

11126  
79

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

DISEÑO DE UN ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA  
POR REACTANCIAS PARA UN MOTOR JAULA DE  
ARDILLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

JOSÉ ROBERTO SÁNCHEZ ALVAREZ

ASESOR: ING. JAIME FUENTES SÁNCHEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, MARZO 2003

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN  
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



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

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

Con-base-en-el-art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:  
Diseño de un arrancador a tensión reducida por reactancias para un motor jaula de ardilla.

que presenta el pasante: José Roberto Sánchez Álvarez  
 con número de cuenta: 9659278-4 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Méx. a 24 de septiembre de 2003

PRESIDENTE Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

VOCAL Ing. Javier Hernández Vega

SECRETARIO Ing. Jaime Fuentes Sánchez

PRIMER SUPLENTE Ing. Yolanda Benítez Trejo

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Lucía García Luna

*[Handwritten signatures and initials]*

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

B

**A mi Mamá:**

**Mami:** Gracias por tu comprensión, tu cariño tu valor  
Por sacar adelante a este hijo que te quiere mucho en el cual tu le has dado todo  
mil gracias.

**A mi Papa:**

**Viejo:** Gracias por haberme apoyado todo el tiempo, gracias a tus consejos, a esas  
charlas de mesa, mil gracias viejo eres todo un ejemplo.

**A mis hermanos:**

**Pepe, Fer, Mario, Adriana**  
Le doy las gracias por comprender, por ayudarme por tener la mentalidad siempre  
positiva y demostrarme el buen camino mil gracias hermanos.

**A mis sobrinas:**

**Paola y Valeria,** les doy las gracias porque de una u otra forma siempre están  
conmigo.

**A mi cuñada:**

Gracias Eva por apoyarme y ser una hermana gracias.

**A mi abuela:**

Que desde el cielo me está viendo, gracias abuela por consentirme mucho de niño  
y se que esto es una cosecha para la familia. Gracias.

**A mis tíos:**

A los que están y a los que no están con vida gracias por mostrarme el camino.

**A mis amigos y amigas:**

Por haber compartido momentos amargos, tristezas, alegrías, aventuras, que de  
alguna manera siempre van a estar en mi mente. Gracias.

**A mis profesores:**

Les doy las gracias que de una u otra manera apoyaron este trabajo. Gracias.

**A mi Escuela:**

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por darme la formación y hacer de  
mi una persona de provecho.

**A mi Asesor:**

Jaime: gracias por ser un amigo y apoyarme en este trabajo.

Y a todos los des-mas que se me olvidaron Gracias.

# INDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL.</b>	<b>4</b>
<b>I.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL.</b>	<b>5</b>
<b>I.1.1 CONTROLADORES.</b>	<b>5</b>
<b>I.2 FUNCIONES DE CONTROL.</b>	<b>6</b>
<b>I.2.1 ARRANQUE.</b>	<b>6</b>
<b>I.2.2 PARO Y FRENADO.</b>	<b>6</b>
<b>I.2.3 CONTROL DE LA DIRECCIÓN.</b>	<b>6</b>
<b>I.2.4 CONTROL DE LA VELOCIDAD.</b>	<b>6</b>
<b>I.3 FUNCIONES DE PROTECCIÓN.</b>	<b>7</b>
<b>I.3.1 SOBRECORRIENTES.</b>	<b>7</b>
<b>I.3.2 SOBRECARGAS.</b>	<b>7</b>
<b>I.3.3 INVERSIÓN DE FASE.</b>	<b>7</b>
<b>I.3.4 SOBREVELOCIDADES.</b>	<b>7</b>
<b>I.3.5 CAMPO ABIERTO.</b>	<b>7</b>
<b>I.4 TIPOS DE CONTROLADORES.</b>	<b>8</b>
<b>I.5 DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL.</b>	<b>8</b>
<b>I.5.1 DESCONECTOR DE CUCHILLAS.</b>	<b>8</b>
<b>I.5.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.</b>	<b>11</b>
<b>I.5.3 PULSADORES Y SELECTORES.</b>	<b>13</b>
<b>I.5.4 COMBINADORES.</b>	<b>15</b>
<b>I.5.5 INTERRUPTORES DE PEDAL.</b>	<b>16</b>
<b>I.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO.</b>	<b>17</b>
<b>I.6.1 INTERRUPTORES DE LIMITE O DE FIN DE CARRERA.</b>	<b>17</b>
<b>I.6.2 INTERRUPTORES DE NIVEL.</b>	<b>18</b>
<b>I.6.3 INTERRUPTORES DE PRESIÓN.</b>	<b>19</b>
<b>I.6.4 INTERRUPTORES DE FLUJO.</b>	<b>20</b>
<b>I.6.5 INTERRUPTORES TERMICOS.</b>	<b>20</b>

---

---

1.6.6 INTERRUPTORES DE VELOCIDAD CERO.	20
1.7 DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICOS.	21
1.7.1 CONTACTORES.	21
1.7.1.1 CONTACTOS.	21
1.7.1.2 CAMARAS DE ARQUEO.	21
1.7.2 RELEVADORES.	22
1.7.2.1 RELEVADORES DE CONTROL.	23
1.7.2.2 RELEVADORES DE CONTROL DE TIEMPO.	23
1.7.2.3 TEMPORIZADOR ACCIONADO POR MOTOR.	25
1.7.2.4 RELEVADORES DE SOBRECARGA.	25
1.7.3 ARRANCADORES.	28
CAPITULO II. SIMBOLOGIA Y DIAGRAMAS.	29
II.1 SIMBOLOGIA	30
II.1.2 SIMBOLOGIA NORMA OFICIAL MEXICANA.	30
II.2 DIAGRAMAS.	39
II.2.1 DIAGRAMAS DE BLOQUES.	39
II.2.2 DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES.	40
II.2.3 DIAGRAMA DE HACES.	41
II.2.4 DIAGRAMA LINEAL O ESQUEMATICO.	42
CAPITULO III. CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS JAULA DE ARDILLA.	43
III.1 GENERALIDADES.	44
III.1.1 ESTATOR.	44
III.1.2 ROTOR.	45
III.1.2.1 ROTOR JAULA DE ARDILLA.	45
III.1.2.2 ROTOR DE JAULA DOBLE.	45
III.1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.	47
III.1.4 VELOCIDAD DE MOTORES ASÍNCRONOS.	48
III.2 CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA.	50

---

III.2.1 ARRANQUE A TENSIÓN PLENA.	50
III.2.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.	51
III.2.2.1 ARRANQUE CON RESISTENCIAS PRIMARIAS.	52
III.2.2.2 ARRANQUE CON REACTANCIAS.	53
III.2.2.3 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR.	54
III.2.2.4 ARRANQUE ESTRELLA-DELTA.	57
III.3 INVERSIÓN DE ROTACIÓN.	58
III.4 CONTROL DE LA VELOCIDAD.	61
III.5 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA.	62
III.5.1 EMPLEO DE UNA FUENTE DE FRECUENCIA VARIABLE.	62
III.5.2 CAMBIO DE NUMERO DE POLOS.	64
III.6 FRENADO.	64
III.6.1 FRENOS MECÁNICOS.	65
III.6.2 FRENADO POR CONTRACORRIENTE.	65
III.6.3 FRENADO DINAMICO.	65
CAPITULO IV. DISEÑO DE UN ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA POR REACTANCIAS PARA UN MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA.	67
IV PARÁMETROS ELÉCTRICOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO.	68
IV.1 GENERALIDADES.	68
IV.1.1 RESISTENCIA.	68
IV.1.1.1 RESISTENCIA EN SERIE.	69
IV.1.1.2 RESISTENCIA EN PARALELO.	69
IV.1.1.3 LEY DE OHM.	70
IV.1.1.4 LEY DE JOULE O POTENCIA EN UNA RESISTENCIA.	70
IV.1.1.5 INDUCTANCIA.	71
IV.1.1.5.1 INDUCTANCIA EN SERIE.	71
IV.1.1.5.2 INDUCTANCIA EN PARALELO.	72



---

IV.1.1.6 REACTANCIA INDUCTIVA.	73
IV.2 BOBINA.	74
IV.2.1 DEFINICIÓN.	74
IV.2.1.1 CALCULO DE BOBINAS.	76
IV.2.1.2 APLICACIONES DE UNA BOBINA.	76
IV.3 DISEÑO DEL ARRANCADOR.	77
IV.3.1 CARACTERISTICAS DE LOS AUTOTRANSFORMADORES.	77
IV.3.1.2 ESTRUCTURA DEL MODULO.	79
IV.3.1.2.1 BASE.	80
IV.3.1.2.2 ENSAMBLE.	80
IV.3.1.2.3 CONEXIONES DEL MODULO CON REACTANCIAS.	81
IV.3.1.2.4 CARATULA.	82
IV.3.1.2.5 MODULO COMPLETO	83
IV.3.1.3 EQUIPO PARA DISEÑAR EL ARRANCADOR	84
IV.4 PROCEDIMIENTO Y PRUEBAS	84
IV.4.1 PROCEDIMIENTO.	84
IV.4.2 PRUEBAS A PLENA CARGA.	85
IV.4.3 PRUEBAS EN VACIO.	91
CONCLUSIONES.	96
APENDICE.	98
BIBLIOGRAFÍA.	111

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **CAPITULO I**

## **DISPOSITIVOS DE CONTROL**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---

---

## 1.1 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, puede ser un simple desconector 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 si 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.

### 1.1.1 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 gobiemo.

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 inter bloqueo 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.

### I.3. FUNCIONES DE PROTECCION.

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

#### I.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.

#### I.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 período 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.

#### I.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.

#### I.3.4. 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.3.5. CAMPO ABIERTO.

Existen relevadores de campo para proteger a las máquinas de corriente directa y a los motores sincrónicos 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 accionan 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.

## I.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL

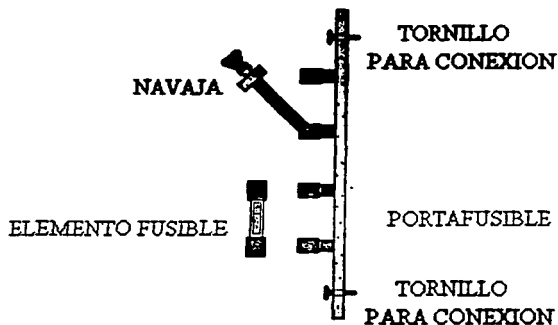
### I.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.

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

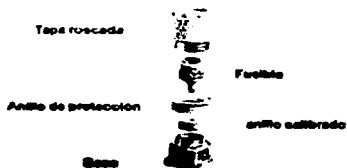
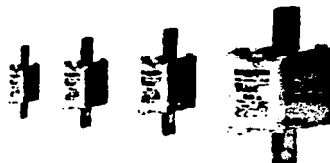
Fig. 1.1 esquema de un Desconectador de cuchillas y sus partes principales.

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.

**Fusibles 3mA**  
 Poseen un coeficiente de tiempo - corriente retardada, se emplean principalmente porque son protección contra efectos de cortos circuitos en instalaciones de hasta 800V y 640V. Hay cuatro tamaños: 80, 1, 2 y 3 además como accesorio hay bases portafusibles 3MA.



**Fusibles 5mA (diazed)**  
 Se componen de los siguientes elementos: Base, anillo salitrado, Fusible, Anillo de protección, Tapa protectora y Tapa roscaada.

Fig. 1.2 diferentes elementos fusibles.

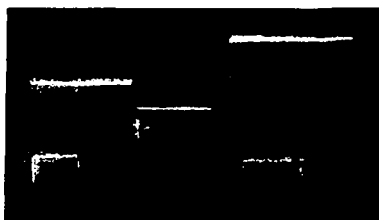


Fig. 1.3 desconectadores de cuchillas un tiro, 2 y 3 polos.



### 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.

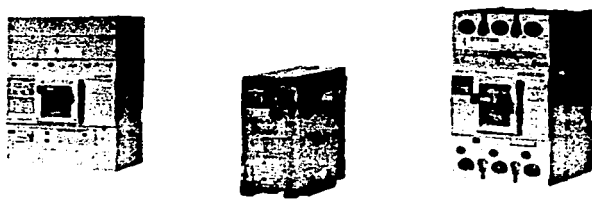


Fig. 1.4 Interruptores Termomagnéticos.

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 desconector 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.

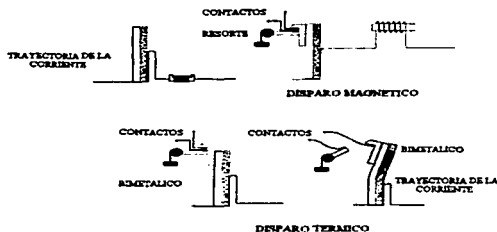


Fig. 1.5 Disparo de un interruptor termomagnético.

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

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

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

La selección de ellos depende de la aplicación que se le de, 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 y sobrecarga.

