbolo, el cual al desplazarse acciona los contactos de disparo.

En los relevadores de sobrecarga magnéticos se encuentra uno llamado neumático, en el que la dilatación en el disparo es provista por un amortiguador, al que se encuentra unido un émbolo. Entre mayor sea la magnitud de la sobrecarga, la fuerza magnética vencerá más rápidamente el efecto del amortiguador, apresurando el disparo. Para regular el tiempo de este, puede alterarse la velocidad del paso del aceite en el amortiguador, haciendo girar una válvula de disco, lo cual modifica el tamaño de los orificios de descarga.

Entre los relevadores de sobrecarga se tienen los magnetotérmicos, los cuales son resultado de la combinación de la tecnología de los térmicos y la de los magnéticos.

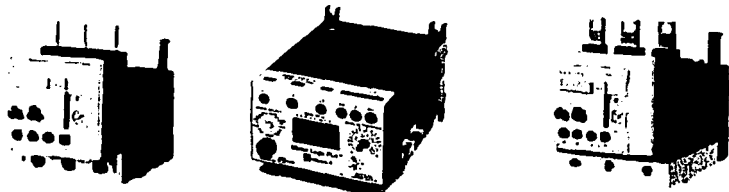


Fig. 1.23 algunos relevadores de sobrecarga.

1.7.3. ARRANCADORES.

Un arrancador es un controlador eléctrico, que permite conectar el motor a la línea acelerándolo del reposo a su velocidad nominal y que además lo protege contra sobrecargas.

En motores de capacidades pequeñas, es muy común el empleo de arrancadores manuales, sobre todo si las operaciones de arranque y paro no son frecuentes. Sin embargo, la tendencia actual es hacia el empleo de arrancadores magnéticos, que permiten, no solo la operación remota del motor, sino también la operación automática, respondiendo a señales de dispositivos piloto, tales como interruptores de flujo, de límite, de presión, etc.

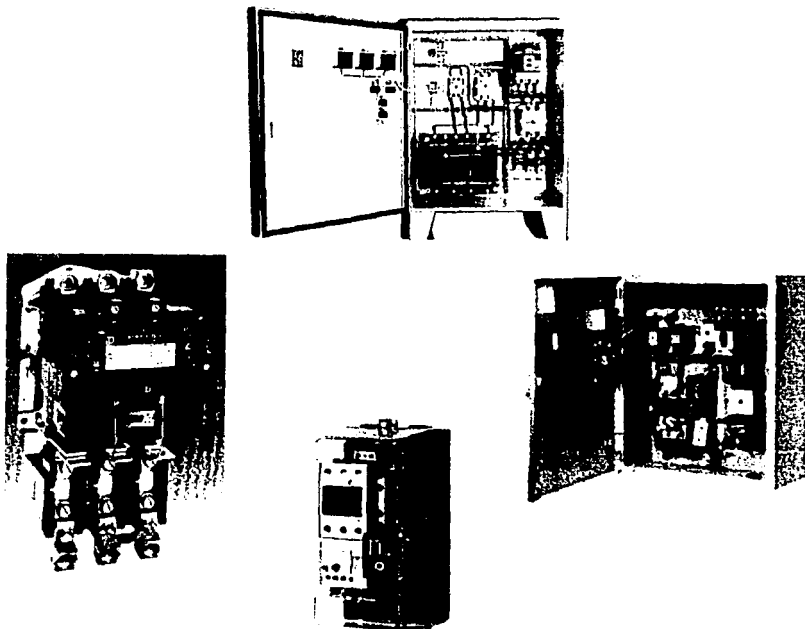


Fig. 1.24 diferentes tipos de arrancadores.

CAPÍTULO II

SIMBOLOGÍA

Y

DIAGRAMAS

II. SIMBOLOGIA Y DIAGRAMAS.

II.1. SIMBOLOGIA.

Los símbolos, tienen significación convencional o normativa y simplifican la representación gráfica de un elemento eléctrico, dispositivo o máquina.

En la mayoría de las aplicaciones de la electricidad, la simbología es utilizada como un lenguaje de expresión.






















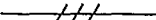
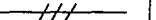
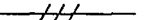



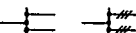





II.1.1. SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL.

Debido a que los símbolos toman su significado y forma convencionalmente, es necesario hacer distinción entre la simbología nomenclaturada por las principales normatividades mundiales.

Entre ellas podemos distinguir:

- DIN 1980 : Norma Industrial Alemana.
- ANSI : Instituto de Normalización Nacional de E.E.U.U.
- IEC : Comisión Electrotécnica Internacional.

TABLAS COMPARATIVAS DE LA SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

TENSION, CORRIENTE, FRECUENCIA			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CORRIENTE DIRECTA			
CORRIENTE CONTINUA			
CORRIENTE ALTERNA			
IMPULSO RECTANGULAR POSITIVO, NEGATIVO			
TRES DEVANADOS INDEPENDIENTES	³ o bien	³ o bien	³ o bien
CORRIENTE DIRECTA, CON CONDUCTOR NEUTRO			
DEVANADO TRIFÁSICO CONEXIÓN EN ESTRELLA			
CONDUCTORES, UNIONES			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CONDUCTOR GENERAL			
CABLE CON DENOMINACION DEL NUMERO DE CONDUCTORES			
CONDUCTOR DE PROTECCION O CONDUCTOR NEUTRO CON FUNCION DE PROTECCION			
UNION CONDUCTIVA DE CONDUCTORES			
REGLETÁ DE TERMINALES DE CONEXIÓN EN FILA			

ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITOS

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
RESISTENCIA			
RESISTENCIA VARIABLE			
INDUCTOR			
INDUCTOR VARIABLE			
CONDENSADOR			
CAPACIDAD CONDENSADOR VARIABLE			
CAPACIDAD CONDENSADOR POLARIZADO			
CONDENSADOR ELECTROLITICO POLARIZADO			
ACUMULADOR, BATERIA FUENTE DE VOLTAJE CD			
FUENTE DE VOLTAJE CA			
TIERRA			


















APARATOS DE MANIOBRA			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOTON DE CONTACTO MOMENTANEO			
BOTON DE CONTACTO MOMENTANEO MANUAL			
BOTON DE CONTACTO DE PIE			
CONTACTO DE CIERRE			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CONTACTO DE APERTURA			
CONTACTO DE CONMUTACION			
CONTACTO DE CONMUTACION SIN INTERRUPCION			
CONTACTO DE CIERRE RETARDADO			
CONTACTO DE APERTURA RETARDADO			
CONTACTO DE CIERRE, ABRE RETARDADO			
CONTACTO DE APERTURA, CIERRE RETARDADO			
CONTACTOR CON RELEVADOR BIMETÁLICO			
INTERRUPTOR TRIPOLAR CON MECANISMO DE EMBRAGUE CON RELEVADOR BIMETÁLICO Y DISPARADOR DE ACCION INSTANTANEO			
SECCIONADOR DE POTENCIA			
INTERRUPTOR DE POTENCIA			
SECCIONADOR TRIPOLAR BAJO CARGA			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
SECCIONADOR DE FUSIBLES TRIPOLAR			
FUSIBLE			
DISPOSITIVO DE ENCHUFE			
ACCIONAMIENTO POR LEVAS			
INTERRUPTOR DE FLUJO PARA APERTURA			
INTERRUPTOR DE PRESION Y VACIO PARA APERTURA			
INTERRUPTOR TERMOSTATICO PARA CIERRE			
INTERRUPTOR DE FLOTADOR PARA CIERRE			
VELOCIDAD DE FLUJO ELEVADO / BAJO	$v > / v <$	$v \updownarrow / v \updownarrow$	$v > / v <$
PRESION ELEVADA / BAJA	$p > / p <$	$p \updownarrow / p \updownarrow$	$p > / p <$
TEMPERATURA ELEVADA / BAJA	$t > / t <$	$t \updownarrow / t \updownarrow$	$t > / t <$
NIVEL DE LIQUIDO ELEVADO / BAJO	$q > / q <$	$q \updownarrow / q \updownarrow$	$q > / q <$
VELOCIDAD ELEVADA / BAJA	$\eta > / \eta <$	$\eta \updownarrow / \eta \updownarrow$	$\eta > / \eta <$
ACCIONAMIENTO POR EMBOLO			
ACCIONAMIENTO POR FUERZA			
ACCIONAMIENTO POR MOTOR			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOBINA			
RELEVADORES CON DOS BOBINADOS DE IGUAL SENTIDO			
RETARDO POR ACCIONAMIENTOS ELECTROMECHANICOS			
RELEVADORES DE CIERRE RETARDADO			
APERTURA Y CIERRE RETARDADO			
RELEVADOR POLARIZADO			
RELEVADORES DE REMANENCIA			
TRANSFORMADORES. REACTANCIA.			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
TRANSFORMADOR CON DOS DEVANADOS SEPARADOS			
TRANSFORMADOR CON TRES DEVANADOS SEPARADOS			
AUTOTRANSFORMADOR			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOBINA DE REACTANCIA			
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE			
TRANSFORMADOR DE TENSION			
MAQUINAS			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
MOTOR TRIFÁSICO DE ANILLOS ROZANTES			
MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA			
MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA CON SEIS TERMINALES DE BOBINA			
APARATOS DE SEÑALIZACION			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOCINA			
TIMBRE			
SIRENA			
ZUMBADOR			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
LAMPARA INDICADORA			
INDICADOR DE SEÑAL			
APARATOS DE MEDICION			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
AMPERIMETRO			
VOLTMETRO			
VOLMETRO DOBLE			
WATTMETRO			




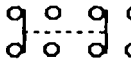





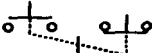

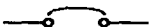







II.1.2. SIMBOLOGIA NORMA OFICIAL MEXICANA.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM), Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas (NTIE) artículo 7º, punto 8, se usarán los símbolos contenidos en la siguiente tabla.

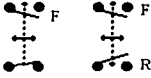

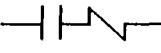
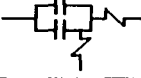
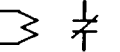
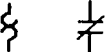

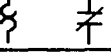

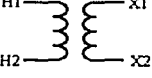




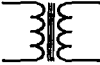
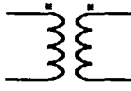
SIMBOLOGIA ELECTRICA NOM. NTIE			
LAMPARAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INCANDESCENTE		ARBOTANTE	
FLUORESCENTE		ARBOTANTE EN INTEMPERIE	
PILOTO COLOR INDICADO POR LETRA		ARBOTANTE FLUORESCENTE	
PILOTO CON CONTACTO DE PRUEBA		SPOT	
LINEAS, CONEXIONES, TUBERIAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CORRIENTE DIRECTA CD		CONEXIÓN ENLACE MECANICO	
CORRIENTE CONTINUA CC		CONEXIÓN MECANICA	
CORRIENTE ALTERNA CA		CAJA DE CONEXIONES	
IMPULSO RECTANGULAR POSITIVO/NEGATIVO		TUBERIA POR MURO O TECHO	
TIERRA		TUBERIA POR PISO	
ACOMETIDA O MUFA		TUBERIA PARA TELEFONO	
CRUCE DE LINEAS NO CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE BAJA	
CRUCE DE LINEAS CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE SUBE	

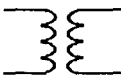
















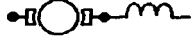



DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CRUCE DE TIERRA		INDICACION DEL NUMERO DE CONDUCTORES	
DISPOSITIVO DE ENCHUFE		APARTA RAYOS	
DISPOSITIVOS DE MONITOREO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOTON TIMBRE		TABLERO DE PORTERO ELECTRICO	
CAMPANA DE TIMBRE		APARATO TELEFONICO DIRECTO	
ZUMBADOR		CONMUTADOR	
BOCINA, CHICHARRA, SIRENA		EXTENSION APARATO TELEFONICO	
INDICADOR DE SEÑAL		TELEFONO DE PORTERO ELECTRICO	
APAGADORES Y CONTACTOS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
APAGADOR DE DOS VIAS		CONTACTO SENCILLO CONTROLADO POR APAGADOR	
APAGADOR DE TRES VIAS		CONTACTO TRIFÁSICO CUATRO HILOS	
APAGADOR DE CUATRO VIAS		CONTACTO EN INTEMPERIE	
CONTACTO MONOFÁSICO SENCILLO		CONTACTO EN PISO	
CONTACTO TRIFÁSICO		CONTACTO MULTIPLE EN MURO	
ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITOS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
RESISTENCIA		CAPACIDAD CONDENSADOR VARIABLE	
RESISTENCIA VARIABLE		CAPACIDAD CONDENSADOR POLARIZADO	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INDUCTOR		CONDENSADOR ELECTROLITICO POLARIZADO	
INDUCTOR VARIABLE		ACUMULADOR, BATERIA FUENTE DE VOLTAJE CD	
CONDENSADOR		FUENTE DE VOLTAJE CA	
BOBINAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOBINA INDICANDO FUNCION		BOBINA EN SERIE	
BOBINA EN OPERACION		BOBINA EN DERIVACION	
CONTACTOS			
OPERACION INSTANTANEA			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INTERRUPTOR DE CAJA		SIN FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO		SIN FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO		OPERACION MAGNETICA * INDICA FUNCION	
ACCION RETARDADA			
BOBINA ENERGIZADA		BOBINA DESENERGIZADA	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE CERRADO		NORMALMENTE CERRADO	
NORMALMENTE ABIERTO		NORMALMENTE ABIERTO	
SUPLEMENTARIOS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TIRO SENCILLO		TIRO DOBLE	
UN POLO NORMALMENTE ABIERTO (NA)		UN POLO	
UN POLO NORMALMENTE CERRADO (NC)		DESCONEXION DOBLE	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DESCONEXION DOBLE NA		DOBLE POLO	
DESCONEXION DOBLE NC		DOBLE POLO DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO NA			
DOBLE POLO NC			
ESTACION DE BOTONES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		DE DOBLE CIRCUITO	
NORMALMENTE CERRADO NC		SOSTENIDO	
INTERRUPTORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
EN ACEITE		TERMOMAGNÉTICO	
AUTOMATICOS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CON SOBRECARGA MAGNETICA		TERMICO Y MAGNETICO	
TERMICO			
DE FLUJO (AIRE, AGUA, ETC.)			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
SWITCH LIMITE MOMENTANEO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

SWITCH LIMITE FIJO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE NIVEL DE LIQUIDO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
VACIO Y PRESION			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
ACTIVADO POR TEMPERATURA			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE PEDAL			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		CERRADO NORMALMENTE NC	
NEUMATICO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE OPERACION EN GRUPO			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
OPERACION CON CARGA		OPERACION CON FUSIBLES	
DE NAVAJAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
UN POLO TIRO SENCILLO		DESCONECTADOR BIFASICO	
UN POLO CON ELEMENTO FUSIBLE		DESCONECTADOR TRIFASICO	
UN POLO DOBLE TIRO		DESCONECTADOR DE CIRCUITO	

DE VELOCIDAD			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
ENCHUFABLE		ANTIENCHUFABLE	
ARRANCADORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TENSION PLENA		TENSION REDUCIDA	
RELEVADORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE SOBRECARGA MAGNETICO		DE SOBRECARGA TERMICO	
TABLEROS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
GENERAL		DE FUERZA	
TRANSFORMADORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
SIMBOLO GENERAL		CON INDICACION DE POLARIDAD EN ALTA (H) Y BAJA (X) TENSION	
CON DOS DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR	
CON TRES DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE	
DE TIMBRE		CON MARCA DE POLARIDAD • INDICA POLARIDAD POSITIVA	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE POTENCIAL		DE CORRIENTE DE BOQUILLA	
DE CORRIENTE (-) INDICA POLARIDAD		DE VOLTAJE DUAL	
CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TRIFÁSICO CONEXION DELTA		TRIFÁSICO CONEXIÓN ESTRELLA	
TRIFÁSICO CONEXIÓN ESTRELLA TRES HILOS		CUATRO HILOS ATERRIZADO	
FUSIBLES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE FUERZA O CONTROL		DESCONECTADOR	
MAQUINAS ELECTRICAS ROTATIVAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
MOTOR MONOFÁSICO		MOTOR DE ESCOBILLAS	
MOTOR DE DOS FASES		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA	
MOTOR TRIFÁSICO CONEXIÓN EN ESTRELLA		EXCITACIÓN INDEPENDIENTE	
MOTOR TRIFÁSICO CONEXIÓN EN DELTA		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN SERIE	
MOTOR TRIFÁSICO TIPO ROTOR DEVANADO		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN DERIVACION	
		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA COMPUESTA	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
MOTOR TRIFÁSICO ROTOR JAULA DE ARDILLA		MOTOR SÍNCRONO	
RECTIFICADORES, TRANSISTORES Y TIRISTORES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DIODO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA		TRANSISTOR DE UNION MONOPOLAR UJT	
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA		RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR)	
DIODO ZENER		DIAC	
TRANSISTOR DE UNION BIPOLAR BJT		TRIAC	
EQUIPO DE MEDICION			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
AMPERIMETRO		FACTORIMETRO	
VOLMETRO		DETECTOR DE TIERRA	
WATTMETRO		FRECUENCIÓMETRO	
WATHORIMETRO		MEDIDOR DE DEMANDA	

11.2 DIAGRAMAS.

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, en el se conjuntan diversos símbolos que determinan su disposición y conexión, pudiendo tomar diferentes formas para resolver distintos tipos de necesidades. El propósito de un diagrama eléctrico es mostrar la localización de todas y cada una de las partes que componen al sistema.

Cuando se trabaja con un sistema eléctrico, es fundamental, adquirir ciertos conocimientos para leer diagramas, basados en diversos símbolos que determinen los elementos utilizados en los sistemas eléctricos; por lo tanto es prioritario conocer la simbología de dichos dispositivos.

Existen diversos tipos de diagramas relacionados con el equipo eléctrico, como son:

- Diagrama de bloques.
- Diagrama de conexiones.
- Diagrama de alambrado.
- Diagrama de disposición.
- Diagramas isométricos.
- Diagramas de construcción.

Sin embargo, la mayoría de los circuitos de control, se muestran de cuatro maneras:

1. Diagrama de bloques.
2. Diagrama general de conexiones.
3. Diagrama de haces.
4. Diagrama lineal o de escalera.

11.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.

Este diagrama está constituido por bloques rectangulares, dentro de los cuales se describe en forma general la función de cada uno de ellos.

Los bloques son conectados entre sí, por una flecha que indica la dirección o secuencia de cada uno de los bloques. La figura (a) muestra un diagrama elemental de bloques de un circuito típico de control.

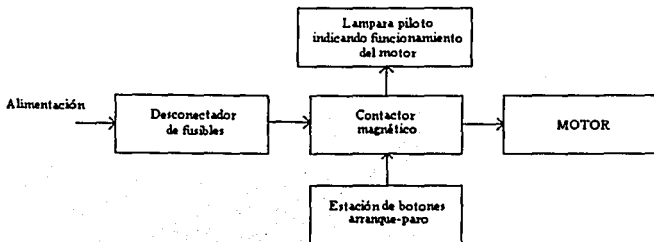


Fig. (a) Diagrama de bloques de un motor alimentado mediante un arrancador controlado por una estación de botones.

II.2.2. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES.

Este tipo de diagrama, se elabora dibujando los símbolos del equipo utilizado, distribuido en la misma forma en que se encuentran físicamente; es decir, las fases, terminales, bobinas, motores y otros componentes, que se muestran en la posición real que tienen en una instalación. Su mayor ventaja es que ayuda a identificar los componentes y cableado del control. Este tipo de diagrama, es usado cuando se alambra un sistema o si se quiere seguir el circuito físico para descubrir alguna falla.

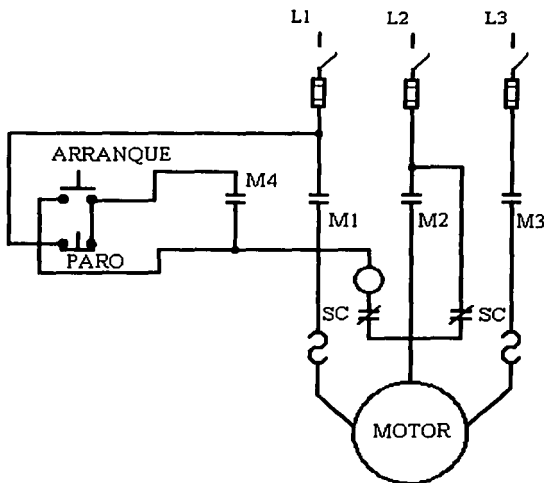


Figura (b). Diagrama de conexiones para un motor trifásico jaula de ardilla controlado por una estación de botones.

II.2.3. DIAGRAMA DE HACES.

Este diagrama es una extensión del anterior, ya que ahora en lugar de unir los diferentes elementos y dispositivos, como contactos y bobinas, uno a uno a través de líneas independientes, se utiliza un haz de hilos numerados y rotulados y con una línea que va de dispositivo a dispositivo. En la figura (c) se muestra un diagrama de haces para el control del mismo motor mencionado en el punto anterior.

En algunos esquemas de control se encuentran diagramas de haces, en donde por el número de dispositivos, se omiten las líneas que los unen, conservando el número y rótulo en cada una de las terminales de los aparatos.

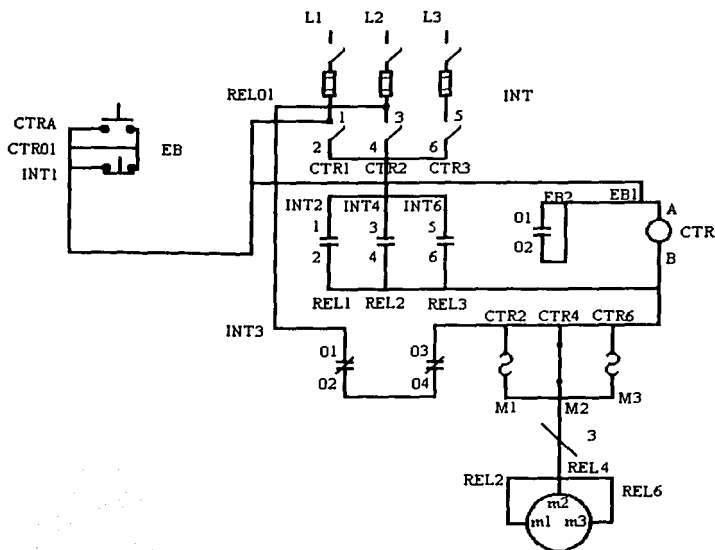


Figura (c). Diagrama de Haces que muestra las conexiones de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

II.2.4. DIAGRAMA LINEAL O ESQUEMATICO.

