

14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR JAULA
DE ARDILLA POR MEDIO DE UN ALTIVAR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ARTURO CORTES RODRIGUEZ

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
FACULTAD NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

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

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

"Control de la velocidad de un motor jaula de ardilla por medio de un altivar."

que presenta el pasante: Arturo Cortés Rodríguez
con número de cuenta: 9206031-3 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.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Méx. a 4 de Junio de 2002

PRESIDENTE Ing. Rogelio Ramos Carranza

VOCAL Lic. Laura Acosta Suárez

SECRETARIO Ing. Jaime Fuentes Sánchez

PRIMER SUPLENTE Ing. Diana Arce Zaragoza

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Angel Rueda Angeles

(Firma)
(Firma)
(Firma)
(Firma)
(Firma)

INDICE.

INTRODUCCIÓN.	Pag. 3
CAPITULO I.	
ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL.	Pag. 4
I.1 CONTROLADORES.	Pag. 5
I.2 FUNCIONES DE CONTROL.	Pag. 6
I.3 FUNCIONES DE PROTECCION.	Pag. 7
I.4 TIPOS DE CONTROLADORES.	Pag. 8
I.5 DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL.	Pag. 9
I.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO.	Pag. 17
I.7 DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMATICOS.	Pag. 21
CAPITULO II.	
NORMAS Y SIMBOLOGIA.	Pag. 29
II.1 NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM).	Pag. 30
II.2 SIMBOLOGIA.	Pag. 44
CAPITULO III	
MOTOR TRIFASICO JAULA DE ARDILLA.	Pag. 63
III.1 MOTOR DE C.A. JAULA DE ARDILLA.	Pag. 64
III.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.	Pag. 65
III.3 MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO JAULA DE ARDILLA.	Pag. 66
III.4 ASPECTOS MECANICOS DE LA ELECCION DE UN MOTOR.	Pag. 71
CAPITULO IV	
CONTROL DE MOTORES DE C.A.	Pag. 75
IV.1 CONTROL DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFASICOS JAULA DE ARDILLA.	Pag. 76
IV.2 CONTROL DE LA VELOCIDAD.	Pag. 86
IV.3 FRENADO.	Pag. 90
CAPITULO V.	
VARIADOR DE VELOCIDAD.	Pag. 92
V.1 GENERALIDADES.	Pag. 93
V.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO.	Pag. 94
V.3 PRINCIPIO DE ACCESO DESDE EL MENU PRINCIPAL.	Pag. 96
V.4 VISUALIZACION DE LAS MAGNITUDES.	Pag. 98
V.5 CONECCIONES DEL ALTIVAR.	Pag. 99
V.6 CONFIGURACION Y AJUSTES DEL VARIADOR.	Pag. 100
V.7 PUESTA EN MARCHA DEL ALTIVAR.	Pag. 103
GRAFICAS COMPARATIVAS DEL DESEMPEÑO DEL ALTIVAR.	Pag. 104
CONCLUSIONES.	Pag. 109
BIBLIOGRAFIA.	Pag. 110

A mis Padres

A quienes me han heredado el tesoro más
valioso que puede dársele a un hijo: Amor.
A quienes sin escatimar esfuerzo alguno,
han sacrificado gran parte de su vida
para formarme y educarme.

A quienes la ilusión de su vida ha sido
convertirme en persona de provecho.
A quienes nunca podré pagar todos sus
desvelos ni aún con las riquezas más
grandes del mundo.
Por esto y más ... gracias.

A mi Esposa

Por la infinita paciencia y apoyo que
me brindaste en todo momento para culminar
una de mis mas grandes metas y por permitirme
robarte mucho del tiempo en el que merecia
estar contigo.

Dedicada especialmente con mucho
amor a mi hijo Yair Arturo.

INTRODUCCION.

El control de motores eléctricos desempeña un papel muy importante dentro de muchos procesos industriales, los cuales no podrían llevarse a cabo de manera correcta, si las distintas funciones que desarrollan los elementos accionadores para dichos motores no realizan la secuencia y el orden apropiado.

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

La variación de la velocidad es un campo sumamente amplio, de gran utilidad industrial, dado que los procesos industriales, máquinas o sus elementos, requieren a menudo disponer de movimientos con variación de velocidad.

En el presente trabajo, se tratan de cubrir los aspectos más importantes relacionados con el control de la velocidad de los motores eléctricos jaula de ardilla.

En el primer capítulo se mencionan los aspectos principales funcionamiento de un motor, como son la corriente, voltaje, velocidad y la fuerza con que arranca el motor también se hace referencia a los dispositivos de control, los conceptos de protección de los motores eléctricos, donde se manejan dos aspectos fundamentales: la protección por sobrecorriente y la protección contra sobrecargas, mencionando además los diferentes elementos que se utilizan para cada tipo de protección.

En el capítulo dos se mencionan las normas oficiales para la puesta en marcha de los motores eléctricos, así como su simbología.

En el capítulo tres y cuatro se ven las características principales de los motores de corriente alterna tales como: sus partes principales, principios de funcionamiento y sus parámetros a controlar.

Por último vemos el Altivar 66, sus características, parámetros de funcionamiento, puesta en marcha y aplicación industrial.

CAPITULO 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, esta 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 varia 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

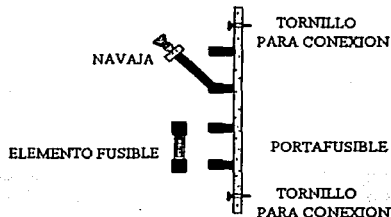
1.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.

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.

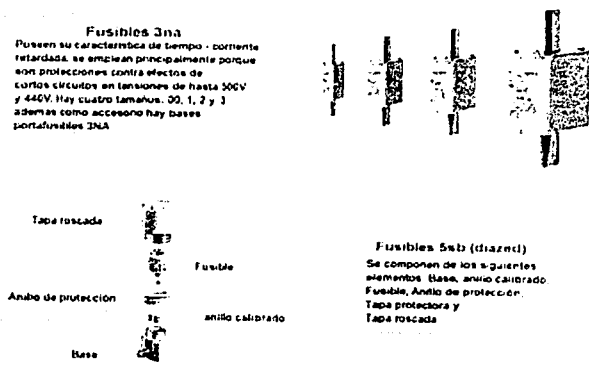


Fig. 1.2 diferentes elementos fusibles.

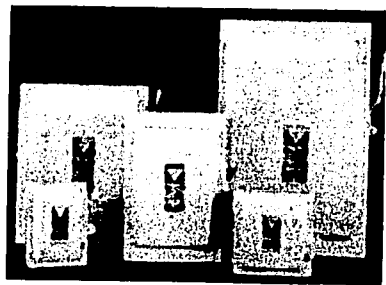


Fig. 1.3 desconectores de cuchillas un tiro, 2 y 3 polos.

1.5.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

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.

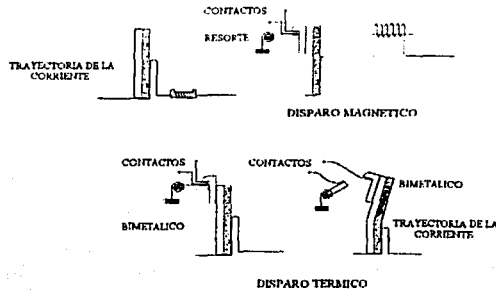


Fig. 1.5 Disparo de un interruptor termomagnético.

Para el disparo térmico, el elemento bimetalico 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 bimetálico. 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.

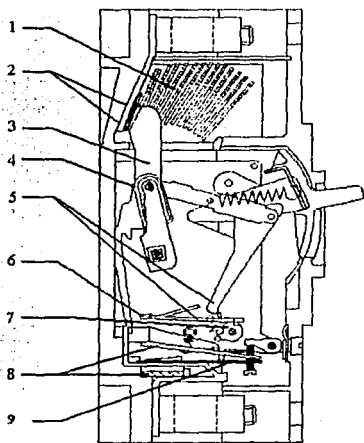


Fig. 1.6. corte transversal de un interruptor termomagnético.

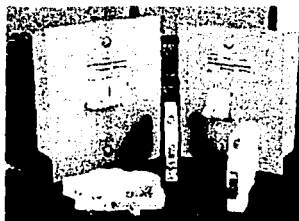


Fig. 1.7 interruptores termomagnéticos instalados en un centro de carga.

1.5.3. PULSADORES Y SELECTORES.

De los elementos de entrada a los circuitos de control, los pulsadores juegan un papel muy importante, 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.

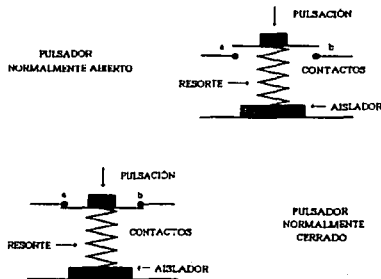


Fig. 1.9 Pulsadores o contactos de acción momentánea.

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.

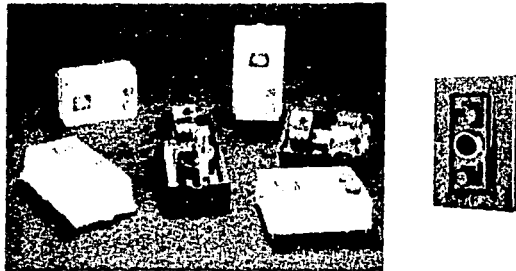


Fig. 1.10 Estación de botones (envoltente plástica y metálica)

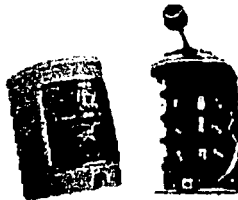
1.5.4. COMBINADORES.

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 o 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.

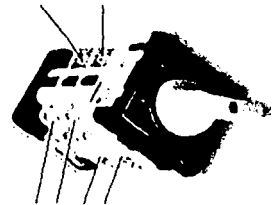
Los combinados de tambor consisten en un juego de contactos móviles montados en una flecha y aislados de ella, que pueden girar mediante una manivela u otro medio conveniente. Además van provistos de un juego de contactos estacionarios, de tal forma que al girar la flecha los contactos móviles, se separan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



a)

CONTACTOS FIJOS



CONTACTOS MOVILES

b)

Fig. 1.11 a) interruptor de tambor, b) 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.

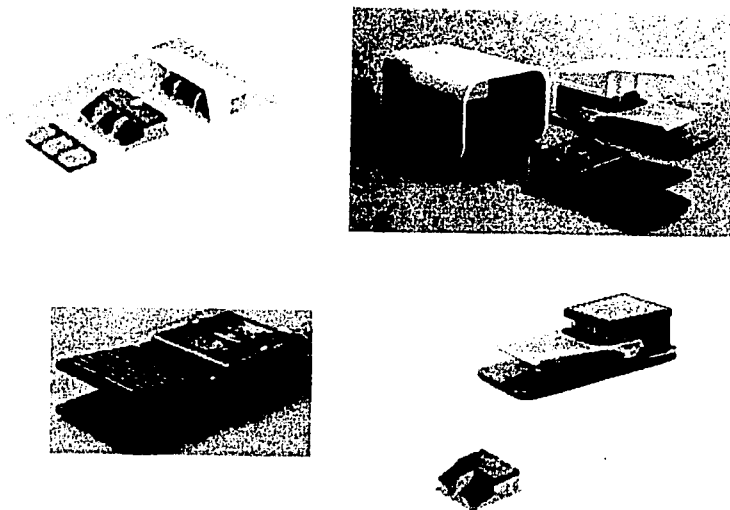


Fig. 1.12 interruptores de pedal de uso común.

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, está construido de tal manera, que un brazo o palanca de operación sea accionado 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.

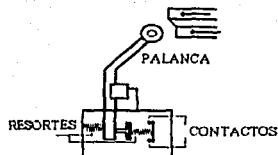


Fig.1.13 diagrama esquemático del funcionamiento de los interruptores de límite..