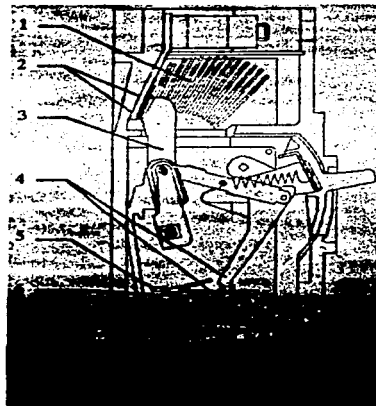


Fig. 1.6 Corte transversal de un interruptor termomagnético.



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, cierren o abran (o realicen ambas cosas) circuitos auxiliares que eventualmente accionan contactores u otros elementos de los circuitos principales de potencia.

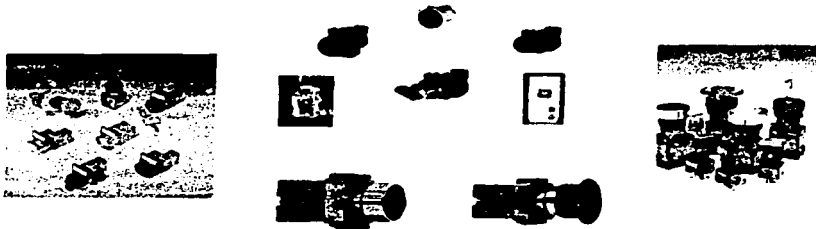


Fig. 1.8 Pulsadores y selectores.

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.

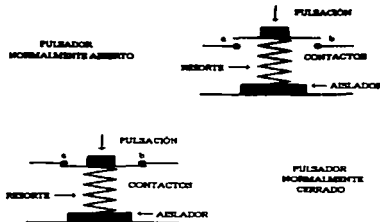


Fig. 1.9 Pulsadores o contactos de acción momentánea.

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 envolturas, formando las "estaciones de botones", con las que se pueden realizar operaciones verdaderamente complejas; la envoltura 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 (envoltura plástica y metálica)

#### 1.5.4. COMBINADORES.

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

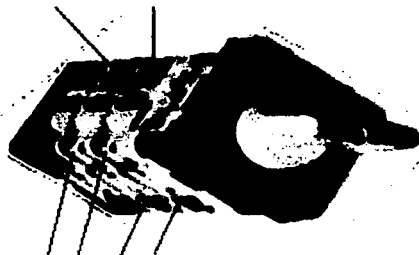
Existen dos tipos diferentes de combinadores:

De tambor.

De levas.

Los combinados de tambor consisten en un juego de contactos móviles montados en una flecha y aislados de ella, que pueden girar mediante una manivela u otro medio conveniente. Además van provistos de un juego de contactos estacionarios, de tal forma que al girar la flecha los contactos móviles, se separan o se juntan con los fijos; los combinadores ya sean de tambor o de levas se pueden adaptar con facilidad para muchas combinaciones de circuitos, modificándose si es necesario en el lugar de trabajo.

#### CONTACTOS FIJOS



#### CONTACTOS MOVILES

Fig. 1.11 Combinador de levas.

**I.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.

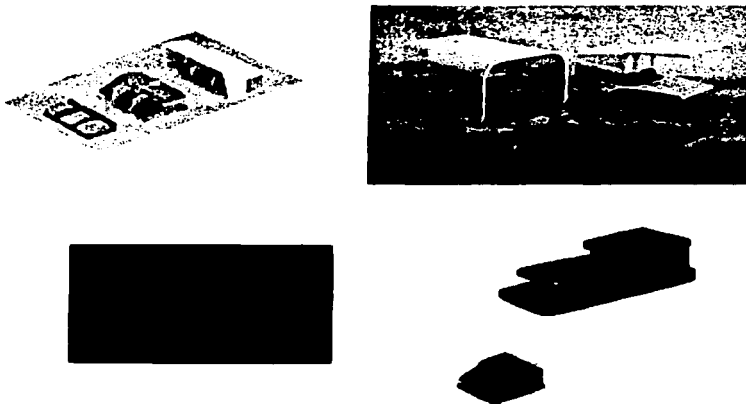


Fig. 1.12 interruptores de pedal de uso común.

## I.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICOS.

### I.6.1. INTERRUPTORES DE LIMITE.

Muchas aplicaciones requieren dispositivos que se accionen por el movimiento de las máquinas. Estos dispositivos son los llamados: interruptores de límite o de fin de carrera. Existe una gran cantidad de diseños de interruptores de límite; sin embargo, la mayor parte de éstos, esta construido de tal manera, que un brazo o palanca de operación sea 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.

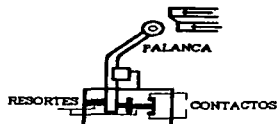


fig.1.13 diagrama esquemático del funcionamiento de los interruptores de límite.

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

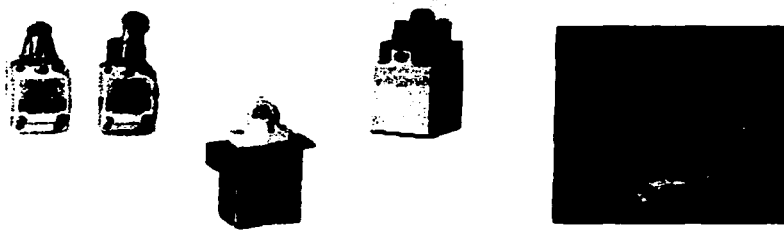


Fig1. 14 diferentes tipos de interruptores de límite.

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

#### 1.6.2. INTERRUPTORES DE NIVEL.

Este dispositivo, al igual que el anterior, es un elemento de mando, ya que convierte una acción mecánica en una señal eléctrica. Se utiliza con frecuencia en equipos de bombeo o hidroneumáticos, para mantener valores límites de agua en cisternas y tinacos. Aunque existen muchos tipos de construcciones, todos los interruptores de nivel están básicamente formados por un conjunto de contactos que se accionan mediante algún dispositivo mecánico.

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

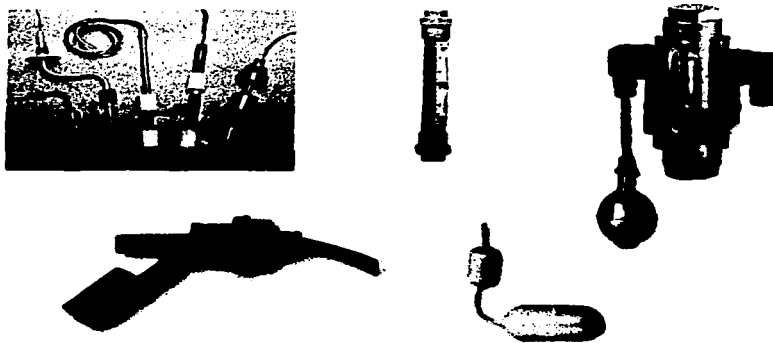


Fig. 1.15 interruptores de nivel.



### 1.6.3. INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

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

Los interruptores de presión se diseñan para operar dentro de cierto rango con ajuste diferencial, esto es con diferencias ajustables entre las presiones de conexión y desconexión. Generalmente los ajustes guardan relaciones de 3 a 1 y de 10 a 1. Por ejemplo se tienen interruptores del tipo diafragma con rangos de operación de 1.4 a 12.6  $\text{kgf/cm}^2$  y que presentan un ajuste diferencial de 0.7 a 2.8  $\text{kgf/cm}^2$ .

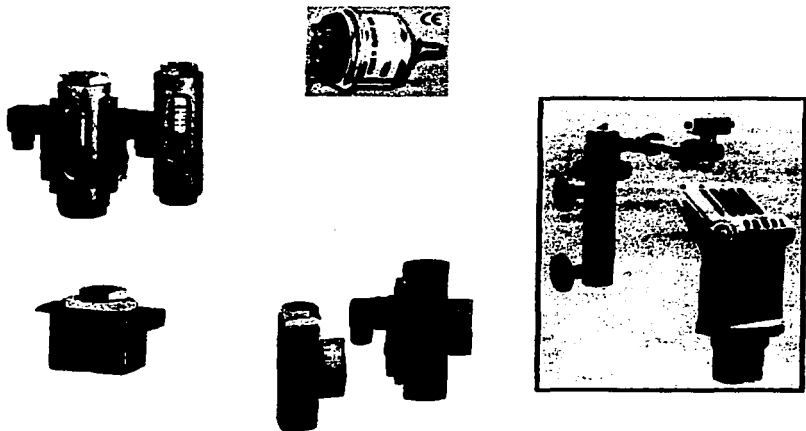


Fig. 1.16 interruptores de presión.

**I.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.

**I.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.

**I.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.

## I.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICOS.

### I.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.

**I.7.1.1. CONTACTOS:** Los contactos son la parte más delicada de un contactor, es por ésto que su construcción y mantenimiento, deben ser lo mas 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 minimo posible. Entre las aleaciones más utilizadas, se tiene plata-paladio, plata-cadmio y sobre todo plata-niquel.

**I.7.1.2. CAMARAS DE ARQUEO:** Los contactores van provistos en la mayoría de los casos, de cámaras de arqueo 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 arqueo, 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. y 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.

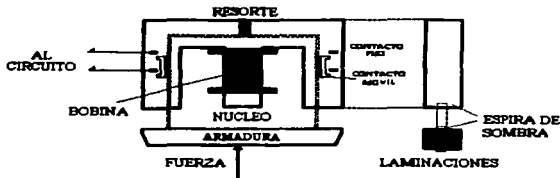


Fig. 1.18 contactor magnético de ca.

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.

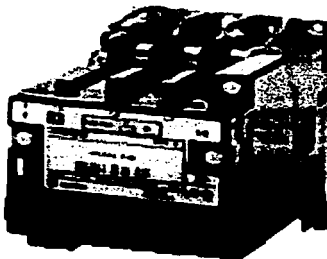


Fig. 1. 19 contactor magnético.

### 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.

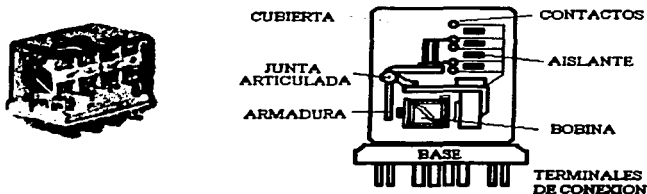


Fig. 1.20 Relevador de control y sus elementos.

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.

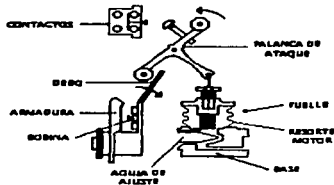


Fig. 1.21 relevador neumático de tiempo a bobina energizada.

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 retornar 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 SOBRE CARGA.

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.

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 bimetel, que está formado por dos metales soldados entre si y cuya característica es, que cada uno de los metales que forman al elemento bimetel, poseen diferente coeficiente de dilatación. El bimetel que se fabrica generalmente con níquel y fierro, 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 1.23 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 bimetel) éste actúa sobre el bimetel que al deflectarse acciona la leva, liberando la varilla móvil. Al desplazarse ésta última presionada por un resorte, operan los contactos.

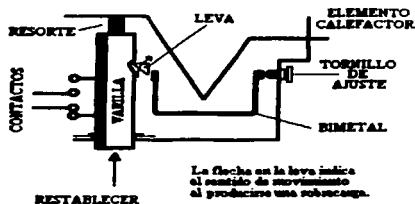


Fig. 1.23 diagrama esquemático elemental del funcionamiento de un relevador bimetalico de sobrecarga.

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 más o menos el bimetal al calefactor.

Otro tipo de relevador de sobrecarga térmico muy popular, es el relevador de aleación fusible. Este relevador térmico, va provisto de una pastilla de soldadura, la cual se funde al ser atravesada por una corriente de sobrecarga, esto permite que la rueda de un trinquete que mantiene los contactos en su posición normal gire en el metal fundido, dando por resultado una acción de disparo. Se requiere un 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.

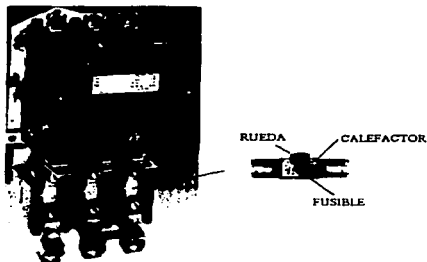


FIG. 1. 24 Relevador de sobrecarga de aleación fusible.



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 esta, 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.

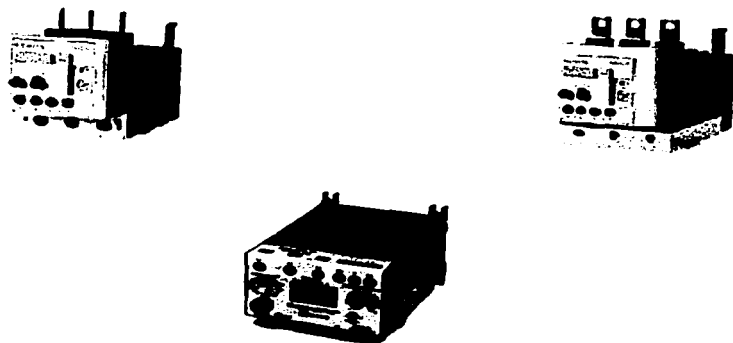


Fig. 1.25 Algunos relevadores de sobrecarga.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### L7.3. 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.