El diagrama lineal esta orientado a mostrar la parte de los circuitos que es necesaria para la operación del controlador, su mayor ventaja, se encuentra en el hecho de que muestra el circuito de control, en la secuencia eléctrica apropiada.

Cada componente se representa en el lugar preciso del circuito eléctrico, sin importar la localización física. Este tipo de diagramas, requieren mucho menor tiempo para su trazado, además, permiten fácilmente entender la operación del circuito debido a que muestra la lógica de operación de control en su forma más simple.

Dentro del diagrama lineal se encuentran los circuitos de control y de carga, este último conocido también como de fuerza. El circuito de control indica las operaciones secuenciales que se realizan para controlar el sistema; sus principales características son:

- Emplea dos líneas paralelas verticales, que representan los puntos de diferencia de potencial. estas líneas verticales se unen con líneas horizontales en las cuales se dibuja la simbología correspondiente a los dispositivos empleados. Las líneas horizontales se numeran de arriba a abajo, escribiéndose a un lado de la línea vertical izquierda el número que les corresponde.
- Los elementos pertenecientes a un mismo dispositivo, tienen la misma abreviatura característica de que va precedida el aparato que los acciona; además para la mayor identificación, a un lado de la línea vertical derecha y a la misma altura de la línea horizontal en que se encuentran localizados los aparatos "accionadores", se indica el número de la línea en que tienen elementos.
- Se acostumbra representar los circuitos sin funcionar, de tal manera que se visualicen las señales necesarias para la operación de los dispositivos. por ejemplo, todos los contactos se dibujan en su posición normal.

Complementariamente al circuito de control en el diagrama lineal, debe esquematizarse el circuito de carga; donde se muestran los alimentadores, incluyendo también, los elementos de protección.

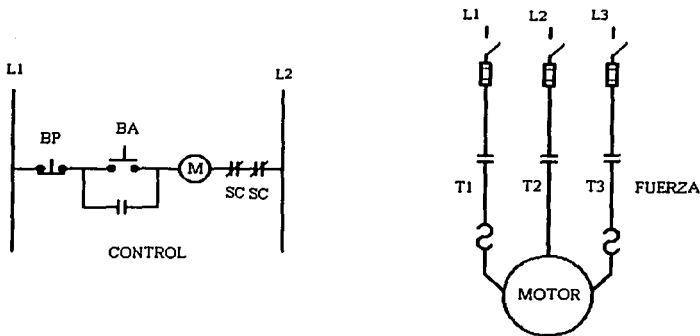


Figura (d). Diagrama lineal, o de escalera de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

CAPÍTULO III

NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES

III. NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES (NORMA OFICIAL MEXICANA, NORMAS TÉCNICAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS)

El incremento en el uso de la electricidad para fines de alumbrado y potencia, está asociado con un continuo y estable incremento en número, tipo de máquinas e industrias accionadas por motores eléctricos; por lo que, es necesario disponer de una normatividad que establezca determinadas condiciones, en cuanto a construcción, operación, diseño, seguridad e instalación de todas y cada una de las partes que componen una instalación eléctrica.

El elemento que determina la ya mencionada normatividad de las instalaciones para el uso de la energía eléctrica, es dictaminado en términos de lo dispuesto por el artículo tercero transitorio del Reglamento de Instalaciones Eléctricas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1981, en el cual se establece que: los requisitos establecidos en las denotadas "Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas", se aplicarán a las instalaciones nuevas, a la ampliación o modificación de las existentes, y a aquellas existentes, que por sus características, impliquen algún riesgo para las personas o bienes.

En este capítulo se mencionarán solo los puntos de mayor relevancia, relacionados al tema de "CONTROL Y PROTECCIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS". Como primer instancia, se presentarán los puntos generales y como segunda, los puntos específicos relacionados a motores.

III.1. GENERALIDADES.

III.1.1. DEFINICIONES.

Abierto (aplicado a equipo eléctrico). Se dice una máquina, aparato o dispositivo, construido sin protección especial de sus partes sometidas a potencial o movimiento.

Accesible (aplicado a equipo eléctrico). Que permite la aproximación de personas, por no estar guardado por puertas cerradas, o no esta elevado o resguardado por otros medios.

Acometida. Los conductores que ligan la red de distribución, del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario.

Automático. Que actúa por sí mismo, cuando es afectado por una acción no personal, ya sea por una variación de intensidad de corriente, presión, temperatura, etc.

Cable. Conductor formado por varios filamentos torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que el alambre de sección equivalente.

Cable aislado. Conductor o grupo de conductores, provisto cada uno de aislamiento y envuelto el conjunto por una capa aislante y por una cubierta exterior protectora.

Canalización. Medio o medios que se usan para alojar a los conductores y que son diseñados, construidos y utilizados únicamente para tal fin.

Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado un aparato o máquina, conectados a un circuito eléctrico.

Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica, en un sistema.

Carga continua. Carga cuya corriente máxima se espera que se conserve durante 3 horas o más.

Cerrado (aplicado a equipo eléctrico). Aparato o máquina construido con protección especial de sus partes sometidas a potencial o movimiento.

Circuito alimentador. Conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito de una instalación de utilización, que se encuentra entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

Circuito derivado. Conjunto de los conductores y demás elementos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta la salida de las cargas.

Conductor activo. Conductor en un circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra.

Controlador. Dispositivo o grupo de dispositivos, que sirven para gobernar en forma alguna predeterminada, la potencia eléctrica suministrada a los equipos a los cuales se encuentran conectados.

Desconectador. Dispositivo destinado a abrir o cerrar en serie un circuito, solamente después de que se ha desconectado la carga por algún otro medio, pero que puede tener potencial aplicado en el momento de su desconexión.

Equipo eléctrico. Término general que comprende, aparatos, máquinas, dispositivos, etc., que se usan en instalaciones eléctricas.

Hermético (aplicado a equipo eléctrico). Construido de tal modo que un agente externo no pueda penetrar la caja que protege al equipo.

Instalación eléctrica. Cualquier combinación de equipo eléctrico, que se encuentra interconectado, dentro de un espacio o localización determinados.

Interruptor. Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico, cuando circula corriente con un valor hasta el de la capacidad del mismo dispositivo, sin sufrir daño alguno.

Sobrecarga. Condición de operación de un equipo en la que demanda una potencia en exceso de la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente en exceso de su valor permisible.

Sobrecorriente. Cualquier valor de corriente que exceda a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible en un conductor.

Tablero. Gabinete metálico que incluye principalmente barras, interruptores y otros dispositivos de protección contra sobrecorriente, empleado para la distribución de circuitos con cargas relativamente pequeñas de alumbrado, fuerza, etc. y diseñado para sobreponerse o embutirse en paredes o estructuras y con acceso únicamente por el frente.

Tensión nominal. Valor que se asigna a un circuito o a un sistema para designar convenientemente su clase de tensión. La tensión real a la que opera un circuito puede variar de la nominal, dentro de ciertos límites que corresponden a la operación satisfactoria del equipo.

Categorías de tensión.

- a) **Muy baja tensión.**- Hasta 50 volts en corriente alterna, ya sea entre conductores o con respecto a tierra.
- b) **Baja tensión.**- Más de 50 volts, hasta 1000 volts entre conductores o hasta 600 volts con respecto a tierra.
- c) **Alta tensión.**- Valores superiores a los anteriores.

III.1.2. CIRCUITOS DERIVADOS.

III.1.2.1. CLASIFICACIÓN.

Los circuitos derivados que alimentan varias cargas, pueden ser de 15, 20, 30,40 y 50 amperes. Las cargas mayores a 50 amperes deben alimentarse con circuitos derivados individuales.

III.1.2.2. CAÍDA DE TENSIÓN.

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga, la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito, no debe exceder al 3%. Por otra parte la caída de tensión total en el circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

III.1.3. CIRCUITOS ALIMENTADORES.

III.1.3.1. CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir.

III.1.3.2. CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión desde la entrada de servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no debe exceder del 3%. Además, se debe considerar que la caída de tensión total en el circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

III.1.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

III.1.4.1. PROTECCIÓN DE CONDUCTORES CONTRA SOBRECORRIENTE.

La capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorriente, debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores.

Si la corriente permisible no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que esta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

III.1.4.2. UBICACIÓN EN LOS CIRCUITOS.

Los dispositivos de sobrecorriente deben colocarse en el punto de alimentación de los conductores que protejan, o lo más cerca que se pueda de dicho punto.

III.1.5. CONDUCTORES DE USO GENERAL.

III.1.5.1. USO DE CONDUCTORES AISLADOS.

Los conductores que se emplean en instalaciones de utilización deben estar aislados, de acuerdo con su tensión de servicio y condiciones de operación.

La tabla III.1 muestra los tipos de conductores aislados más comunes, para tensiones hasta de 600 volts, y las características de su aislamiento.

Tabla III.1 aplicación de conductores aislados.

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
HULE RESISTENTE AL CALOR	RH RHII	75 90	HULE RESISTENTE AL CALOR	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES SECOS
HULE RESISTENTE AL CALOR Y LA HUMEDAD	RHW	75	HULE RESISTENTE AL CALOR Y LA HUMEDAD	NO METALICA, RESISTENTE AL CALOR Y LA HUMEDAD	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
HULE LATEX RESISTENTE AL CALOR	RUII	75	90% HULE NO MOLIDO, SIN GRANO	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES SECOS
HULE LATEX RESISTENTE A LA HUMEDAD	RUIW	60	90% HULE NO MOLIDO, SIN GRANO	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
TERMOPLASTICO	T	60	COMPUESTO TERMOPLASTICO RETARDADOR DE FLAMA	NINGUNA	LOCALES SECOS
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD	TW	60	TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADOR DE FLAMA	NINGUNA	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
TERMOPLASTICO DUPLEX, RESISTENTE A LA HUMEDAD	NMC*	90	TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR, RETARDADOR DE FLAMA	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, LOS HONGOS, CORROSION Y RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES HUMEDOS Y SECOS

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, CON CUBIERTA DE NYLON	THIN	90	TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, RETARDADOR DE FLAMA	NYLON	LOCALES SECOS
TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, Y LA HUMEDAD	THW	75	TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, Y LA HUMEDAD, RETARDADOR DE FLAMA	NYLON	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
		90			APLICACIONES ESPECIALES EN EQUIPO DE ALUMBRADO POR DESCARGA ELECTRICA LIMITADO A UN CIRCUITO DE 1000 VOLTS O MENOS
TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, Y LA HUMEDAD CON CUBIERTA DE NYLON	THWN	60	TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, Y LA HUMEDAD, RETARDADOR DE FLAMA	NYLON	LOCALES CON GRASAS, ACEITES Y GASOLINAS
		75			LOCALES SECOS Y HUMEDOS
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD (DOBLE FORRO)	DF*	75	TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES SECOS Y HUMEDOS HASTA 1000 VOLTS
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD PARA ALUMBRADO INDUSTRIAL	NMC-ASP*	60	TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD RETARDADOR DE FLAMA	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADORA DE FLAMA	ALUMBRADO INDUSTRIAL
SINTETICO RESISTENTE AL CALOR	SIS	90	HULE RESISTENTE AL CALOR	NINGUNA	SOLO ALUMBRADOS DE TABLERO
AISLANTE MINERAL	MI	85	OXIDO DE MAGNESIO	COBRE	LOCALES SECOS Y HUMEDOS
CUBIERTA METALICA		250			TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION PARA APLICACIONES ESPECIALES
SILICON ASBESTO	SA	90	HULE SILICON	ASBESTO O VIDRIO	LOCALES SECOS Y HUMEDOS

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
SILICON ASBESTO	SA	125	HULE SILICON	ASBESTO O VIDRIO	TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION PARA APLICACIONES ESPECIALES
ETILENO PROPILENO	EP	90	ETILENO PROPILENO	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR, RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES SECOS Y HUMEDOS DIRECTAMENTE ENTERRADOS
ETILENO PROPILENO FLUORINADO	FEP	90	ETILENO PROPILENO FLUORINADO	NINGUNA	LOCALES SECOS
	FEPB	200		MALLA DE VIDRIO O DE ASBESTO	APLICACIONES ESPECIALES EN LOCALES SECOS
POLIETILENO VULCANIZADO RESISTENTE AL CALOR Y LA HUMEDAD	XIII W	75	POLIETILENO VULCANIZADO	NO METALICA RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES HUMEDOS DIRECTAMENTE ENTERRADOS
		90		NINGUNA	LOCALES SECOS
TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, LA HUMEDAD, Y EL ACEITE, PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS	MTW	60	TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR, LA HUMEDAD, Y EL ACEITE, RETARDADOR DE FLAMA	NINGUNA O NYLON	LOCALES HUMEDOS Y ALAMBRADO EN MAQUINAS HERRAMIENTAS
		90			LOCALES SECOS, ALAMBRADO EN MAQUINAS HERRAMIENTAS
TERMOPLASTICO Y ASBESTO	TA	90	TERMOPLASTICO Y ASBESTO	NO METALICA RETARDADORA DE FLAMA	ALAMBRADO DE TABLEROS DE DISTRIBUCION
TERMOPLASTICO Y MALLA DE FIBRA	TBS	90	TERMOPLASTICO	NO METALICA RETARDADORA DE FLAMA	SOLO ALAMBRADO DE TABLEROS
TERMOPLASTICO DUPLEX, RESISTENTE A LA HUMEDAD	TWD	60	TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD, RETARDADOR DE FLAMA	NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD, LOS HONGOS, CORROSION Y RETARDADORA DE FLAMA	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
CAMBRAY BARNIZADO	V	85	ASBESTO Y CAMBRAY BARNIZADO	NO METALICA	LOCALES SECOS
				FORRO DE PLOMO	LOCALES HUMEDOS Y SECOS

NOOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
ASBESTO Y CAMBRAY BARNIZADO	AVB	90	ASBESTO IMPREGNADO Y CAMBRAY BARNIZADO	MALLA DE ALGODÓN RETARDADORA DE FLAMA	ALAMBRADO DE TABLEROS EN LUGARES SECOS
	AVL	110		FORRO DE PLOMO	LOCALES HUMEDOS Y SECOS
	AVA	110		MALLA DE ASBESTO O VIDRIO	LOCALES SECOS
ASBESTO	AIA	125	ASBESTO IMPREGNADO	CON MALLA DE ASBESTO O VIDRIO	LOCALES SECOS, INSTALACIONES A LA VISTA EN INSTALACIONES SOLAMENTE PARA CONDUCTORES QUE VAN A APARATOS O ESTEN EN SU INTERIOR
	AI	125	ASBESTO IMPREGNADO	SIN MALLA DE ASBESTO	
	A	200	ASBESTO	SIN MALLA DE ASBESTO	LOCALES SECOS, EN INSTALACIONES SOLAMENTE PARA CONDUCTORES QUE VAN A APARATOS O ESTEN EN SU INTERIOR
	AA	200	ASBESTO	CON MALLA DE ASBESTO O VIDRIO	
PAPEL	PILC	85	PAPEL IMPREGNADO	FORRO DE PLOMO	PARA CONDUCTORES DE ACOMETIDAS SUBTERRANEAS O CON PERMISO ESPECIAL

* Estos tipos corresponden a cables multiconductores, cuya designación se refiere a las características de la cubierta o forro del cable y no a la del aislamiento del conductor.

III.1.5.2.

CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDUCTORES AISLADOS.

La tabla III.2. indica los valores de capacidad de corriente para conductores de cobre aislados, de acuerdo con el tipo de aislamiento y la forma de instalación. Los valores de esta tabla deben corregirse como se indica a continuación por un mayor agrupamiento de los conductores o por un aumento en la temperatura ambiente.

- a) Factores de corrección por agrupamiento. La tabla III.2. a). muestra los factores de corrección que deben aplicarse cuando el número de conductores alojados en una misma canalización o en un cable multiconductor, es mayor de 3.
- b) Factores de corrección por temperatura ambiente. La tabla III.2. b). muestra los factores de corrección que deben aplicarse para condiciones de temperatura ambiente de 31°C o mayor.

TABLA III.2. CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE CABLE AISLADO.

TEMPERATURA MÁXIMA DEL AISLAMIENTO	60° C		75° C		85° C		90° C	
TIPOS	TIWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RII, RIW, RUH, TIW, TIWN, DF, XIIHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, TN, MTW, EP, XIIHW*	
CALIBRE AWG MCM	EN TUBERÍA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERÍA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERÍA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERÍA O CABLE	AL AIRE
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

TABLA III.2. CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS (AMPÉRES)

TEMPERATURA MÁXIMA DEL AISLAMIENTO	110° C		125° C		200° C	
TIPOS	AVA, AVI.		AI, SA, AIA		A, AA, FEPB	
CALIBRE AWG, MCM	EN TUBERÍA O CABLE	AL. AIRE	EN TUBERÍA O CABLE	AL. AIRE	EN TUBERÍA O CABLE	AL. AIRE
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	145	210
2	135	210	145	225	165	240
1	160	245	170	265	190	280
0	190	285	200	305	225	325
00	215	330	230	355	250	370
000	245	385	265	410	285	430
0000	275	445	310	475	340	510
250	315	495	335	530	-	-
300	345	555	380	590	-	-
350	390	610	420	655	-	-
400	420	665	450	710	-	-
500	470	765	500	815	-	-
600	525	855	545	910	-	-
700	560	940	600	1005	-	-
750	580	980	620	1045	-	-
800	600	1020	640	1085	-	-
1000	680	1165	730	1240	-	-

TABLA III.2. a) FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO.

NUMERO DE CONDUCTORES	% DEL VALOR INDICADO EN LA TABLA III 2
4 - 6	80
7 - 24	70
25 - 42	60
MAS DE 42	50

TABLA III.2. b) FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA AMBIENTE.

TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA MÁXIMA PERMISIBLE EN EL AISLAMIENTO °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0.85	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	-
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	-
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	-
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	-
56 - 60	-	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61 - 70	-	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71 - 80	-	-	0.30	0.41	0.61	0.68	0.84
81 - 90	-	-	-	-	0.50	0.61	0.80
91 - 100	-	-	-	-	-	0.51	0.77
101 - 120	-	-	-	-	-	-	0.69
121 - 140	-	-	-	-	-	-	0.59

III.2. MOTORES.

III.2.1. GENERALIDADES.

III.2.1.1. APLICACIÓN.

Esta sección contiene requisitos para la instalación de motores y de sus dispositivos de desconexión, protección y control, así como para los circuitos que alimentan los mismo motores. (Véase la figura 3.1.)

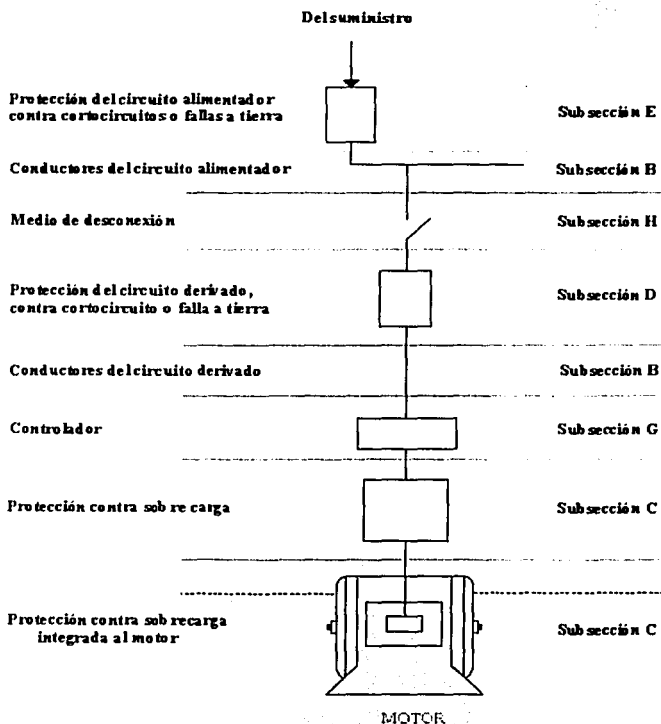


Fig. 3.1 Diagrama que muestra la forma en que se divide la sección de motores eléctricos, Normas Técnicas de Instalaciones eléctricas.

III.2.1.2. DEFINICIONES.

Para la aplicación de los requisitos de esta sección, los siguientes términos se entienden como siguen:

A la vista. Cuando se especifica que un motor está "a la vista" de otro, significa que ese equipo está ubicado a una distancia no mayor de 15 metros y visible desde el otro.

Servicio continuo. Tipo de servicio que se caracteriza por requerir el funcionamiento del motor con una carga substancialmente constante por un tiempo largo indefinido.

Servicio de corto tiempo. Tiempo de servicio que exige el funcionamiento de una carga substancialmente constante por un tiempo corto definido.

Servicio intermitente. Tiempo de servicio que exige el funcionamiento por periodos alternados: 1) con carga y sin carga; 2) con carga y desconectado; o 3) con carga, sin carga y desconectado.

Servicio periódico. Operación intermitente en la cual las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

Servicio variable. Tipo de servicio que se caracteriza porque tanto la carga como los intervalos de su duración pueden estar sujetos a variaciones considerables.

III.2.1.3. IDENTIFICACIÓN DE MOTORES.

a) **Motores de uso normal.** Los motores deben estar provistos de placa de datos con la información siguiente, como mínimo:

- a.1) Marca o nombre del fabricante.
- a.2) Tensión nominal en volts y corriente a plena carga en amperes.
- a.3) Frecuencia y número de fases, en motores de corriente alterna, así como tipo de conexión.
- a.4) Velocidad a plena carga.
- a.5) Elevación nominal de temperatura (en °C) o clase de aislamiento y temperatura ambiente de referencia.
- a.6) Régimen de trabajo (referido al tiempo de duración durante el cual el motor puede funcionar a plena carga sin alcanzar su límite de temperatura). Este régimen puede ser de 5, 15, 30, 60 minutos o "continuo".
- a.7) Potencia nominal (en C.P. o en KW) para motores de 1/8 de C.P. y mayores.

Excepción. En motores de soldadoras de arco, la capacidad nominal debe indicarse en amperes y puede omitirse su valor en caballos de potencia.

- a.8) Tensión y corriente a plena carga, secundarias, si se trata de un motor de inducción con rotor devanado.
- a.9) Tensión y corriente del campo en el caso de motores síncronos.
- a.10) Tipo del devanado (paralelo, compuesto o serie) en motores de corriente directa.

b) **Uso de letras clave.** Se recomienda que los motores de c.a. de 1/4 C.P. en adelante, usen letras clave que indiquen la potencia que toman los motores con el rotor bloqueado. En tal caso deben marcarse en la placa de datos y estar de acuerdo con la tabla III.3.