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

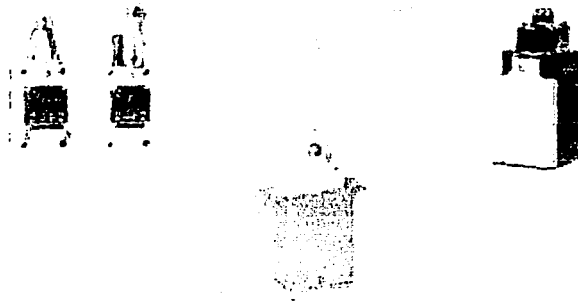


Fig1.14 diferentes tipos de interruptores de límite.

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 tanacos.

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.

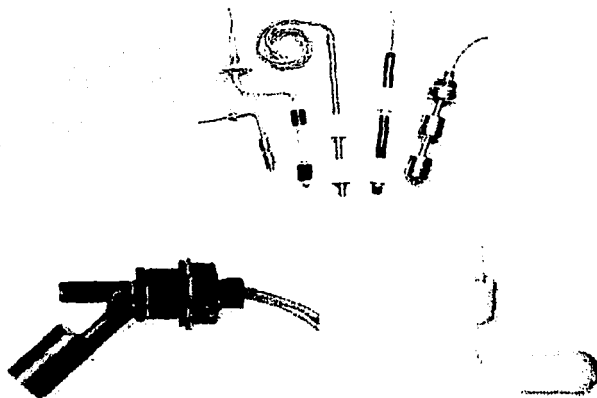


Fig. 1.15 interruptores de nivel.

1.6.3. INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

Dentro de los procesos industriales, en los cuales se manejan variables como gases, agua, aceites, etc. Son necesarios dispositivos que respondan a esos medios. Los interruptores de presión o presóstatos, 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/cm^2 y que presentan un ajuste diferencial de 0.7 a 2.8 kg/cm^2 .

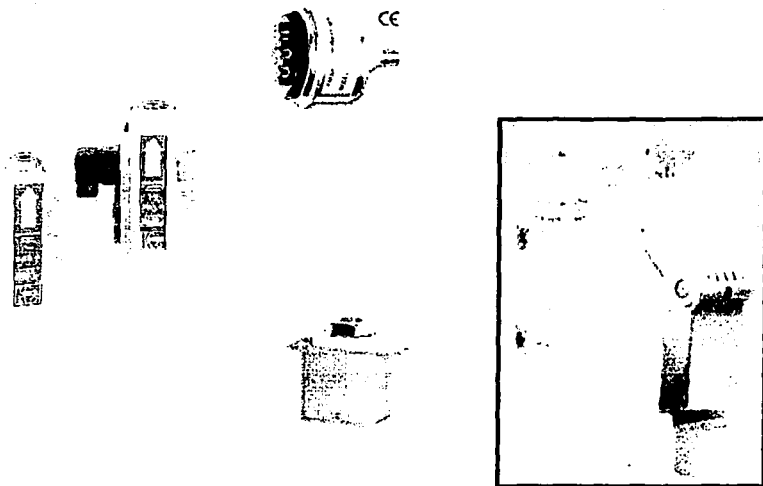


Fig. 1.16 interruptores de presión.

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.

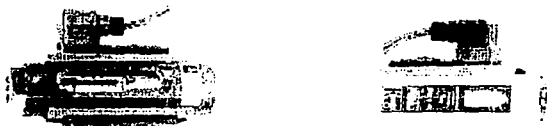


Fig. 1.17 interruptores de flujo.

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 contruidos de aleaciones con lo que se busca que su resistencia mecánica, sea buena y que además el desgaste 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.

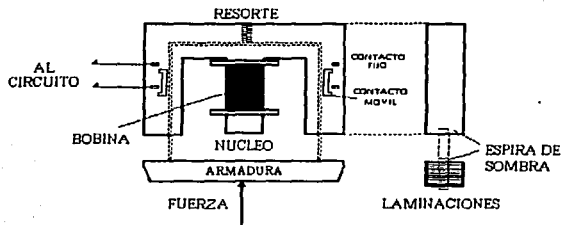


Fig.1.18 contactor magnético de c.a.

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.

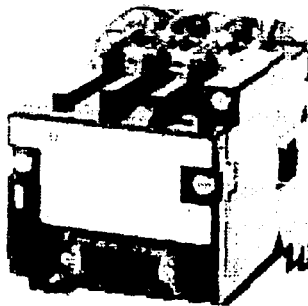


Fig. 1. 19 contactor magnético.

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.

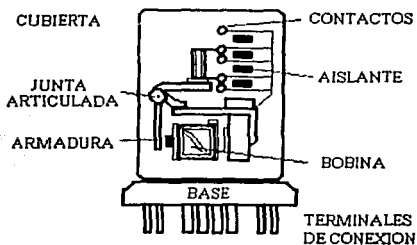


Fig. 1.20 Relevador de control y sus elementos.

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.

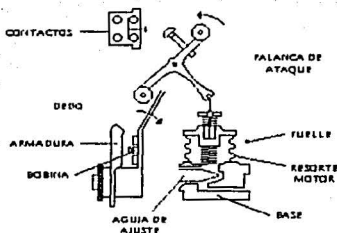


Fig. 1.21 relevador neumático de tiempo a bobina energizada.

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 cuya 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.

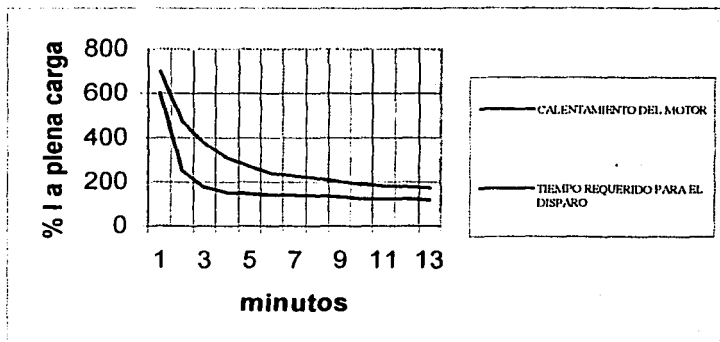


Figura 1.23 relación calentamiento del motor - disparo de un relevador de sobrecarga de tiempo inverso.

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

- Térmicos.
- Magnéticos.
- Magnetotérmicos.

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

Los relevadores bimetalicos emplean como unidad sensora un bimetal, que está formado por dos metales soldados entre si 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.

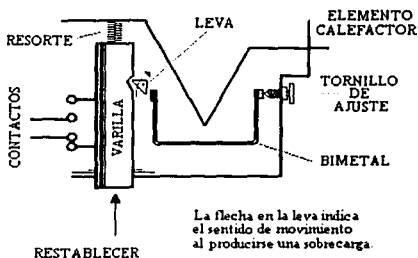


Fig.1.24 diagrama esquemático elemental del funcionamiento de un relevador bimetalico de sobrecarga.

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 mas 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 periodo 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.

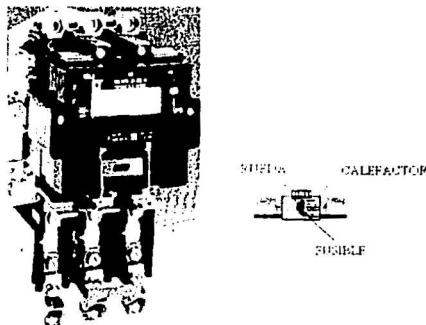


FIG. 1.26 Relevador de sobrecarga de aleación fusible.

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.

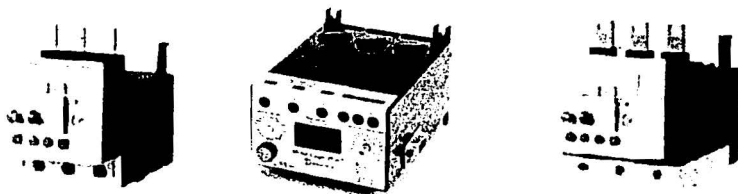


Fig. 1.25 Algunos relevadores de sobrecarga.

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.

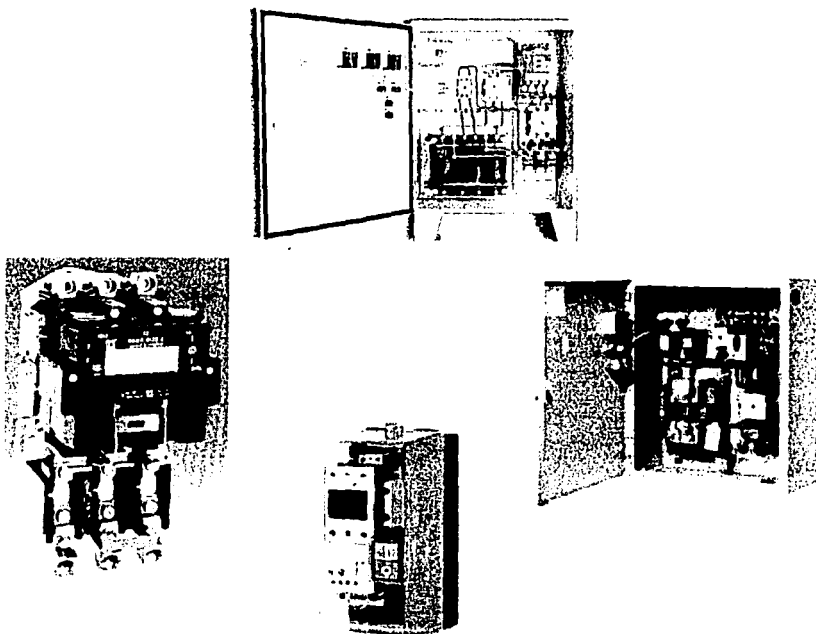


Fig. 1.24 diferentes tipos de arrancadores.

CAPITULO
II
NORMAS
Y
SIMBOLOGIA

II.1 NORMA OFICIAL MEXICANA. (NOM)

- SECCION MOTORES.

APLICACIONES.

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 2.1.)

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" 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 definido.

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.

IDENTIFICACIÓN DE MOTORES.

a) **Motores de uso normal.** Los motores deben estar provistos de una 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 numero 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 o 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.

Diagrama que muestra la forma en que está dividida la sección motores.

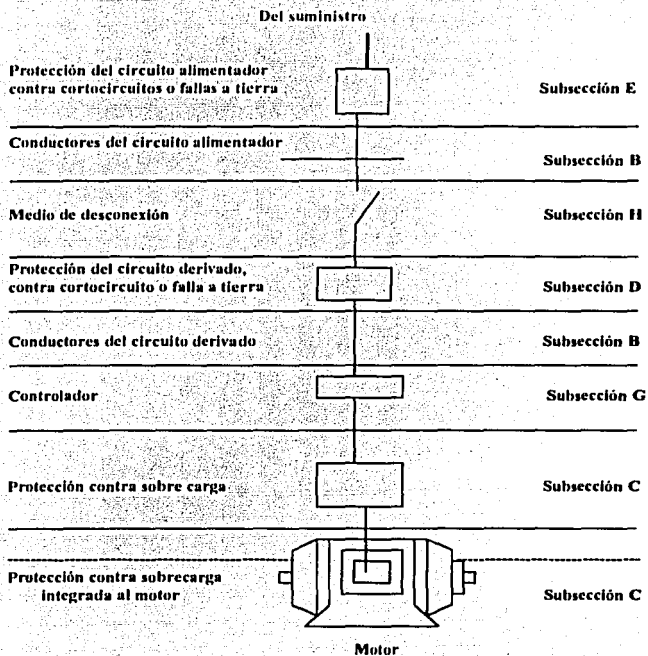


Figura 2.1

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

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 dé el mayor número de KVA por caballo de potencia con rotor bloqueado.

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.

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.

B. CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.

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 los artículos 202.6 y 203.3, respecto a la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores respectivamente.

202.6 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.

203.3 Caída de tensión.

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.

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 2.1

**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 gira- torias, etc.	85	85	90	140
Periódico: Rodillos, máquinas para manipulación de minerales, etc.	85	90	95	140
Variable:	110	120	150	200

Tabla 2.1

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 2.1, en base a la corriente a plena carga del secundario del motor.

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 25 por ciento de la corriente del motor más grande del grupo.

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.

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 un solo dispositivo de sobrecorriente y además cumplir alguno de los requisitos siguientes:

- a) No ser 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.

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.

C. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA EN EL MOTOR.

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.

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 403.35 y 403.36.