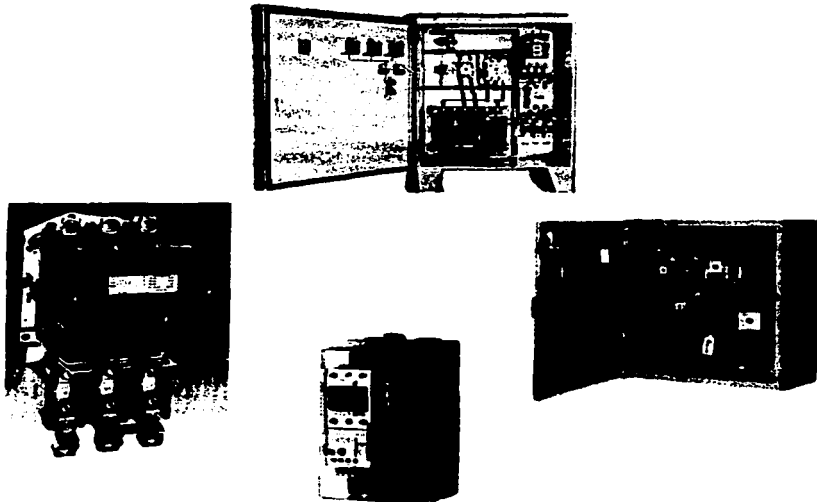
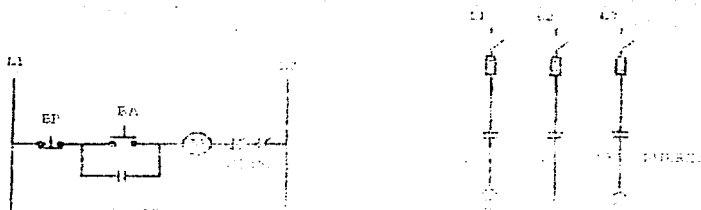
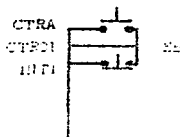


Fig. 1.26 diferentes tipos de arrancadores.



# CAPITULO II



## SIMBOLOGÍA

Y

## DIAGRAMAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II. SIMBOLOGIA Y DIAGRAMAS.



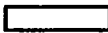











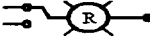

### II.1 SIMBOLOGIA.

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

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

#### II.1.2 SIMBOLOGIA NORMA OFICIAL MEXICANA.

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

SIMBOLOGIA Y DIAGRAMAS NTIE			
LAMPARAS			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INCANDESCENTE		ARBOTANTE	
FLUORESCENTE		ARBOTANTE EN INTEMPERIE	
PILOTO COLOR INDICADO POR LETRA		ARBOTANTE FLUORESCENTE	
PILOTO CON CONTACTO DE PRUEBA		SPOT	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INCANDESCENTE		ARBOTANTE	
FLUORESCENTE		ARBOTANTE EN INTEMPERIE	
PILOTO COLOR INDICADO POR LETRA		ARBOTANTE FLUORESCENTE	
PILOTO CON CONTACTO DE PRUEBA		SPOT	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CORRIENTE DIRECTA CD		CONEXIÓN ENLACE MECANICO	
CORRIENTE CONTINUA CC		CONEXIÓN MECANICA	
CORRIENTE ALTERNATA CA		CAJA DE CONEXIONES	
IMPULSO RECTANGULAR POSITIVO/NEGATIVO		TUBERIA POR MURO O TECHO	
TIERRA		TUBERIA POR PISO	
ACOMETIDA O MUFA		TUBERIA PARA TELEFONO	
CRUCE DE LINEAS NO CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE BAJA	
CRUCE DE LINEAS CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE SUBE	
CRUCE DE TIERRA		INDICACION DEL NUMERO DE CONDUCTORES	
DISPOSITIVO DE ENCHUFE		APARTA RAYOS	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOTON TIMBRE		TABLERO DE PORTERO ELECTRICO	
CAMPANA DE TIMBRE		APARATO TELEFONICO DIRECTO	
ZUMBADOR		CONMUTADOR	
BOCINA, CHICHARRA, SIRENA		EXTENSION APARATO TELEFONICO	
INDICADOR DE SEÑAL		TELEFONO DE PORTERO ELECTRICO	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
APAGADOR DE DOS VIAS		CONTACTO SENCILLO CONTROLADO POR APAGADOR	
APAGADOR DE TRES VIAS		CONTACTO TRIFASICO CUATRO HILOS	
APAGADOR DE CUATRO VIAS		CONTACTO EN INTEMPERIE	
CONTACTO MONOFASICO SENCILLO		CONTACTO EN PISO	
CONTACTO TRIFASICO		CONTACTO MULTIPLE EN MURO	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
RESISTENCIA		CAPACIDAD CONDENSADOR VARIABLE	
RESISTENCIA VARIABLE		CAPACIDAD CONDENSADOR POLARIZADO	
INDUCTOR		CONDENSADOR ELECTROLITICO POLARIZADO	
INDUCTOR VARIABLE		ACUMULADOR, BATERIA FUENTE DE VOLTAJE CD	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOBINA INDICANDO FUNCION		BOBINA EN SERIE	
BOBINA EN OPERACION		BOBINA EN DERIVACION	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INTERRUPTOR DE CAJA		SIN FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO		SIN FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO		OPERACION MAGNETICA * INDICA FUNCION	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ACCION RETARDADA			
BOBINA ENERGIZADA		BOBINA DEENERGIZADA	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE CERRADO		NORMALMENTE CERRADO	
NORMALMENTE ABIERTO		NORMALMENTE ABIERTO	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TIRO BENCILLO		TIRO DOBLE	
UN POLO NORMALMENTE ABIERTO (NA)		UN POLO	
UN POLO NORMALMENTE CERRADO (NC)		DESCONEXION DOBLE	
DESCONEXION DOBLE NA		DOBLE POLO	
DESCONEXION DOBLE NC		DOBLE POLO DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO NA			
DOBLE POLO NC			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		DE DOBLE CIRCUITO	
NORMALMENTE CERRADO NC		SOSTENIDO	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
EN ACEITE		TERMOMAGNÉTICO	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AUTOMATICOS

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CON SOBRECARGA MAGNETICA		TERMICO Y MAGNETICO	
TERMICO			

## DE FLUIDO (AIRE, AGUA, ETC.)

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

## SWITCH LIMITE MOMENTANEO

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

## SWITCH LIMITE FDO

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

## DE PEDAL

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		CERRADO NORMALMENTE NC	

## NEUMATICO

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
-------------	---------	-------------	---------

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
OPERACION CON CARGA		OPERACION CON FUSIBLES	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
UN POLO TIRO SENCILLO		DESCONECTOR BIFASICO	
UN POLO CON ELEMENTO FUSIBLE		DESCONECTOR TRIFASICO	
UN POLO DOBLE TIRO		DESCONECTOR DE CIRCUITO	
VELOCIDAD			
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
ENCHUFABLE		ANTIENCHUFABLE	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TENSION PLENA		TENSION REDUCIDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE SOBRECARGA MAGNETICO		DE SOBRECARGA TERMICO	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
GENERAL		DE FUERZA	









TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
SIMBOLO GENERAL		CON INDICACION DE POLARIDAD EN ALTA (H) Y BAJA (X) TENSION	H1  X1 H2  X2
CON DOS DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR	
CON TRES DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE	
DE TIMBRE		CON MARCA DE POLARIDAD • INDICA POLARIDAD POSITIVA	
DE POTENCIAL		DE CORRIENTE DE BOQUILLA	
DE CORRIENTE (-) INDICA POLARIDAD		DE VOLTAJE DUAL	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TRIFASICO CONEXION DELTA		TRIFASICO CONEXION ESTRELLA	
TRIFASICO CONEXION ESTRELLA TRES HILOS		CUATRO HILOS NEUTRO ATERRIZADO	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
MOTOR MONOFÁSICO		MOTOR DE ESCOBILLAS	
MOTOR DE DOS FASES		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA □XCITACIÓN INDEPENDIENTE	
MOTOR TRIFÁSICO □XCITACI EN ESTRELLA		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA □XCITACIÓN EN SERIE	
MOTOR TRIFÁSICO □XCITACI EN DELTA		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA □XCITACIÓN EN DERIVACION	
MOTOR TRIFÁSICO TIPO ROTOR DEVANADO		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA □XCITACIÓN COMPUESTA	
MOTOR TRIFÁSICO ROTOR JAULA DE ARDILLA		MOTOR SÍNCRONO	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE FUERZA O CONTROL		DESCONECTADOR	
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DIODO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA		TRANSISTOR DE UNION MONOPOLAR UJT	
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA		RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR)	
DIODO ZENER		DIAC	
TRANSISTOR DE UNION BIPOLAR BJT		TRIAC	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
AMPERIMETRO		FACTORIMETRO	
VOLMETRO		DETECTOR DE TIERRA	
WATTMETRO		FRECUENCIÓMETRO	
WATHORIMETRO		MEDIDOR DE DEMANDA	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II.2 DIAGRAMAS.

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

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

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

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

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

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

### II.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.

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

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

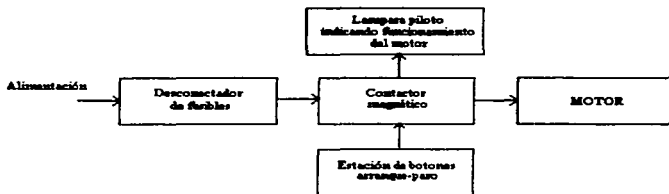


Fig. (a) Diagrama de bloques de un motor alimentado mediante un arrancador controlado por una estación de botones.

### 11.2.2. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES.

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

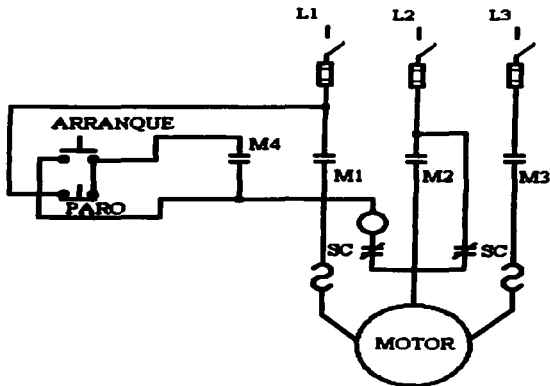


Figura (b). Diagrama de conexiones para un motor trifásico jaula de ardilla controlado por una estación de botones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II.2.3. DIAGRAMA DE HACES.

Este diagrama es una extensión del anterior, ya que ahora en lugar de unir los diferentes elementos y dispositivos, como contactos y bobinas, uno a uno a través de líneas independientes, se utiliza un haz de hilos numerados y rotulados y con una línea que va de dispositivo a dispositivo. En la figura (c) se muestra un diagrama de haces para el control del mismo motor mencionado en el punto anterior. En algunos esquemas de control se encuentran diagramas de haces, en donde por el número de dispositivos, se omiten las líneas que los unen, conservando el número y rótulo en cada una de las terminales de los aparatos.

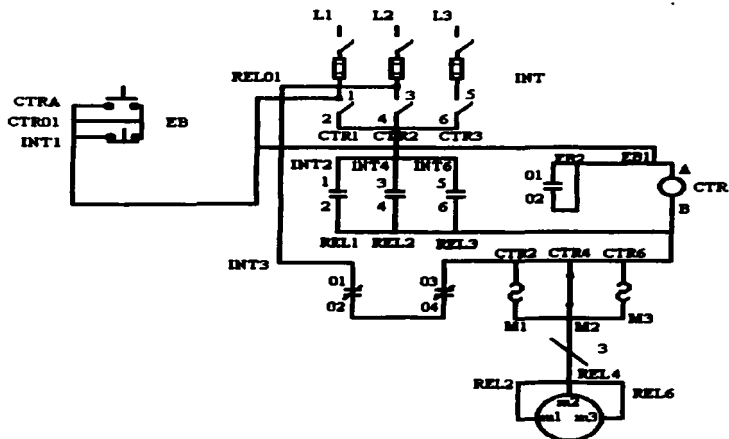


Figura (c). Diagrama de Haces que muestra las conexiones de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### II.2.4. DIAGRAMA LINEAL O ESQUEMATICO.