III.2.1.4. IDENTIFICACIÓN DE CONTROLADORES.

Los controladores deben tener indicados la marca o el nombre del fabricante, la tensión y la corriente o la capacidad en caballos de potencia, así como otros datos que sean necesarios para indicar para qué motores son adecuados.

Una combinación de controlador-interruptor que incluya un interruptor automático del tipo de disparo instantáneo debe tener indicación clara de los ajustes, en amperes, que tenga el elemento ajustable de disparo.

LETRAS DE CLAVE PARA INDICAR LOS KVA POR C.P. DE LOS MOTORES CON ROTOR BLOQUEADO.

LETRA DE CLAVE.	KVA POR C.P. CON ROTOR BLOQUEADO.
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
M	10.0 - 11.19
N	11.2 - 12.49
P	12.5 - 13.99
R	14.0 - 15.99
S	16.0 - 17.99
T	18.0 - 19.99
U	20.0 - 22.39
V	22.4 - y más

Tabla III.3.

- Nota 1. Los motores de velocidades múltiples deben marcarse con la letra de clave que indique los KVA por caballo de potencia con rotor bloqueado para la velocidad más alta, excepto los motores de potencia constante, los cuales deben marcarse con la letra de clave de el mayor número de KVA por caballo de potencia con rotor bloqueado.
- Nota 2. Los motores de una sola velocidad que arranquen en estrella y trabajen en marcha normal en delta, deben identificarse con la letra de clave correspondiente a los KVA por C.P. con rotor bloqueado en la conexión estrella.
- Nota 3. Los motores de dos tensiones que tengan distintos KVA por C.P. con rotor bloqueado en las dos tensiones, deben identificarse con la letra de clave para tensión que dé el mayor número de KVA por C.P. con rotor bloqueado.

III.2.1.5. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES.

Las terminales de los motores y controladores deben identificarse, en alguna forma adecuada, cuando esto sea necesario para indicar las conexiones correctas.

III.2.1.6. ESPACIO PARA ALUMBRADO EN CUBIERTAS.

Las cubiertas de los controladores y dispositivos de desconexión de motores no deben utilizarse como cajas de conexiones, como ductos auxiliares para conexiones o como canalizaciones para conductores que alimenten a otros aparatos, a menos que dichas cubiertas estén diseñadas de manera que provean espacio adecuado para este propósito.

III.2.1.7. PROTECCIÓN CONTRA LÍQUIDOS.

Quando se instalen motores debajo de equipo u otros lugares donde pueda caer o salpicar aceite, agua u otro líquido perjudicial, deben colocarse cubiertas o resguardos adecuados para proteger las partes vivas expuestas de los motores y aislamientos de sus conexiones, a menos que dichos motores estén diseñados para las condiciones existentes.

III.2.1.8 UBICACIÓN DE LOS MOTORES.

Los motores deben colocarse de manera que tengan una ventilación adecuada y que el mantenimiento tal como la lubricación de chumaceras y el cambio de escobillas, pueda hacerse fácilmente.

Los motores abiertos que tengan conmutador o anillos colectores, deben estar ubicados o protegidos de manera que las chispas no puedan alcanzar a los materiales combustibles adyacentes. Esto no prohíbe la instalación de dichos motores sobre pisos de madera que ofrezcan suficiente seguridad contra el riesgo de incendio por el chispeo.

III.2.1.9. SOBRECALENTAMIENTO POR ACUMULACIÓN DE POLVO.

En lugares donde el polvo pueda acumularse sobre el motor o dentro del mismo, en cantidades que perturben seriamente su ventilación o enfriamiento y puedan originar temperaturas peligrosas, deben emplearse motores cerrados del tipo adecuado para que no haya sobrecalentamiento en las condiciones existentes.

En condiciones especialmente severas, puede requerirse el uso de motores cerrados y ventilados mediante tuberías, ó ubicar los motores en locales separados que sean herméticos al polvo y estén debidamente ventilados por una fuente de aire puro.

III.2.2. CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.

III.2.2.1. GENERAL.

Los requisitos de esta subsección B se aplican a los conductores que alimenten motores, a fin de que sean capaces de conducir la corriente requerida, sin sobrecalentamiento, bajo condiciones que se indican.

Debe cumplirse, además, los requisitos que fijan respecto a la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores respectivamente.

CAÍDA DE TENSIÓN.

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, fuerza o calefacción), la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3 por ciento. Por otra parte, la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5 por ciento.

El calibre de los conductores de un circuito alimentador que abastezca a circuitos derivados de alumbrado, fuerza o calefacción, debe ser tal que la caída de tensión desde la entrada del servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no exceda del 3 por ciento. Hay que considerar, además, que la caída de tensión total en alimentadores y circuitos derivados no debe exceder del 5 por ciento.

III.2.2.2. CONDUCTORES QUE ALIMENTEN UN SOLO MOTOR.

Los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor que el 125 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

En caso de un motor de velocidades múltiples, la selección de los conductores ubicados en el lado de alimentación del controlador debe hacerse en base a la mayor de las corrientes a plena carga indicadas en la placa de datos del motor; la selección de los conductores que se encuentran entre el controlador y el motor debe hacerse en base a la corriente nominal que corresponda a la velocidad que se trate en cada caso.

Excepción: los conductores para un motor que presten un servicio del tipo de corto tiempo, intermitente, periódico o variable, deben calcularse en base a los porcentajes mínimos de corriente a plena carga establecidos en la tabla III.4.

FACTORES PARA SELECCIONAR LOS CONDUCTORES PARA MOTORES QUE NO SEAN DE SERVICIO CONTINUO.

Tipo de servicio que requiere la carga.	Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos. Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor.			
	5 Minutos	15 Minutos	30 y 60 Minutos	Continuo.
De corto tiempo: Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc.	110	120	150	----
Intermitente: Ascensores y montacargas, máquinas-herramientas, bombas, puentes levadizos o giratorios, plataformas giratorias, etc.	85	85	90	140
Periódico: Rodillos, máquinas para manipulación de minerales, etc.	85	90	95	140
Variable:	110	120	150	200

Tabla III.4.

III.2.2.3. SECUNDARIO DE MOTOR CON ROTOR DEVANADO.

a) En un motor de corriente alterna con rotor devanado que sea de servicio continuo, los conductores que conecten al secundario del motor con su controlador deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que el 125 por ciento de la corriente a plena carga de secundario del motor.

b) Para un motor que no sea de servicio continuo, dichos conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la tabla III.4., en base a la corriente a plena carga del secundario del motor.

III.2.2.4. CONDUCTORES QUE ALIMENTAN A VARIOS MOTORES.

Como mínimo, los conductores que alimentan a dos o más motores deben tener una capacidad igual a la suma del valor nominal de la corriente a plena carga de todos los motores, más del 125 por ciento de la corriente del motor más grande del grupo.

III.2.2.5. CONDUCTORES QUE ALIMENTEN CARGAS COMBINADAS.

Los conductores que alimenten motores en combinación con cargas de alumbrado y aparatos deben tener una capacidad de corriente suficiente para la carga de los motores más la carga del alumbrado y aparatos.

III.2.2.6. DERIVACIONES DESDE UN ALIMENTADOR.

Las derivaciones que se hagan desde un alimentador para abastecer motores deben tener una capacidad de corriente no menor que la requerida por la carga por alimentar, terminar en un solo dispositivo de sobrecorriente y además cumplir alguno de los requisitos siguientes:

- a) No ser mayor de 3 metros de longitud.
- b) Tener una capacidad de corriente de por lo menos un tercio de la capacidad de corriente del alimentador cuando sea mayor de 3 metros, pero no mayor de 10 metros de longitud.
- c) Tener la misma capacidad de corriente que el alimentador cuando sea mayor de 100 metros de longitud.

III.2.2.7. CONDUCTORES PARA CAPACITORES COMBINADOS CON MOTORES.

La capacidad de corriente de los conductores que conecten un capacitor a las terminales de un motor o los conductores del circuito derivado del motor, no debe ser menor que la tercera parte de la que tienen los conductores del mismo circuito derivado del motor y, en ningún caso, menor del 135 por ciento de la corriente nominal del capacitor.

III.2.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA EN EL MOTOR.

III.2.3.1. GENERAL.

Los requisitos de esta subsección C se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los motores, a los aparatos de control de los motores y a los conductores de los circuitos derivados que los abastezcan, contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas en los mismos motores o fallas de arranque.

Una sobre carga en un aparato eléctrico es una sobre corriente de operación que, cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar o sobrecalentar peligrosamente el aparato. Esto no incluye cortocircuitos ni fallas a tierra, para cuya protección se aplica los requisitos de la subsección D de esta sección.

Puede omitirse la protección contra sobrecarga en aquellos casos en que la instalación de la misma implique peligros mayores que el riesgo de daño al propio aparato, como es el caso de bombas contra incendios.

III.2.3.2. MOTORES DE SERVICIO CONTINUO.

a) De mas de un caballo de potencia. Cada motor de servicio continuo con capacidad mayor de un caballo de potencia debe protegerse contra sobrecarga por alguno de los medios siguientes:

a.1) Un dispositivo de sobrecorriente separado que actúe por efecto de la corriente del motor. La capacidad o el ajuste de este dispositivo no debe ser mayor del 125 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

En caso de que el dispositivo de sobrecorriente, seleccionado de acuerdo con el criterio anterior, resulte insuficiente para el arranque del motor o no corresponda a un tamaño normalizado, puede utilizarse el tamaño inmediato superior, siempre que no sea mayor del 140 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

En el caso de un motor de varias velocidades cada conexión del devanado debe considerarse separadamente.

a.2) Un protector térmico integrado al motor aprobado para usarse con este, que lo proteja contra sobrecalentamientos peligrosos ocasionados por sobrecargas.

b) De un caballo de potencia o menos, arrancado manualmente. Cada motor de servicio continuo de un caballo de potencia o menos, que se arranque manualmente y esté a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierras del circuito derivado. La capacidad o ajuste de dicho dispositivo de protección del circuito derivado no debe ser mayor que el especificada en los artículos III.2.4.2. y III.2.4.3.

Un motor que no este a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque debe protegerse en la forma indicada en el inciso a) de este mismo artículo. En caso de que la impedancia de los devanados sea suficiente para prevenir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque, el motor puede considerarse protegido como se indica en el párrafo anterior.

c) De un caballo de potencia o menos, arrancado automáticamente. Cada motor de servicio continuo de un caballo de potencia o menos, que se arranque automáticamente, debe protegerse contra sobrecarga en la misma forma que los motores de más de un caballo de potencia a que se refiere el inciso a) de este mismo artículo.

En caso de que la impedancia de los devanados del motor sea suficiente para prevenir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque, el motor puede considerarse protegido por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado como se indica en el inciso b) de este mismo artículo para un motor arrancado manualmente.

d) Secundarios de motores con rotor devanado. Los circuitos secundarios de motores de corriente alterna con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores, resistencias, etc. pueden considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecarga del circuito primario del motor.

III.2.3.3. MOTORES DE SERVICIO NO CONTINUO.

Un motor que preste un tipo de servicio de corto tiempo, intermitente, periódico variable, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado, siempre que este dispositivo tenga una capacidad o ajuste no mayor del especificado en el artículo III.2.4.2.

Cualquier aplicación de un motor se considera como de servicio continuo, a menos, de que la naturaleza de la maquina o aparato accionado sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquier condición de uso.

III.2.3.4. PUESTA EN DERIVACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE SOBRE CARGA DURANTE EL ARRANQUE.

En el caso de un motor arrancado manualmente (incluyendo el arranque mediante un arrancador magnético con botón pulsador), la protección contra sobrecarga del motor puede ponerse en derivación o excluirse del circuito durante el periodo de arranque, siempre que el dispositivo que lo ponga en derivación o la excluya no pueda dejarse en posición de arranque y, además, que los fusibles o el interruptor automático de acción retardada del circuito derivado del motor tenga una capacidad o ajuste que no exceda del 400 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

La protección contra sobrecarga de un motor no debe ponerse en derivación o excluirse durante el periodo de arranque si el motor es arrancado automáticamente.

III.2.3.5. FUSIBLES. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Cuando se usen fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, debe intercalarse un fusible en cada conductor activo.

III.2.3.6. DISPOSITIVOS QUE NO SEAN FUSIBLES. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Cuando se usen dispositivos que no sean fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, tales como bobinas de disparo, relevadores o dispositivos de tipo térmico, el número mínimo de unidades y su colocación deben estar de acuerdo con la tabla III.5.

UNIDADES DE PROTECCIÓN DE MOTORES CONTRA SOBRECARGA.

CLASE DE MOTOR.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.	NÚMERO Y UBICACION DE UNIDADES DE SOBRECARGA QUE NO SEAN FUSIBLES
c.a. monofásico o de C.D.	2 hilos no puestos a tierra, c.a. monofásica o C. D.	Una en cualquiera de los conductores.
c.a. monofásico o de C.D.	2 hilos, c.a. monofásica o C. D. Uno de los hilos puesto a tierra.	Una en el conductor no puesto a tierra.
c.a. monofásico o de C.D.	3 hilos c.a. monofásica o C.D., neutro a tierra.	Una en cada conductor no puesto a tierra.
c.a. trifásico.	Cualquier trifásico.	Dos en conductores cuales quiera, excepto el neutro.

Tabla III.5.

* Nota. Dos el número mínimo de unidades necesario para la protección contra sobrecarga de un motor trifásico.

III.2.3.7. NÚMERO DE CONDUCTORES DESCONECTADOS POR LOS DISPOSITIVOS DE SOBRECARGA.

Los dispositivos de sobrecarga de un motor, que no sean fusibles o protectores térmicos, deben desconectar simultáneamente un número suficiente de conductores activos para interrumpir el flujo de corriente al motor.

III.2.3.8. MOTORES CONECTADOS A CIRCUITOS DERIVADOS DE USO GENERAL.

Los relevadores de sobrecarga y otros dispositivos de tipo térmico, para la protección de motores contra sobrecarga que no son capaces de abrir corrientes de cortocircuito, deben protegerse por medio de fusibles o interruptores automáticos cuya capacidad o ajuste esté de acuerdo con el artículo III.2.4.2., o bien con la capacidad que corresponda si dichos dispositivos de sobrecarga están aprobados para operación en grupo y tienen indicada la capacidad máxima del fusible o interruptor automático del tipo de tiempo inverso que debe protegerlos.

III.2.3.9. MOTORES CONECTADOS A CIRCUITOS DERIVADOS DE USO GENERAL.

Para la protección contra sobrecarga de motores conectados a circuitos derivados de uso general (o sea que alimentan también lámpara y contactos), debe de aplicarse lo siguiente:

a) De un caballo de potencia o menos. Pueden conectarse a circuitos derivados de uso general uno o más motores sin protección individual contra sobrecarga, si se cumple con las especificaciones indicadas en el punto III.2.4.2., inciso a).

b) De más de un caballo de potencia., pueden conectarse a circuitos derivados de uso general sólo cuando estén provistos de la protección individual contra sobrecarga.

c) Conexión a través de clavija y contacto. Cuando se requiere la protección contra sobrecarga individual, de acuerdo con el inciso b) anterior, para motor o aparato accionado por motor que se alimente a través de clavija y contacto, dicha protección debe ser parte integral del motor o aparato.

d) Acción retardada. El dispositivo de sobrecorriente que proteja un circuito derivado, al cual se conecte un motor o aparato accionado por motor, debe ser de acción lo suficientemente retardada para permitir que el motor arranque y acelere con carga.

III.2.4. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES, CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.

III.2.4.1. GENERAL.

Los requisitos de esta subsección D se aplican a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los conductores de circuitos derivados para motores, a los aparatos de control de los motores y a los propios motores contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos o a tierra. Estos requisitos complementan a los de la sección descrita con anterioridad.

III.2.4.2. CAPACIDAD O AJUSTE DEL DISPOSITIVO PARA UN SOLO MOTOR.

El dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un solo motor, debe ser capaz de soportar la corriente de arranque, pero su capacidad o ajuste no debe exceder de los valores determinados por la tabla III.6:

PORCIENTO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A PLENA CARGA				
TIPO DE MOTOR	FUSIBLE SIN RETARDO DE TIEMPO **	FUSIBLE DE DOS ELEMENTOS CON RETARDO DE TIEMPO**	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE DISPARO INSTANTÁNEO	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE TIEMPO INVERSO*
MOTORES MONOFÁSICOS	300	175	800	250
MOTORES DE CA QUE NO SEAN ROTOR DEVANADO. JAULA DE ARDILLA. QUE NO SEAN DE DISEÑO E.	300	175	800	250
DISEÑO E	300	175	1100	250
MOTORES SÍNCRONOS***	300	175	800	250
ROTOR DEVANADO	150	150	800	250
CC (TENSIÓN ELÉCTRICA CONSTANTE)	150	150	250	150

- * Los valores dados en la última columna comprenden también, las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse.
- ** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican a fusibles clase CC con retardo de tiempo.
- *** Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 R.P.M. o menos), como son los empleados para accionar compresores reciprocantes, bombas, etc., que arrancan en vacío no requieren una capacidad de fusible o ajuste mayor al 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

Tabla III.6

III.2.4.3. VARIOS MOTORES Y OTRAS CARGAS EN UN CIRCUITO DERIVADO.

Dos o más motores y otras cargas pueden conectarse en el mismo circuito derivado y quedar protegidos contra cortocircuitos o fallas a tierra por el mismo dispositivo de sobrecorriente.

III.2.4.4. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO Y CONTRA SOBRECARGA EN UN SOLO DISPOSITIVO.

La protección contra cortocircuito a fallas a tierra del circuito derivado de un motor y la protección contra sobrecarga del mismo motor pueden combinarse en un solo dispositivo de sobrecorriente, y siempre que la capacidad y ajuste de este dispositivo proporcione la protección contra sobrecarga especificada en el artículo III.2.4.2.

III.2.4.5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra cortocircuito o fallas a tierra en cada conductor activo.

Conductores activos.

- a) En cada conductor activo debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra sobrecorriente (fusible o unidad de disipara de sobrecorriente de un interruptor automático).
- b) Los interruptores automáticos deben conectarse a todos los conductores activos del circuito.

III.2.4.6. TAMAÑO DE PORTAFUSIBLES Y CAPACIDAD DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

- a) Cuando se usen fusibles para la protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un motor, el portafusibles para cada uno de ellos no debe ser de menor tamaño que el requerido para acomodar el fusible que se trate.
- b) Un interruptor automático usado para la protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un motor, debe tener una capacidad de corriente que esté de acuerdo con los artículos III.2.4.2. y III.2.8.3.

III.2.5. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS ALIMENTADORES QUE ABASTECEN MOTORES, CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.

III.2.5.1. GENERAL.

Los requisitos de esta subsección E se aplican a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los conductores de circuitos alimentadores que abastecen motores, contra sobrecorrientes debidas a cortocircuito o a tierras.

III.2.5.2. CAPACIDAD O AJUSTE PARA CARGAS DE MOTORES.

- a) El dispositivo de sobrecorriente de un circuito alimentador que abastezca a varios circuitos derivados, debe tener una capacidad o ajuste que no exceda de la capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado correspondiente al motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a plena carga de los motores de los demás circuitos derivados.
- b) Cuando se instalen alimentadores que abastecen motores, previniendo futuras adiciones de carga o cambios, su protección contra sobrecorriente puede estar basada en la capacidad de corriente de los conductores de dichos a alimentadores. Esto es, el valor de la capacidad de corriente de conductores de cobre aislados más usados.

Circuitos de 20 amperes
Circuitos de 30 amperes
Circuitos de 40 o 50 amperes

Conductor de :
Calibre No. 18 AWG o mayor.
Calibre No. 14 AWG o mayor.
Calibre No. 12 AWG o mayor.

III.2.5.3. CAPACIDAD O AJUSTE PARA CARGAS DE MOTORES, ALUMBRADOS Y APARATOS.

Si un alimentador abastece cargas de motores y demás cargas de alumbrado y/o aparatos, el dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador debe tener una capacidad o ajuste que sea suficiente para suministrar la carga de alumbrado y/o aparatos, más la capacidad que corresponda a los motores, según se trate de un solo motor o de varios motores.

III.2.6. CIRCUITOS DE MOTORES.

III.2.6.1. GENERAL.

Los requisitos de esta Subsección F se aplican a las condiciones particulares de los circuitos de control de motores y modifican a las disposiciones generales para la instalación de los mismos motores.

Se entiende por circuito de control de un aparato o sistema, aquel que transmite las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del controlador, pero que no conduce la corriente del circuito principal.

III.2.6.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

a) General. Los conductores de circuitos de control de motores deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de corriente permisible.

b) Circuito de control con transformador. Cuando el circuito de control de motores sea a través de un transformador, se debe proveer un dispositivo de protección contra sobrecorriente en el circuito secundario. Este dispositivo debe tener una capacidad o ajuste que no exceda del 200 por ciento de la corriente nominal secundaria del transformador y tampoco exceda el 200 por ciento de la corriente permisible en los conductores del propio circuito del control.

III.2.6.3. PROTECCIÓN CONTRA DAÑO MECÁNICO.

Donde el daño mecánico a un circuito de control constituya un peligro, los conductores de dicho circuito que están fuera del dispositivo de control deben alojarse dentro de una canalización, o bien protegerse contra daño mecánico en otra forma adecuada.

Cuando un conductor del circuito de control esté puesto a tierra, el circuito debe de disponerse de manera que una tierra accidental en el dispositivo de control remoto no origine el arranque del motor.

III.2.6.4. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

Los circuitos de control deben disponerse en tal forma que se desconecten de toda fuente de abastecimiento cuando el medio de desconexión, esté en posición de abierto, excepto cuando se use un interruptor separado para el circuito de control. Cuando se utilizan dos dispositivos de desconexión separados, uno para el motor y su controlador y el otro para el circuito de control, deben instalarse cerca uno del otro.

Si se usa un transformador u otro dispositivo para obtener una tensión reducida para los circuitos de control, el transformador o dispositivo debe conectarse del lado de la carga de los medios de desconexión.

III.2.7. CONTROLADORES DE MOTORES.

III.2.7.1. GENERAL

a) Definición. Para efectos de esta sección, el término controlador incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y para un motor.

b) Motor fijo de 1/8 de C.P. o menos. Para un motor fijo de 1/8 de C.P. o menos, que normalmente se deje en marcha y esté construido de manera que no pueda ser dañado por sobrecargas o fallas en el arranque, tal como el motor de un reloj o similar, puede servir como controlador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado.