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.

MOTORES DE SERVICIO NO CONTINUO.

Un motor que preste un tipo de servicio de corto tiempo, intermitente, periódico variable véase la tabla 403.14, 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 403.35.

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.

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.

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.

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 2.2.

Unidades de protección de motores contra sobrecarga.

Clase de motor	Sistema de Alimentación	Número y ubicación 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. monofásico 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	2, en dos conductores cualesquiera, excepto el neutro.*

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

Tabla 2.2

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.

MOTORES CONECTADOS A CIRCUITOS DERIVADOS DE USO GENERAL.

Los relevadores e 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 403.35, 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.

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), a que se refiere la sección 202, 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 artículo 403.36, inciso a).

b) De más de un caballo de potencia. Los motores con capacidades nominales mayores que las específicas en artículo 403.36 a), puede conectarse a circuitos derivados de uso general sólo cuando estén provistos de la protección individual contra sobrecarga que se especifica en el artículo 403.23.

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.

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

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 tierras. Estos requisitos complementan o modifican a los de la sección 205.

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 siguientes valores:

a) En el caso de fusibles sin retardo de tiempo o de interruptores automáticos del tipo de tiempo inverso, su capacidad o ajuste no debe ser mayor del 400 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

b) En el caso de fusibles con retardo de tiempo (de doble elemento), su capacidad no debe ser mayor del 225 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

c) En el caso de interruptores automáticos del tipo de disparo instantáneo (sin retardo de tiempo), su ajuste no debe ser mayor del 1300 por ciento de la corriente a plena carga del motor. Sólo puede usarse esta unidad de disparo instantáneo cuando sea ajustable y cuando se use en una combinación aprobada de arrancador e interruptor que tenga protección contra sobrecargas y contra cortocircuitos intercalada en cada conductor activo.

d) Para un motor con corriente a plena carga de 6 amperes o menos, el circuito derivado puede considerarse protegido por un dispositivo de sobrecorriente de 20 amperes o menos.

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.

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 403.23.

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, de acuerdo con el artículo 205.7.

CONDUCTORES ACTIVOS.

a) En cada conductor activo debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra sobrecorriente (fusible o unidad de disparo de sobrecorriente de un interruptor automático).

b) Los interruptores automáticos deben conectarse a todos los conductores activos del circuito.

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, seleccionado de acuerdo con el artículo 403.35.

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 403.35 y 403.72.

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

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.

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 alimentadores, ajustándose al artículo 205.4.

El artículo 205.4 se refiere al 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.

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, determinada de acuerdo con la Sección 204, más la capacidad que corresponda a los motores, de acuerdo con los artículos 403.35 y 404.44, según se trate de un solo motor o de varios motores.

F. CIRCUITOS DE MOTORES

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.

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.

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 disponerse de manera que una tierra accidental en el dispositivo de control remoto no origine el arranque del motor.

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 a que se refiere el artículo 403.70, 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.

G. CONTROLADORES DE MOTORES.

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.

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.

CAPACIDAD.

Los controladores de motores construidos 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.

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 (véase el artículo 403.76).

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.

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.

NÚMERO DE MOTORES SERVIDOS PARA CADA CONTROLADOR.

Cada motor debe estar provisto de un controlador individual.

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.

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.

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.

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 usuarios 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 sujeta a lo que sobre el particular resuelva la secretaría.

II. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

GENERAL.

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

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.

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.

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.

INDICACIÓN DE POSICIÓN.

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

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.

INTERRUPTOR COMO CONTROLADOR Y MEDIO DE DESCONEXIÓN.

Un interruptor que cumpla con lo indicado en el artículo 403.58 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.

UBICACIÓN DEL MEDIO DE DESCONEXIÓN.








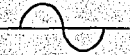

a) El medio de desconexión debe estar a la vista desde la ubicación del controlador o bien asegurarse en la posición de abierto.

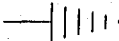










b) El medio de desconexión debe colocarse donde sea fácilmente accesible.


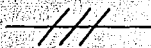






MOTORES SERVIDOS POR UN SOLO MEDIO DE DESCONEXIÓN.

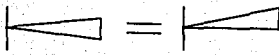








Cada motor debe proveerse de un medio de desconexión individual.











11.2 SÍMBOLOS ELÉCTRICOS

DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
1.- LAMPARA	
INCANDESCENTE	
ARBOTANTE	
ARBOTANTE INCANDESCENTE	
FLUORESCENTE	
ARBOTANTE INCANDESCENTE INTERIOR	
PILOTO O INDICADORES COLOR INDICADO POR LETRA CON CONTACTO DE PRUEBA	
SIN CONTACTO DE PRUEBA	
2.- LÍNEAS - CONEXIONES - TUBERÍAS	
CORRIENTE ALTERNA	
CORRIENTE CONTINUA	











DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
A TIERRA	
INCANDESCENTE	
CRUCE, CONECTADAS	
CRUCE, CONECTADAS	
DE TIERRA	
DISPOSITIVO DE ENCHUFE	
CONEXIÓN ENLACE MECÁNICO	
CONEXIÓN MECÁNICA	
CAJA DE CONEXIONES	
TUBERÍA POR MURO O TECHO	
TUBERÍA POR PISO	

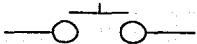



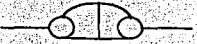
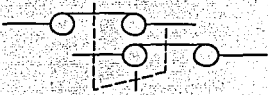

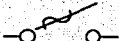
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
TUBERÍA PARA TELÉFONO	-----
TUBERÍA VERTICAL QUE BAJA	
INDICACIÓN DE NÚMERO DE CONDUCTORES	
APARTA RAYOS	
3.- ANUNCIADORES	
BOTÓN TIMBRE	
TABLERO DE PORTERO ELÉCTRICO	
CAMPANA DE TIMBRE	
BOCINA, CHICHARRA, SIRENA, ETC.	
ZUMBADOR	



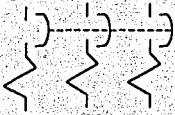
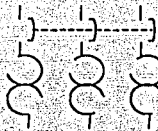
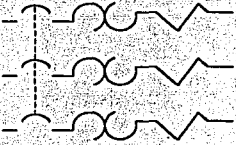


DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
TELÉFONO DIRECTO	
TELÉFONO CONMUTADOR	
EXTENSIÓN TELEFÓNICA	
TELÉFONO DE PORTERO ELÉCTRICO	
BATERÍA	
APAGADORES	
SENCILLO - DOS VÍAS	
TIPO ESCALERA - TRES VÍAS	
CUATRO VÍAS	
4.- BOBINAS	
BOBINA INDICANDO FUNCIÓN	










DENOMINACIÓN	S I M B O L O G I A
BOBINA DE DERIVACION	
BOBINA EN SERIE	
5.- CONTACTOS MONOFASICO - SENCILLO	
MÚLTIPLE EN MURO	
TRIFASICO	
SENCILLO, CONTROLADO POR APAGADOR	
CUATRO HILLOS	
EN INTIEMPERIE	
EN PISO	
5.1.- CONTACTOS DE OPERACIÓN INSTANTÁNEA	
INTERRUPTOR DE CAJA	



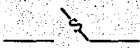




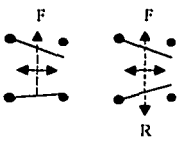
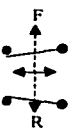
DENOMINACIÓN	SIMBOLO
CON FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO	
SIN FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO	
SIN FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO	
DE OPERACIÓN MAGNETICA * INDICA FUNCION	
5.2.- CONTACTOS DE ACCION RETARDADA - CUANDO LA BOBINA ES: - ENERGIADA NORMALMENTE ABIERTO	
ENERGIADA NORMALMENTE CERRADO	
DESENERGIADA NORMALMENTE ABIERTO	
DESENERGIADA NORMALMENTE CERRADO	
5.3.- CONTACTOS SUPLEMENTARIOS	
DESCONEXION DOBLE	




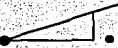
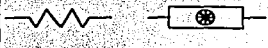

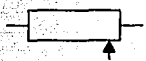




DENOMINACIÓN	SIMBOLO
UN POLO, TIRO SENCILLO NORMALMENTE CERRADO, DESCONEXIÓN SENCILLA	
DESCONEXION DOBLE	
UN POLO DOBLE TIRO DESCONEXION SENCILLA	
DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO, TIRO SENCILLO NORMALMENTE ABIERTO DESCONEXION SENCILLA	
DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO, TIRO SENCILLO NORMALMENTE CERRADO DESCONEXION SENCILLA	
DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO, TIRO SENCILLO DESCONEXION SENCILLA	
DESCONEXION DOBLE	



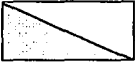


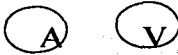



DENOMINACIÓN	SIMBOLO
6. ESTACIONES DE BOTONES CONTACTOS MOMENTÁNEO	
UN CIRCUITO NORMALMENTE ABIERTO	
UN CIRCUITO NORMALMENTE CERRADO	
DOBLE CIRCUITO NORMALMENTE ABIERTO	
DOBLE CIRCUITO NORMALMENTE CERRADO	
CABEZA DE HONGO	
UN CIRCUITO DOBLE	
7. FUSIBLE	
FUERZA O CONTROL	
DESCONECTOR	











DENOMINACIÓN	SIMBOLO
8.- INTERRUPTORES	
EN ACEITE	
TERMOMAGNÉTICO	
8.1.- AUTOMÁTICOS CON SOBRE CARGA MAGNÉTICA	
TÉRMICO	
TÉRMICA Y MAGNÉTICA	
8.2.- DE FLUJO (AIRE, AGUA, ETC.) NORMALMENTE ABIERTA	
NORMALMENTE CERRADO	

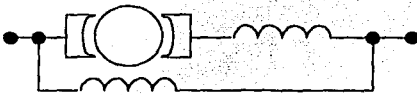
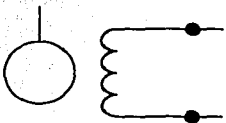

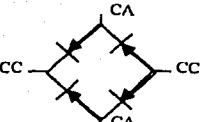
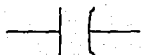
DENOMINACIÓN	SIMBOLO
8.3.- DE NAVAJAS POLO TIRO SIMPLE	
POLO DOBLE TIRO	
POLO CON ELEMENTO FUSIBLE	
DESCONECTADOR	
DE CIRCUITO	
8.4 DE NIVEL PARA LÍQUIDOS NORMALMENTE ABIERTOS	
NORMALMENTE CERRADO	
8.5.- DE PIE O PENAL NORMALMENTE ABIERTO	
NORMALMENTE CERRADO	


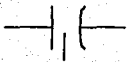
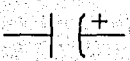


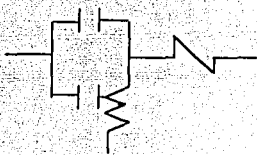


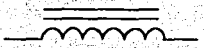
DENOMINACIÓN	SIMBOLO
8.6.- INTERRUPTORES DE OPERACIÓN EN GRUPO	
DE OPERACIÓN EN CARGA	
DE OPERACIÓN CON FUSIBLES	
8.7.- INTERRUPTORES DE TEMPERATURA NORMALMENTE ABIERTO	
NORMALMENTE CERRADO	
8.8.- INTERRUPTORES DE VACIO Y PRESION NORMALMENTE ABIERTO	
NORMALMENTE CERRADO	
8.9.- INTERRUPTORES DE VELOCIDAD ENCHUFABLE	
ANTIENCHUFABLE	

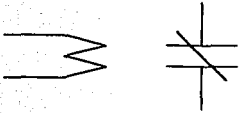
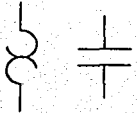

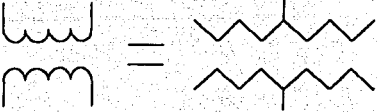

DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
8.10.- INTERRUPTORES DE LIMITE NORMALMENTE ABIERTO	
NORMALMENTE ABIERTO CIERRE MANTENIDO	
NORMALMENTE CERRADO	
NORMALMENTE CERRADO DE APERTURA MANTENIDA	
RESISTENCIAS 9.-* INDICA EL VALOR DE LA RESISTENCIA FIJA	
AJUSTABLE POR DERIVACIONES FIJAS	
REOSTATO DE POTENCIAL O DERIVACION	
10.- SALIDAS VENTILADOR	
RELOJ ELÉCTRICO MARCADOR	
RELOJ ELÉCTRICO SECUNDARIO	
ANTENA PARA RADIO	