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

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

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

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

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

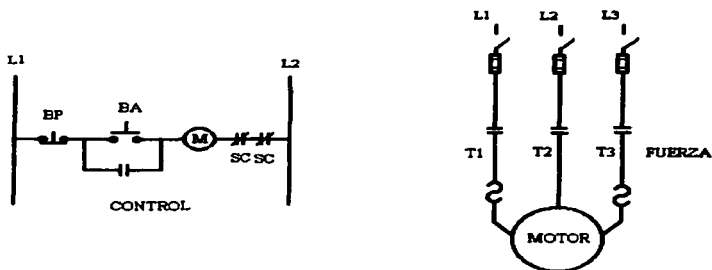


Figura (d). Diagrama lineal, o de escalera de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III CONTROL DE MOTORES TRIFÁSICOS

#### JAULA DE ARDILLA

##### III.1 GENERALIDADES.

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

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

##### III.1.1 ESTATOR.

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

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

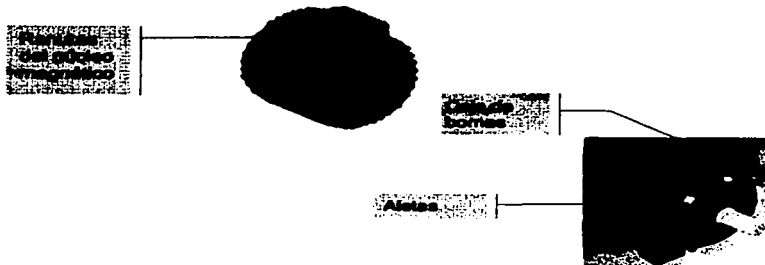


Fig. 3 1 Partes fundamentales de un estator.

### III.1.2 ROTOR.

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

#### III.1.2.1 ROTOR JAULA DE ARDILLA.

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

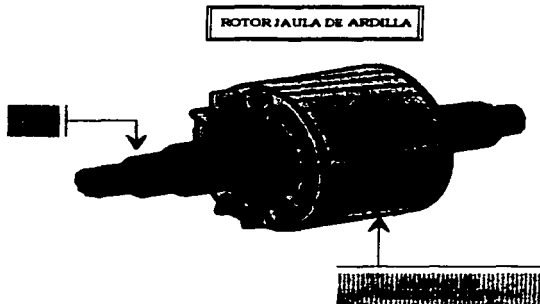


Fig.III.2 (a) Rotor jaula de ardilla.

#### III.1.2.2 ROTOR DE JAULA DOBLE.

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

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

En un régimen normal, la velocidad correspondiente al par nominal no es más que ligeramente inferior al del motor de jaula simple. El motor trijaula es igualmente utilizado; el par de arranque es aun más grande y la intensidad más pequeña. Las figura 3.3 muestran los detalles de construcción de un motor jaula de ardilla.

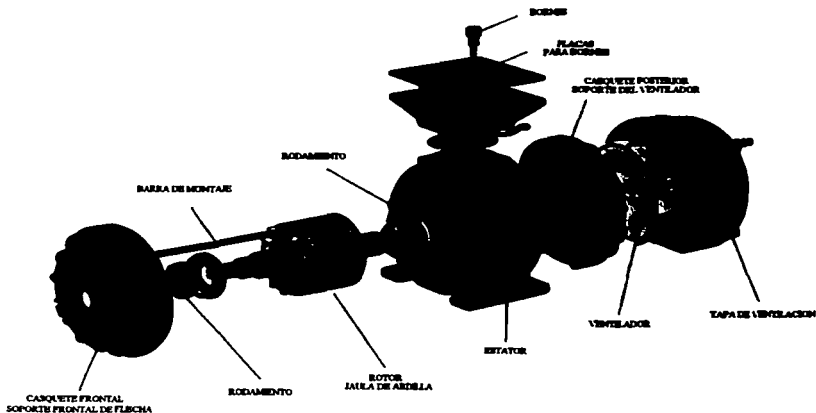


Fig. 3.3 Detalles de construcción de un motor típico jaula de ardilla. -

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los motores de inducción, está basado en la producción de un campo magnético giratorio. Consideremos un imán permanente NS y un disco de cobre que puedan girar alrededor de un eje x-y.



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

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

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

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

Si el disco girase a la misma velocidad del campo (velocidad de sincronismo), no habría corrientes inducidas y el par ejercido sería nulo. La velocidad del disco (o del rotor) es inferior a la del campo giratorio y por esto, este tipo de motores son conocidos como asíncronos.

En los motores asíncronos trifásicos, el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos, geoméricamente descalados  $120^\circ$  y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfaseamiento eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos, forman un campo giratorio constante. La Fig. 3.6 muestra el desarrollo de un campo magnético rotatorio.

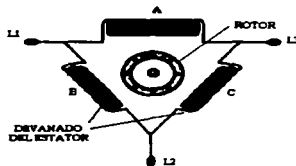


Fig. 3.6 desarrollo de un campo magnético rotatorio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.1.4 VELOCIDAD DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS.

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

$$N = \frac{120f}{p} \text{ r.p.m} \quad \text{ec. 3.1}$$

En donde:

$N$  = Velocidad sincrona 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 conjuntamente con el campo magnético de rotación, desarrollan un par, que hace que el rotor gire siguiendo al campo. El rotor nunca alcanzará la velocidad de sincronismo, ya que de hacerlo, no existiría una diferencia relativa entre su velocidad y la del campo, deteniéndose al no inducirse corrientes en su devanado. La diferencia de velocidades del campo y del rotor recibe el nombre de *deslizamiento*.

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

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

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

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

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

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

Como se observa en la ecuación 3.1, la velocidad de los motores asíncronos no está influenciada por las variaciones de tensión, pero es proporcional a la frecuencia de alimentación e inversamente proporcional al número de polos que constituyen al estator.

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

MOTOR DE	f = 50 HZ	f = 60 HZ
DOS POLOS	3,000 r.p.m.	3600 r.p.m.
CUATRO POLOS	1,500 r.p.m.	1,800 r.p.m.
SEIS POLOS	1,000 r.p.m.	1,200 r.p.m.
OCHO POLOS	750 r.p.m.	900 r.p.m.
DEZ POLOS	600 r.p.m.	720 r.p.m.
DOCE POLOS	500 r.p.m.	600 r.p.m.

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

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.2 CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estático, que permite su conexión directa a la red, sin el peligro de destruir sus devanados; sin embargo, la corriente demandada si bien no perjudica al motor, si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación, y puede, sobre todo, si la sección de la línea es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores; sobre todo en máquinas con capacidades de 10 HP y mayores.

Debido a que las características del rotor jaula de ardilla han sido determinadas de una vez para siempre por el fabricante, los diversos procedimientos de arranque permitan 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.

#### III.2.1 ARRANQUE A TENSION PLENA.

El método más sencillo de arranque para el motor trifásico de inducción jaula de ardilla, es conectándolo directamente a la línea. Para esto se pueden emplear dispositivos de arranque manuales o magnéticos. El estator del motor se acopla directamente a la red. El motor arranca con sus características naturales con una fuerte punta de intensidad. Este procedimiento es ideal si la punta de intensidad es tolerable por la red y el par de arranque es conveniente para la puesta en marcha de la máquina. La intensidad en la puesta en tensión, es muy elevada, del orden de 4 a 8 veces la intensidad nominal.

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

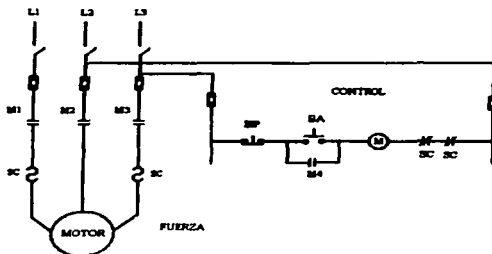


Fig. 3.7 Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión plena conectado a un motor jaula de ardilla.



### III.2.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.

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

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

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

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

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

$$I_{REDUCIDA} = \left[ \frac{V_{REDUCIDO}}{V_{NOMINAL}} \right] * I_{NOMINAL DE ARRANQUE} \quad \dots \quad \dots \quad \text{EC 3.2}$$

$$T_{REDUCIDO} = \left[ \frac{V_{REDUCIDO}}{V_{NOMINAL}} \right]^2 * T_{NOMINAL DE ARRANQUE} \quad \dots \quad \dots \quad \text{EC 3.3}$$

En donde:  $i$  = corriente.  
 $T$  = Par.

Es necesario tomar en cuenta, que cuando se trata de reducir la corriente, aparejada aparece una reducción del par que la máquina puede entregar. Independientemente de cual sea la magnitud a regular, la otra siempre estará presente. En el caso en que se desee reducir una aceleración más suave de la carga, el método está sin discusión; pero cuando se desea reducir la corriente, por restricciones de la compañía suministradora, puede suceder que la aparejada disminución del par, 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.

## III.2.2.1 ARRANQUE CON RESISTENCIAS PRIMARIAS.

En este método de arranque el motor se conecta a la línea, a través de un grupo o banco de resistencias, produciendo una caída de tensión en ellas. Esta caída disminuye la tensión aplicada a las terminales del motor, reduciendo la corriente y el par durante el arranque. Una vez que el motor alcanza cierta velocidad (superior al 70% de la nominal), se desconectan las resistencias, dejando el motor funcionando con la tensión plena de alimentación.

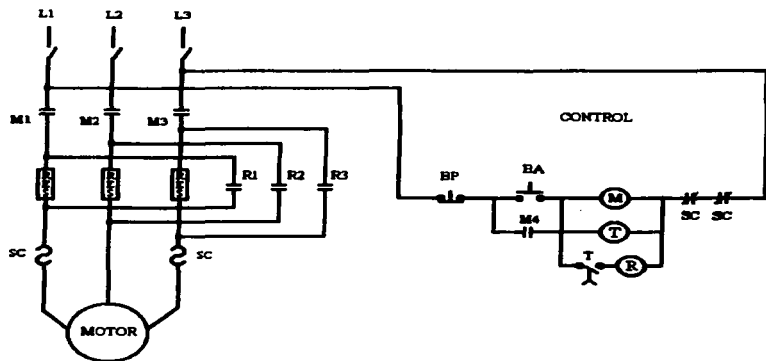


Fig. 3.8 Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión reducida con resistencias primarias para un motor jaula de ardilla.

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

En el momento en que la bobina M se energiza, también lo hace la bobina T de un relevador de tiempo del tipo a bobina energizada. Este, en un tiempo "t" cierra el contacto T, permitiendo la conexión de la bobina del CONTACTOR R, el cual cierra sus contactos R1, R2 y R3 en el circuito de carga puentando las resistencias, con lo que el motor queda conectado a la tensión plena de línea. La detención del motor se realiza pulsando el botón de paro que interrumpe el circuito que energiza la bobina del CONTACTOR M, provocando la apertura de los contactos M en el circuito de carga. En el caso de una sobrecarga, la apertura de los contactos del relevador de sobrecarga en serie con la bobina M, origina la desconexión del motor. Para

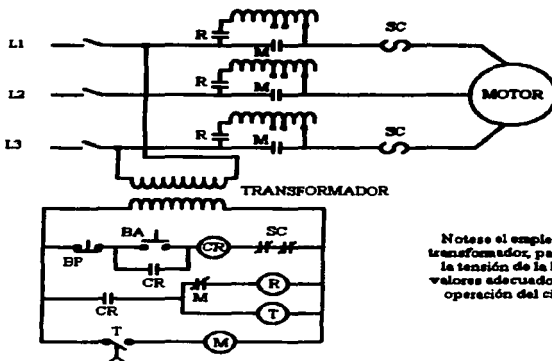
arrancar después de una sobrecarga hay que oprimir el botón de restablecimiento que mecánicamente cierra los contactos SC del relevador y consecuentemente pulsar el botón de arranque nuevamente.

Este tipo de arrancadores pueden diseñarse, para más de un paso de resistencias en la aceleración y para operaciones reversibles, los contactores utilizados en el controlador, son de capacidad acorde al motor por controlar. El relevador de tiempo puede ser de tipo neumático, con amortiguador o bimetalico. Tanto la corriente absorbida por el motor durante el arranque, como el par quedan 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.

### III.2.2.2 ARRANQUE CON REACTANCIAS.

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

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



Notese el empleo de un transformador, para reducir la tensión de la línea, a valores adecuados para la operación del circuito

Fig. 3.9 Diagrama lineal de un arrancador a tensión reducida por reactancias.

## III.2.2.3 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR.

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

En los arrancadores con resistencias o reactivancias, la disminución de la corriente es proporcional a la disminución de la tensión, mientras que el par disminuye con 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:

$$i_L = \left[ \frac{V_M}{V_L} \cdot i_M \right] = \left[ \frac{80\%}{100\%} \cdot 80\% \right] = 64\% \quad \dots \quad \text{ec. 3.4.}$$

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

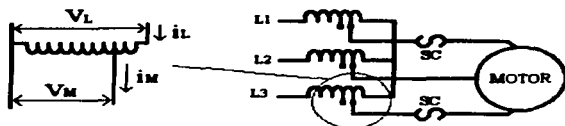


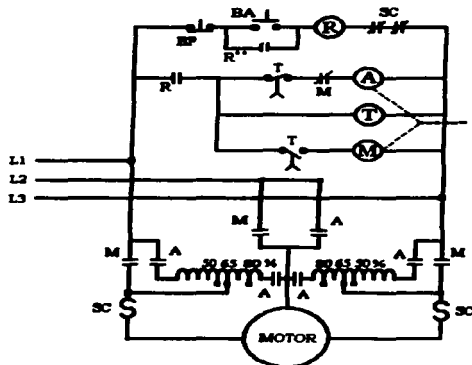
Fig. 3.10 conexión del motor durante el arranque con un autotransformador.