- c) Motor portátil de 1/3 de C.P. o menos. Para un motor portátil de 1/3 de C.P. o menos, el controlador puede ser una clavija y el contacto.

III.2.7.2. DISEÑO.

Cada controlador debe ser capaz de arrancar y para al motor que controla y, en el caso de un motor de corriente alterna, debe poder interrumpir la corriente a rotor bloqueado.

III.2.7.3. CAPACIDAD.

Los controladores de motores contruidos especialmente para tal fin (arrancadores), deben tener una capacidad, en KW o en C.P., no menor que la potencia nominal del motor que controlen.

Los interruptores de cuchillas de uso general pueden usarse como controladores de motores hasta de 2 C.P. y 300 volts como máximo y deben tener una capacidad en amperes de por lo menos el doble de la corriente a plena carga del motor.

Un interruptor automático del tipo de tiempo inverso, con capacidad adecuada para proteger al circuito derivado del motor, también es adecuado para usarse como controlador.

III.2.7.4. CONDUCTORES QUE DEBEN CONECTAR EL CONTROLADOR.

El controlador no necesita desconectar a todos los conductores conectados al motor, excepto en el caso de que sirva también como medio de desconexión.

III.2.7.5. DESCONEXIÓN DEL CONDUCTOR PUESTO A TIERRA.

Un polo del controlador puede desconectar a un conductor puesto a tierra siempre que el controlador esté diseñado de manera que el polo del conductor puesto a tierra no puede abrirse sin que se desconecten simultáneamente todos los conductores del circuito.

III.2.7.6. MOTOR QUE NO ESTÉ A LA VISTA DESDE EL CONTROLADOR.

Cuando un motor y la maquina que accione no estén a la vista desde el controlador, la instalación para efectos de mantenimiento debe cumplir con alguna de las condiciones siguientes:

- a) El medio de desconexión del controlador debe ser capaz de asegurarse en la posición de abierto.
- b) Un interruptor de operación manual que desconecte al motor de su fuente de alimentación debe instalarse de manera que esté a la vista desde el propio motor.

III.2.7.8. NÚMERO DE MOTORES SERVIDOS PARA CADA CONTROLADOR.

Cada motor debe estar provisto de un controlador individual.

III.2.7.9. MOTORES DE VELOCIDAD AJUSTABLE.

Los motores de velocidad ajustable, controlados mediante un regulador de campo, deben estar equipados y conectados de manera que no puedan arrancar con el campo debilitado, a menos que el motor esté diseñado para tal arranque.

III.2.7.10. LIMITACIÓN DE VELOCIDAD.

Las máquinas de los tipos siguientes deben estar provistas de dispositivos limitadores de velocidad, a menos que las características inherentes de las mismas del sistema o de la carga, sean tales que limiten con seguridad la velocidad, o que las máquinas estén siempre bajo el cuidado del personal idóneo :

- a) Motores de C.D. excitados separadamente.
- b) Motores de C.D. con excitación en serie.
- c) Grupos motor-generador y convertidores que puedan ser impulsados a velocidad excesiva del lado de la corriente directa, como al ocurrir una inversión de corriente o una disminución de la carga.

III.2.7.11. COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR Y FUSIBLES COMO CONTROLADOR.

La capacidad de una combinación de interruptor y fusibles que se use como controlador, debe ser tal que el portafusibles admita el tamaño de fusible adecuado para la protección contra sobrecarga del motor.

III.2.7.12. REDUCCIÓN DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE.

a) Servicios suministrados en baja tensión. Un motor con capacidad mayor de 10 C.P. debe estar provisto de un controlador que reduzca su corriente de arranque, tal como un controlador a tensión reducida o un controlador conectado al secundario del motor cuando éste sea del tipo de rotor devanado.

b) Servicios suministrados en alta tensión. En sistemas suministrados a través de subestaciones propiedad de los usuario siendo éstas de capacidad suficiente y no habiendo objeción por parte del suministrador, puede prescindirse del uso de controladores a tensión reducida en motores de cualquier capacidad.

En caso de desacuerdo entre el usuario y el suministrador la instalación de los motores debe ser sujetarse a lo que sobre el particular resuelva la secretaría.

III.2.8. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

III.2.8.1. GENERAL.

Esta subsección II se refiere a los medios de desconexión que permiten desconectar manualmente a los motores y controladores, del circuito alimentador.

III.2.8.2. TIPO.

El medio de desconexión debe ser un interruptor que sea capaz de abrir la máxima corriente de sobrecarga del motor.

Esta condición se llena con un interruptor automático o un interruptor del tipo aprobado para usarse con motores el cual es designado normalmente por la potencia del motor en que puede usarse.

III.2.8.3. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE.

El medio de desconexión debe tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

III.2.8.4. CONDUCTOR PUESTO A TIERRA.

Un polo del medio de desconexión puede desconectar a un conductor puesto a tierra, siempre que el dispositivo usado esté diseñado de manera que el polo de dicho conductor no pueda abrirse sin que se desconecte simultáneamente todos los conductores del circuito.

III.2.8.5. INDICACIÓN DE POSICIÓN.

El medio de desconexión debe indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.

III.2.8.6. DEBE DESCONECTAR TANTO AL MOTOR COMO AL CONTROLADOR.

El medio de desconexión debe desconectar tanto al motor como al controlador de todos los conductores activos de abastecimiento.

El medio de desconexión puede estar alojado en la misma cubierta que el controlador.

III.2.8.7. INTERRUPTOR COMO CONTROLADOR Y MEDIO DE DESCONEXIÓN.

Un interruptor que cumpla con lo indicado en el artículo III.2.7.3. puede servir como controlador y como medio de desconexión a la vez, siempre que desconecte a todos los conductores activos que alimentan al motor y esté protegido con un dispositivo de sobrecorriente (el cual puede ser el juego de fusibles del circuito derivado) que interrumpa a todos los conductores activos que van al propio interruptor, y siempre que sea alguno de los tipos siguientes:

- a) Un interruptor en aire accionado manualmente.
- b) Un interruptor automático de tiempo inverso accionado manualmente.
- c) Un interruptor en aceite para no más de 600 volts y 100 amperes, o de mayor capacidad si está bajo vigilancia experta.

III.2.8.8. UBICACIÓN DEL MEDIO DE DESCONEXIÓN.

- a) El medio de desconexión debe estar a la vista desde la ubicación del controlador o bien poderse asegurar en la posición de abierto.
- b) El medio de desconexión debe colocarse donde sea fácilmente accesible.

III.2.8.9. MOTORES SERVIDOS POR UN SOLO MEDIO DE DESCONEXIÓN.

Cada motor debe proveerse de un medio de desconexión individual.

Excepción: un solo medio de desconexión puede servir para un grupo de motores que accionen diferentes partes de una misma máquina o aparato.

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

III.2.9. REQUISITOS PARA TENSIONES MAYORES A 1000 VOLTS.

III.2.9.1. GENERAL.

Los requisitos de esta subsección I, complementan o modifican a los demás requisitos de esta sección, considerando el riesgo adicional que representa una tensión mayor.

III.2.9.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

a) General. El circuito de alta tensión de cada motor debe incluir una protección coordinada para interrumpir automáticamente las sobrecorrientes producidas por sobrecargas del motor y por fallas en el mismo motor, en los conductores del circuito o en los aparatos de control.

b) Protección contra sobrecarga.

b.1) Cada motor debe protegerse contra calentamiento peligroso, debido a sobrecargas o fallas de arranque del motor, por medio de un protector térmico integrado al mismo motor o un dispositivo externo de sobrecorriente, o con ambos medios.

b.2) Los circuitos secundarios de motores de corriente alterna, con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores y resistencias, pueden considerarse protegidos por los medios de protección contra sobrecarga del motor.

b.3) La operación del dispositivo que interrumpa por sobrecarga, debe desconectar simultáneamente todos los conductores activos.

b.4) El dispositivo detector de sobrecarga no debe restaurarse automáticamente después de operar, a menos que su restauración no cause automáticamente el rearranque del motor.

c) Protección contra corrientes de falla.

c.1) La protección contra corrientes de falla debe proveerse en el circuito de cada motor por alguno de los medios siguientes:

- Un interruptor automático del tipo y capacidad adecuados, arreglado de manera que se le pueda dar mantenimiento sin peligro. Este debe desconectar simultáneamente todos los conductores activos. Para detectar la corriente de falla, pueden utilizarse elementos integrados en el propio interruptor automático, o elementos externos al mismo.
- Fusibles del tipo y capacidad adecuados, intercalados en cada conductor activo. Estos fusibles deben contar con un medio de desconexión o ser del tipo que puedan servir como el mismo medio de desconexión. Los fusibles deben estar arreglados de manera que no se les pueda dar mantenimiento estando energizados.

c.2) El dispositivo que se utilice para interrumpir la corriente de falla no debe restaurar el circuito automáticamente.

c.3) La protección contra sobrecarga y la protección contra fallas pueden proveerse con el mismo dispositivo.

III.2.9.3. CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONTROLADOR Y DEL MEDIO DE DESCONEXIÓN.

El controlador y el medio de desconexión del circuito del motor deben tener capacidad para conducir continuamente, por lo menos, la corriente a la que están ajustados los dispositivos de protección contra sobrecarga.

CAPÍTULO IV

CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS

IV. CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS

IV.1 GENERALIDADES.

De los motores eléctricos el de inducción es el que se emplea con mayor frecuencia. Su sencillez, resistencia y el poco mantenimiento que requiere, son algunas de las cualidades que justifican su popularidad, desde los pequeños motores de potencia fraccionaria de una o dos fases, hasta, los motores polifásicos de gran capacidad.

En general el motor de inducción consta de dos partes principales, estator y rotor.

IV.1.1. ESTATOR.

El estator, es la parte fija del motor, consiste en un armazón o culata, en cuyo interior se instala firmemente un núcleo laminado dotado de ranuras, en las cuales, se coloca un devanado formado por varios grupos de bobinas distribuidas y forman un conjunto de devanados que contienen tantos circuitos como fases de la red de alimentación.

En ocasiones el armazón se encuentra provisto de aletas, que funcionan como un elemento adicional de enfriamiento para el motor. El estator contiene además, una caja de bornes en donde se encuentran las terminales de las bobinas internas.

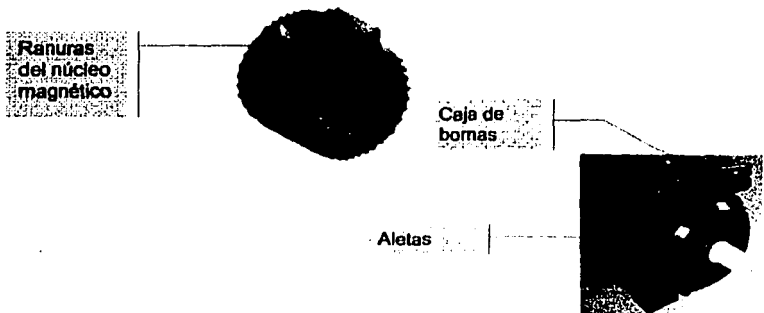


Fig. 4.1. partes fundamentales de un estator.

IV.1.2. ROTOR.

El rotor es la parte móvil del motor. Está situado en el interior del estator y constituido por un apilamiento de chapas de acero, formando un cilindro solidario con el árbol del motor. El rotor de un motor trifásico puede ser de dos tipos: **Jaula de ardilla** y **Rotor devanado**.

IV.1.2.1. ROTOR JAULA DE ARDILLA.

El rotor Jaula de ardilla está formado por un conjunto de láminas, que forman una estructura cilíndrica ranurada. En las ranuras dispuestas hacia el exterior del cilindro y paralela o diagonalmente a su eje, se instalan barras, construidas de cobre, acero, aluminio inyectado a presión, o de alguna aleación especial, cortocircuitadas en sus extremos con una corona de material conductor. En determinados motores la jaula de ardilla se encuentra enteramente moldeada.

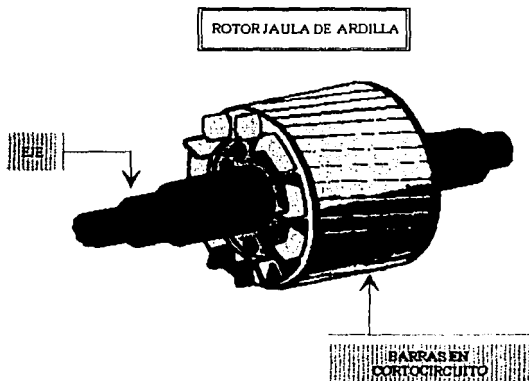


Fig. 4.2. (a) rotor jaula de ardilla.

IV.1.2.1.1. ROTOR DE JAULA DOBLE.

Este rotor contiene dos jaulas concéntricas, una exterior bastante resistente y otra inferior de menor resistencia. Al principio del arranque, el flujo es de frecuencia elevada y las corrientes inducidas se oponen a la penetración en la jaula interior. El par producido por la jaula exterior resistente es grande y el paso de corriente reducido.

Quando termina el arranque, la frecuencia disminuye en el rotor y el flujo penetra en la jaula interior más fácilmente. El motor se comporta como si fuera construido por una sola jaula poco resistente.

En un régimen normal, la velocidad correspondiente al par nominal no es más que ligeramente inferior al del motor de jaula simple. El motor trijaula es igualmente utilizado; el par de arranque es aun más grande y la intensidad más pequeña.

IV.1.2.2. ROTOR DEVANADO.

El rotor devanado es como el anterior, una estructura laminada, solo que sus ranuras en vez de barras, alojan un devanado muy similar al del estator; un extremo de cada uno de los devanados está conectado a un punto común (acoplamiento en estrella), los extremos libres pueden estar conectados a un acoplador centrifugo ó a tres anillos de cobre aislados y solidarios con el rotor (anillos rozantes). Encima de los anillos se colocan las escobillas de grafito, conectadas al dispositivo de arranque.

Anillos rozantes

Núcleo del rotor ranurado

Bobinas

Eje

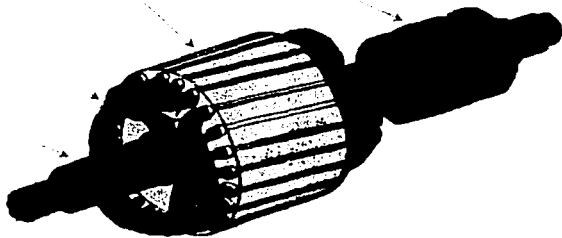


Fig. 4.2. (b) rotor devanado.

Las figuras 4.3. y 4.4. muestran los detalles de construcción de un motor jaula de ardilla y un motor de rotor devanado respectivamente.

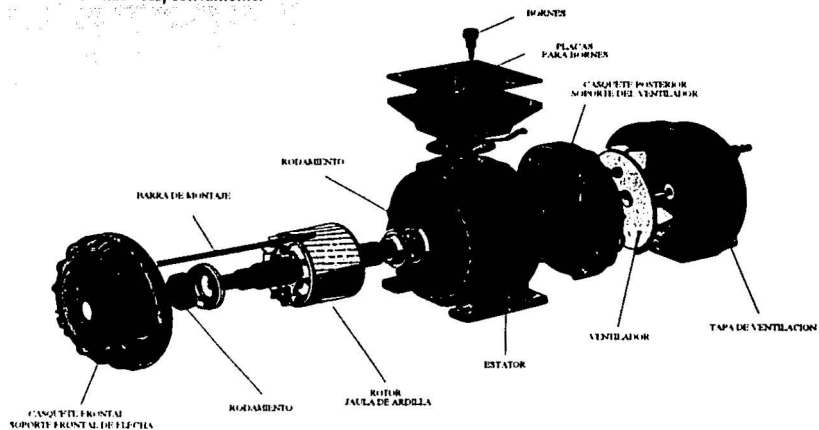


Fig. 4.3. detalle de construcción de un motor típico jaula de ardilla.

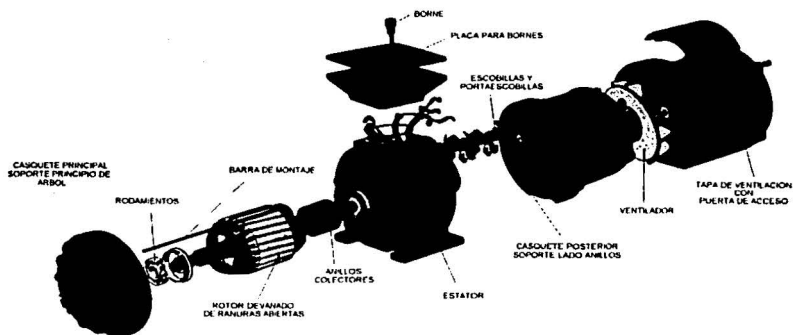


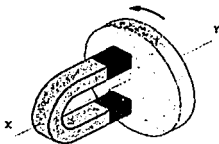
Fig. 4.4. detalle de construcción de un motor típico de rotor devanado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

IV.1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los motores de inducción, está basado en la producción de un campo magnético giratorio.

Consideremos un imán permanente NS y un disco de cobre que puedan girar alrededor de un eje x-y.



Cuando el imán, movido por un artificio cualquiera, gira, el campo producido gira igualmente y barre al disco.

Este es recorrido ahora por corrientes inducidas debidas a la rotación del campo magnético creado por el imán; estas corrientes reaccionan sobre el campo dando un par motor suficiente para vencer el par resistente debido a los rozamientos y provocar la rotación del disco.

El sentido de rotación, indicado por la ley de Lenz, tiende a oponerse a la variación del campo magnético que ha dado origen a las corrientes.

El disco pues, es movido en el sentido del campo giratorio con una velocidad ligeramente inferior a la velocidad del campo.

Si el disco girase a la misma velocidad del campo (velocidad de sincronismo), no habría corrientes inducidas y el par ejercido sería nulo.

La velocidad del disco (o del rotor) es inferior a la del campo giratorio y por esto, este tipo de motores son conocidos como **asíncronos**.

En los motores asíncronos trifásicos, el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos, geoméricamente decalados 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfase eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos, forma un campo giratorio constante. La fig. 4.6 muestra el desarrollo de un campo magnético rotatorio.

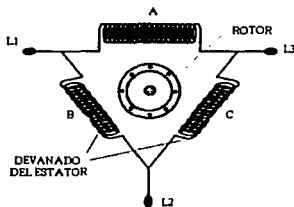


Fig. 4.6. desarrollo de un campo magnético rotatorio.

IV.1.4. VELOCIDAD DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS.

Cuando se conectan los devanados del estator a una fuente polifásica de c.a. se crea un campo magnético giratorio, cuya velocidad depende de la frecuencia y del número de polos. La velocidad del campo magnético es conocida como **síncrona** y está determinada por la siguiente expresión:

$$N = \frac{120f}{p} \text{ r.p.m} \quad \text{ec. 4.1}$$

En donde:

N = Velocidad síncrona en r.p.m.

f = Frecuencia de la tensión de alimentación.

p = Número de polos.

Al moverse el campo corta los devanados del rotor, induciendo corrientes que conjuntándose con el campo magnético de rotación, desarrollan un par, que hace que el rotor gire siguiendo al campo. El rotor nunca alcanzará la velocidad de sincronismo, ya que de hacerlo, no existiría una diferencia relativa entre su velocidad y la del campo, deteniéndose al no inducirse corrientes en su devanado. La diferencia de velocidades del campo y del rotor recibe el nombre de deslizamiento.

En el caso del motor jaula de ardilla, las barras metálicas que constituyen la jaula, están cortadas por el campo giratorio producido por el estator, lo que origina corrientes inducidas intensas. Estas reaccionan sobre el campo giratorio dando un par motor que provoca la rotación de la jaula.

Los motores jaula de ardilla, tienen un par de arranque relativamente pequeño, y la intensidad absorbida en la puesta en tensión, es muy superior a la intensidad nominal.

Para el motor de rotor devanado, los devanados del rotor están acoplados mediante anillos y escobillas o juegos de carbones, a un banco de resistencias regulables, montadas en estrella.

Cortados por el campo giratorio, los conductores que forman los devanados rotóricos, producen corrientes inducidas que recorren el banco de resistencias. Estas corrientes, están casi en fase con las fuerzas electromotrices que las producen, por lo tanto el par de arranque es muy elevado y el rotor es desplazado en el sentido del campo giratorio.

En función de las resistencias montables en el circuito rotórico, este tipo de motor puede alcanzar un par de arranque que se eleve a 2.5 veces el par nominal.

Ya sea de rotor devanado o de jaula de ardilla, el motor nunca alcanzará la velocidad de sincronismo, ya que de hacerlo, no existiría una diferencia relativa entre su velocidad y la del campo, deteniéndose al no inducirse corrientes en su devanado. La diferencia de velocidades entre el campo y el rotor, recibe el nombre de deslizamiento.

Como se observa en la ecuación 4.1, la velocidad de los motores asíncronos no está influenciada por las variaciones de tensión, pero es proporcional a la frecuencia de alimentación e inversamente proporcional al número de polos que constituyen al estator.

Para las frecuencias industriales de 50 Hz y 60 Hz, las velocidades de rotación del campo giratorio o de sincronismo, en función del número de polos son las siguientes:

MOTOR DE:	F = 50 HZ.	F = 60 HZ.
DOS POLOS	3.000 r.p.m.	3600 r.p.m.
CUATRO POLOS	1.500 r.p.m.	1.800 r.p.m.
SEIS POLOS	1.000 r.p.m.	1.200 r.p.m.
OCHO POLOS	750 r.p.m.	900 r.p.m.
DIEZ POLOS	600 r.p.m.	720 r.p.m.
DOCE POLOS	500 r.p.m.	600 r.p.m.

Tabla 4.1. Velocidad de los motores trifásicos en función del número de polos.

IV.2. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estático, 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, y puede, sobre todo, si la sección de la línea es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores; sobre todo en máquinas con capacidades de 10 HP y mayores.

Debido a que las características del rotor jaula de ardilla han sido determinadas de una vez para siempre por el fabricante, los diversos procedimientos de arranque permiten hacer variar únicamente la tensión en los bornes del estator.

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 algún dispositivo que limite la corriente y/o la tensión de la red.

IV.2.1. ARRANQUE A TENSION PLENA.

El método más sencillo de arranque para el motor trifásico de inducción jaula de ardilla, es conectándolo directamente a la línea. Para esto se pueden emplear dispositivos de arranque manuales o magnéticos.