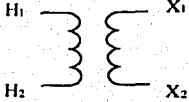
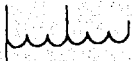

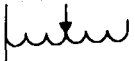
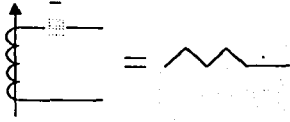
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
SALIDA PARA TELEVISION	
ESPECIAL TELEFONO	
TABLERO GENERAL	
DE FUERZA	
12- EQUIPO ELECTRICO DE MEDICION	
SÍMBOLO BASICO * INDICA CON LETRAS	
A- AMPERÍMETRO V- VOLTÍMETRO	
CA- CONMUTADOR AMPERÍMETRO CV- CONMUTADOR VOLTÍMETRO	
F- FRECUENCIÓMETRO G- GENERADOR	
WM- WATÍMETRO WIM- WATTÍORÍMETRO MD- MEDIDOR DE DEMANDA	
DT- DETECTOR DE TIERRA FP- FACTORÍMETRO	



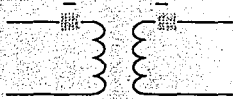
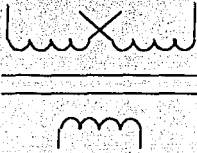



DENOMINACIÓN	SIMBOLO
13.- MAQUINAS ROTATIVAS	
MOTOR MONOFASICO	
MOTOR DE DOS FASES	
MOTOR DE TRES FASES CONEXIÓN ESTRELLA	
NORMALMENTE CERRADO	
MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO TIPO ROTOR DE VANADO	
MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO TIPO ROTOR JAULA DE ARDILLA	
MOTOR DE ESCOBILLAS	
MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CON EXITACION INDEPENDIENTE	
MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CON EXITACION EN SERIE	
MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CON EXITACION EN DERIVACION	

DENOMINACION	SIMBOLO
MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CON EXITACION COMPUESTA	
MOTOR SINCRONO	
14.- RECTIFICADORES DE MEDIA ONDA	
DE ONDA COMPLETA	
15.- CAPACITORES	
CAPACITOR FIJO	

DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
CAPACITOR AJUSTABLE	
CAPACITOR CON DERIVACIÓN	
CAPACITOR POLARIZADO	
16.- ARRANCADORES SÍMBOLO GENERAL	
ARRANCADOR A TENSIÓN COMPLETA	
ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA	
17.- INDUCTORES DENAVADOS	
NÚCLEO DE AIRE	
DEVANADOS CON DERIVACION	
NÚCLEO DE HIERRO	

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
18. RELEVADORES	
DE SOBRECARGA TERMICO	
19. TRANSFORMADORES SIMBOLO GENERAL	
CON DOS DEVANADOS SEPARADOS	
CON TRES DEVANADOS SEPARADOS	

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
<p>LAS LETRAS INDICAN LA POLARIDAD EN ALTA Y BAJA TENSION H_1, H_2, H_3, \dots ETC. X_1, X_2, X_3, \dots ETC</p>	
<p>AUTOTRANSFORMADOS</p>	
<p>TRANSFORMADOR DE TIMBRE</p>	
<p>AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE</p>	
<p>TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (-)9 INDICA POLARIDAD</p>	

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE BOQUILLA	
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	
TRANSFORMADOR CON MARCA DE POLARIDAD (-) INDICADOR DE POLARIDAD	
TRANSFORMADOR DE VOLTAJE DUAL	
20.- CONEXIONES DE TRANSFORMADORES SIMBOLO QUE SE DEBE COLOCAR AL LADO DEL SIMBOLO DEL TRANSFORMADOR	
TRES FASES, TRES HILOS, CONEXIÓN DELTA.	
TRES FASES, TRES HILOS, CONEXIÓN ESTRELLA.	
TRES FASES, CUATRO HILOS, CONEXIÓN ESTRELLA CON TIERRA.	

CAPITULO

III

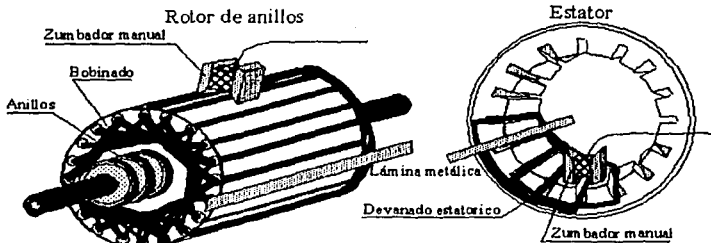
MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA.

III.1 MOTOR DE C.A. JAULA DE ARDILLA.

III.1.1 GENERALIDADES.

De los motores eléctricos, el jaula de ardilla se emplea con mayor frecuencia, por su rentabilidad y el bajo mantenimiento que requiere, son algunas de las cualidades que justifican su popularidad, desde los pequeños motores de potencia fraccionaria monofásicos, bifásicos y trifásicos de gran capacidad.

La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas espaciadas en la periferia del estator. El rotor consiste de un elemento giratorio, en el que se incluyen una serie de conductores paralelos al eje. Que de no existir las laminaciones que envuelven a los conductores, el rotor figuraría a las jaulas cilíndricas que se usaban para guardar las ardillas. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas de la armadura, genera un campo magnético rotatorio, que excita al rotor generando un campo opuesto en él, y la reacción magnética entre el campo rotatorio y el inducido en el rotor produce que éste gire. Si el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético, no habrá en él corrientes inducidas y por lo tanto no existe giro.



Localización de espiras en cortocircuito, en estator y rotor

III.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

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

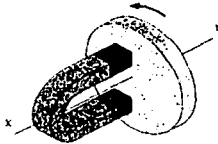


Fig. 3.2 desarrollo de un campo magnético rotatorio.

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 descalados 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo defasamiento eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos, forman un campo giratorio constante. La fig. 3.2 muestra el desarrollo de un campo magnético rotatorio.

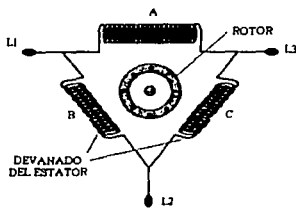


Fig. 3.6 desarrollo de un campo magnético rotatorio.

III.3 MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA.

En general, el motor de inducción de corriente alterna jaula de ardilla, consiste esencialmente en un estator y un rotor, el primero recibe energía en sus devanados que del circuito de alimentación y al segundo se le induce una corriente que la transforma en energía mecánica. En general el motor consta de dos partes principales, estator y rotor.

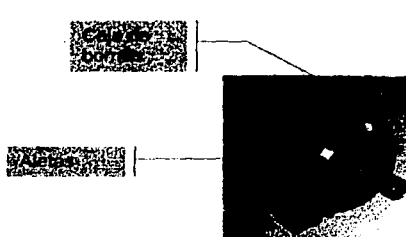


Fig. 3.3 MOTOR TRIFASICO DE INDUCCION.

III.3.1. ESTATOR.

El estator del motor, 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.

El estator está excitado por corrientes alternas que producen flujos giratorios. El hierro del estator debe estar laminado; el núcleo laminado del estator, formado por chapas de acero de 15 a 25 centésimas de mm de espesor, está ranurado en su superficie cilíndrica interior y el devanado consiste en bobinas embebidas dispuestas exactamente en la misma forma que las de un alternador síncrono para el mismo número de polos. En los motores de características nominales importantes, las ranuras del estator son de tipo abierto, esto es, las paredes laterales de las ranuras son paralelas con objeto de facilitar la inserción de bobinas de devanado conformado que se aíslan completamente antes de colocarlas.

El estator o arrollamiento primario del motor de inducción se conecta a la fuente de potencia, esta colocado en las ranuras del estator, y está completamente aislado de acuerdo a la fuente de potencia. Las sig. Figura muestra la conexión final de un estator.

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.

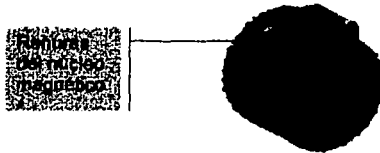


Fig. 3.4 Partes fundamentales de un estator.

III.3.2. 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**.

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 paralelamente 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.

El rotor o arrollamiento secundario del motor de inducción es su arrollamiento de armadura. Está colocado en las ranuras del rotor. El arrollamiento de la armadura no está conectado a una fuente de potencia sino que toma su potencia por inducción del flujo producido por el arrollamiento del estator de aquí el nombre de motor de inducción.

Hay dos clases generales de arrollamientos del rotor, uno el arrollamiento de jaula de ardilla, el otro un arrollamiento de fase aislado similar al del estator. El arrollamiento de jaula de ardilla consiste en barras desnudas colocadas en las ranuras y conectadas juntas al final por un anillo. Las ranuras son de poca profundidad y semiabiertas, esto produce una característica par motor velocidad definida. Para producir una característica diferente de par motor-velocidad, las ranuras y las barras son estrechas y mucho más profundas, como se muestra en la figura 3.5.

La carcasa y estructura soporte del motor, que con las placas laterales sirve para llevar los cojines, para transmitir el par a la bancada y para soportar y proteger el núcleo y los extremos de las bobinas, toma diversas formas, lo que depende de las condiciones de trabajo a que va a ser sometido el motor.

El devanado del rotor suele ser del tipo jaula de ardilla, que en máquinas de gran tamaño consiste en barras de cobre que ocupan ranuras casi cerradas sobre la periferia exteriores del núcleo del rotor; estas barras están solidamente soldadas a las abrazaderas terminales.

Los motores de inducción en jaula de ardilla cuando son alimentados a tensión constante en las bornas del primario (estator) tiende a funcionar prácticamente a velocidad de sincronismo, pero la velocidad cae ligeramente con el aumento de la carga, exactamente igual que en los motores de c.c.; ahora bien el par de arranque de un motor ordinario jaula de ardilla queda limitado al doble, aproximadamente, el par de plena carga cuando se aplica la tensión total al devanado del estator y en estas condiciones la corriente de arranque es de cinco a ocho veces su valor de plena carga, de lo que se deduce que cuando se precise un par de arranque elevado, será necesario un tipo diferente de rotor.

En general, puede definirse el primario como el devanado al que se suministra la energía desde la fuente de alimentación y el secundario como el devanado en el que se produce la corriente de trabajo por inducción.

Existen determinadas restricciones en cuanto el número de ranuras del rotor en relación con el número de ranuras del estator, siendo la principal que estos dos números no deben ser iguales, ya que si lo fuesen la reactancia del circuito magnético en conjunto variaría desde un máximo cuando los dientes están frente a las ranuras, hasta un mínimo cuando los dientes están frente a los dientes. La frecuencia de pulsación de flujo resultante sería elevada, ya que el tiempo de un periodo completo sería únicamente el breve intervalo necesario para que un punto sobre el rotor se desplace una distancia igual al paso de dientes.

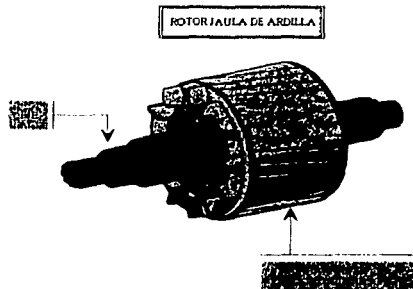


Fig. 3.5 (a) Rotor Jaula de Ardilla.

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 centrífugo 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.

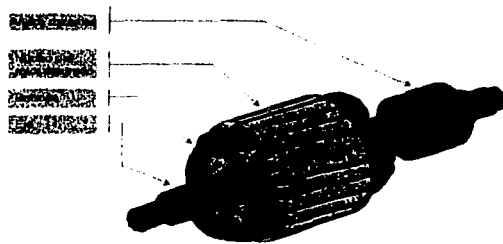


Fig. 3.5 (b) Rotor devanado.