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

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

El uso de autotransformadores conectados en delta abierta, está muy difundido, pero esta conexión puede ocasionar durante el arranque, disturbios en la línea, que como consecuencia disminuye el par ya reducido. Esta disminución no suele ser tan crítica en la mayoría de las aplicaciones; sin embargo, cuando se prefiere tener el par máximo se completa el autotransformador, conectándose en estrella.

La figura 3.11 muestra un diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador en delta abierta que utiliza dos contactores, uno de ellos de cinco polos.



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

Notas que A y M  
se encuentran bloqueados  
mecánicamente

Fig. 3.11. Diagrama simplificado de un arrancador magnético.

Cuando el elemento de mando es una estación de botones (pulsadores) la operación de arranque se reduce a presionar el botón de arranque normalmente abierto. Al 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.

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 este problema, se ha desarrollado el arrancador de transición cerrada.

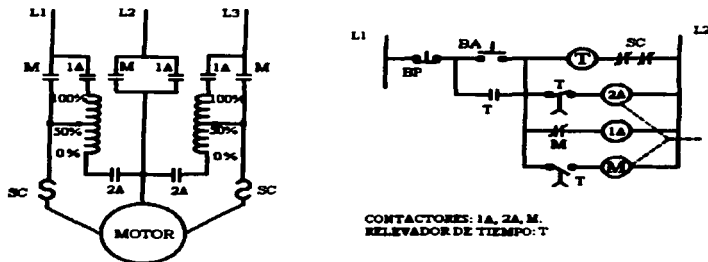


Fig. 3.12 diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador con transición cerrada.

Las conexiones de transición cerrada, se encuentran usualmente en los arrancadores para motores de 200 HP en 220 volts/440 HP en 440 volts y mayores. En estos arrancadores se tienen dos contactores de arranque, uno de dos contactos (2A) y otro de tres (1A) que operan independientemente. La operación de arranque, es similar a lo descrito con anterioridad, sólo que en el momento de la transición del CONTACTOR (2A) se abre, en tanto que 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.

### III.2.2.4 ARRANQUE ESTRELLA - DELTA.

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

Cuando el motor se conecta en estrella, la tensión en cada una de las fases será  $1/\sqrt{3}$  del valor de la tensión de la línea, que se aplica a cada fase si se conectara en delta. Por otro lado siendo la corriente de la línea en la conexión estrella  $1/\sqrt{3}$  la corriente de la línea en conexión delta, la corriente absorbida por el motor durante el arranque en estrella, será  $1/3$  del valor que tomaría si se arrancara en delta. El par de arranque también disminuye  $1/3$  de su valor en conexión delta, puesto que su reducción es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada y siendo ésta  $1/\sqrt{3}$  su cuadrado da el valor mencionado.

Para Lograr este tipo de arranque, en muchas ocasiones se utilizan desconectores de cuchillas, de dos tiros tres polos o bien combinados, como se puede observar en la figura 3.13.

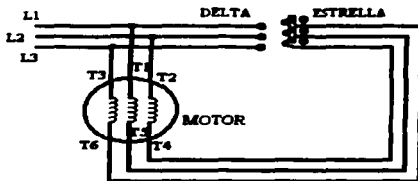


Fig. 3.13 arranque manual estrella - delta para un motor trifásico jaula de ardilla.  
El cambio se realiza con un desconector de navajas de tres polos, dos tiros.

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

La figura 3.14, muestra un arrancador magnético a tensión reducida estrella - delta, el cual es gobernado por pulsadores o dispositivos de mando conectados a dos hilos. Al pulsarse el botón de arranque, se excitan las bobinas de los contactores M y E se cierran, el motor se conecta a la línea con sus devanados estáticos en estrella. El relé de tiempo T actúa unos segundos después, ya que el motor se haya acelerado, desconectando la bobina del CONTACTOR E y conectando la del CONTACTOR D, que al cerrar sus contactos deja trabajando al motor en delta.

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

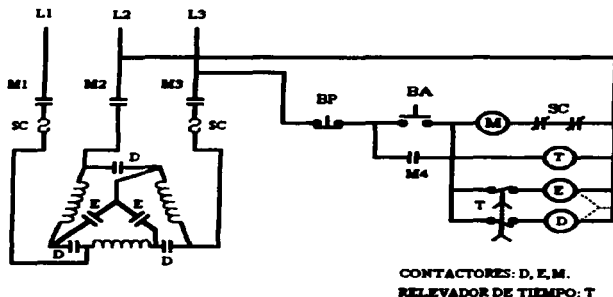


Fig. 3.14 Arrancador magnético a tensión reducida estrella - delta, para un motor trifásico jaula de ardilla.

El circuito de la figura 3.14, corresponde a un arrancador con transición abierta, ya que en la operación de apertura de los contactos E, y el cierre de los contactos D el motor queda desconectado de la línea por un instante. Para evitar la posibilidad de que en el instante de la transición, el motor demande una corriente muy elevada se utiliza un dispositivo que realiza la transferencia estrella - delta, sin desconectar el motor e la línea

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

### III.3 INVERSIÓN DE ROTACIÓN

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

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



Utilizando el control magnético se puede realizar la operación anterior, con las ventajas que el empleo de esta tecnología presenta. En la figura 3.17 (a) se presenta un arrancador de operación reversible para un motor jaula de ardilla arrancando a tensión plena, mientras que en la figura 3.17 (b) se observa la misma operación pero gobernada por un desconector de cuchillas de tres polos dos tiros.

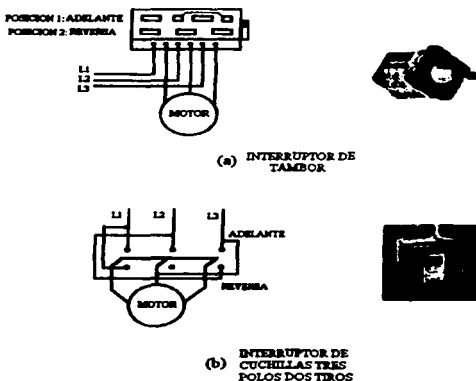


Fig. 3.17 Inversión de giro de un motor jaula de ardilla. (a) con un interruptor de tambor. (b) con un interruptor de cuchillas, tres polos dos tiros

Un arrancador reversible, está formado por dos contactares y un relevador de sobrecarga. La figura 3.18 muestra el diagrama lineal de este tipo de arrancador. Obsérvese que, la interconexión mecánica entre la bobina A y R determina que la otra bobina no se pueda enclavar aunque haya sido energizada; de esta forma se evita un cortocircuito si se cerraran simultáneamente los contactos de A y R.

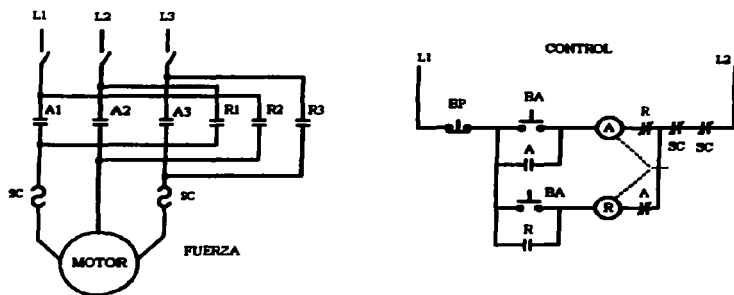


Fig. 3.18 Diagrama lineal de un arrancador reversible.

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

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

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

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

Para la protección contra cortocircuitos, se deben instalar, siempre delante del arrancador, fusibles o interruptores de protección adecuados.

El control de la inversión de rotación, se ha ilustrado por simplicidad en motores jaula de ardilla, pero los conceptos pueden aplicarse a máquinas que requieren arranque a tensión reducida y a motores de rotor devanado.

## III.4 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. 3.1. 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:

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad \dots \dots \dots \quad \text{ec. 3.5.}$$

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:

$$N_r = N_s(1 - s) \quad \dots \dots \dots \quad \text{ec. 3.6}$$

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

$$N_r = \frac{120f}{p}(1 - s) \quad \dots \dots \dots \quad \text{ec. 3.7}$$

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.

**III.5 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA.****III.5.1 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:

$$F_{em} = K\theta F, \text{ en donde } \theta = \frac{1}{K} \frac{E}{f} \cong \frac{1}{K} \frac{V}{f} \dots \dots \dots \dots ec.3.8.$$

Donde:

Fem. = fuerza electromotriz.

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

$\theta$  = 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 sincrónico 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 proporcionados 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 se emplean como convertidores de frecuencia.

La generación de tensión de frecuencia variable, puede lograrse también con un inversor, como el mostrado en la figura 3.19 (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. 3.19. (b).

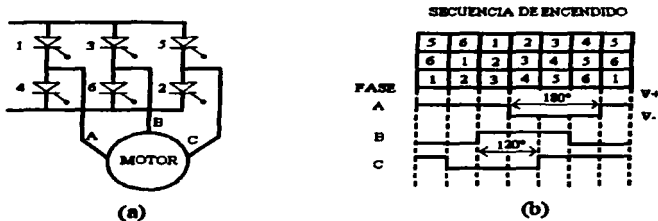


Fig. 3.19 inversor que alimenta un motor de inducción jaula de ardilla.

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 3.20 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.

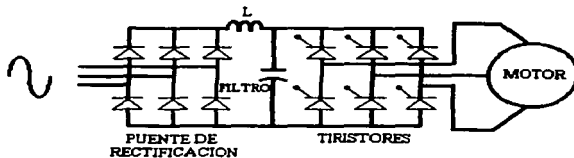


Fig. 3.20 Esquema simplificado del circuito de fuerza, de un convertidor de frecuencia con semiconductores, para el control de la velocidad.

### III.5.2 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 estatórico, de manera que se modifique la velocidad síncrona del campo giratorio y con ello la velocidad del rotor.

Existen motores en jaula de ardilla que se construyen con dos devanados estatóricos 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 3.21 se muestra un diagrama simplificado de conexiones. Por supuesto, el circuito de control debe estar arreglado, para evitar la conexión simultánea de los devanados, con bloqueos mecánico y eléctrico.

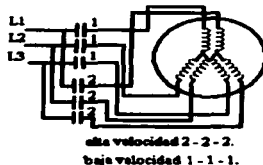


Fig. 3.21 motor de dos devanados, dos velocidades.

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.

### III.6 FRENADO.

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

#### III.6.1 FRENOS MECANICOS.

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

- De balatas.
- De disco.

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

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

### III.6.2 FRENADO POR CONTRACORRIENTE.

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

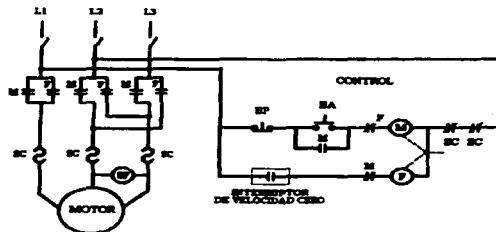


Fig. 3.23 Diagrama simplificado de un arrancador a tensión plena de un motor jaula de ardilla, provisto de un sistema de frenado por contracorriente y freno mecánico.

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

### IV.6.3 FRENADO DINÁMICO.

El frenado dinámico de un motor de inducción, puede obtenerse si durante la rotación del motor, se desconecta el estator de la red de corriente trifásica 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.

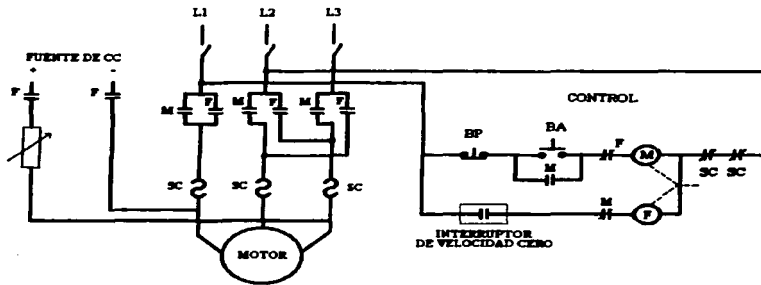


Fig. 3.24 Diagrama esquemático de un sistema de frenado dinámico para un motor jaula de ardilla o anillos rozantes

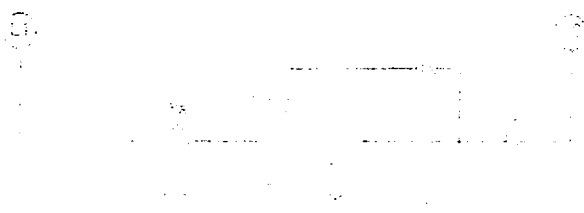
En los motores de anillo rozantes, la operación se realiza de manera similar a la antes descrita. Esto es, se aplica una excitación de CC a los devanados estatóricos, generándose corrientes en los devanados del rotor que se disipan en los bancos de resistencias que se conectan en este. Es posible ajustar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

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# CAPITULO IV

## DISEÑO DE UN ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA POR REACTANCIAS PARA UN MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA



---

TESIS CON  
ORIGEN

## IV PARÁMETROS ELÉCTRICOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO.

### IV.1 GENERALIDADES.

Para diseñar un arrancador a tensión reducida, es necesario conocer los parámetros eléctricos determinantes de dicha caída de tensión, tales como resistencias reactancias, etc. La materia está formada por protones (carga positiva), electrones (carga negativa) y neutrones que son partículas sin carga eléctrica. Las cargas de la misma polaridad se rechazan entre sí, las cargas de diferente polaridad se atraen entre sí y los neutrones no ejercen fuerza eléctrica alguna.