El estator del motor se acopla directamente a la red. El motor arranca con sus características naturales con una fuerte punta de intensidad. Este procedimiento es ideal si la punta de intensidad es tolerable por la red y el par de arranque es conveniente para la puesta en marcha de la máquina. La intensidad en la puesta en tensión, es muy elevada, del orden de 4 a 8 veces la intensidad nominal.

El arranque a tensión plena se emplea cuando la corriente demandada, no produce perturbaciones en la red y cuando la carga puede soportar el par de arranque; este procedimiento es indicado para máquinas de pequeña y mediana potencia.

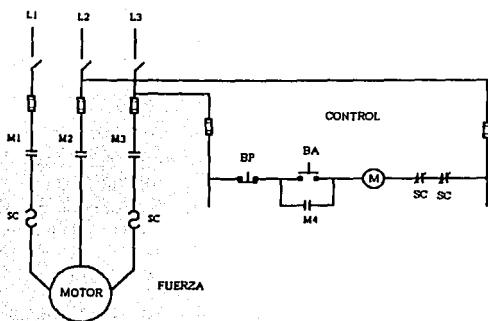


Fig. 4.7. diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión plena conectado a un motor jaula de ardilla.

IV.2.2. ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.

Este método de arranque para los motores, obedece a alguna de las siguientes razones: se desea disminuir la corriente de arranque demandada por el motor, o bien, acelerar suavemente la carga para evitar daños en ella, esto es: disminuir el par.

Existen varias formas o métodos para lograr el arranque a tensión reducida. Entre los principales se tienen:

- a) Resistencias primarias.
- b) Reactancias.
- c) Autotransformador.
- d) Estrella - Delta.
- e) Devanado partido.

Cabe mencionar que para el método de arranque de devanado partido, la disminución de la corriente y el par, no se logra reduciendo la tensión al arranque en los devanados del motor, pero es costumbre incluirlo en los métodos de arranque a tensión reducida, porque los resultados que se obtienen satisfacen los requerimientos.

En cualquiera de los métodos de arranque a tensión reducida, la corriente en las puntas del motor, se reduce en proporción directa con la reducción de la tensión, en tanto que el par lo hace con el cuadrado de la tensión. De esta manera:

$$i_{REDUCIDA} = \left[\frac{V_{REDUCIDO}}{V_{NOMINAL}} \right] * i_{NOMINAL DE ARRANQUE} \quad \dots \dots ec \ 4.2$$

$$T_{REDUCIDO} = \left[\frac{V_{REDUCIDO}}{V_{NOMINAL}} \right]^2 * T_{NOMINAL DE ARRANQUE} \quad \dots \dots ec \ 4.3$$

En donde:

i = corriente.
T = Par.

Es necesario tomar en cuenta, que cuando se trata de reducir la corriente, aparejada aparece una reducción del par que la máquina puede entregar. Independientemente de cual sea la magnitud a regular, la otra siempre estará presente.

En el caso en que se desee reducir una aceleración más suave de la carga, el método está sin discusión; pero cuando se desea reducir la corriente, por restricciones de la compañía suministradora, puede suceder que la aparejada disminución del par, ocasiona problemas al impulsar la carga. Sin embargo, entre los métodos mencionados, se pueden encontrar algunos como el de autotransformador, cuya reducción del par por amper reducido no es tan crítica.

IV.2.2.1. 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, produciendo una caída de tensión en ellas. Esta caída disminuye la tensión aplicada a las terminales del motor, reduciendo la corriente y el par durante el arranque. Una vez que el motor alcanza cierta velocidad (superior al 70% de la nominal), se desconectan las resistencias, dejando el motor funcionando con la tensión plena de alimentación.

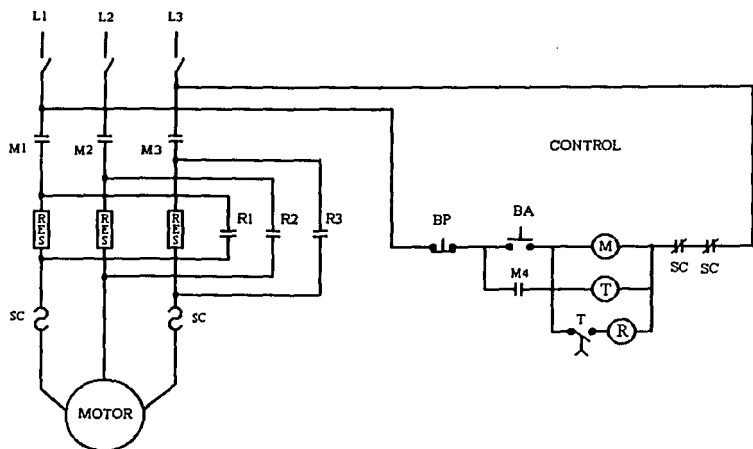


Fig. 4.B. diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión reducida con resistencias primarias para un motor jaula de ardilla.

Cuando se oprime el botón de arranque se establece continuidad en la línea que contiene el botón de paro, el botón de arranque, la bobina del CONTACTOR M y los contactos del elevador de sobre carga. La bobina M se energiza, cerrando los contactos M1, M2 y M3 en el circuito de carga 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 del 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 carga puentando las resistencias, con lo que el motor queda conectado a la tensión plena de línea.

La detención del motor se realiza pulsando el botón de paro que interrumpe el circuito que energiza la bobina del CONTACTOR M, provocando la apertura de los contactos M en el circuito de carga.

En el caso de una sobrecarga, la apertura de los contactos del relevador de sobrecarga en serie con la bobina M, origina la desconexión del motor. Para arrancar después de una sobrecarga hay que oprimir el botón de restablecimiento que mecánicamente cierra los contactos SC del relevador y consecuentemente pulsar el botón de arranque nuevamente.

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 por controlar. El relevador de tiempo puede ser de tipo neumático, con amortiguador o bimetálico.

Así como la corriente absorbida por el motor durante el arranque, el par queda también notablemente reducido, los arrancadores a tensión plena con resistencias primarias, no son convenientes para 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.

IV.2.2.2. 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 en el 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 tipo de arranque por resistencias, sea preferido en lugar del de arranque por reactancias en la mayoría de los casos. Sin embargo, en accionamiento en donde se requieren bancos de resistencias de gran volumen y se tienen problemas en 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 utilizar ajustes en las relaciones par y corriente.

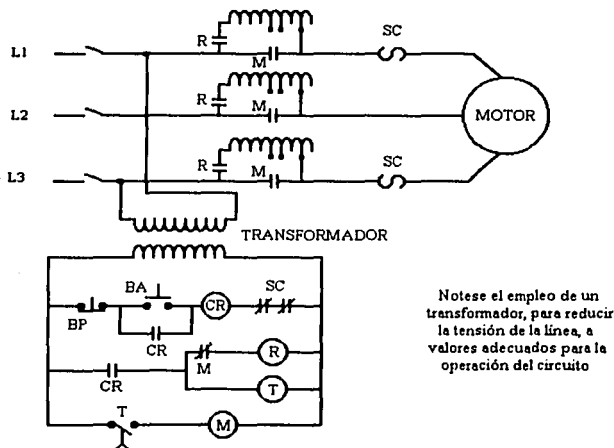


Fig. 4.9. diagrama lineal de un arrancador a tensión reducida por reactancias.

IV.2.2.3. ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR.

El arranque con autotransformador conocido como compensador, tiene los mismos propósitos que los arrancadores con resistencias o reactivancias 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 reactivancias, la disminución de la corriente es proporcional a la disminución de la tensión, mientras que el par disminuye con él cuadrado de ésta. Así 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 red, en tanto que el par se reduce a un 64%.

Supóngase que el mismo motor se conecta a un autotransformador durante el arranque. Si la tensión en los bornes del motor se reduce a un 80% 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:

$$i_L = \left[\frac{v_M}{v_L} * i_M \right] = \left[\frac{80\%}{100\%} * 80\% \right] = 64\% \dots \dots ec. 4.4.$$

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

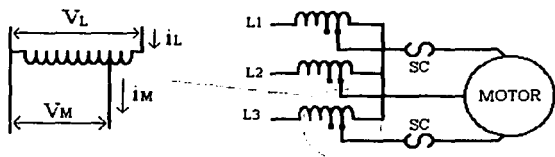


Fig. 4.10. conexión del motor durante el arranque con un autotransformador.

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 reactivancias.

En el mercado se encuentran arrancadores manuales, semiautomáticos y automáticos, estos últimos idénticos con excepción de la conexión al elemento de mando: tres hilos y dos hilos respectivamente. Los arrancadores semiautomáticos y automáticos, también se les conoce como magnéticos, porque casi todo el arrancador está constituido por dispositivos de este tipo de control, sin embargo, en los arrancadores manuales también se pueden encontrar contactores y relevadores.

El uso de autotransformadores conectados en delta abierta, está muy difundido, pero esta conexión puede ocasionar durante el arranque, disturbios en la línea, que como consecuencia disminuye el par ya reducido. 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 4.11 muestra un diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador en delta abierta que utiliza dos contactores, uno de ellos de cinco polos.

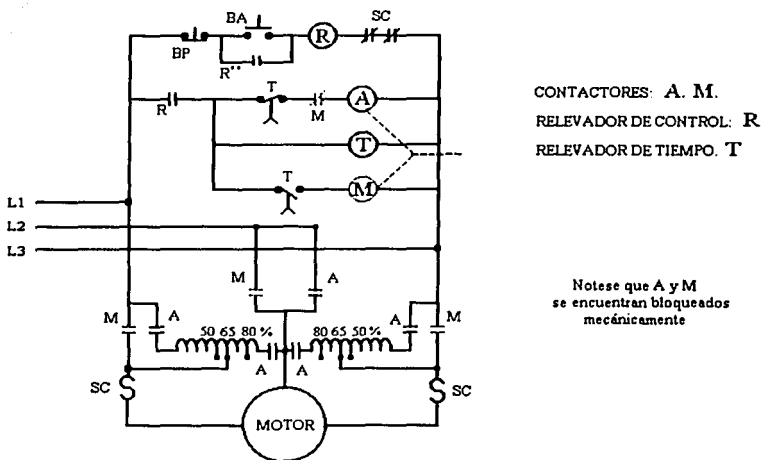


Fig. 4.11. diagrama simplificado de un arrancador magnético.

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 cerrarse 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 gobiernan actúan desconectando la bobina A y conectando la bobina M, la cual cerrando sus contactos conecta al 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 eléctrico con contactos normalmente cerrados del CONTACTOR que se va a energizar, en serie con la bobina que se desea mantener desexcitada.

Para detener el motor, basta pulsar el botón de paro, desenergizando al 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 SC se desexcita la bobina R, y en consecuencia, hay que restablecer cerrando los contactos SC mecánicamente y nuevamente pulsar el botón de arranque para iniciar la operación.

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 mencionado, ya sea automático o semiautomático, presenta un inconveniente que en ocasiones se debe considerar cuando se realiza el diseño o la selección; de manera similar a los manuales, 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 la intensidad de arranque a tensión total.

Para evitar el problema anterior, se ha desarrollado el arrancador de transición cerrada.

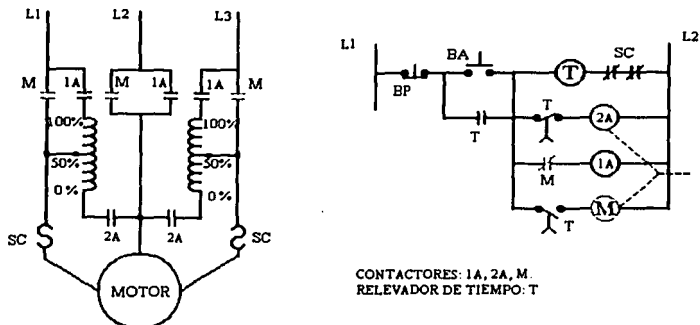


Fig. 4.12. diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador con transición cerrada.

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 (2A) y otro de tres (1A) que operan independientemente. La operación de arranque, es similar a lo descrito con anterioridad, sólo que en el momento de la transición del CONTACTOR (2A) se abre, en tanto que él (1A) 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 contactos que conectan el motor a la tensión plena de red, el CONTACTOR (1A) se desexcita abriendo sus contactos.

IV.2.2.4. ARRANQUE ESTRELLA - DELTA.

Este método de arranque desarrollado ya hace algunos años en Europa, consiste en conectar los devanados del motor en estrella durante el arranque y luego pasarlos a conexión delta al terminar la aceleración. Evidentemente este método es realizable, en motores que funcionan normalmente con conexión delta.

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

Para Lograr este tipo de arranque, en muchas ocasiones se utilizan desconectores de cuchillas, de dos tiros tres polos o bien combinados, como se puede observar en la figura 4.13.

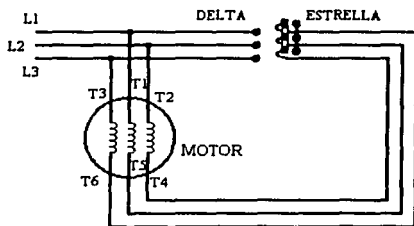


Fig. 4.13. arranque manual estrella - delta para un motor trifásico jaula de ardilla.
El cambio se realiza con un desconector de navajas de tres polos, dos tiros.

En la posición E los devanados del motor se conectan en estrella y se mantienen en esta posición, hasta que el motor haya adquirido por lo menos, el 80% de su velocidad nominal. Cuando esto último sucede, se pasa rápidamente la palanca a la posición D, dejando al motor funcionando en condiciones normales de tensión, corriente y potencia. Nótese que durante el cambio de estrella a delta, el motor se desconecta momentáneamente de la red, por lo que éstos montajes son de transición abierta.

La figura 4.14. muestra un arrancador magnético a tensión reducida estrella - delta, el cual es gobernado por pulsadores o dispositivos de mando conectados a dos hilos.

Al pulsarse el botón de arranque, se excitan las bobinas de los contactores M y E se cierran, el motor se conecta a la línea con sus devanados estáticos en estrella. El relé de tiempo T actúa unos segundos después, ya que el motor se haya acelerado, desconectando la bobina del CONTACTOR E y conectando la del CONTACTOR 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 encuentra fuera, el CONTACTOR D puede actuar, asegurando que no se produzca un corto circuito. 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.

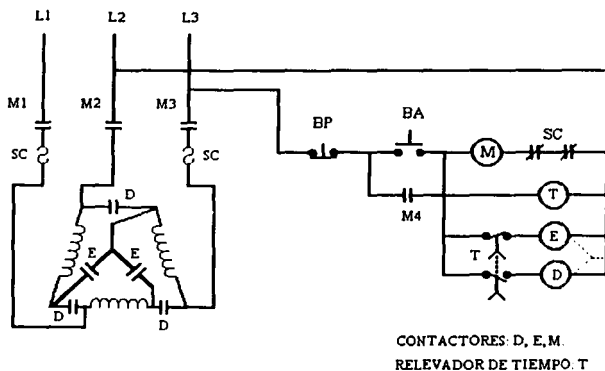


Fig. 4.14. arrancador magnético a tensión reducida estrella - delta, para un motor trifásico jaula de ardilla.

El circuito de la figura 4.14. 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 la transición, el motor demande una corriente muy elevada se utiliza un dispositivo que realiza la transferencia estrella - delta, sin desconectar el motor e la línea

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

IV.3. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

El rotor en este tipo de máquina, se devana de manera similar a su estator, colocándose al final del devanado, anillos colectores que permiten su conexión a circuitos exteriores. Usualmente estos circuitos son reóstatos, los cuales al ser variados modifican las características de par y velocidad.

Si se conectara el estator a la red con el devanado rotórico en corto circuito, la máquina quedaría convertida en una de jaula de ardilla y la corriente demandada al arranque sería elevada, sin embargo, la introducción de resistencias en el circuito, permite disminuir esta corriente, que es un reflejo de la corriente del rotor. Recuérdese que en el motor de inducción, la transferencia de energía se realiza de manera similar a los transformadores.

En los arrancadores para motores de rotor devanado, se pueden identificar dos partes: una que conecta el estator a la línea, conocida como control primario y otra que gobierna las resistencias en el circuito rotórico, conocida como control secundario.

Las condiciones para controles primarios, son generalmente las mismas que para los motores de jaula de ardilla, arrancados a tensión plena. Se acostumbra conectar el estator a la tensión de red, pero en este caso la corriente de entrada se controla mediante las resistencias externas conectadas en el circuito del rotor. Un procedimiento general es mantener la corriente de arranque en un 150% o menor y que no exceda en promedio de 125% durante la aceleración.

La conexión de los devanados del estator a la red, se puede realizar con dispositivos tales como: desconectores de cuchillas, combinadores de tambor o contactores magnéticos.

IV.3.1 ACELERACION MANUAL.

El uso de reóstatos convencionales de operación manual, es con frecuencia empleado sobre todo en motores con capacidades que no excedan los 30 HP. Algunos de estos dispositivos se utilizan solamente durante la operación de arranque, desconectándose completamente al terminar ésta, no debiéndose dejar en ninguna posición intermedia. Otro tipo de reóstatos, son diseñados para servicio continuo, pudiéndose dejar en cualquier posición, lo que permite emplearlos para el control de la velocidad.

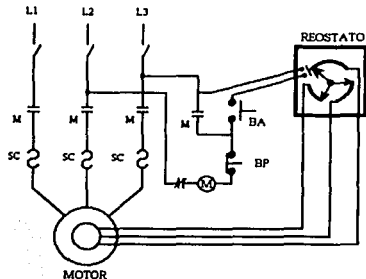


Fig. 4.15. diagrama simplificado de un arrancador magnético con reóstato secundario de contactos deslizantes.

IV.3.2 ACELERACIÓN CON DISPOSITIVOS DE CONTROL MAGNÉTICO.

La aceleración de los motores de rotor devanado, puede efectuarse con arreglos de dispositivos magnéticos, en donde sólo basta pulsar un botón para que toda la operación de arranque se realice. En estos circuitos, el control primario y el secundario, se mandan con el mismo dispositivo de entrada.

Existen varios métodos para acelerar a los motores cuando se utilizan controles secundarios magnéticos: entre éstos se pueden mencionar los de tiempo fijo y por frecuencia.

IV.3.2.1 ACELERACIÓN DE TIEMPO FIJO

en la figura 4.16 se observa un arrancador de tiempo fijo, en donde el momento de desconexión de las resistencias se establece con relevadores de tiempo.

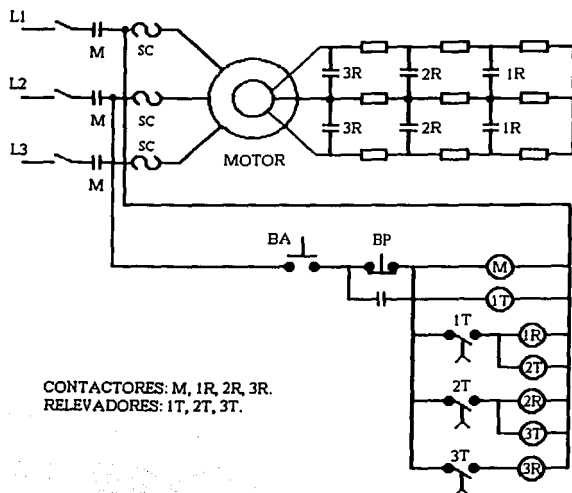


Fig. 4.16. diagrama simplificado de un arrancador magnético para un motor de rotor devanado, en donde la aceleración es de tiempo fijo.

Este método se utiliza cuando el tiempo de arranque es definido sin importar los posibles y severos picos de carga.

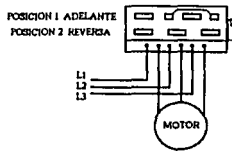
IV.4 INVERSIÓN DE ROTACIÓN

Los arrancadores se construyen en muchas ocasiones para operaciones reversibles; tal y como sucede con los controles de elevadores, montacargas y grúas. En los motores polifásicos de inducción usados para los trabajos mencionados, basta intercambiar dos de las líneas o fases de alimentación del motor para que éste gire en sentido contrario.

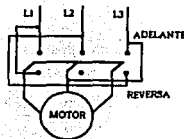
Para realizar operaciones de inversión de giro, es muy frecuente el empleo de combinadores de tipo tambor, similares a los usados en el arranque estrella-delta de los motores en jaula de ardilla. Estos dispositivos en una posición, conectan el motor de tal manera que gire en un sentido y al cambiar de estado cambian las terminales del motor, haciendo que éste gire en sentido contrario. También pueden utilizarse desconectores de cuchillas de tres polos dos tiros, los cuales en una posición conectan el motor en un sentido y en la otra invierten dos cualesquiera de las tres fases que lo alimentan.

Utilizando el control magnético se puede realizar la operación anterior, con las ventajas que el empleo de esta tecnología presenta.

En la figura 4.17 (a) se presenta un arrancador de operación reversible para un motor jaula de ardilla arrancando a tensión plena, mientras que en la figura 4.17 (b) se observa la misma operación pero gobernada por un desconector de cuchillas de tres polos dos tiros.



(a) INTERRUPTOR DE TAMBOR



(b) INTERRUPTOR DE CUCHILLAS TRES POLOS DOS TIROS

Fig. 4.17. inversión de giro de un motor jaula de ardilla. (a) con un interruptor de tambor. (b) con un interruptor de cuchillas, tres polos dos tiros

Un arrancador reversible, está formado por dos contactares y un relevador de sobrecarga. La figura 4.18 muestra el diagrama lineal de este tipo de arrancador. Obsérvese que, la interconexión mecánica entre la bobina A y R determina que la otra bobina no se pueda enclavar aunque haya sido energizada; de esta forma se evita un cortocircuito si se cerraran simultáneamente los contactos de A y R.

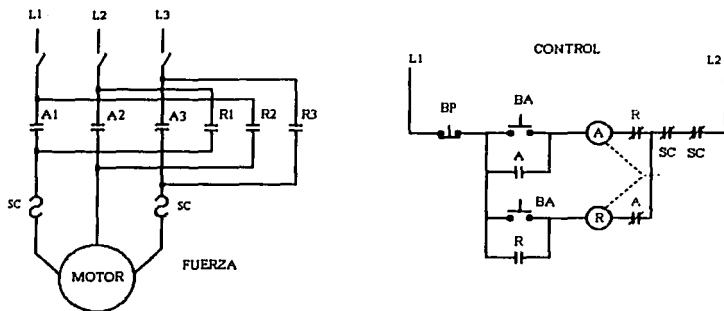


Fig. 4.18. diagrama lineal de un arrancador reversible.

Usualmente la interconexión o bloqueo mecánico, va acompañado de un bloqueo eléctrico. En el circuito que se trata, este bloqueo está representado por los contactos normalmente cerrados de R y de A, en serie con las bobinas A y R respectivamente, evitando que cuando una de las bobinas se halla energizada, la otra pueda hacerlo.