Las figuras 3.6 y 3.7 muestran los detalles de construcción de un motor jaula de ardilla y un motor de rotor devanado respectivamente

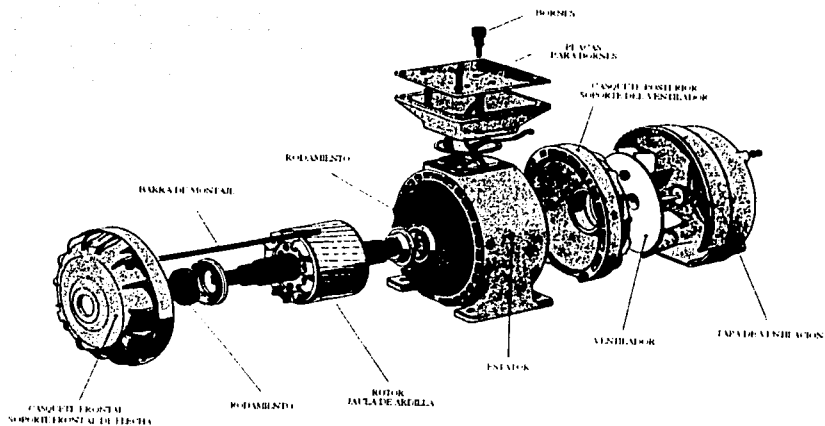


Fig. 3.6 Detalles de construcción de un motor típico jaula de ardilla.

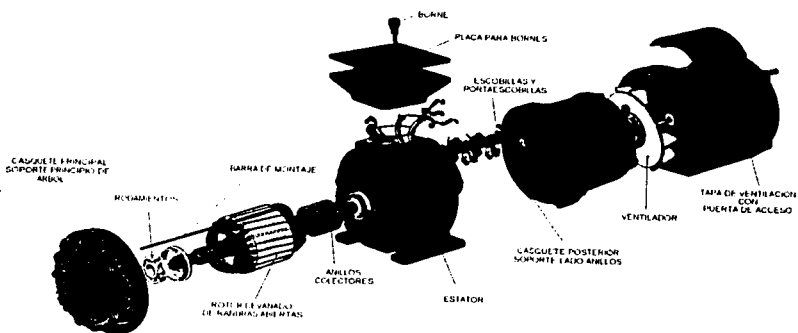


Fig. 3.7 detalles de construcción de un motor típico de rotor devanado.

III.4 ASPECTOS MECANICOS DE LA ELECCIÓN DE UN MOTOR.

Para asegurar la elección correcta de los motores es importante considerar las características de la carga en lo que se refiere a sus aspectos mecánicos, para calcular:

1.- el par de arranque: el par requerido para vencer la fricción estática de la máquina y producir el movimiento;

2.- el par de aceleración: el par necesario para acelerar la carga hasta la velocidad nominal;

3.- el par de funcionamiento: el par necesario para mover la carga en condiciones de funcionamiento normal a una velocidad dada.

Analizando las características de par es posible llegar a un verdadero conocimiento de funcionamiento mecánico de la carga y seleccionar el motor capaz de desarrollar el par necesario a la velocidad requerida.

III.4.1 POTENCIA Y TRABAJO.

La condición fundamental al determinar la potencia de un motor es que debe desarrollar el par necesario para mover la máquina a la que está acoplado. Ahora bien, la máquina debe realizar un trabajo, así que el motor debe suministrar la suficiente potencia para realizarlo en el tiempo requerido. Teóricamente hablando, se realiza un trabajo cuando la fuerza que actúa sobre un cuerpo causa el movimiento de éste. La cantidad de trabajo realizado se expresa en **Kilográmetros** y es el producto de la fuerza en kilogramos por la distancia recorrida, en metros por el punto de aplicación de la fuerza a lo largo de la línea de acción.

$$\text{TRABAJO REALIZADO} = \text{fuerza} \times \text{distancia (Kgm)} \quad (3.1)$$

La potencia es la velocidad de producción de trabajo, o el trabajo realizado por unidad de tiempo. El caballo es la unidad de potencia que equivale a la relación de 4500 Kgm. en un segundo. Esto resulta de la conversión de libras por pulgadas a kilogramos metro.

$$\text{Potencia en HP} = \frac{\text{Kilográmetros por minuto}}{4500} \quad (3.2)$$

Se puede apreciar que es el ritmo de producción de trabajo lo que determina la potencia, de manera que la potencia de un motor da el trabajo que puede realizar en un tiempo determinado. De ahí que una gran cantidad de trabajo se pueda realizar con un motor pequeño si el tiempo es muy largo, pero si el tiempo es pequeño se necesita un motor mucho mayor.

III.4.2 PAR.

En el caso de un motor la fuerza que actúa sobre el árbol produce un movimiento giratorio; lo que equivale a decir que el motor desarrolla un esfuerzo o torsión, o par. Ahora bien, el par o momento de giro, = Fr Kgm, donde F es la fuerza en Kilogramos y r el radio en metros desde el eje del árbol al punto donde se aplica la fuerza. Puesto que el trabajo está dado por el producto de la fuerza por la distancia, el trabajo producido en una vuelta es = $2\pi FrKmg$.

El trabajo realizado en N revoluciones por el motor = $2 \pi NFr(Kgm)$, y

$$HP = \frac{2\pi Fr \times r.p.m.}{4500} \quad (3.3)$$

Puesto que el par = Fr, el par ejercido por un motor está dado por

$$T = \frac{HP \times 4500}{2\pi \times r.p.m.} Kgm \quad (3.4)$$

Cuando se considera la aplicación de los motores para una potencia y velocidad determinadas, es conveniente simplificar la ecuación 3.4 a:

$$T = \frac{HP \times 716}{r.p.m.} Kgm \quad (3.5).$$

La siguiente tabla muestra los valores de par obtenidos de algunos motores con la ayuda de la ecuación 3.5. Conociendo solo los HP del motor y sus r.p.m.; esto datos se encuentran en la placa de cada motor.

POTENCIA (HP)	POTENCIA(KW)	VELOCIDAD(R.P.M.)	PAR(Kgm)
1	0.75	1800	0.397
1.5	1.125	3600	0.298
2	1.5	3600	0.397
3	2.2	3600	0.596
5	4	3600	0.994

III.4.3 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:

$$N = \frac{120f}{p} \text{ r.p.m} \quad \text{ec. 3.4.1}$$

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 con juntándose 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 a una batería de resistencias regulables, montadas en estrella.

Cortados por el campo giratorio, los conductores que forman los devanados rotóricos, producen corrientes inducidas que recorren la batería 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 montadas en el circuito rotórico, este tipo de motor puede alcanzar un par de arranque que se eleve a 2.5 veces el par nominal.

En 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 3.4.1, la velocidad de los motores asincronos no esta influenciada por las variaciones de tensión, pero es proporcional a la frecuencia de alimentación e inversamente proporcional al numero 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 rpm	3600 rpm
CUATRO POLOS	1,500 rpm	1,800 rpm
SEIS POLOS	1,000 rpm	1,200 rpm
OCHO POLOS	750 rpm	900 rpm
DIEZ POLOS	600 rpm	720 rpm
DOCE POLOS	500 rpm	600 rpm

Tabla 3.1 Velocidad de los motores trifásicos en función del número de polos.

CAPITULO
IV
CONTROL DE MOTORES
DE C. A.

IV.1 CONTROL DE ARRANQUE PARA MOTORES TRIFÁSICOS 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.1.1. ARRANQUE A TENSION PLENA.

El método mas 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.

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

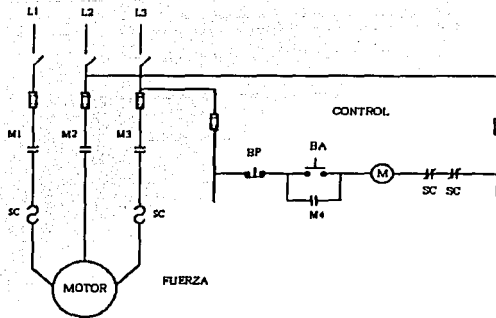


Fig. 4.1 Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión plena conectado a un motor jaula de ardilla.

IV.1.2. 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:

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

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 desea 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, ocasione problemas al impulsarla 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.1.2.1 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.

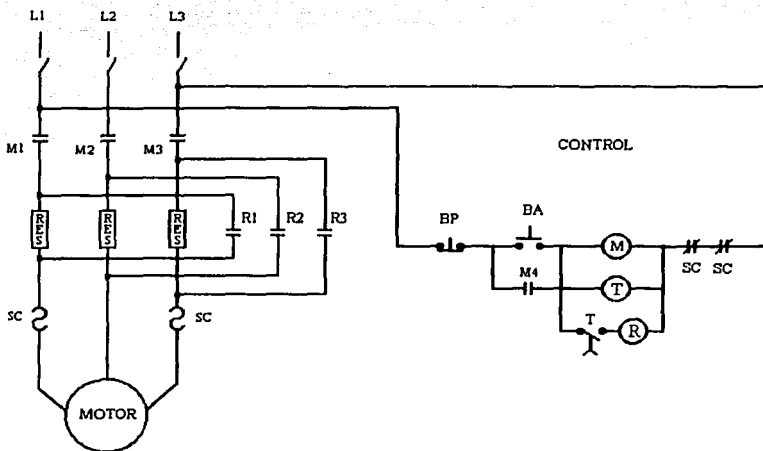


Fig. 4.2 Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión reducida con resistencias primarias para un motor jaula de ardilla.

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 puenteados 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 bimetalico.

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.1.2.2 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 accionamientos 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.

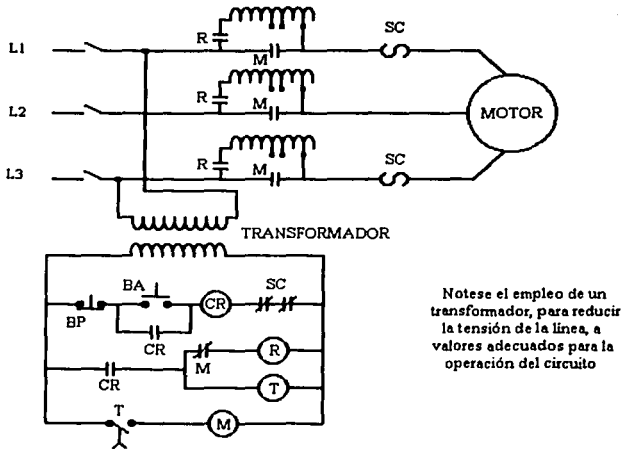


Fig. 4.3 Diagrama lineal de un arrancador a tensión reducida por reactancias.

IV.1.2.3 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 el 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:

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

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

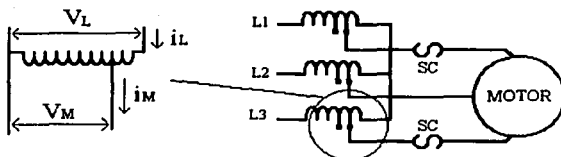


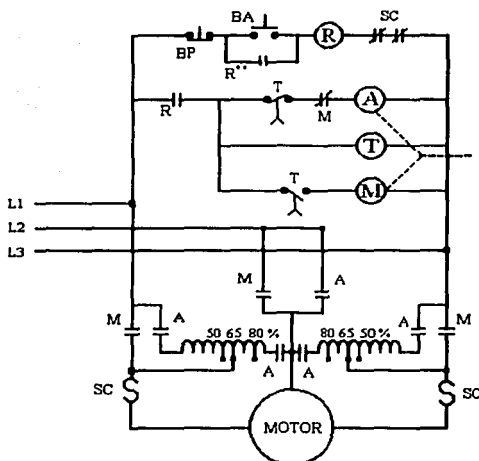
Fig. 4.4 conexión del motor durante el arranque con un autotransformador.

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 4.5 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.



CONTACTORES: A, M.
RELEVADOR DE CONTROL: R
RELEVADOR DE TIEMPO: T

Notese que A y M
se encuentran bloqueados
mecánicamente

Fig. 4.5. 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 cerrar éste se excita la bobina del relevador R, que cierra sus contactos en el circuito de control, manteniendo uno de ellos el enclave al dejarse de pulsar el botón.