La carga eléctrica, al igual que la masa, constituye una propiedad fundamental de la materia que se manifiesta a través de las fuerzas, denominadas como electrostáticas, y son las responsables de los fenómenos eléctricos. Cuando a un cuerpo se le dota de propiedades eléctricas sustrayéndole o cediéndole electrones se dice que ha sido electrizado ó cargado.

La carga del electrón (o del protón) constituye el valor mínimo e indivisible de cantidad de electricidad es, por tanto, la carga elemental y por ello constituye una unidad natural de cantidad de electricidad. El coulomb es la unidad de carga eléctrica que se transfiere a través de cualquier sección transversal de un conductor en un segundo por una corriente constante de un amperio en el sistema internacional el coulomb equivale a:

$$1e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb.}$$

Por consiguiente, un conductor que tuviera la carga positiva de un coulomb, le faltarían 6,27 trillones de electrones. Un conductor que tuviera la carga negativa de un coulomb tendría un exceso de 6,27 trillones de electrones. Para la electrostática, el coulomb es una unidad de carga extremadamente grande.

#### IV.1.1 RESISTENCIA.

La resistencia se define como la oposición al flujo de la corriente sea esta corriente continua o corriente alterna. En el gráfico siguiente vemos que tenemos una bombilla en el paso de la corriente que sale de la terminal positiva de la batería y regresa a la terminal negativa. Esta bombilla que todos tenemos en nuestros hogares es una resistencia.

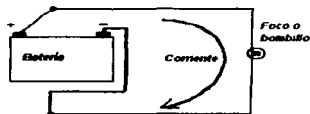
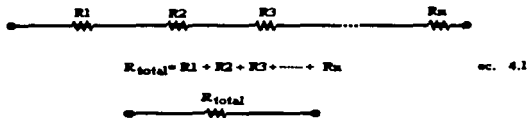


Figura 4.1 Muestra un foco en el paso de la corriente que sale de la terminal positiva de la batería y regresa a la terminal negativa.

**IV.1.1.1 RESISTENCIAS EN SERIE .**

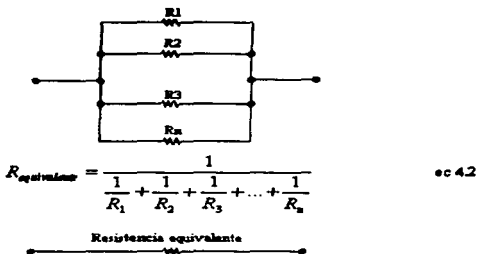
El valor equivalente de las resistencias conectadas en serie en un circuito, es igual a la *suma* de los valores independientes de todas las resistencias.



*figura 4.2 Resistencias en serie*

**IV.1.1.2 RESISTENCIAS EN PARALELO**

En el circuito de resistencias en serie la corriente tiene una trayectoria circular, en el circuito de resistencias en paralelo la corriente se divide y circula por varias trayectorias. La resistencia equivalente de un circuito con resistencias conectadas en paralelo es igual al recíproco de la suma de las resistencias individuales, así, la fórmula que determina de la siguiente forma.



*figura 4.3 Resistencias en paralelo.*

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### IV1.1.3 LEY DE OHM

Los efectos de la resistencia al limitar el flujo de carga fueron estudiados cuantitativamente por George Simón Ohm en 1826. Descubrió que para un resistor dado, a determinada temperatura la corriente es directamente proporcional al voltaje aplicado. La rapidez del flujo de carga eléctrica entre dos puntos depende de la diferencia de potencial entre ellos. Esta proporcionalidad puede establecerse como la Ley de Ohm:

**La corriente producida en cierto conductor  
 Es directamente proporcional a la diferencia  
 de potencial entre sus puntos extremos.**

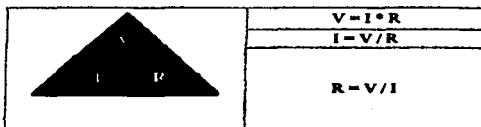


Figura 4.4 Esquema de la ley de Ohm

**I** = es la corriente eléctrica que pasa por elemento.

**V** = es la diferencia de potencial de los dos extremos de un elemento de resistencia.

**R** = resistencia.

Cuando mayor sea la resistencia **R**, menor será la corriente **I**, para un voltaje **V**, dado. La unidad de medida de la resistencia es el Ohm y el símbolo con que se denota ( $\Omega$ ).

### IV1.1.4 LA LEY DE JOULE O POTENCIA EN UNA RESISTENCIA

Antes de examinar en detalle que es la potencia, primero se debe de entender que es energía. Se puede entender como energía a la capacidad que se tiene para realizar un trabajo. En nuestro caso si se conecta una batería o pila a un foco incandescente tendremos que esta energía se convierte en luz y también se disipa en calor. Esta energía tiene una unidad que es el julio denotada como **J**. Ahora, la rapidez o velocidad con que gastamos esta energía, se mide en julios / segundo es decir la energía gastada en un segundo por un bombillo. A esto se le llama potencia.

La fórmula determinada es  $P = W / t$  . . ec. 4.5

Por ejemplo si gastamos un julio en un segundo quiere decir que gastamos un Watt de potencia.

Existen varias fórmulas para determinar la potencia que se consume en un elemento en particular.

$$\text{La mas usual es: } P = V \times I \quad \text{ec. 4.6}$$

Donde:

V es el voltaje

I es la corriente del elemento en cuestión.

Por ejemplo si utilizamos la batería de un carro (12 V) y la conectamos a un bombillo y circula una corriente de 2 amperios, entonces la potencia que se consume en ese bombillo (en calor y luz) es de:

$$P = V \times I = 12 \times 2 = 24 \text{ Watt}$$

$$P = 24 \text{ Watt}$$

Para el caso de las resistencias, se pueden utilizar también las siguientes fórmulas:

Conociendo el valor de la resistencia y el voltaje entre sus terminales, entonces la ecuación a utilizar sería:

$$P = V^2 / R \quad \text{ec. 4.7}$$

Si conocemos el valor de la resistencia y la corriente que la atraviesa la fórmula queda como sigue:

$$P = I^2 \times R \quad \text{ec. 4.8}$$

#### **IV.1.1.5 INDUCTANCIA**

Es aquella propiedad de un circuito eléctrico que se opone a un cambio en la corriente. La inductancia se mide en Henrys (H). Cuando una corriente pasa por el inductor se crea un campo magnético que contiene energía, al aumentar la corriente la energía contenida en él aumenta también. En cuando la corriente disminuye, la energía contenida se libera.

##### **IV.1.1.5.1 INDUCTANCIA EN SERIE**

El cálculo del inductor o bobina equivalente de inductores en serie es similar al método de cálculo del equivalente de resistencias en serie.

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N \quad \text{ec. 4.9}$$

donde N es el número de bobinas en serie.

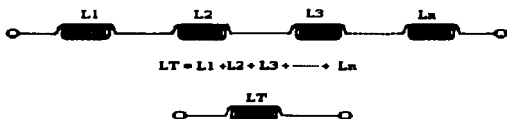


figura 4.5 Inductancias en serie

#### IV.1.1.5.2 INDUCTANCIA EN PARALELO

El cálculo de la bobina equivalente de varias bobinas en paralelo es similar al cálculo que se hace cuando se trabaja con resistencias como se muestran en la ecuación siguiente.

$$L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}} \quad \text{ec. 4.10}$$

donde N es el número de bobina que se conectan en paralelo.

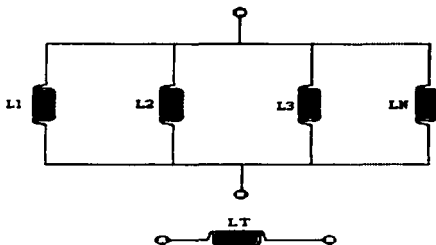


figura 4.6 Inductancias en paralelo

IV.1.1.6 REACTANCIA INDUCTIVA

La reactancia inductiva se origina de la fuerza contra electromotriz autoinducida provocada por la variación de la corriente. Es la resistencia ofrecida al flujo de una corriente alterna, debido a la presencia de una inductancia en el circuito. La magnitud de la reactancia inductiva en  $X_L$  se determina mediante la inductancia  $L$  del inductor y de la frecuencia  $f$  de la corriente alterna, su ecuación es:



figura 4.7 Inductor

$$X_L = 2 \pi f L \quad \text{ec. 4.12}$$

Donde  $X_L$  es la reactancia inductiva en Ohms ( $\Omega$ ),  $f$  es la frecuencia en Hertz (hz.) y  $L$  la inductividad de la bobina en Henrios (H).



Figura 4.8 En un circuito con inductancia el voltaje se adelanta a la corriente 90 grados

Ejemplo:

Cálculo de reactancia para una bobina de 33  $\mu$ H al cual le "fluye" una corriente alterna de 10.7 MHz:

$$X_L = 2 (3.14159) 10700(\text{KHz}) 0.033(\text{mH}) \approx 2218.6$$

$$X_L \approx 2.22 (\text{K}\Omega)$$

#### IV.2 BOBINA.

**IV.2.1 DEFINICIÓN.** - Una bobina o solenoide es el sistema formado por varias espiras circulares paralelas recorridas por la misma corriente.



Figura 4.9 Solenoide

Quando una corriente eléctrica circula por un conductor, aparece en su entorno un campo magnético. Si se enrolla este conductor en forma de bobina, los campos magnéticos de cada espira se suman y se obtienen con ello una distribución de las líneas de fuerza homogénea y similar a la de un imán rectangular, con la correspondiente presencia y distribución de los polos norte y sur. La intensidad de este campo magnético es proporcional la intensidad de la corriente que circula por la bobina y depende del número de espiras que la forman. Si se invierte la polaridad de la tensión aplicada a la bobina, se detectan los mismos efectos magnéticos, aunque se invierte la posición de los polos. Para aumentar la inductividad se logra colocando en la bobina un núcleo de material ferromagnético, por ejemplo hierro, cobalto, níquel o ferrita. De acuerdo con el tipo de material usado se

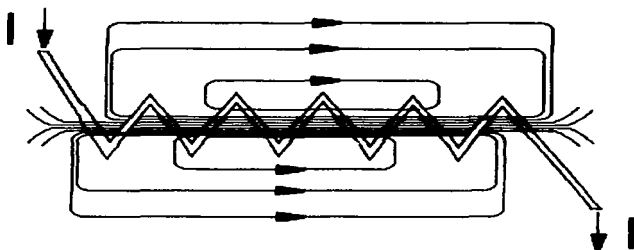


Figura 4.10 Esquema de una bobina.

puede elevar el valor  $10^2$  hasta  $10^3$  veces. Los núcleos están compuestos de finas e independientes laminas, las cuales están aisladas eléctricamente por una película de óxido, papel o barniz aislante o también llamada chapa de transformador o de dinamo; esta evita que con corrientes alternas, se produzcan calentamientos



inadmisibles en los núcleos. Las Bobinas con núcleos laminados cambian relativamente poco su inductividad en una gran gama de corriente, y van saturándose solo con corrientes altas. Es por eso que este tipo de bobinas se usan en la técnica de la energía por ejemplo en las reactancias de red o para filtrarse en circuitos rectificadores; en corrientes de alta frecuencia. En las siguientes figuras muestra algunas bobinas de este tipo.

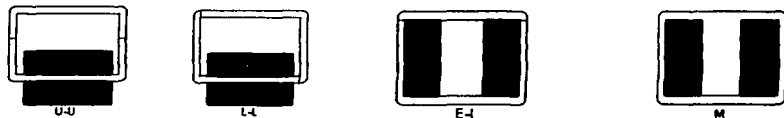


figura 4.11 Algunas bobinas con núcleos laminados

Una característica interesante de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas. Esto significa que a la hora de modificar la corriente que circula por ellas (ejemplo: ser conectada y desconectada a una fuente de poder), esta tratará de mantener su condición anterior.

Las bobinas se miden en *Henrios (H.)*, pudiendo encontrarse bobinas que se miden en Mili henrios (mH). El valor que tiene una bobina depende de:

- ☐ El número de espiras que tenga la bobina (a más vueltas mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
- ☐ El diámetro de las espiras (a mayor diámetro, mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
- ☐ La longitud del cable de que está hecha la bobina.
- ☐ El tipo de material de que está hecho el núcleo si es que lo tiene.