Existen otros montajes en donde el bloqueo eléctrico puede realizarse con una interconexión de botones; al pulsar un botón, el de adelante o el de reversa, se desconecta el circuito de alimentación de la bobina que no se desea energizar.

La ventaja de utilizar controladores magnéticos, está en que se pueden gobernar por medio de pulsadores o bien mediante aparatos como: interruptores flotadores, de limite, termostatos, etc. que permiten operaciones completamente automáticas.

La protección contra sobrecarga de estos controladores, se logra instalando un relevador para tal fin, con sus contactos en serie con las bobinas de los contactores, para que en el caso de sobrevenir una sobrecarga se desconecte el motor.

Para la protección contra cortocircuitos, se deben instalar, siempre delante del arrancador, fusibles o interruptores de protección adecuados. El control de la inversión de rotación, se ha ilustrado por simplicidad en motores jaula de ardilla, pero los conceptos pueden aplicarse a máquinas que requieren arranque a tensión reducida y a motores de rotor devanado.

IV.5 CONTROL DE VELOCIDAD

Una de las más serias limitaciones del motor de inducción es que su velocidad no puede ser controlada fácil o eficientemente, en comparación con otro tipo de motores como por ejemplo los de corriente continua. Muchos métodos para el control de velocidad del motor de inducción, se han desarrollado, pero o bien la eficiencia es baja o el costo del equipo es alto. Esta es una de las razones por las cuales, el motor de corriente continua reemplaza a las máquinas de inducción, cuando el control de velocidad es esencial en la aplicación.

Cuando se alimentan los arrollamientos estáticos de un motor de inducción, se crea un campo magnético, que gira a la velocidad de sincronismo dada por la ec. 4.1.

Este campo giratorio corta los devanados rotóricos, induciendo en ellos corrientes que interactúan con él, haciendo que el motor gire siguiéndolo, pero sin alcanzar su velocidad. Esta diferencia de velocidades es conocida como deslizamiento, que puede expresarse con la siguiente relación:

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \text{ec. 4.5.}$$

En donde:

N_s es la velocidad de sincronismo expresado en R.P.M..

N_r la velocidad del rotor también en R.P.M..

s el deslizamiento.

De esta última expresión se tiene que:

$$N_r = N_s(1-s) \dots \dots \dots \dots \dots \text{ec. 4.6}$$

Substituyendo el valor de N_s , la ec. 4.1 queda de la siguiente manera:

$$N_r = \frac{120f}{p}(1-s) \dots \dots \dots \dots \dots \text{ec. 4.7}$$

De donde puede observarse que la velocidad del motor, depende de la frecuencia, del número de polos y del deslizamiento. La variación de estos parámetros, trae como consecuencia una variación de la velocidad.

En control de velocidad por variación de la frecuencia y del número de polos, son característicos de los motores en jaula de ardilla, aunque se pueden aplicar en los de rotor devanado. El Control por variación del deslizamiento, se aplica en los de rotor devanado.

Puede suceder que la variación de alguno de los parámetros mencionados, para hacer un control de la velocidad, traiga como consecuencia efectos no deseados, que ocasionen problemas en la operación de la máquina. Es por esto, que la selección del método, debe realizarse sin omitir las posibles alteraciones que origine su utilización.

IV.5.1 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA.

IV.5.1.1 EMPLEO DE UNA FUENTE DE FRECUENCIA VARIABLE.

Este método implica disponer una fuente separada, en donde la frecuencia y la tensión pueden ser variadas simultáneamente y en directa proporción una de la otra, ya que para obtener un flujo permanente en los motores, se debe mantener una relación constante entre la tensión V y la frecuencia f de la fuente de alimentación.

Siendo la f.e.m. en los motores, directamente proporcional al flujo y a la frecuencia:

$$Fem = K \Phi f, \text{ en donde } \Phi = \frac{1}{K} \frac{E}{f} \cong \frac{1}{K} \frac{V}{f} \dots \dots \dots \dots \text{ec.4.8.}$$

Donde:

Fem. = fuerza electromotriz.

K = relación de las pérdidas por corrientes parásitas a las pérdidas en el cobre a 75° C.

Φ = Flujo.

f = Frecuencia.

Aquí se considera que la f.e.m. del motor E, es aproximadamente proporcional a la tensión aplicada a distintas frecuencias.

La razón de mantener una relación constante, entre la tensión aplicada y la frecuencia de la fuente, es por que el par desarrollado depende de la magnitud del flujo y existen muchas aplicaciones en donde conservar el par es de especial interés.

El manantial o fuente de frecuencia variable, puede ser:

- a) Grupo Motor – Generador.
- b) Conmutatriz o Convertidor Rotativo .
- c) Convertido Electrónico .

El Grupo Motor – Generador es un montaje que emplea un motor de corriente continua, de velocidad regulable y un generador síncrono acoplado a éste.

Variando la velocidad del motor, se obtienen variaciones en la frecuencia y como el campo de excitación del generador se mantiene con un cierto valor fijo, todas las variaciones de frecuencia irán acompañadas por cambios proporcionales en la tensión.

El convertidor rotativo es una máquina en la que se reúnen las características del montaje motor-generador. Transforma la energía de otra frecuencia. En ocasiones se encuentran cadenas de regulación de velocidad, en donde motores de rotor devanado se emplean como convertidores de frecuencia.

El motor de rotor devanado puede actuar como un convertidor de frecuencia, ya que al conectar a la red su devanado estático, el campo giratorio producido induce tensiones en el rotor cuya frecuencia depende del deslizamiento, esto es:

$$f_r = s f \dots \dots \dots ec.4.9$$

En donde:

f_r es la frecuencia en el rotor, expresada en ciclos por segundo

f frecuencia del estator, misma de la red y del deslizamiento.

A rotor bloqueado ($s = 1$) la frecuencia del rotor es la misma que la de la red.

Se acostumbra acoplar el rotor del motor de rotor devanado a un motor que lo impulse, de tal manera, que haciéndolo girar en contra del campo o en la misma dirección de éste, se obtengan variaciones de frecuencia mayores. La máquina impulsada puede ser un motor de corriente continua con velocidad regulable, cuando se desean obtener diferentes rangos de frecuencia, o un motor asíncrono jaula de ardilla, cuando los valores de frecuencia son fijos y mayores que los de la red.

La generación de tensión de frecuencia variable, puede lograrse también con un inversor, como el mostrado en la figura 4.19 (a). El circuito de disparo de los tiristores, se ajusta para que tres válvulas conduzcan al mismo tiempo, con una secuencia mostrada en la fig. 4.19. (b).

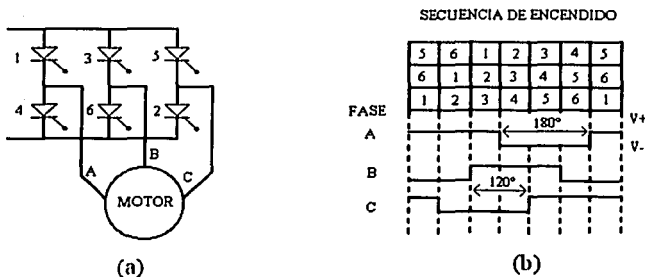


Fig. 4.19. Inversor que alimenta un motor de inducción jaula de ardilla.

A la salida del puente rectificador se tienen ondas cuadradas, las cuales pasan a circuitos de filtrado, para tener en la entrada del motor, ondas senoidales como las de la red, cuyos valores de tensión y frecuencia dependen del tiempo de encendido de los tiristores.

La figura 4.20 muestra un diagrama simplificado de un convertidor de frecuencia, que como el anterior emplea semiconductores. Como es de observarse, primero se rectifica la tensión de la red con la que se alimenta el circuito de tiristores; ajustando el disparo de los mismos se puede regular la tensión con la que se alimenta al motor, consiguiendo la regulación de la tensión y la frecuencia.

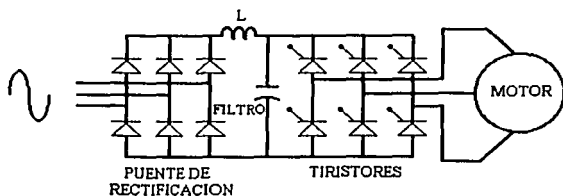


Fig. 4.20. esquema simplificado del circuito de fuerza, de un convertidor de frecuencia con semiconductores, para el control de la velocidad.

IV.5.1.2. CAMBIO DEL NUMERO DE POLOS.

Otra forma de variar la velocidad de un motor en jaula de ardilla es cambiando el número de polos de su devanado estático, de manera que se modifique la velocidad síncrona del campo giratorio y con ello la velocidad del rotor.

Existen motores en jaula de ardilla que se construyen con dos devanados estáticos independientes y con diferente número de polos. Uno de ellos, para la velocidad mayor y el otro para la menor. Generalmente su tamaño es mayor en proporción con los motores de simple devanado, presentando algunas desventajas tanto de construcción como de operación. Lo profundo de las ranuras del estator, aumenta las reactancias y el flujo de dispersión, disminuyendo la potencia entregada y el factor de potencia, ya de por sí bajo en los motores convencionales. El enfriamiento también es otra dificultad, ya que el considerable aislamiento en el estator, impide la transferencia de calor desde las secciones más profundas del devanado.

Estos motores son generalmente controlados por arrancadores a tensión plena, siendo sus devanados usualmente conectados en estrella. En la figura 4.21 se muestra un diagrama simplificado de conexiones. Por supuesto, el circuito de control debe estar arreglado, para evitar la conexión simultánea de los devanados, con bloqueos mecánico y eléctrico.

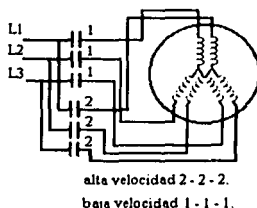


Fig. 4.21. motor de dos devanados, dos velocidades.

Cuando la relación de velocidad es de dos a uno, en lugar de emplear motores de dos devanados, se emplean máquinas con un devanado, arreglado de tal manera que cambiando las conexiones de los grupos que los forman, se puede cambiar el número de polos.

4.5.2 CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

Con mucha frecuencia el reóstato de arranque es utilizado en los motores de anillos rozantes, como también se conoce al motor de rotor devanado, para controlar su velocidad.

Las resistencias varían el deslizamiento, lográndose para un valor dado de este, una cierta velocidad. El inconveniente de este tipo de control, es que el rendimiento se reduce por la energía consumida en las resistencias, por lo cual se aplica en rangos no menores al 50% de la velocidad nominal. A pesar de sus limitaciones, los reóstatos se siguen empleando aunque se han desarrollado más eficientes.

Uno de los métodos consiste en inyectar en el circuito del rotor, una tensión cuyo efecto produce una disminución de la f.e.m., tal como sucede cuando se introducen resistencias. Además la tensión inyectada puede actuar para ayudar la f.e.m. generada en el rotor y con ello se puede aumentar la velocidad, inclusive, por encima de la síncrona.

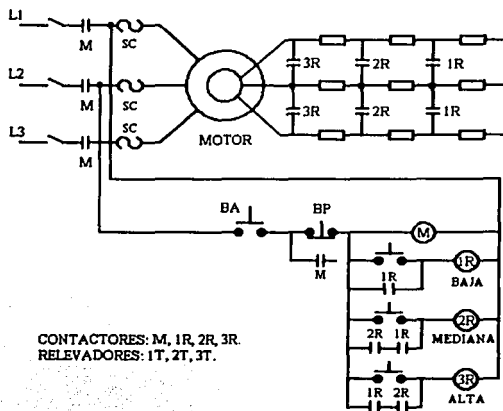


Fig. 4.22. selección de la velocidad de un motor de rotor devanado, gobernado por medio de una estación de botones.

Este sistema que proporciona excelentes resultados es algo costoso, ya que requiere de otras máquinas en el montaje de regulación; sin embargo, existen muchas aplicaciones en donde se emplee es plenamente justificado.

IV.6. FRENADO.

Se tienen aplicaciones en las cuales la parada de un motor, no solamente es su desconexión de la fuente de alimentación, si no que es necesario que se detenga la suave y más rápidamente posible. Ejemplos de estas aplicaciones lo son: elevadores, montacargas, grúas, máquinas herramientas, impresoras, transportadores, etc., en donde es determinante disponer de controladores, que permitan realizar este tipo de operación.

IV.6.1. FRENOS MECANICOS .

Este tipo de frenos, también conocidos como de fricción a magnéticos, pueden ser de dos tipos:

- De balatas.
- De disco.

Los frenos de balatas, están formados por un par de ellas que presionan, debido a la acción de un juego de resortes, una rueda montada en la flecha del motor. Llevan además una bobina o solenoide, que al ser excitada, abre las balatas permitiendo el movimiento de la rueda. Algunos frenos de balatas en lugar de llevar una bobina, van provistos de un pequeño motor, el cual acciona un mecanismo que libera el freno.

En los frenos mecánicos de disco, la operación consiste en la liberación, por una bobina, de la presión de un resorte aplicado sobre los lados de un disco o discos que actúan sobre la flecha del motor. Las puntas de las bobinas de estos frenos mecánicos o magnéticos para corriente alterna, se conectan usualmente a las terminales del motor.

IV.6.2. FRENADO POR CONTRACORRIENTE.

También conocido como por inversión de fases, consiste en cambiar dos fases de la alimentación del motor, con objeto de desarrollar un par contrario que se oponga al giro de la máquina. Por supuesto, se hace necesaria la desconexión del motor al alcanzar la velocidad cero, ya que de no ser así el motor seguiría girando, pero en sentido contrario. Esto se puede lograr automáticamente con los interruptores de velocidad cero.

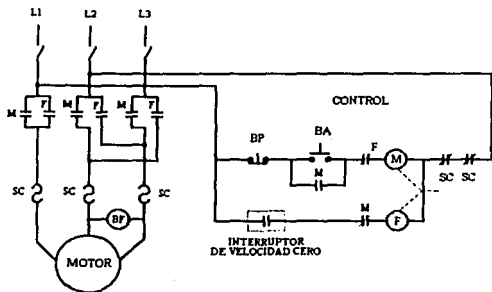


Fig. 4.23. diagrama simplificado de un arrancador a tensión plena de un motor jaula de ardilla, provisto de un sistema de frenado por contracorriente y freno mecánico.

Un aspecto muy importante que se debe considerar al seleccionar este tipo de frenado, es que al aplicarlo, la generación de calor en el motor, es a veces el doble o el triple de la correspondiente al arranque. Por este motivo, cuando los tiempos de frenado sean superiores a 3 segundos, habrá necesidad de investigar más a fondo las condiciones de operación del motor para ver si es posible la utilización de este tipo de frenado.

IV.6.3. FRENADO DINÁMICO.

El frenado dinámico de un motor de inducción, puede obtenerse si durante la rotación del motor, se desconecta el estator de la red de corriente trifásico y se suministra a su devanado corriente continua; formándose así un campo inmóvil en el estator, el cual al ser cortado por los devanados del rotor, induce corrientes que al circular por ellos, transforman la energía de rotación en calor (I^2R), estas corrientes interactúan con el campo que las produjo, creando un par que se opone al del motor.

Este tipo de frenado es empleado en motores con rotor en jaula de ardilla o con rotor de anillos rozantes; utiliza usualmente, las conexiones mostradas.

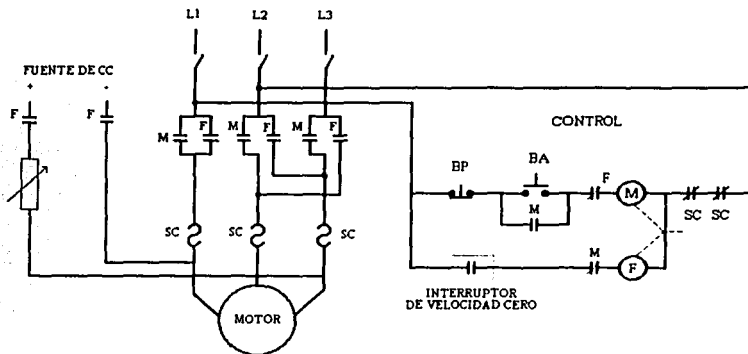


Fig. 4.24. diagrama esquemático de un sistema de frenado dinámico para un motor jaula de ardilla o anillos rozantes

En los motores de anillo rozantes, la operación se realiza de manera similar a la antes descrita. Esto es, se aplica una excitación de CC a los devanados estatóricos, generándose corrientes en los devanados del rotor que se disipan en los bancos de resistencias que se conectan en este. Es posible ajustar los valores de las resistencias en el rotor y así disminuir o aumentar el tiempo de frenado.

CAPÍTULO V

PROTECCIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS.

V PROTECCION DE MOTORES TRIFÁSICOS.

V.1. GENERALIDADES.

Para la correcta instalación de los motores eléctricos bajo las mejores condiciones técnicas y de seguridad, es necesario tomar en cuenta los datos nominales como: Marca y nombre del fabricante, tipo de motor, sistema y tipo de corriente de que se dispone, potencia, corriente, tensión, velocidad, frecuencia, etc.

Los datos nominales de cada motor son proporcionados por el fabricante, mediante una placa metálica colocada sobre la carcasa, en donde se especifican las condiciones de conexión y operación del motor; por tal motivo estas características técnicas son también conocidas como: "datos de placa".

V.1.1. NORMATIVIDAD APLICABLE.

En base a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana (NOM), Normas Técnicas de instalaciones Eléctricas (NTIE), se resume que, los motores y circuitos alimentadores de los mismos, deben ser instalados y protegidos de la siguiente forma:

V.1.1.1. MOTOR INDIVIDUAL.

Para un solo motor el circuito derivado correspondiente estará provisto de conductores eléctricos que tengan una capacidad de corriente como mínimo del 125 % de la corriente de placa, corriente a plena carga ó corriente nominal.

V.1.1.2. VARIOS MOTORES.

Cuando se tienen varios motores, los conductores eléctricos alimentadores (generales) se calculan por corriente y por caída de tensión, tomando como base que como máximo van a transportar el 125 % de la corriente del motor con mayor potencia, más la corriente de placa de los demás motores y como mínimo la corriente de arranque del motor con mayor potencia.

En las instalaciones de cualquier tipo en las que se prevé un aumento posterior de carga es aconsejable no corregir el valor de la corriente, dejando así automáticamente sobrados los calibres de los alimentadores generales.

V.1.1.3. CONEXIÓN DE MOTORES

Para conectar los motores es de suma importancia conocer los datos de placa, ver si es posible conectarlos de forma directa con un solo interruptor o si hay necesidad de una protección adicional proporcionada a través de arrancadores manuales o automáticos, a tensión plena, reducida, etc.

Los motores hasta de ½ HP pueden conectarse directamente a la línea sin miedo de dañarlos o provocar perturbaciones.

Para la conexión de motores de hasta 10 HP se recomienda protegerlos con arrancadores a *tensión plena*.

Para 15 HP en adelante por requerimiento de la Dirección General de Electricidad es necesario el uso de arrancadores de tensión reducida para evitar perturbaciones.

V.1.1.4. CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir.

V.1.1.5. CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión desde la entrada de servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no debe exceder del 3%. Además, se debe considerar que la caída de tensión total en el circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

V.1.1.6. PROTECCIÓN DE CONDUCTORES CONTRA SOBRECORRIENTE.

La capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorriente, debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores.

Si la corriente permisible no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que esta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

Cuando se usen dispositivos que no sean fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, tales como bobinas de disparo, relevadores o dispositivos de tipo térmico, el número mínimo de unidades y su colocación deben estar de acuerdo con la tabla III.4.

UNIDADES DE PROTECCIÓN DE MOTORES CONTRA SOBRECARGA.

CLASE DE MOTOR.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.	NÚMERO Y UBICACION DE UNIDADES DE SOBRECARGA QUE NO SEAN FUSIBLES
c a monofásico o de C.D.	2 hilos no puestos a tierra, c a monofásica o C.D.	Una en cualquiera de los conductores
c a monofásico o de C.D.	2 hilos, c a monofásica o C.D. Uno de los hilos puesto a tierra.	Una en el conductor no puesto a tierra
c a monofásico o de C.D.	3 hilos c a monofásica o C.D., neutro a tierra.	Una en cada conductor no puesto a tierra
c a trifásico.	Cualquier trifásico	Dos en conductores cuales quiera, excepto el neutro

Tabla III.4.

¹ La tabla de unidades de protección de motores contra sobrecarga, se encuentra establecida por la NOM NTIE (ver capítulo III, sección 2.2)

V.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR.

Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico y completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma una visualización completa del sistema de la forma más sencilla.

Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno; se puede representar un circuito trifásico mediante un diagrama unifilar, indicando las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes.

En un diagrama unifilar, no se muestran los parámetros del circuito, y las líneas de transmisión se representan por una sola línea que conecta las terminales de los aparatos o dispositivos asociados a un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema al que se refiere.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas. Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria no fuera la de proveer información para tal estudio. Por otro lado, la determinación de la estabilidad de un sistema bajo condiciones transitorias resultantes de una falla depende de la velocidad con la que los relevadores e interruptores operan para aislar la parte del sistema que ha fallado. Por lo tanto, la información relacionada con los interruptores puede ser de extrema importancia. Algunas veces, los diagramas unifilares incluyen información acerca de los transformadores de corriente y de potencia que conectan los relevadores al sistema o que son instalados para medición.

SIMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS UNIFILARES			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
MAQUINA O ARMADURA ROTATORIA (BÁSICO) ACOMETIDA O MUFA		TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONEXIÓN DELTA	
AMPERIMETRO		TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONEXIÓN ESTRELLA TRES HILOS	
VOLMETRO		TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
WATTMETRO		FUSIBLE CON SOBRECARGA MAGNETICA	
FACTORIMETRO		TERMICO	
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL		TERMICO Y MAGNETICO	

Tabla V.1. Símbolos estándar para diagramas unifilares.

Es importante conocer la localización de los puntos en que el sistema se aterriza, con el fin de calcular la corriente que fluye cuando ocurre una falla asimétrica que involucra la tierra.

Si una resistencia o reactivancia se inserta entre el neutro de la Y y la tierra, para limitar el flujo de corriente a tierra durante la falla, en el diagrama se debe adicionar al símbolo estándar de la Y aterrizada los apropiados para la resistencia o la inductancia.

La mayoría de los neutros de transformadores de los sistemas de transmisión están sólidamente aterrizados. Por lo general, los neutros de los generadores se aterrizan a través de resistencias razonablemente elevadas y algunas veces a través de bobinas.