Otro contacto de R permite la energización de la bobina del contactor A y la del relevador de tiempo a bobina energizada T. Al cerrarse los contactos de A, el motor se conecta a la línea a través del autotransformador. Un tiempo después de energizada la bobina T, los contactos que 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.

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

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.

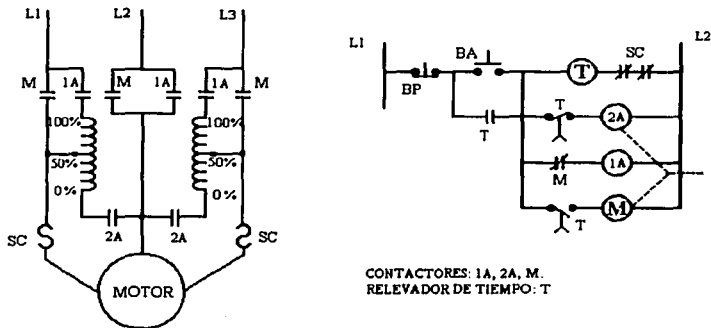


Fig. 4.6. diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador con transición cerrada.

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 el (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.1.2.4 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 combinadores, como se puede observar en la figura 4.7.

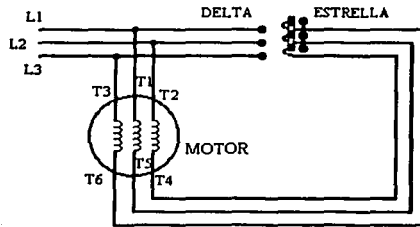


Fig. 4.7 arranque manual estrella - delta para un motor trifásico jaula de ardilla. El cambio se realiza con un desconector de navajas de tres polos, dos tiros.

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 ésto 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 4.8. 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.

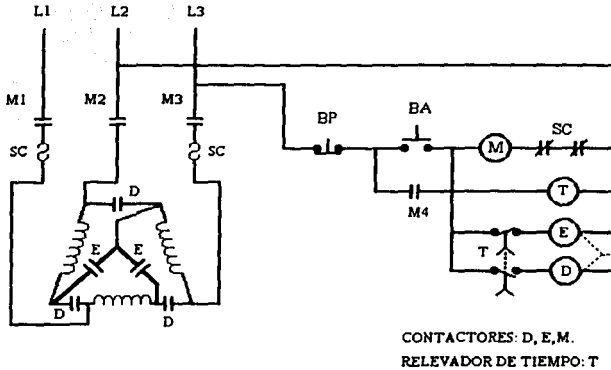


Fig. 4.8 Arrancador magnético a tensión reducida estrella - delta, para un motor trifásico jaula de ardilla.

El circuito de la figura 4.8, 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.2 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:

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

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:

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

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

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

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.2.1 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA.

IV.2.1.1 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:

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

Donde:

E_{em} = 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).

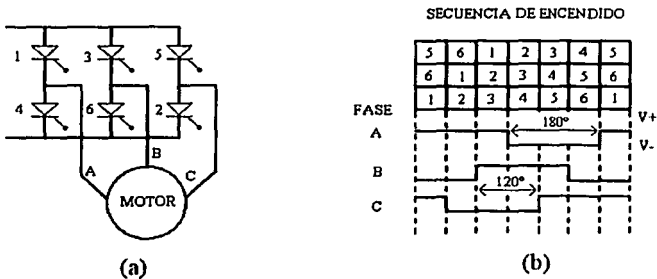


Fig. 4.19 inversor que alimenta un motor de inducción jaula de ardilla.

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.

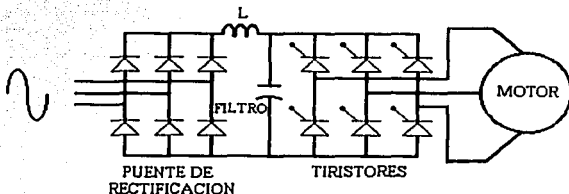


Fig. 4.20 Esquema simplificado del circuito de fuerza, de un convertidor de frecuencia con semiconductores, para el control de la velocidad.

IV.2.2 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 sincrónica 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 bloques mecánico y eléctrico.

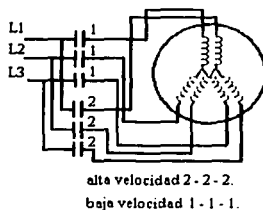


Fig. 4.21. motor de dos devanados, dos velocidades.

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.

IV.3 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.3.1 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.3.2 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.

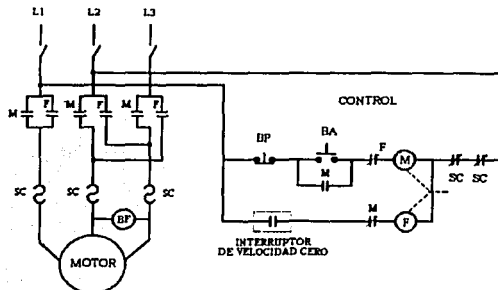


Fig. 4.23 Diagrama simplificado de un arrancador a tensión plena de un motor jaula de ardilla, provisto de un sistema de frenado por contracorriente y freno mecánico.

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.3.3 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.

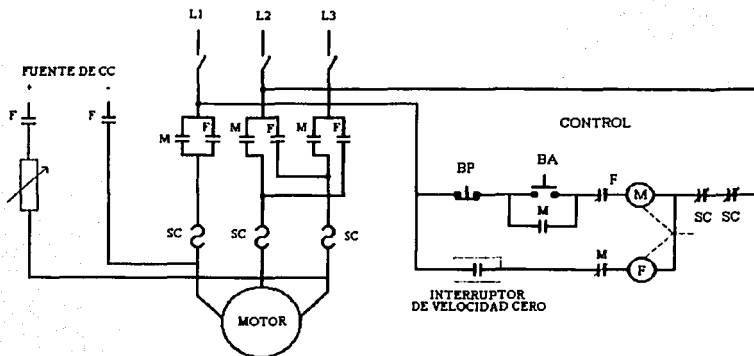


Fig. 4.24. Diagrama esquemático de un sistema de frenado dinámico para un motor jaula de ardilla o anillos rozantes

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.

CAPITULO
V
VARIADOR DE
VELOCIDAD.
ALTIVAR.

V.1 GENERALIDADES.

El altivar 66 es un convertidor de frecuencia cuya finalidad es controlar motores síncronos de jaula (normalizados o especiales) en una gama de potencia de 0.75 a 220 KW.

El control tiene lugar a través de un microprocesador integrado. Gracias a un método de modulación especial, con frecuencia de impulsos regulable, se consigue una marcha extremadamente silenciosa del motor. La refrigeración natural del aparato procura una alta fidelidad.

Mediante diversas funciones protectoras se puede conseguir una protección total del convertidor y del motor.

Es un variador modular y evolutivo que se adapta perfectamente a los entornos industriales y a las aplicaciones de todo tipo, gracias a su amplio conjunto de accesorios y aditivos.

El Altivar 66 dispone del nuevo concepto de accionamiento PRO System, que aporta la solución a las aplicaciones exigentes gracias a las siguientes funciones.

- Control vectorial de flujo con o sin captador,
- Nuevos algoritmos de control de flujo,
- Adaptación automática de los parámetros específicos del motor.

El variador Altivar 66 viene ajustado de fábrica para satisfacer las aplicaciones más habituales.

- Sobrepar para garantizar el arranque en caso de rozamiento seco o de resistencia mecánica.
- Par máximo disponible sin ajuste desde las velocidades bajas.
- Adaptación automática de los tiempos de las rampas de aceleración en caso de que se excedan las posibilidades de par.

La figura 5.1 muestra un variador de velocidad por frecuencia.

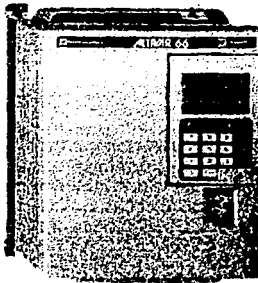


Fig. 5.1 VARIADOR DE VELOCIDAD.

V.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

V.2.1 TERMINAL DE EXPLOTACIÓN.

En la parte delantera del variador hay una terminal de explotación.

Esta terminal puede mostrar explícitamente diversos menús que permiten:

- Elegir el idioma de diálogo (entre 7)
- Identificar el variador.
- Visualizar las magnitudes de explotación o de un defecto.
- Reajustar los parámetros y la configuración del Altivar.
- Seleccionar el control local por el teclado.

V.2.2 PANTALLA.

Pantalla de cristal líquido que permite visualizar barras gráficas, con video inverso para resaltar un texto, un código o un valor numérico.

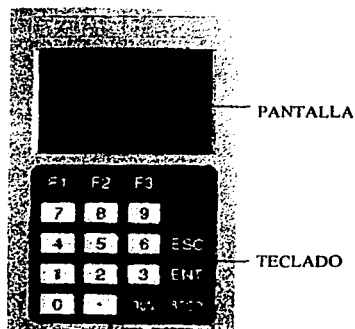
Pantalla gráfica de cristal líquido, definición 128 X 64 puntos:

- 6 líneas de 21 caracteres.
- Visualización de barras gráficas para las magnitudes de explotación.

V.2.3 TECLADO.

Teclado de 20 teclas:

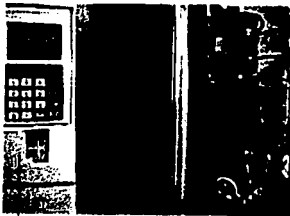
- 1 Tecla ENT (intro): Validar y pasar al menú siguiente,
- 1 Tecla ESC (Escape): Salir y volver al menú anterior,
- 2 Teclas de dirección : seleccionar en los menús
- 11 Teclas numéricas: 0 al 9 y el punto decimal,
- 3 Teclas Función que pueden ser asignadas F1 – F2 – F3,
- 2 Teclas RUN y STOP de control local ocultas por una tapa de protección extraíble.



V.2.4 SEÑALIZACIÓN.

Señalización mediante 3 LED situados en la parte delantera del variador:

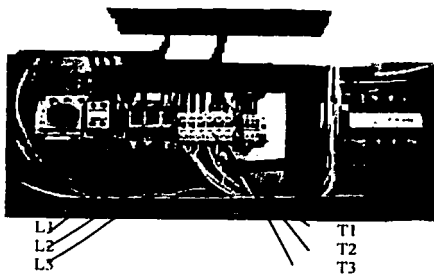
- LED rojo encendido: Altivar en defecto.
- LED amarillo encendido: Altivar en limitación de corriente.
- LED verde encendido: Altivar en tensión.



LED DE SEÑALIZACIÓN

V.2.5 ALIMENTACIÓN.

Se alimenta con una tensión eléctrica de 220 Volts más menos 15 % y una frecuencia de 60 Hz. más menos del 5%.



V.3 PRINCIPIO DE ACCESO DESDE EL MENU PRINCIPAL.

V.3.1 MENU GENERAL.

Programación del variador enclavado, utilización del terminal en modo visualización.

MENU GENERAL
IMÁGENES DE LAS ENTRADAS SALIDAS DEFECTOS PASADOS

Acceso parcial a la programación del variador.

Acceso a la configuración del variador y a los principales ajustes

- Límites de velocidad
- Tiempos de las rumpas
- Par de baja velocidad
- Estabilidad
- Protección térmica

**ACCESO
PARCIAL**

MENU GENERAL
PARAMETROS DE AJUSTE IMAGEN ENTRADA/SALIDA DEFECTOS PASADOS CONFIGURACIÓN VARIADOR NIVEL DE ACCESO

Seleccionando la opción acceso total se puede acceder a 5 modos de programación suplementarios en el menú general.

ACCESO TOTAL

Apertura total que permite adaptar al variador a aplicaciones específicas, acceso a la configuración del modo visualización durante la explotación y del control local desde la terminal.

Acceso al fichero de seguridad y de configuración en una tarjeta PCMCIA (que habrá que pedir por separado) y al modo diagnóstico para probar el variador.

MENU GENERAL
PARAMETROS DE AJUSTE IMAGEN DE LAS ENTRADAS/SALIDAS DEFECTOS PASADOS CONFIGURACIÓN VISUALIZACIÓN CONFIGURACIÓN TERMINAL CONFIGURACIÓN VARIADOR CONFIGURACIÓN GENERAL MODO DIAGNOSTICO FICHERO AJUSTES NIVEL DE ACCESO

V.3.2 ASISTENCIA A LA PUESTA EN SERVICIO.