#### IV.2.1.1 CÁLCULO DE BOBINAS:



figura 4.12 Inductor

Lamentablemente no existe una fórmula determinante que nos permita fabricar una bobina teniendo como dato solo la inductancia deseada. Juegan algunos factores como dimensiones físicas, tipo de alambre, tipo de núcleo, el destino que tendrá (audio, video, VHF, UHF), etc. Sin embargo hay una fórmula que nos permite obtener la inductividad de una bobina basándose en sus dimensiones físicas y tipo de material, la cual nos permita calcular que resultado nos dará una bobina "teórica". El logro de la inductividad deseada solo será el resultado de una serie de pruebas-error.

$$L = \mu \cdot 1,257 \cdot \frac{n^2 \cdot s}{10^9 \cdot \ell}$$

cc.4.13

Donde :

- ◆ L es la inductividad de la bobina en henrios (H)
- ◆  $\mu$  ( $\mu$ ) es la permeabilidad del núcleo
- ◆ n es el número de espiras de la bobina
- ◆ S la superficie cubierta por el núcleo en  $\text{cm}^2$
- ◆ l la longitud de la bobina en cm.

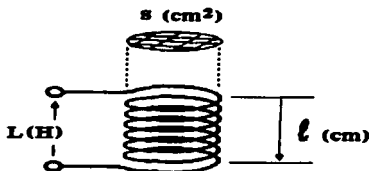


figura 4.13 Esquema del calculo de una bobina.

$\mu$  ( $\mu$  en griego) es un número entero que representa la permeabilidad magnética del material del núcleo, es decir su capacidad para absorber líneas de fuerza magnéticas.

Haciendo una comparación digamos que una pieza de aluminio y otra de hierro son permeables a un campo magnético en forma comparable a la de un trozo de plástico y una esponja respectivamente son permeables al agua.

Existen tablas que describen las propiedades permeables de distintos materiales, (incluso el vacío absoluto), pero por razones prácticas veremos solo la de los materiales más usados en electrónica: aire = 1, magneto cerámica (derrite) =10, polvo de hierro = 30 (los rangos de  $\mu$  de piezas comerciales de polvo de hierro van de 10 a 100, aunque 30 parece ser el más común).

#### IV.2.1.2 APLICACIONES DE UNA BOBINA.

El autotransformador es uno de los dispositivos más eficientes, la razón es de que solo una parte de su energía se transfiere por conducción del primario al secundario. La energía que se transfiere en forma conductiva no produce pérdidas en el transformador. La eficiencia típica de los autotransformadores va desde el 99 hasta muy cerca del 100 %. Además, para el mismo tamaño de núcleo y construcción de los devanados, la capacidad de transferencia de KVA en los autotransformadores es muy alta.

- Una de las aplicaciones más comunes de las bobinas y que forma parte de nuestra vida diaria es la bobina que se encuentra en nuestros autos y forma parte del sistema de ignición.
- En los sistemas de iluminación con tubos fluorescentes existe un elemento adicional que acompaña al tubo y que comúnmente se llama *ballastro*.
- En las fuentes de alimentación también se usan bobinas para filtrar componentes de corriente alterna y solo obtener corriente continua en la salida.

- Los autotransformadores encuentran su mayor aplicación en situaciones en las que intervienen bajos voltajes, como en el arranque a voltaje reducido.

#### IV.3 DISEÑO DEL ARRANCADOR

Tomando como base los parámetros antes mencionados y sabiendo que: una bobina se opone a los cambios bruscos de corriente que circula a través de ella y debido a que un circuito trifásico se puede considerar equivalente a tres circuitos monofásicos conectados en estrella, el arrancador será diseñado con tres autotransformadores monofásicos que reducirán la tensión en cada una de las fases que alimentan al motor y limitarán la corriente con la finalidad de reducir las perturbaciones producidas en la red de alimentación en el instante de arranque de un motor trifásico jaula de ardilla de  $\frac{1}{4}$  de hp de potencia.

Generalmente no existe una sola respuesta correcta para un problema de diseño, pero debe procurarse alcanzar y adoptar una solución que conjugue de la mejor manera posible las selecciones del producto con su función y su fabricación.

Es muy conveniente realizar varias pruebas (ensayo-error), mismas que permitirán llevar a cabo valiosas observaciones tanto en el funcionamiento, como lo relativo al proceso de fabricación; en donde se harán las modificaciones que se consideren necesarias hasta que las pruebas resulten satisfactorias.

##### IV.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS AUTOTRANSFORMADORES:

Las características de cada uno de los autotransformadores son:

- salida máxima por terminal 3 - 4 amperes.
- Frecuencia de trabajo, 60 Hz .
- Diámetro del núcleo 4cm =0.041m.
- Número de espiras = 340 vueltas.

A) Derivaciones (taps) de los autotransformadores son:

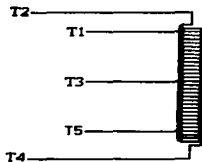


figura 4.14 Derivaciones de los autotransformadores

En donde:

- T2 es la tensión usada.
- T4 es el neutro.
- T1 es el 85% de tensión.
- T3 es el 68% de tensión.
- T5 es el 15% de tensión.

En la siguiente figura muestra los porcentajes de tensión de cada uno de los transformadores.

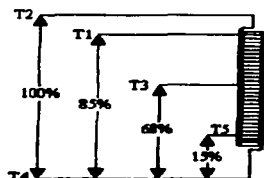


figura 4.15 Porcentaje de tensión de los autotransformadores

Por lo tanto los voltajes de cada uno de los autotransformadores quedan determinados de la siguiente forma.

- En el TAP T2 y el TAP T4 se alimenta la bobina con 110 Vca.
- En el TAP T1, el TAP T3 y el TAP T5 es donde se tiene la regulación del voltaje.

Como se puede ver en la figura siguiente:

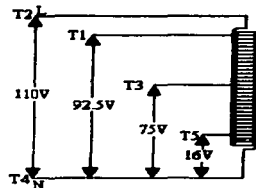


figura 4.16 Voltajes de los TAP con respecto al neutro.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

B) Disposición física.

La figura 4.17 muestra la disposición física de cada transformador y sus derivaciones.

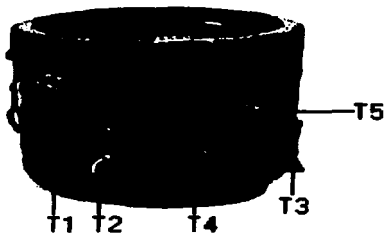


figura 4.17 Autotransformador o Bobina con sus taps.

#### IV.3.1.2 ESTRUCTURA DEL MODULO

Los materiales empleados para la construcción del arrancador son los siguientes:

- 3 Autotransformadores
- 12 Bornes de conexión negro.
- 3 Bornes de conexión rojo.
- 30 Zapatas de herradura con forro
- 3 Interruptores de un polo dos tiros para 110 Vca a 2 Amp.
- 1 Tramo de 6 m, ángulo de acero de 1/2 pulgada
- Cable conductor de cobre (75° C) THW, THWN, XHHW calibre 12
- 1 Pieza rectangular de acrílico de 31.5 cm por 27 cm, con un espesor de 5mm.
- 1 Pieza rectangular de acrílico de 25.5 cm por 39 cm, con un espesor de 5mm.
- Soldadura eléctrica
- 20 Tornillos de 1/4 de pulgada con tuerca
- 20 Cinchos de sujeción para cableado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**IV.3.1.2.1 BASE.**

Se diseño y construyo la base para el modulo con reactivancias que esta elaborada básicamente por ángulo soldado con las dimensiones establecidas, como se observa en la figura 4.18

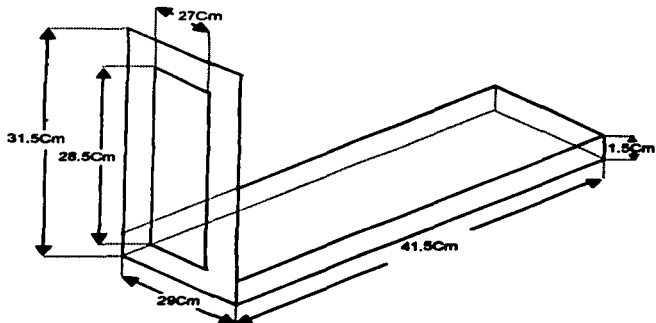


figura 4.18 Base del módulo

**IV.3.1.2.2. ENSAMBLE.**

Se sujeta la pieza de acrílico blanco 25.5 cm por 39 cm, con un espesor de 5mm., sobre la base construida de ángulo y se sujeta por tornillos con su respectiva tuerca, posteriormente se instalan las tres bobinas que están dispuestas en la base también con tornillos, como se observa en la figura 4.19.



Figura 4.19 Colocación de bobinas.

#### IV.3.1.2.3. CONEXIONES DEL MODULO CON REACTANCIAS.

Se perfora la pieza de acrílico transparente para acoplar los bornes y los interruptores. Se hace la conexión de cada una de las terminales de la bobina a su respectivo borne, esta acción se realiza con cada uno de los bornes y posteriormente con las demás bobinas como se observa en la figuras 4.20 y 4.21.

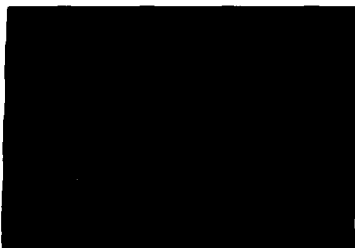


Figura 4.20 conexión de cada borne e interruptor.



figura 4.21 Conexión de la bobina .

#### IV.3.1.2.4 CARATULA

Se rotula el acrílico transparente 31.5 cm por 27 cm, con un espesor de 5mm, con el nombre del modulo de reactancias, con el símbolo de cada autotransformador con respectivas derivaciones (taps). Como se observa en la figura 4.22.

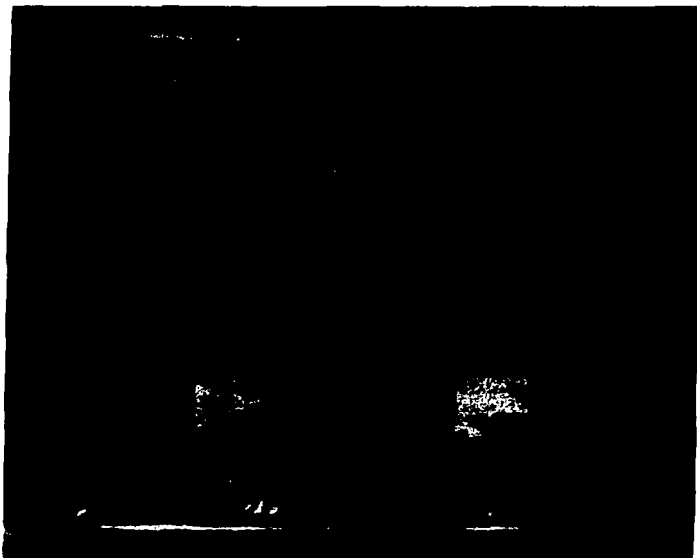


figura 4.22 Carátula



#### IV.3.1.2.5 MODULO COMPLETO

Finalmente la disposición general del modulo queda de la siguiente manera en la figura 4.23.

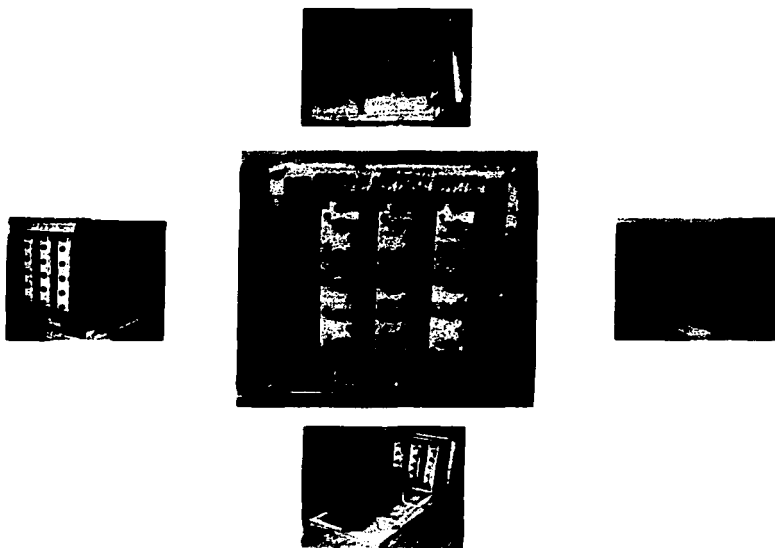


Figura 4.23 Modulo de autotransformador o de reactancias en sus diferentes vistas.

#### IV.3.1.3 EQUIPO PARA DISEÑAR EL ARRANCADOR

Para desarrollar el arrancador se necesita del siguiente equipo:

- ⊞ Módulo de fuente de alimentación.
- ⊞ Módulo de reactancia.
- ⊞ Dos módulos de relevador de tiempo.
- ⊞ Un módulo de contactor magnético.
- ⊞ Un módulo de estación de botones.
- ⊞ Un módulo de amperímetro de 0-8 amperes.
- ⊞ Tres módulos de wattímetros monofásicos.
- ⊞ Un módulo medidor de C.A. 0-100/250V.
- ⊞ Motor de jaula de ardilla.
- ⊞ Un electro dinámometro.
- ⊞ Banda.
- ⊞ Cables de conexión.