La figura V.1. muestra un diagrama unifilar básico en un sistema de fuerza.

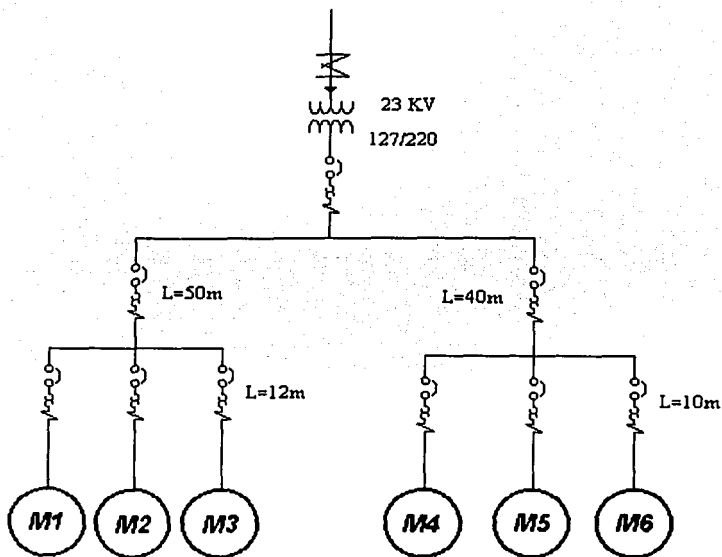


Fig. V.1. diagrama unifilar para un sistema de fuerza compuesto por seis motores.

V.1.3. DEMANDA Y RENDIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Por requerimiento de CFE y Compañía de Luz y fuerza del centro S., A., deben asignarse los siguientes valores en wats los motores eléctricos en los cuadros de cargas, para así incluir las pérdidas al cambio de energía eléctrica a mecánica ya que los HP marcados en los datos de placa nos indican la potencia en la flecha, más no la potencia tomada de la línea.

EQUIVALENCIAS DE MOTORES ELÉCTRICOS.

POTENCIA INDICADA	CFE MOTORES		CIA. DE LUZ Y FZA. DEL CENTRO S.A. MOTORES	
	MONOFÁSICOS WATS	TRIFÁSICOS WATS	MONOFÁSICOS WATS	TRIFÁSICOS WATS
1/20	60		60	
1/16	80		80	
1/8	150		150	
1/6	202		200	
1/4	293	264	290	260
1/3	395	355	390	350
0.50	527	507	520	500
0.75	780	740	770	730
1.00	993	953	980	940
1.50	1480	1418	1460	1400
2.00	1935	1844	1910	1820
2.50	2390	2290	2360	2260
3.00	2766	2726	2730	2690
5.00		4490		4430
7.00		6293		6210
7.50		6577		6490
10.00		8674		8560
15.00		12860		12690
20.00		16953		16730
25.00		21188		20910
30.00		24725		24400
40.00		32609		32180
50.00		40756		40220

Tabla V.1.

V.1.3.1. RENDIMIENTOS PROMEDIO CONSIDERADOS

COMPAÑÍA DE LUZ
CFE

Mínimo 85.78 % Máximo 89.50 %
Mínimo 85.85 % Máximo 89.96 %

Para motores de más de 50 HP multiplíquense los HP's por 800 wats para obtener la carga que se debe de considerar.

V.2. CÁLCULO CONDUCTORES PARA UN SISTEMA DE FUERZA.

El cálculo y la elección de los conductores y protecciones para los circuitos alimentadores de un sistema de fuerza, puede determinarse mediante dos métodos:

- Por corriente.
- Por caída de tensión.

Para ambos casos se dispone de formulas directas que facilitan los cálculos de acuerdo al sistema al cual se refiera. Las tabla V.2.a y V.2.b, muestran las fórmulas utilizables para el cálculo de conductores por corriente y caída de tensión respectivamente.

CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA UN SISTEMA DE FUERZA MÉTODO POR CORRIENTES		
TIPO DE SISTEMA	FÓRMULA	VARIABLES
SISTEMA MONOFÁSICO 2 HILOS	$W = V_f \times i \times fp \quad \dots ec.5.1.$ $i = \frac{W}{V_f \times fp} \quad \dots ec.5.2.$	W = Potencia total en wats. i = Corriente en amperes. V _L = Voltaje entre líneas. V _f = Tensión en volts entre línea y neutro. Fp = Factor de potencia. η = Eficiencia.
SISTEMA MONOFÁSICO 3 HILOS	$W = 2V_f \times i \times fp \quad \dots ec.5.3.$ $i = \frac{W}{2V_f \times fp} \quad \dots ec.5.4.$	
SISTEMA TRIFÁSICO 3 HILOS	$W = \sqrt{3}V_L \times i \times fp \times \eta \quad \dots ec.5.5.$ $i = \frac{W}{\sqrt{3}V_L \times \eta \times fp} \quad \dots ec.5.6.$	
SISTEMA TRIFÁSICO 4 HILOS	$W = 3V_f \times i \times fp \quad \dots ec.5.7.$ $i = \frac{W}{\sqrt{3}V_L \times fp} \quad \dots ec.5.8.$	

Tabla V.2.a.

CALCULO DE CONDUCTORES PARA UN SISTEMA DE FUERZA MÉTODO POR CAIDA DE TENSION		
TIPO DE SISTEMA	FÓRMULA	VARIABLES
SISTEMA MONOFÁSICO	$e = \frac{4li}{Vfs} \dots ec.5.9.$ $W = \frac{4li}{Vf e\%} \dots ec.5.10.$ $e\% = \left(\frac{e}{Vf} \right) \times 100 \dots ec.5.11.$ $R = \frac{\rho l}{s} \dots ec.5.12.$	W = Potencia total en wats. I = Corriente en amperes. V _l = Voltaje entre líneas. V _f = Tensión en volts entre línea y neutro. e = Caída de tensión. e% = Porcentaje de caída de tensión. R = Resistencia (Ω). ρ = Resistividad (Ωmm ² /m). ρ _{cobre} = 0.01724 = 1/58 ≅ 1/50(Ωmm ² /m). L = Longitud del conductor (m). S = Area de sección transversal (mm ²).
SISTEMA TRIFÁSICO	$e = \frac{2\sqrt{3}li}{V_l s} \dots ec.5.13.$ $s = \frac{2\sqrt{3}li}{V_l e\%} \dots ec.5.14.$	

Tabla V.2.b.

Por otra parte, para el cálculo de corriente de los motores eléctricos se dispone de las fórmulas directas :

CALCULO DE CORRIENTE PARA MOTORES		
TIPO DE MOTOR	FÓRMULA	VARIABLES
MOTOR CD	$I = \frac{Hp \times 746}{E \times \eta} \dots ec.5.15.$	η = Eficiencia en el motor. I = Corriente en amperes. E = Tensión en volts. Hp = Caballos de potencia.
MOTOR MONOFÁSICO	$I = \frac{HP \times 746}{Vf \times \eta \times fp} \dots ec.5.16.$ $I = \frac{W}{Vf \times fp} \dots ec.5.17.$	η = Eficiencia en el motor. I = Corriente en amperes. E = Tensión en volts. Hp = Caballos de potencia. Vf = Tensión en volts entre línea y neutro
MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICO	$I = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3}V_l \times \eta \times fp} \dots ec.5.18.$ $I = \frac{W}{\sqrt{3}V_l \times fp} \dots ec.5.19.$ $W = \sqrt{3}V_l \times I \times fp \dots ec.5.20$	V _f = Tensión en volts entre fase y neutro. V _l = Tensión en volts entre fases fp = Factor de potencia. W = Potencia total en wats que toman los motores de la línea. η = Eficiencia en el motor. I = Corriente en amperes.

Tabla V.3. Fórmulas para el cálculo de corriente de motores.

V.2.1. LINEAMIENTO PARA DETERMINAR LA CARGA Y EL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE UN SISTEMA DE FUERZA.

El procedimiento general para la determinación de los conductores de un sistema de fuerza es el siguiente:

- (a) Establecer el diagrama unifilar del sistema e identificar en base al mismo, los circuitos derivados y el circuito alimentador general.
- (b) Establecer un cuadro de cargas que contenga todos y cada uno de los motores con sus características de operación y tipo de servicio.
- (c) Determinar la capacidad de conducción de corriente de los motores que presten un tipo de servicio no continuo afectados con los valores de la tabla III.4.⁴
- (d) Determinar la capacidad de conducción de corriente de los motores que presten un tipo de servicio continuo considerando el 100% de la corriente nominal a plena carga.
- (e) Se multiplica cada una de las corrientes por un factor de 1.25.⁵
- (f) Tomando como base el nuevo valor de corriente, seleccionar el calibre del conductor. "
- (g) Realizar la sumatoria de todas las corrientes del circuito derivado considerando que, como mínimo, los conductores que alimentan a dos o más motores deben tener una capacidad igual a la suma del valor nominal de la corriente a plena carga de todos los motores, más del 125 por ciento de la corriente del motor más grande del grupo.⁶
- (h) En base al valor obtenido por la sumatoria, seleccionar el calibre del conductor para el circuito alimentador de cada uno de los circuitos derivados, multiplicando por un factor de 1.25, para futuras modificaciones. "
- (i) Calcular el conductor del circuito alimentador general por medio de la sumatoria de la capacidad de conducción de corriente de cada circuito derivado, multiplicada por un factor de 1.25, para futuras modificaciones.
- (j) Finalmente seleccionar el calibre del conductor alimentador general. "

V.2.2. LINEAMIENTO PARA DETERMINAR EL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN UN SISTEMA DE FUERZA.

Una vez determinado el calibre de los conductores para cada circuito, el dispositivo de protección se selecciona en base a:

- Considerando la corriente nominal a plena carga que circulará por todas y cada una de las partes del sistema, se debe multiplicar por el factor de ajuste del dispositivo de protección.⁴
- Sobre la base del resultado obtenido, seleccionar el dispositivo adecuado de acuerdo con la capacidad de conducción de corriente.

Si la corriente permisible no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que esta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

⁴ Refiérase al capítulo III, sección 2.2 Tabla III.4, factores para la selección de conductores para motores que no sean de servicio continuo.

⁵ Refiérase al capítulo III, sección 2.2. Conductores que alimentan a un solo motor.

⁶ Refiérase al capítulo III, sección 2.5 Tabla III.2, Capacidad de corriente de conductores de cobre aislado.

⁷ Refiérase al capítulo III, sección 2.2 Conductores que alimentan a varios motores

⁸ Refiérase al capítulo III, sección 2.5 Tabla III.2, Capacidad de corriente de conductores de cobre aislado.

⁹ Refiérase al capítulo III, sección 2.5 Tabla III.2, Capacidad de corriente de conductores de cobre aislado.

¹⁰ Refiérase al capítulo III, sección 2.4. Capacidad o ajuste del dispositivo para un solo motor

En tablas V.4.a. y V.4.b. muestran algunos de los dispositivos de protección más utilizados en los sistemas de fuerza.

CUADROS DE FUERZA Y PROTECCIONES

CAPACIDAD DEL MOTOR EN HP	TENSIÓN VOLTS	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD (A)	ELEMENTOS FUSIBLES DE EN (A)	ARRANCADOR		ELEMENTO TÉRMICO	
				MAN CLASE 2510	MAG CLASE 8536	MAN	MAG
1/4	127	2*30	15	AG-2	BG-1	W-5.94	B-6.90
1/3	127	2*30	20	AG-2	BG-1	W-6.65	B-7.70
1/2	127	2*30	25	AG-2	BG-1	W-9.75	B-10.2
3/4	127	2*30	30	AG-2	BG-1	W-13.0	B-15.5
1.0	127	2*60	40	AG-2	BG-1	W-15.0	B-19.5
1/2	220	3*30	5	BG-2	BG-2	B-1.30	B-1.30
1/3	220	3*30	5	BG-2	BG-2	B-1.67	B-1.88
1/2	220	3*30	10	BG-2	BG-2	B-2.10	B-2.40
3/4	220	3*30	10	BG-2	BG-2	B-3.00	B-3.30
1.0	220	3*30	15	BG-2	BG-2	B-4.15	B-4.15
1 1/2	220	3*30	15	BG-2	BG-2	B-5.50	B-6.90
2.0	220	3*30	20	BG-2	BG-2	B-6.90	B-7.70
3.0	220	3*30	30	CG-3	BG-2	B-10.2	B-12.8
5.0	220	3*60	50	CG-3	CG-3	B-17.5	B-19.5
7 1/2	220	3*60	60	CG-3	CG-3		B-32.0
10	220	3*100	100		DG-1		B-36.0

Tabla V.4.a. Cuadros de fuerza y protecciones, considerando datos square D y protección con interruptores de seguridad.

CAPACIDAD HP	TENSIÓN VOLTS	INTERRUPTOR TERMOMAG. (A)	ELEMENTOS FUSIBLES DE EN (A)	ARRANCADOR		ELEMENTO TÉRMICO	
				MAN CLASE 2510	MAG CLASE 8536	MAN	MAG
1/4	127	1*15	15	AG-2	BG-1	W-5.94	B-6.90
1/3	127	1*15	20	AG-2	BG-1	W-6.65	B-7.70
1/2	127	1*20	25	AG-2	BG-1	W-9.75	B-10.2
3/4	127	1*20	30	AG-2	BG-1	W-13.0	B-15.5
1.0	127	1*30	40	AG-2	BG-1	W-15.0	B-19.5
1/2	220	3*15	5	BG-2	BG-2	B-1.30	B-1.30
1/3	220	3*15	5	BG-2	BG-2	B-1.67	B-1.88
1/2	220	3*15	10	BG-2	BG-2	B-2.10	B-2.40
3/4	220	3*15	10	BG-2	BG-2	B-3.00	B-3.30
1.0	220	3*15	15	BG-2	BG-2	B-4.15	B-4.15
1 1/2	220	3*15	15	BG-2	BG-2	B-5.50	B-6.90
2.0	220	3*15	20	BG-2	BG-2	B-6.90	B-7.70
3.0	220	3*20	30	CG-3	BG-2	B-10.2	B-12.8
5.0	220	3*30	50	CG-3	CG-3	B-17.5	B-19.5
7 1/2	220	3*50	60		CG-3		B-32.0
10	220	3*100	100		DG-1		B-36.0

Tabla V.4.b. Cuadros de fuerza y protecciones, considerando datos square D y protección con interruptores termomagnéticos.

● **Ejemplo:**

Se tiene un sistema de fuerza constituido por seis motores de distintas características y tipo de funcionamiento.

Se requiere calcular el calibre de los conductores de alimentación y las protecciones del circuito alimentador general, los circuitos derivados y el circuito para cada motor.

El sistema se encuentra determinado por las siguientes características:

- Consta de circuito alimentador general que se divide en dos dos circuitos derivados.
- El primer circuito derivado tiene una longitud de 50m, posteriormente se divide en tres circuitos con una longitud de 12m cada uno, dichos circuitos alimentan tres motores con las siguientes características:
 1. Motor trifásico, 220 V, 5 Hp, Régimen de trabajo continuo, y su carga requiere de un servicio intermitente.
 2. Motor trifásico, 220 V, 10 Hp, Régimen de trabajo continuo, y su carga requiere de un servicio continuo.
 3. Motor trifásico, 220 V, 2 Hp, Régimen de trabajo 30 minutos, y su carga requiere de un servicio periódico.
- El segundo circuito derivado tiene una longitud de 40m, y posteriormente se divide en tres circuitos de longitud igual a 10m, en donde cada circuito alimenta a un motor con las siguientes características:
 4. Motor trifásico, 220 V, 20 Hp, Régimen de trabajo continuo, y su carga requiere de un servicio continuo.
 5. Motor trifásico, 220 V, 20 Hp, Régimen de trabajo continuo, y su carga requiere de un servicio continuo.
 6. Motor trifásico, 220 V, 20 Hp, Régimen de trabajo continuo, y su carga requiere de un servicio continuo.

Nota: "En el segundo circuito derivado, el motor 6 solo funciona al fallar o salir a mantenimiento el motor 4 ó el motor 5."

6 SOLUCION:

Todos los cálculos mostrados a continuación de conductores para circuitos de motores serán realizados con base en la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas Industriales.

Conjuntando los lineamientos para la determinación de carga y calibre de conductores, y el seguimiento para la elección de un dispositivo de protección para un sistema de fuerza, tenemos:

1. Determinación del diagrama unifilar.

De acuerdo a las características del sistema, el diagrama unifilar queda determinado de la siguiente manera:

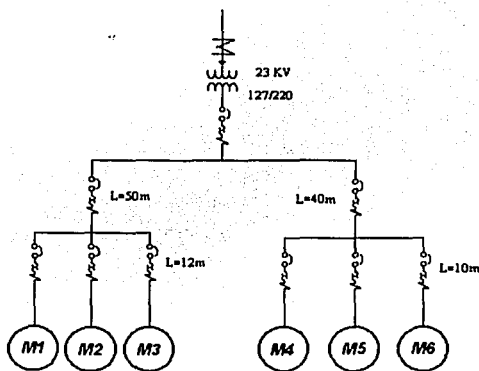


Fig. V.2 diagrama unifilar del sistema de fuerza.

2. Determinación del cuadro de cargas.

Considerando los datos para cada motor, el cuadro de cargas se establece de la siguiente manera:

MOTOR	TIPO DE SERVICIO QUE REQUIERE LA CARGA	RÉGIMEN DE TRABAJO DE DISEÑO DEL MOTOR	POTENCIA HP	VOLTAJE DE LÍNEA	FASES
1	Intermitente	Continuo	5	220	3
2	Continuo	Continuo	10	220	3
3	Periódico	30 min.	2	220	3
4	Continuo	Continuo	20	220	3
5	Continuo	Continuo	20	220	3
6	Continuo	Continuo	20	220	3

Nota: "El motor M6 solo funciona al fallar o salir a mantenimiento M4 o M5."

Cuadro de cargas del sistema.

3. Determinación de la capacidad de conducción de corriente.

❖ Para M1:

1.- Se obtiene la corriente nominal a plena carga.

$$I_{PC} = 15.9 \text{ A}$$

2.- Aplicamos factor de servicio no continuo (intermitente).

$$\text{FACTOR} = 140 \%$$

$$I = 15.9 \times 1.4 = 22.26 \text{ A}$$

3.- Seleccionamos un conductor adecuado, es decir, que conduzca mayor corriente que la calculada anteriormente.

Conductor 10 AWG; conduce 30 A

4.- Para calcular la corriente de sobrecarga del motor multiplicamos la corriente nominal a plena carga por 1.25.

$$I_{SC} = 15.9 \times 1.25 = 19.87 \text{ A}$$

5.- Para seleccionar la protección del motor, elegimos el tipo de protección que deseamos, y multiplicamos el factor determinante establecido por la NOM, NTIE.[†]

$$\text{FACTOR} = 250 \%$$

$$I = 15.9 \times 2.5 = 39.75 \text{ A}$$

6.- Seccionamos la protección del motor en base al valor obtenido y de acuerdo al cuadro de cargas y protecciones especificados por cada fabricante, ya que el tiempo de disparo, capacidad de interrupción de corriente y otros datos técnicos, varían de un fabricante a otro.

En este caso de acuerdo al cuadro de cargas y protecciones mostrado en V.2.2.
Seleccionamos una protección de **3*40 A**.

❖ Para M2:

1.- $I_{PC} = 29.0 \text{ A}$

2.- $I = 29.0 \times 1.25 = 36.25$

3= Conductor 8 AWG para 40 A.

4.- Sobrecarga

$$I_{SC} = 29.0 \times 1.25 = 36.25 \text{ A}$$

5.- Protección contra cortocircuito;

$$I = 2.5 \times 29.0 = 72.5 \text{ A}$$

6.- Protección de 3*70 A.

[†] Refiérase al capítulo III, sección 2.4. Capacidad o ajuste del dispositivo de protección para un solo motor.

❖ Para M3:

1.- $I_{PC} = 7.1 \text{ A}$

2.- $I = 7.1 \times 0.95 = 6.745 \text{ A}$

3= Conductor 14 AWG PARA 15 A.

4.- Sobrecarga

$$I_{SC} = 7.1 \times 1.25 = 8.87 \text{ A}$$

5.- Protección para cortocircuito;

$$I = 2.5 \times 7.1 = 17.75 \text{ A}$$

6.- Protección de 3*20 A.

❖ Para M4, M5 y M6.

Debido a que los tres motores conectados en segundo circuito derivado son de características nominales idénticas, se realiza un solo cálculo.

1.- $I_{PC} = 56 \text{ A}$.

2.- $I = 56 \times 1.25 = 70 \text{ A}$

3.- Conductor 2 AWG conduce 95 A

4.- Sobrecarga

$$I_{SC} = 56 \times 1.25 = 70 \text{ A}$$

5.- Protección cortocircuito

$$I = 2.25 \times 56 = 140 \text{ A}$$

6.- Protección de 3*150 A.

1. Determinación de la capacidad de conducción de corriente del circuito alimentador.*

❖ Para L = 50 m (L1).

1. De los cálculos anteriores es necesario conocer la corriente que pasará por este conductor, para ello se multiplica por 1.25 la corriente a plena carga más grande que resulte de los tres motores y se suman a ella las corrientes de los otros motores.

$$I = (1.25 \times 29) + 15.9 + 7.1 = 59.25 \text{ A}$$

2. Seleccionamos el conductor adecuado:

Calibre 4 AWG; Conduce 70 A ;

Se realiza el cálculo por caída de tensión: $S_{4 \text{ AWG}} = 21.15^*$ utilizando la ec. 5.13.

$$e = \frac{2\sqrt{3}li}{SV_L} = \frac{2\sqrt{3} \times 50 \times 59.25}{21.15 \times 220} = 2.20 < 3;$$

* Refiérase al capítulo III, sección 2.2. Conductores que alimentan a varios motores.
* Ver apéndice, tabla A.1.

3. Una vez determinada la corriente se elige un dispositivo de protección adecuado.

$$3 \times 100 \text{ A.}$$

- ❖ Para $L = 40 \text{ m}$ (L2).