El Altivar 66 se ajusta en fábrica para las condiciones de empleo más habituales:

- Aplicación de par constante.
- Control 2 hilos.
- Elección del idioma de diálogo: alemán, inglés, español, francés, italiano, portugués o sucoo.

V.3.3 RESTABLECIMIENTO DE LA CONFIGURACION DEL VARIADOR.

- Dependiendo de la aplicación: par constante, par variable "silencioso".
- Dependiendo del modo de control: 2 hilos (órdenes lógicas medidas) o 3 hilos (órdenes lógicas por impulsos).

6- CONFIG. VARIADOR

PAR: CONSTANTE
MANDO: 2 HILOS
MOT: 50HZ 400-415 V
& ENT MODIFICAR
SALIR ESC/ayuda F1

V.3.4 AJUSTES DE LOS PARAMETROS DE ACOPLAMIENTO.

- Elección del tipo de control: ley tensión/frecuencia para adaptar el variador a la aplicación,

-Parámetros motor: introducción de los valores nominales del motor, ajuste de la compensación R1, del "boost" en tensión o del perfil, y de la estabilidad, elección del sentido de rotación de las fases, eventual reducción de la limitación de la corriente, ajustes de la compensación del deslizamiento y de la función lógica de control de frenado en el caso de una aplicación de par constante.

LIMITE DE CORRIENTE

LIMITE POR DEFECTO
UMBRAL FREC.: HZ
ENT. LOGICA: —
ENT. ANALOGICA: —
I LIMITACION: A

- Parámetros control: elección de la frecuencia máxima y de los límites de velocidad, ajuste de los tiempos de las rampas de aceleración y de deceleración y ajuste de la forma de las rampas (lineal, en S o en U), eventual elección de un 2º tiempo de rampa, ajuste de las frecuencias ocultas para suprimir las velocidades críticas que conllevan fenómenos de resonancia mecánica.

1- PARAM. DE FRECUENCIA

PEQ. VELOC. : 0.0 HZ
GRAN VELOC. 60.0 HZ
ACELERACION : 3.0 s
DECELERACION : 3.0 S
& ENT - MODIFICAR

- Selección de las funciones de aplicación: paso a paso (JOG), más/menos rápido, memorización de consigna, velocidades preseleccionadas, características de la entrada de consigna en corriente, conmutación automático manual, elección del control y del modo de parada, parada con pequeña velocidad temporizada, control bornero/terminal "by-pass", conmutación de 2 motores.

JOG

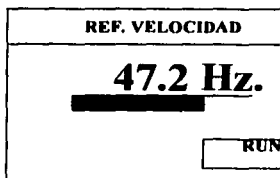
NO
SI, ENT. LOG. : L14
VELOC. JOG : 5.0 HZ
PAUSA : 0.5 S
SALIDA JOG : —

V.4 VISUALIZACIÓN DE LAS MAGNITUDES

En esta pantalla se visualizan las magnitudes de explotación durante el funcionamiento del altivar ya acoplado al motor.

V.4.1 SELECCIÓN DEL MODO DE VISUALIZACIÓN:

-1 Magnitud con barras gráficas. ajuste de fábrica.

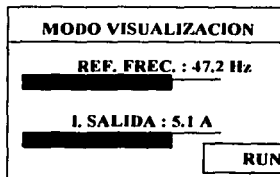


-2 magnitudes con barras graficas.

- 4 tablas que incluyen el conjunto de las magnitudes que pueden visualizarse sucesivamente utilizando las teclas de dirección.

-Elección, entre 14, de las magnitudes visualizables, 2 de las cuales estarán asignadas a la máquina, que habrá que validar en función de la aplicación.

1 Visualización codificada del estado del variador.



Para poder ver otras opciones tales como voltaje de salida, % par, velocidad del motor, voltaje de c.d., solo se deben de seleccionar con la flechas del teclado que indican hacia arriba y hacia abajo y se podra acceder a estos valores de funcionamiento.

V.5 CONECCIONES DEL ALTIVAR.

Para poner en marcha el altivar se debe alimentar con un voltaje de línea entre (208 - 220 V) y una frecuencia de 60 Hz. Las conexiones se efectuarán en las líneas de alimentación (L1, L2, L3) que se ubican en la parte inferior del variador.

Para alimentar el motor se deben conectar tres conductores del calibre 12 AWG como mínimo de acuerdo a la norma 403.13. Los cuales se alimentaran de los bornes T1, T2 y T3. Los cuales se encuentran situados a un lado de los bornes L1, L2 y L3. Posteriormente dichos cables se conectan al motor para su funcionamiento figura 5.2.

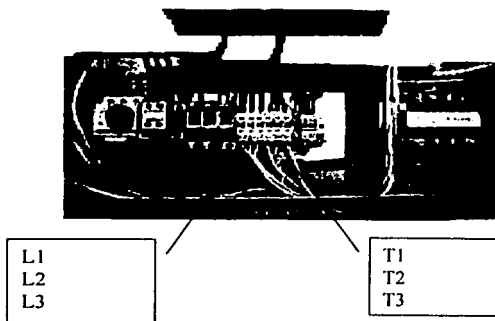
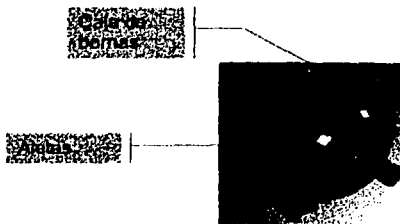


Figura 5.2 Conexiones del sistema.

V.6 CONFIGURACIÓN Y AJUSTES DEL VARIADOR.

Para la comprobación del funcionamiento del altivar conectamos un motor de inducción Jaula de Ardilla con los siguientes datos nominales :

- 3600 RPM.
- VOLTAJE DE ALIMENTACION 220 V.
- TRES FASES.
- 2 POLOS.
- 1.5 HP DE POTENCIA.
- CORRIENTE DE 1.5 AMPERES.

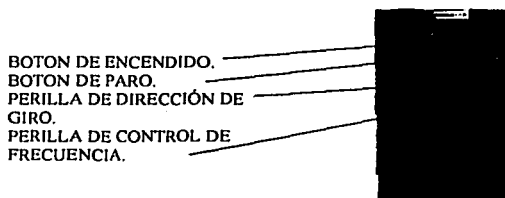


Con los datos antes mencionados del motor se calcula el par máximo de acuerdo a la siguiente expresión.

$$T = \frac{1.5 \times 716}{3600} = 0.298 \text{ Kgm} \quad \dots \text{cc. } 3.5$$

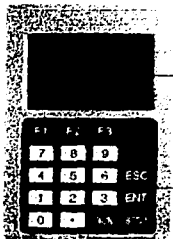
Para poner en marcha el altivar debemos seguir los siguientes pasos:

- 1.- Energizar el sistema con el voltaje requerido (208 – 220 V) en L₁, L₂, L₃.
- 2.- Alimentar el motor de T₁, T₂ y T₃, a los bornes del motor.
- 3.- Pulsar el botón de encendido de la parte exterior del variador.



4.- Selección del idioma.

- a).- Pulsar ESC hasta que aparezca el menú de idiomas.
- b).- Ubicar el cursores sobre el idioma deseado, con ayuda de las flechas.
- c).- Pulsar ENT para confirmar.



5.- Selección de las características de funcionamiento del motor:

- a) Pulsar ESC hasta que aparezca el menú de características del motor.
- b) Seleccionar los parámetros siguientes de acuerdo al tipo de motor que se desea controlar.
 - b.1) Control de 2 hilos.
 - b.2) 3600 RPM.
- c) Pulsar ENT para confirmar.

6.- Parámetros de frecuencia.

- a) Presione la tecla ESC hasta que aparezca el menú parámetros de frecuencia.
En esta pantalla solo podrán observarse parámetros tales como:

<p>1- PARAM. DE FRECUENCIA</p> <p>PEQ. VELOC. : 0.0 HZ GRAN VELOC. 60.0 HZ ACELERACION : 3.0 s DECELERACION : 3.0 S & ENT - MODIFICAR</p>

7.- Puesta en marcha del motor.

- a) Verificar que la perilla de frecuencia se encuentre en cero.
- b) Girar la perilla de dirección hacia la derecha.
- c) Girar la perilla de control de frecuencia hasta que se obtenga la frecuencia deseada de uso.

8. - Selección del modo de visualización.

- a) Presionando la tecla ESC se podrán ir observando las pantallas donde aparecerán los siguientes datos de funcionamiento:

REF. VELOCIDAD
47.2 Hz.
RUN

MODO VISUALIZACION
REF. FREC. : 47.2 Hz
I. SALIDA : 5.1 A
RUN

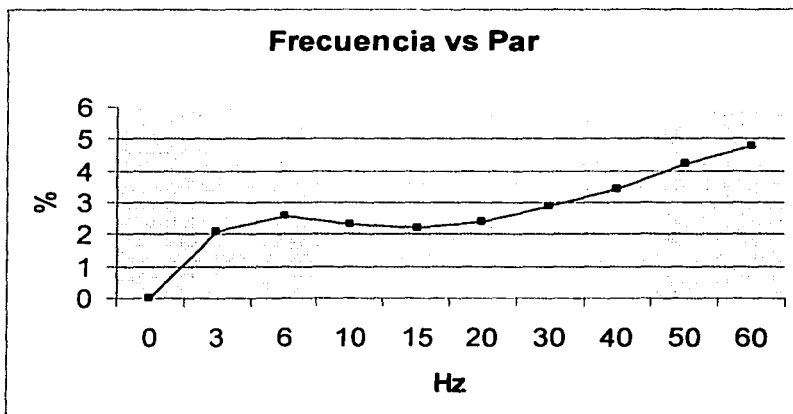
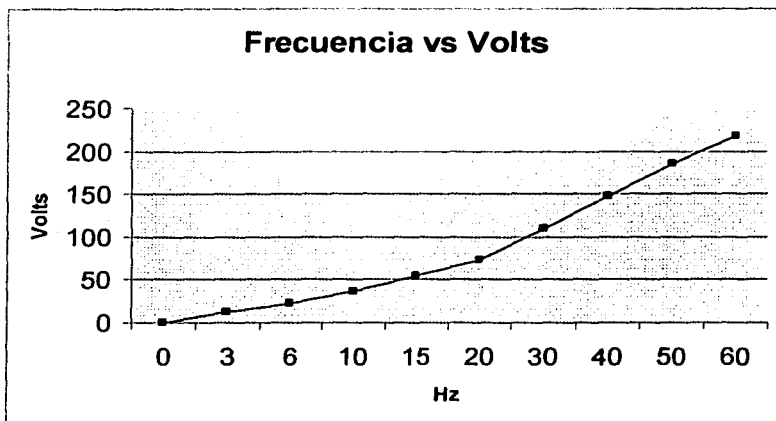
También se pueden observar datos como %PAR, velocidad en RPM, voltaje de salida, voltaje de c.d. y frecuencia.

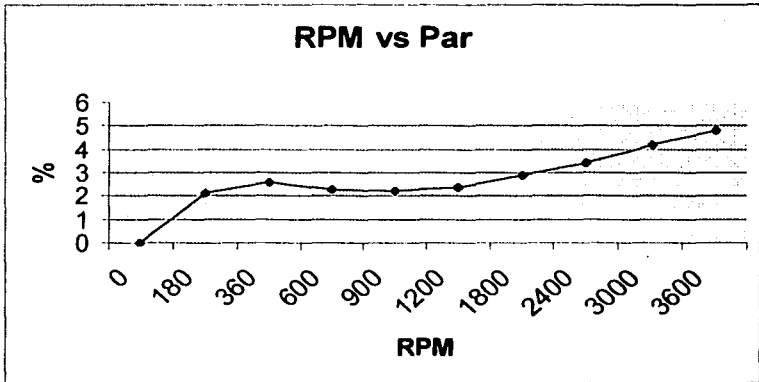
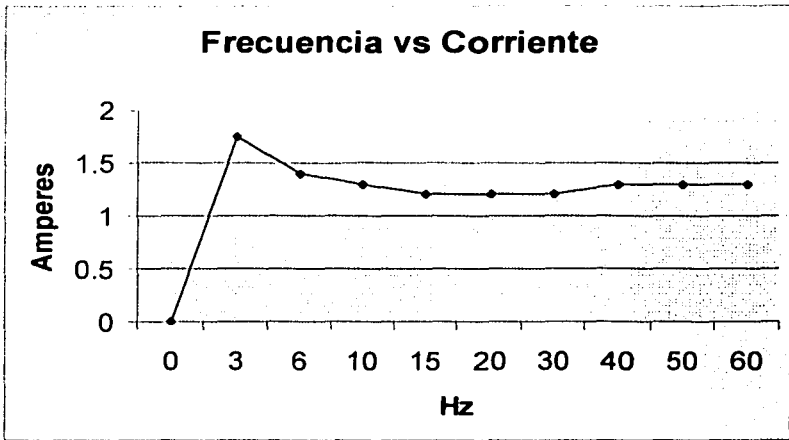
V.3 PUESTA EN MARCHA Y APLICACIÓN DEL VARIADOR.

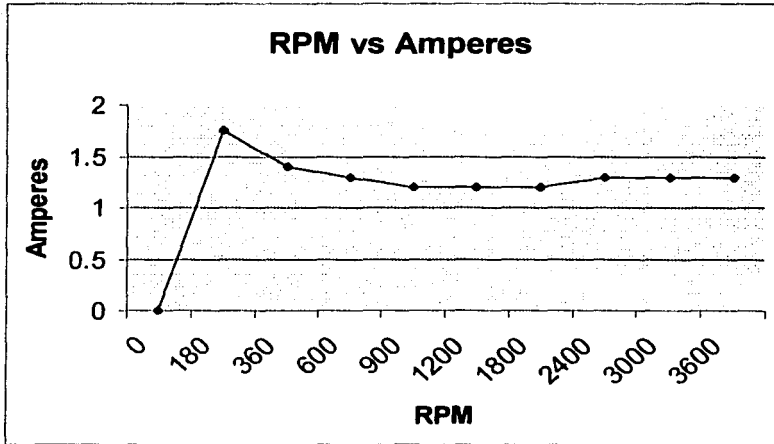
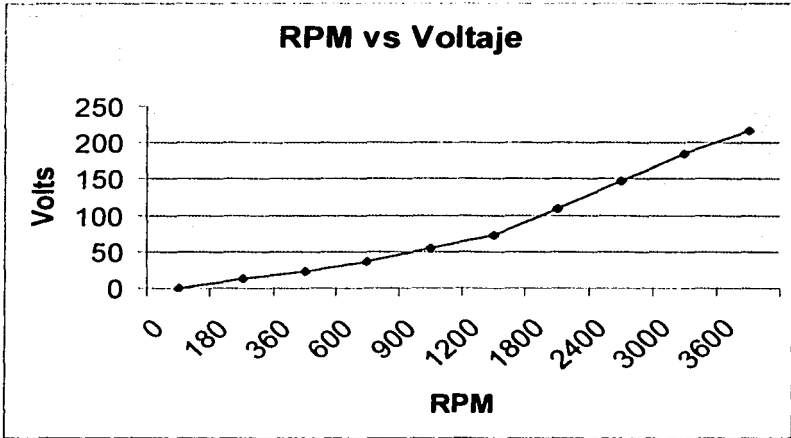
Una vez que se alimenta el variador, y ya configurado para el motor con las características nominales mencionadas se procede a realizar las mediciones a diferentes parámetros de frecuencia obteniéndose los resultados siguientes:

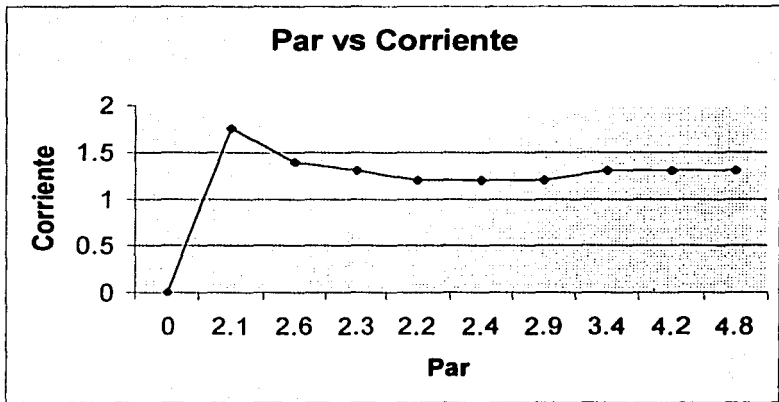
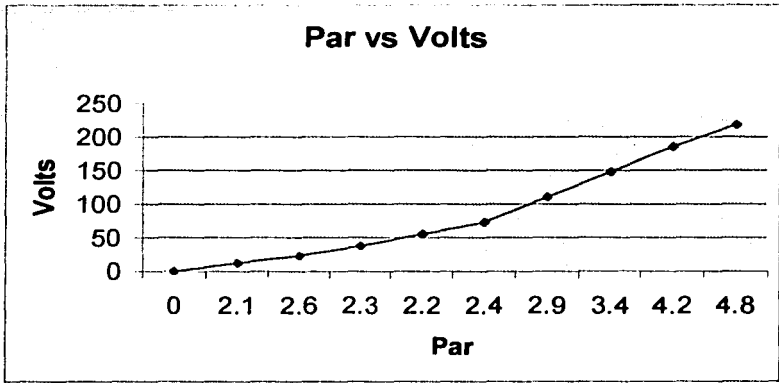
TABLA DE VALORES DE FUNCIONAMIENTO DEL ALTIVAR PARA UN MOTOR J.A. DE 1.5 HP DE 3 FASES					
Frecuencia Hz	Velocidad RPM	Par %	Par Kgm	Voltaje de Salida V	Corriente A
0	0	0	0	0	0
3	180	2.1	5.96	13	1.75
6	360	2.6	2.98	23	1.4
10	600	2.3	1.79	37	1.3
15	900	2.2	1.19	55	1.2
20	1200	2.4	0.895	73	1.2
30	1800	2.9	0.596	110	1.2
40	2400	3.4	0.4475	148	1.3
50	3000	4.2	0.358	185	1.3
60	3600	4.8	0.298	217	1.3

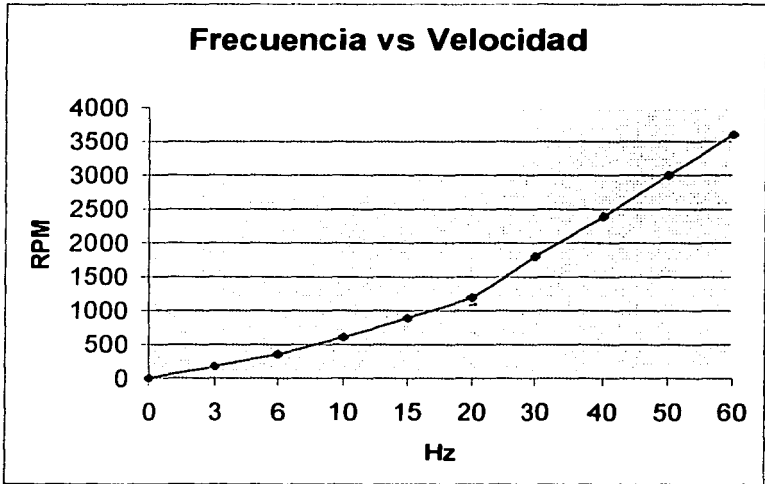
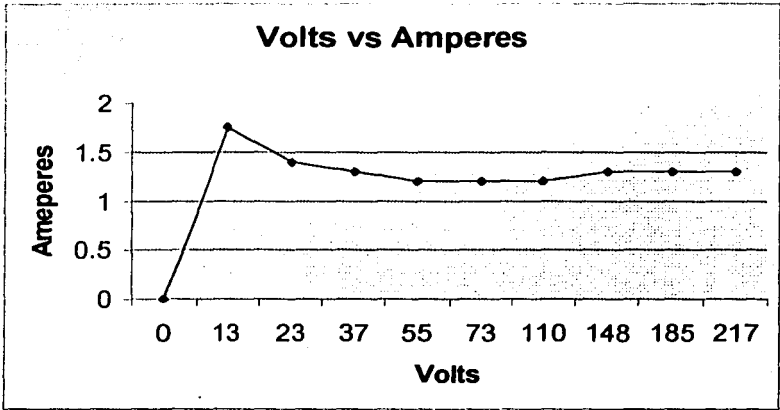
GRAFICAS COMPARATIVAS DEL DESEMPEÑO DEL ALTIVAR.











CONCLUSIONES.

El control de motores es primordial dentro de los sistemas eléctricos ya que por medio de éste es posible arrancar, detener, controlar la velocidad e invertir el sentido de giro de los motores que accionan distintos tipos de cargas. Adicionalmente, el equipo seleccionado para el control de motores debe estar diseñado para limitar las corrientes de arranque y controlar también la fuerza de arranque y operación de los motores.

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 ya que la velocidad de los motores asíncronos está en función de la frecuencia y el número de polos, por lo cual es indispensable contar con un elemento externo que permita regular la frecuencia de operación del mismo.

El variador ALTIVAR 66 es un convertidor de frecuencia con circuito intermedio de tensión, cuya finalidad es variar y controlar la velocidad de los motores asíncronos de jaula en una gama de potencia de 0.75 a 220 Kw.

Es un variador modular y evolutivo que se adapta perfectamente a los entornos industriales y a las aplicaciones de todo tipo gracias a su amplio conjunto de accesorios y aditivos. Este dispositivo puede configurarse para las aplicaciones de par constante y de par .

En la industria textil y del calzado la aplicación de elementos que nos permitan el control exacto de los parámetros de velocidad y par son muy importantes.

Tal es el caso de los hornos de secado de tela, en el cual es necesario no sacrificar potencia en el motor, es decir mantener un par constante bajo cualquier régimen de velocidad para que el motor pueda transportar la tela a lo largo de la máquina, en este proceso se le aplica una delgada capa de pegamento a un rollo de tela de aproximadamente 30 kilos. Como primer instancia el rollo pasa por un rodillo que contiene pegamento y aplica una capa delgada de este, después la tela entra a un horno para el secado el pegamento, en esta etapa de secado la velocidad debe ser controlada con precisión para que el secado del material sea el deseado. Si el horno no tiene la temperatura necesaria para secar el material el variador de velocidad que controla al motor tiene la función de reducir la velocidad y mantener el par de este, y así, obtener un proceso de secado óptimo. De igual forma si el material se expone mucho tiempo al calor del horno el material puede sufrir deformaciones, para evitar esto se debe ajustar el variador a una velocidad mayor para evitar tales contingencias.

Como se ha visto el variador de velocidad es una herramienta muy útil en la industria, debido a que puede controlar la velocidad de manera precisa y lo más importante sin reducir su par .

BIBLIOGRAFIA.

- Máquinas Eléctricas.
George J. Thaler.
Editorial Limusa.
- Control de Maquinas Eléctricas.
Irving L. Kosow PH.D.
Editorial Reverte S.A.
- Biblioteca Básica de Motores Eléctricos.
Robert J. Lawrie.
Editorial Océano/Centrum.
- Teoría de las Máquinas de Corriente Alterna.
Alexander S. Langsdorf, M.M.E., D.Sc.
Editorial McGraw-Hill.
- Control de Motores Eléctricos.
Walter N. Alerich.
Editorial Diana.
- Principios de las Maquinas Eléctricas.
Alexandr S. Langsdorf.
Ediciones del castillo.
- Máquinas de Corriente Alterna.
Michael Livschitz-Garik.
Editorial Continental.
- Control Industrial de Motores.
Autores Varios.
Editorial Edultesa.
- Controles Industriales.
Paul Riddell, C.E.T.
Lab-Volt.
- Sistemas Didácticos de Controles Industriales.
Autores Varios.
Editorial Pixel S.A. de C.V.
- Control Instalación y Automatización.
Siemens.
Catalogo 2000.
- WWW.siemens.com.
- WWW.schneider.com.