1. En este caso particular, observamos que solo pueden trabajar 2 motores al mismo tiempo; de esta manera el cálculo del alimentador L2 se hace tomando en cuenta sólo 2 motores:

$$I = (1.25 \times 70) + 70 = 157.5 \text{ A}$$

2. Seleccionamos el conductor :

$$3/0 \text{ AWG; conduce } 165 \text{ A}$$

Por porcentaje de caída de tensión : $S_{3/0 \text{ AWG}} = 85.01$

$$e = \frac{2\sqrt{3}li}{SV_L} = \frac{2\sqrt{3} \times 40 \times 157.5}{85.01 \times 220} = 1.16 < 3$$

3. Una vez determinada la corriente se elige un dispositivo de protección adecuado.

$$3 \times 175 \text{ A.}$$

- ❖ Para el circuito alimentador general del sistema:

1. la corriente que circulará por el conductor alimentador general será la sumatoria de las corrientes que circulan en L1 y L2.

$$I = (1.25 \times 157.5) + 59.25 = 226.125 \text{ A}$$

2. Seleccionamos el conductor :

$$300 \text{ AWG; conduce } 240 \text{ A}$$

Por porcentaje de caída de tensión : $S_{300} = 152.0$

$$e = \frac{2\sqrt{3}li}{SV_L} = \frac{2\sqrt{3} \times 10 \times 157.5}{152.0 \times 220} = 0.16 < 3$$

3. Una vez determinada la corriente se elige un dispositivo de protección adecuado.

$$3 \times 250 \text{ A.}$$

Finalmente el diagrama unifilar queda determinado de la siguiente manera:

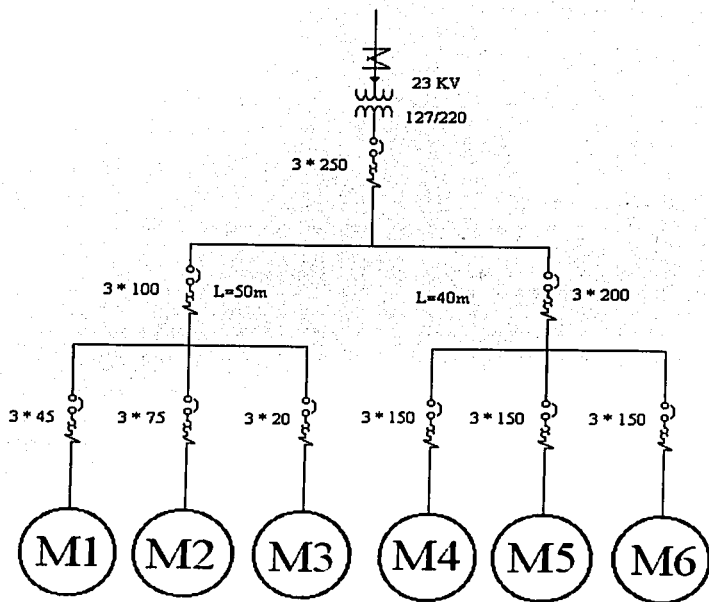


Fig. V.3 Diagrama unifilar del sistema de fuerza. Notense los dispositivos de protección.

APÉNDICE

A.1. EQUIVALENCIAS Y FÓRMULAS.

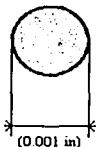
CIRCULAR MIL.- Es una sección de un conductor de área circular que tiene un diámetro de una milésima de pulgada (0.001 in).

De acuerdo a normas se identifican por calibre; AWG (american wire gauge), los conductores utilizados en instalaciones eléctricas:

- ❖ Del número 20 al número 1.
- ❖ De 1/0 a 4/0

Para conductores con un área mayor se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, denominada **CIRCULAR MIL**, siendo así, como un conductor de 300 CM corresponde a aquel cuya sección es 300,000 CM, donde:

$$1CM = \frac{1}{1000} \text{ in}$$



$$1\text{mm}^2 \cong 2000\text{CM}$$

$$1\text{in} = 25.4\text{mm}$$

$$1CM = .00254\text{m}$$

$$1CM = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$1CM = \frac{3.141598(0.0254)^2}{4}$$

$$1CM = 5.067 \times 10^{-4} \text{mm}^2$$

$$1\text{mm}^2 = \frac{10^4}{5.067} = 1973\text{CM}$$

$$1\text{mm}^2 \cong 2000\text{CM}$$

CORRIENTE ALTERNA.

$$V = IR$$

$$V = IZ$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$P = VI \cos \theta$$

Ley de ohm.

Impedancia.

Reactancia Inductiva.

Reactancia Capacitiva.

Potencia.

SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA.

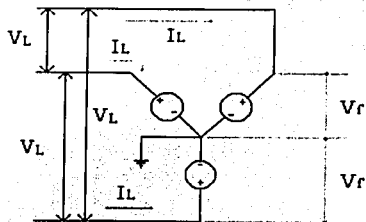
$$V_l = \sqrt{3}V_f$$

$$I_l = I_f$$

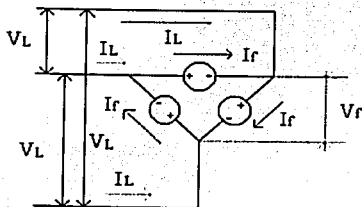
$$P = \sqrt{3}V_l I_l \text{fp}$$

$$P_{3\phi} = 3V_l I_l$$

$$\text{fp} = \frac{P}{\sqrt{3}V_l I_l}$$



SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN DELTA.



$$V_l = V_f$$

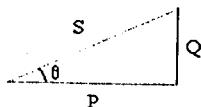
$$I_l = \sqrt{3}I_f$$

$$P = \sqrt{3}V_l I_l \text{fp}$$

$$P_{3\phi} = 3V_l I_l$$

$$\text{fp} = \frac{P}{\sqrt{3}V_l I_l}$$

TRIANGULO DE POTENCIAS.



$$S = V_l I_l \quad [\text{KVA}] \quad \text{Potencia Aparente.}$$

$$P = V_l I_l \cos\theta \quad [\text{KW}] \quad \text{Potencia Real.}$$

$$Q = V_l I_l \sin\theta \quad [\text{KVAR}] \quad \text{Potencia Reactiva.}$$

$$\cos\theta = \text{fp} \quad \text{Factor de Potencia.}$$

$$\text{fp} = \frac{P}{S}$$

A.II. CAÍDA DE TENSIÓN EN CONDUCTORES.

Para el cálculo de caída de tensión de los conductores alimentadores considérese la siguiente tabla.

AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL PARA CONDUCTORES (AWG-MCM)

CALIBRE AWG-MCM	AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	CALIBRE AWG-MCM	AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)
18	0.8235	1/0	53.48
16	1.307	2/0	62.43
14	2.082	3/0	85.01
12	3.307	4/0	107.2
10	5.260	250	126.7
8	8.367	300	152.0
6	13.30	350	177.3
4	21.15	400	202.7
2	33.62	500	253.4
1	42.41	600	304.0
		750	380.0
		1000	506

Tabla A.1.

A.III. CORRIENTE A PLENA CARGA EN MOTORES.

Para la obtención de corriente a plena carga de cualquier tipo de motor, considérense las siguiente tablas:

EQUIVALENCIA EN AMPERES DE MOTORES TRIFÁSICOS

MOTOR JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)				MOTOR SÍNCRONO CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)			
C.P.	220 V.	440.	2400 V.	C.P.	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		25	54	27	
30	84.0	42.0		30	65	33	
40	109.0	54.0		40	86	43	
50	136.0	68.0		50	108	54	
60	161.0	80.0	15.0	60	128	64	11
75	201.0	100.0	19.0	75	161	81	14
100	259.0	130.0	25	100	211	106	19
125	326.0	163.0	30	125	264	132	24
150	376.0	188.0	35			158	29
200	502.0	251.0	47			210	38

Tabla A.2.

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES, DE MOTORES DE C.D.

CP	TENSION NOMINAL DE ARMADURA		
	120 V	240 V	500 V
1/4	3.1	1.6	
1/3	4.1	2	
1/2	5.4	2.7	
3/4	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 1/2	13.2	6.6	
2	17	8.5	
3	25	12.2	
5	40	20	
7 1/2	58	29	13.6
10	76	38	18
15		55	27
20		72	34
25		89	43
30		106	51
40		140	67
50		173	83
60		206	99
75		255	123
100		341	164
125		425	205
150		506	246
200		675	330

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a velocidad normal.

TABLA A.3.

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE MOTORES MONOFÁSICOS Y BIFÁSICOS

CP	127 V	220 V
1/6	4	2.3
1/4	5.3	3
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14	8.4
1 1/2	18	10
2	22	13
3	31	18
5	51	29
7 1/2	72	42
10	91	52

TABLA A.4.

A.IV. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

Interruptores termomagnéticos tipos ED2, QJ2, CDD, ED4, ED6, FXD6, JXD6, LXD6, LMXD6, NXD6

Tabla de selección						
Marco	Corriente nominal [A]	Rango de diseño (aproximado)		Interruptor tipo completo	No. Catálogo	Peso Aprox. Kg
		mínimo	máximo			
ED2 3 polos 240 V c.a.	15			ED21B075	3000 4483	1,2
	20			ED21B100	3000 4497	
	30			ED21B150	3000 4486	
	50			ED21B250	3000 4484	
	75			ED21B375	3000 4485	
	100			ED21B500	3000 4486	
	150			ED21B750	3000 4487	
QJ2 3 polos 240 V c.a.	15			QJ21B075	3000 1344	1,5
	20			QJ21B100	3000 1344	
	30			QJ21B150	3000 1344	
	50			QJ21B250	3000 1345	
	75			QJ21B375	3000 1346	
	100			QJ21B500	3000 1346	
	150			QJ21B750	3000 1346	
CDD 3 polos 220-240 V c.a.	15			CD0315	3000 1429	1,5
	20			CD0320	3000 1429	
	30			CD0330	3000 1431	
	40			CD0340	3000 1432	
	50			CD0350	3000 1433	
	70			CD0370	3000 1434	
	100			CD03100	3000 1435	
ED4 3 polos 240-280V c.a.	15			ED41B15	3000 0895	1,5
	20			ED41B20	3000 0893	
	30			ED41B30	3000 0894	
	40			ED41B40	3000 0895	
	50			ED41B50	3000 0896	
	70			ED41B70	3000 0897	
	100			ED41B100	3000 0898	
125			ED41B125	3000 0899		
ED6 3 polos 600 V c.a. 500 V c.c.	15			ED61B015	3000 4489	1,2
	20			ED61B020	3000 4490	
	30			ED61B030	3000 4491	
	40			ED61B040	3000 4492	
	50			ED61B050	3000 4493	
	70			ED61B070	3000 4495	
	100			ED61B100	3000 4496	
FXD6 3 polos 600 V c.a. 500 V c.c.	150	800	1 500	FXD61B150	4000 1526	1,5
	175	900	2 000	FXD61B175	4000 1594	
	200	1000	2 000	FXD61B200	4000 1595	
	225	1 100	2 500	FXD61B225	4000 1596	
	250	1 100	2 500	FXD61B250	4000 1597	
JXD6 3 polos 600 V c.a. 500 V c.c.	300	1 250	2 500	JXD61B300	4000 1598	8,5
	400	2 000	4 000	JXD61B400	4000 1599	
LXD6 3 polos 600 V c.a. 500 V c.c.	500	3 000	6 000	LXD61B500	4000 1600	8,5
	600	3 000	6 000	LXD61B600	4000 1601	
LMXD6 3 polos 600 V c.a. 500 V c.c.	700	4 000	8 000	LMXD61B700	4000 1351	22,00
	800	4 000	8 000	LMXD61B800	4000 1352	
NXD6 3 polos 600 V c.a. 600 V c.c.	1 200	5 000	10 000	NXD61B1200	4000 1339	22,00
	1 200	5 000	10 000	NXD61B1200	4000 1340	

Datos Técnicos

Marco tamaño / tipo	ED2	QJ2	CDD	ED4	ED6	FXD6	JXD6	LXD6	LMXD6	NXD6
Max corriente nominal (In) en 40°C 60 Hz	100	225	100	100	125	250	400	600	800	1200
Capacidad interruptiva UL Amperios Simétricos RMS	240V 480V	10000A 4000A	10000A 4000A	10000A 4000A	5000A 2500A	6000A 3000A	8000A 4000A	6000A 3000A	16000A 8000A	16000A 8000A

NOTA: La unidad es automática de todos los interruptores antes mencionados, se diseñó que medio de los dispositivos de protección de emergencia. Los otros interruptores han sido diseñados para ser utilizados en caso de emergencia. Características de diseño: tiempo de respuesta y tiempo de apertura para la protección de emergencia. Los otros interruptores han sido diseñados para ser utilizados en caso de emergencia. El 100% de su corriente nominal y a una temperatura ambiente de 40°C. El interruptor con el sistema de apertura se forma en el momento de la emergencia, desde el momento de la emergencia para los marcos con corriente nominal de 200 A y mayores.

* Sin garantía

Interruptores termomagnéticos

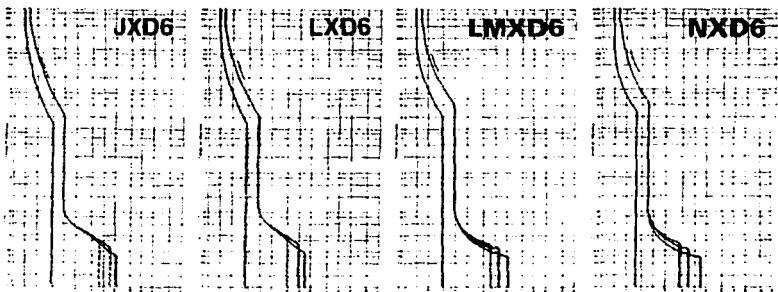
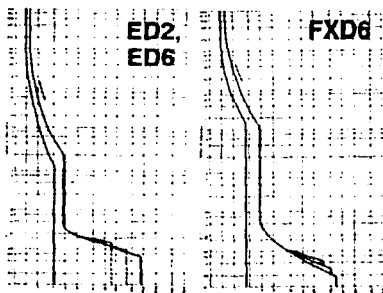
tipos ED2,QJ2, CQD,ED4, ED6, FXD6, JXD6, LXD6, LMXD6, NXD6

Curvas características de disparo

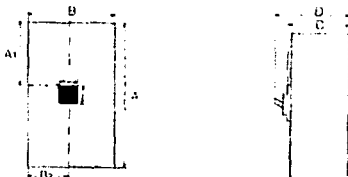
Los valores indicados para los tiempos de disparo son promedios del margen de reacción, en estado frío y encontrándose sometidas a la misma carga las 3 corrientes simétricas.

De acuerdo con VDE 0660, la corriente de reacción, en caso de carga bipolar, puede elevarse hasta el 10%, y hasta el 20% si la carga es unipolar. Por lo tanto, en la maniobra en uno o dos polos, las vías de corriente se conectarán en serie.

A la temperatura de servicio, los tiempos de disparo disminuyen hasta en un 25%.



Dimensiones en mm.



Tipo	A	B	C	D	G1	G2	A1	B2
CCD	123,7	76,2	73,1	87,4	10,0	76,0	32,0	38,10
ED2/ED6 ED4	160,7	76,2	101,6	115,8	20,8	55,8	34,80	48,10
FXD6	241,3	113,7	121,6	115,8	52,3	76,4	91,95	56,95
JXD6 LXD6	279,4	190,0	101,6	115,8	73,15	76,45	113,54	99,0
LMXD6	406,40	190,50	114,30	150,62	91,4	113,03	165,10	95,25
NXD6		228,60	152,40	209,40				114,30

Interruptores Termomagnéticos 5SX1

Interruptores termomagnéticos para montaje en Riel DIN 10kA a 240-170 V a Operación máx 440V 60Hz



Interruptor tipo	Modelo	Corriente nominal de servicio A	No. de Catalogo	No. de piezas por empaque	Peso aprox Kg
1 polo	102-7	2	40002643	1	0,14L
	104-7	4	40002644	1	0,140
	106-7	6	40002645	1	0,140
	110-7	10	40002646	1	0,140
	116-7	16	40002647	1	0,140
	120-7	20	40002928	1	0,140
	125-7	25	40002929	1	0,140
	132-7	32	40002930	1	0,140
	140-7	40	40002931	1	0,140
2 polos	202-7	2	40002932	1	0,280
	204-7	4	40002933	1	0,280
	206-7	6	40002934	1	0,280
	210-7	10	40002935	1	0,280
	216-7	16	40002936	1	0,280
	220-7	20	40002937	1	0,280
	225-7	25	40002938	1	0,280
	232-7	32	40002939	1	0,280
	240-7	40	40002940	1	0,280
3 polos	302-7	2	40002941	1	0,420
	304-7	4	40002942	1	0,420
	306-7	6	40002943	1	0,420
	310-7	10	40002944	1	0,420
	316-7	16	40002945	1	0,420
	320-7	20	40002946	1	0,420
	325-7	25	40002947	1	0,420
	332-7	32	40002948	1	0,420
	340-7	40	40002949	1	0,420

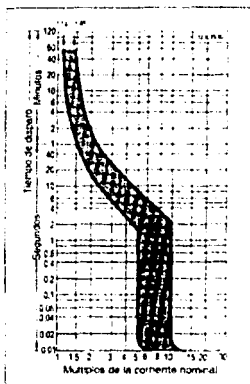
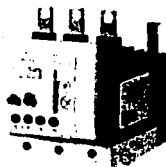
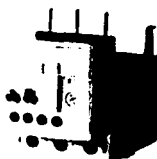
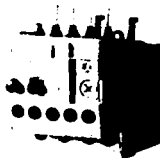


Tabla característica de disparo "C"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Relés de sobrecarga térmicos 3R11

Relojes de sobrecarga térmicos



Letras	Modelo	Tipo	Ajuste A	Número de catálogo	Reserva
S00	3RU1116	0CB0	0,7 1,0	40015143	0,1
	3RU1116	1AB0	1,1 1,5	40015145	0,1
	3RU1116	1BB0	1,4 2,0	40016874	
	3RU1116	1CB0	1,8 2,5	40015146	0,12
	3RU1116	1DB0	2,2 3,2	40016875	
	3RU1116	1EB0	2,8 4,0	40015141	0,12
	3RU1116	1FB0	3,5 5	40016884	
	3RU1116	1GB0	4,5 6,3	40015162	0,12
3RU1116	1HB0	5,5 8	40016885		
3RU1116	1JB0	7 10	40015820	0,12	
S0	3RU1126	1CB0	1,8 2,5	40015164	0,16
	3RU1126	1EB0	2,8 4,0	40015165	0,16
	3RU1126	1FB0	3,5 5	40016892	
	3RU1126	1GB0	4,5 6,3	40015169	0,16
	3RU1126	1HB0	5,5 8	40016893	
	3RU1126	1JB0	7 10	40015190	0,16
	3RU1126	1KB0	9 12,5	40016886	
	3RU1126	1AB0	11 16	40015191	0,16
S2	3RU1136	1HB0	5,5 8,0	40015821	0,3
	3RU1136	1JB0	7 10	40015195	0,3
	3RU1136	1AB0	11 16	40015192	0,3
	3RU1136	4DB0	18 25	40015193	0,3
	3RU1136	4EB0	22 32	40016887	
	3RU1136	4FB0	28 40	40015194	0,3
	3RU1136	4GB0	36 45	40017416	
	3RU1136	4HB0	40 50	40016914	
S3	3RU1146	4FB0	28 40	40015196	0,5
	3RU1146	4JB0	45 63	40015197	0,5
	3RU1146	4KB0	57 75	40015198	0,5
	3RU1146	4LB0	70 90	40016888	

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

Tomando como base el enfoque que presenta el texto se concluye:

Los controladores de un sistema de control de motores deben:

- ❖ Satisfacer las necesidades de control requeridas por un determinado sistema, como son: arranque, paro, control de la dirección, control de velocidad, etc.
- ❖ Mantener un determinado rango de confiabilidad, proporcionando un sistema de protección que asegure el correcto funcionamiento de la máquina y del dispositivo mismo, contra las contingencias imprevistas que puedan presentarse, tales como: sobrecarga, sobrecorriente, cortocircuitos, campo abierto, etc.
- ❖ Ser económico, es decir, contar con el menor número de "elementos de calidad".

Para la determinación de un correcto diseño de un sistema de control, es necesario el conocimiento de todos y cada uno de los símbolos y diagramas que componen al sistema, debido a que por medio de ellos, determinamos un lenguaje escrito para los circuitos eléctricos, mismo que nos ayuda a establecer el tipo de conexión del circuito, la ubicación de sus componentes y sobre todo el funcionamiento del sistema.

El incremento en el uso de la electricidad para fines de alumbrado y potencia, está asociado con un continuo y estable incremento en número, tipo de máquinas e industrias accionadas por motores eléctricos; por lo que, es necesario disponer de una normatividad que establezca determinadas condiciones, en cuanto a construcción, operación, diseño, seguridad e instalación de todas y cada una de las partes que componen una instalación eléctrica. Por ello contamos con la "Norma oficial Mexicana", Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas" que determinan la ya mencionada normatividad de las instalaciones para el uso de la energía eléctrica.

En cuanto a motores trifásicos se refiere, ya sean de rotor devanado ó rotor jaula de ardilla, es posible controlar la función de arranque de acuerdo con el tipo de carga que requieran accionar de dos formas:

- ❖ Arranque a tensión plena.
- ❖ Arranque a tensión reducida.

El sistema de frenado que se adecuó a un motor o máquina, se encuentra determinado, al igual que el arranque, por el tipo de carga que manejen los mismos.

Los elementos y dispositivos de protección, así como los conductores alimentadores de un sistema de fuerza y control, se determinan en función de la capacidad de conducción de corriente, es decir, por la potencia demandada por el motor o la máquina a la red de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Control de Máquinas Eléctricas.
Irving L. Kosow.
Reverte S.A.
- ❖ Control de Motores Eléctricos.
Walter N. Alerich
Diana.
- ❖ Control Industrial de Motores.
Autores varios.
Eduetelsa.
- ❖ Controles Industriales.
Paul Riddell, C.E.T.
Lab - Volt.
- ❖ Sistema Didáctico de Controles Industriales.
Autores Varios.
Pixel S.A. de C.V.
- ❖ Maquinas Eléctricas y Transformadores.
Irving L. Kosow.
Reverte S.A.
- ❖ Maquinas Eléctricas.
George J. Thaler.
Limusa.
- ❖ Manual de Operación y Mantenimiento de motores eléctricos.
G. Enriquez Harper.
SEP - DGETI.
- ❖ Control de Motores Eléctricos.
G. Enriquez Harper.
Limusa.
- ❖ Control Instalación y Automatización.
Siemens.
Catalogo 2000.
- ❖ ALTISTART 3. Arranque Eléctrico y Electrónico de Motores.
Telemecanique.
Grupo Schnaider.
- ❖ Elementos de Diseño de Instalaciones Eléctricas Industriales.
G. Enriquez Harper.
Limusa.
- [WWW.siemens.com](http://www.siemens.com).
- [WWW.schnaider.com](http://www.schnaider.com).