#### IV.4 PROCEDIMIENTO y PRUEBAS

##### IV.4.1 Procedimiento:

1. Examine el diagrama lineal de la figura 4.24a y el diagrama de fuerza de la figura 4.24b.
2. Se hace la conexión de equipo de acuerdo a los diagramas (fig. 4.24a y fig 4.24b).
3. Asegúrese de que la perilla de control del voltaje de la fuente de alimentación esté en cero.
4. Alimente el equipo de acuerdo al diseño.
5. Ajuste de carga a un 50%.
6. Se hace la descripción del funcionamiento de control.

Al momento de accionar B.A. se energiza TA cerrando el contacto TA4 de enclave, el cual hace que se accione el relevador TA1 de retardo de tiempo alimentando el motor. Después de un tiempo "T" se energiza la bobina TB accionando TB1 de retardo de tiempo energizando C, el cual hace que conecte al motor a la tensión plena de línea.

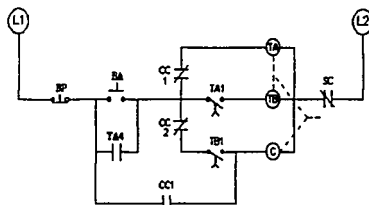


Figura 4.24a Diagrama lineal de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla controlado desde una estación de botones.

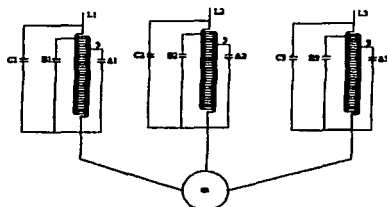


Figura 4.24b Diagrama de fuerza para un motor trifásico jaula de ardilla.

#### IV.4.2 PRUEBAS A PLENA CARGA.

##### 1. Pruebas de velocidad.

- A) En el instante de arranque el motor alcanza un valor de velocidad máximo de 400 rpm sin embargo una vez que se rompe la inercia en el arranque y se estabiliza la velocidad alcanza un valor que oscila entre 350 rpm y 250 rpm; obteniendo la media podemos decir que el motor desarrolla una velocidad de 300 rpm en el periodo de arranque; conociendo la velocidad podemos calcular el par utilizando la siguiente formula:

$$hp = \frac{rpm(lbf \cdot plg)(1.59)}{100000} \dots \dots \dots ec.4.14$$

En donde:

- hp es igual a la potencia nominal en caballos de fuerza.
- rpm es igual a la velocidad en revoluciones por minuto.
- lbf.plg es igual al par en libras-fuerza pulgadas.
- 1.59 es una constante.
- 10000 es una constante.

Despejando el par tenemos:

$$par = \frac{hp(100000)}{1.59rpm} \dots \dots \dots ec.4.15$$

sustituyendo valores en la ecuación 4.15:

$$par = \frac{.25(100000)}{1.59(300)} = 52.4 lbf \cdot plg$$

$$par = 52.41 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

- B) En el segundo periodo de arranque la velocidad se incrementa de 300 a 450 rpm o. Calculando el par de la ecuación 4.15 tenemos:

$$par = \frac{.25(100000)}{1.59(450)} = 34.9 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

$$par = 34.9 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

- C) En el tercer periodo de arranque la velocidad se incrementa de 450 rpm hasta 1700 rpm calculando el par de la ecuación 4.15 tenemos:

$$par = \frac{.25(100000)}{1.59(1700)} = 9.24 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

$$par = 9.24 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

**2. Intensidad de corriente.**

- A) en el instante de arranque el motor demanda de la red de alimentación una corriente cuya intensidad es de 4 amperes.  
 B) Cuando se activa el segundo contactor se demanda de la red una corriente que se incrementa de 4 amperes a 4.4 amperes.  
 C) En el instante que demanda de la red una corriente de 4.4 amperes rompe la inercia de la carga y por consiguiente la corriente decrece a 0.9 amperes.

**3. Voltaje de alimentación.**

- A) en el instante de arranque el voltaje de línea que demanda el motor de la red de alimentación es de 180 volts mientras que el voltaje de fase es de 104 volts al 68% de tensión.  
 B) Cuando se activa el segundo contactor el voltaje de línea que demanda de la red de alimentación es de 195 volts mientras que el voltaje de fase es de 115 volts al 85% de tensión.  
 C) En el instante que demanda 195 volts de línea y 115 volts de fase rompe la inercia de la carga y se incrementa el voltaje de línea de 205 volts de mientras que el voltaje de fase también se incrementa a 119 volts al 100% de tensión.

**4. Potencia.**

- A) en el instante de arranque el motor demanda 600 w por fase a la red de alimentación considerando las siguientes expresiones:

$$P_{1\phi} = \frac{P_{3\phi}}{3} \dots \dots \dots ec.4.16$$

$$P_{3\phi} = 3P_{1\phi} \dots \dots \dots ec.4.17$$

en donde:

- $P_{1\phi}$  es la potencia de fase
- $P_{3\phi}$  es la potencia trifásica
- 3 es una constante

por lo tanto se sustituyen los valores de potencia en la ecuación 4.17

$$P_{3\phi} = 3P_{1\phi} \dots \dots \dots ec.4.17$$

$$P_{3\phi} = 3(600) = 1800w$$

$$P_{3\phi} = 1800w$$

una vez que se estabiliza la demanda de potencia disminuye a 430w  $P_{1\phi}$  transformando la potencia de fase a potencia trifásica tenemos de la ecuación 4.17.

$$P_{3\phi} = 3(430) = 1290w$$

$$P_{3\phi} = 1290w$$

- B) En el instante que se activa el segundo contactor la demanda de potencia se incrementa a 480w  $P_{1\phi}$ . de la ecuación 4.17 se obtiene la potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = 3(480) = 1440w$$

$$P_{3\phi} = 1440w$$

- C) en el tercer periodo de arranque la potencia disminuye de los 480w  $P_{1\phi}$  a los 450w  $P_{1\phi}$  es entonces cuando se rompe la inercia del arranque y la demanda de potencia decrece de los 450w  $P_{1\phi}$  a los 75w  $P_{1\phi}$  de potencia en una fase. De la ecuación 4.17 se obtiene la potencia trifásica.

$$P_{3\phi} = 3(75) = 225w$$

$$P_{3\phi} = 225w$$

**5. Tabla**

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos durante el periodo de arranque.

T (segundos)	Par (lbf.pig)	I (amperes)	V (volts)	W (watts)	Velocidad (rpm)
0	52.41	4	180	1290	300
1.9	34.9	4.4	195	1440	450
3.5	9.24	0.9	205	225	1700
5.1	9.24	0.9	205	225	1700
6.7	9.24	0.9	205	225	1700

Fig.4.25.Tabla 4.1

**6. Potencia Aparente, Potencia Reactiva y Factor de Potencia.**

Considerando los datos de la tabla 4.1 a plena carga y velocidad nominal sabemos que:

$$potencia_{aparente} = \sqrt{3}(v_{base})(I_{base}) \dots \dots \dots ec.4.18$$

$$potencia_{reactiva} = \sqrt{(potencia_{aparente})^2 - (potencia_{real})^2} \dots \dots \dots ec.4.19$$

$$factor.de.potencia = \frac{potencia_{real}}{potencia_{aparente}} \dots \dots \dots ec.4.20$$

A) De la ecuación 4.18 tenemos:

$$potencia_{aparente} = \sqrt{3}(205)(0.9) = 319.56va$$

$$potencia_{aparente} = 319.56va$$

B) De la ecuación 4.19 tenemos:

$$potencia_{reactiva} = \sqrt{(319.56)^2 - (225)^2} = 226.92 \text{ var}$$

$$potencia_{reactiva} = 226.92 \text{ var}$$

C) de la ecuación 4.20 tenemos:

$$\text{factor.de.potencia} = \frac{225}{319.56} = 0.7$$

$$\text{factor.de.potencia} = 0.7$$

**7. Interpretación grafica de resultados.**

De los datos de la tabla 4.1 obtener las siguientes graficas:

- Tiempo vs. Corriente.
- Tiempo vs. Voltaje.
- Tiempo vs. Potencia.
- Tiempo vs. Velocidad.

**Segundos Vs Amperes**

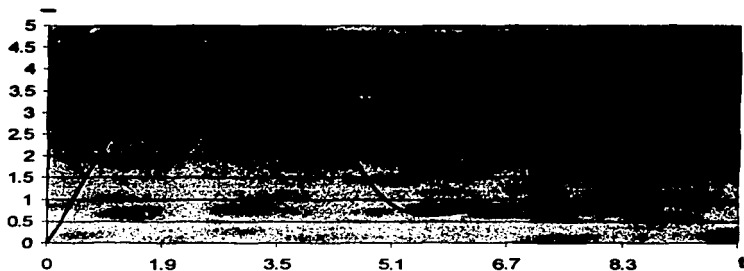


figura 4.26. Grafica de tiempo vs. amperes.

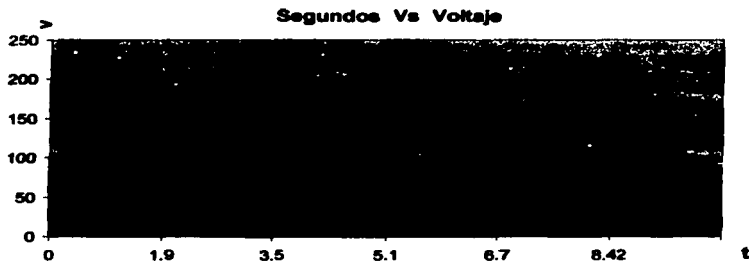


figura 4.27. Grafica de tiempo vs. voltaje.

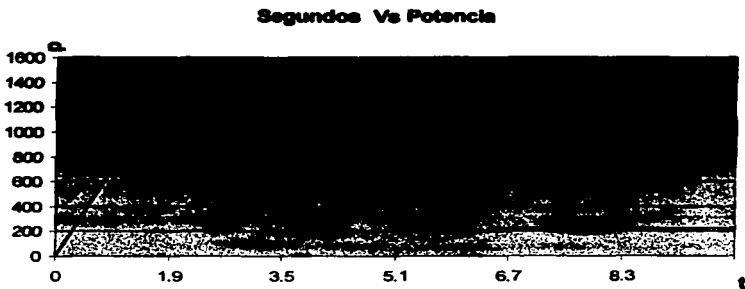


figura 4.28 grafica de tiempo vs. Potencia.



## Segundos Vs Rpm

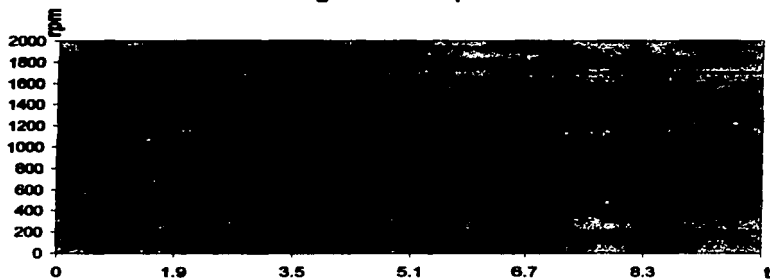


figura 4.28 grafica de tiempo vs. rpm .

## IV.4.3 PRUEBAS EN VACIO

Se realizaron pruebas del motor en vacío con la finalidad de poder compararla con las pruebas a plena carga

## 1. Pruebas de velocidad.

A) en el instante de arranque el motor desarrolla una velocidad de 1750 rpm . De la ecuación 4.15 podemos obtener el par de arranque.

$$par = \frac{.25(100000)}{1.59(1750)} = 8.98lb\cdot f.p\lg$$

$$par = 8.98lb\cdot f.p\lg$$

B) sin embargo una vez que se rompe la inercia la velocidad se estabiliza a 1700 rpm. De la ecuación 4.15 podemos obtener el par de arranque.

$$par = \frac{.25(100000)}{1.59(1700)} = 9.24lb\cdot f.p\lg$$

$$par = 9.24lb\cdot f.p\lg$$

## 2. Intensidad de corriente.

En el instante de arranque del motor demanda de la red de alimentación una corriente de 6.5 amper, donde rompe la inercia y por consiguiente la corriente decrece a 0.9 amper.

**3. Voltaje de alimentación.**

En el instante de arranque del motor el voltaje de línea que demanda de la red de alimentación del motor es de 214 y mientras que el voltaje de fase es de 124volts; una vez que se rompe la inercia el voltaje de línea decrece de 214volts a 211volts y el voltaje de fase también decrece de 124volts a 122volts.

**4. Potencia.**

En el instante de arranque el motor demanda  $700w P_{1\phi}$  por fase a la red de alimentación transformando la potencia de fase a potencia trifásica tenemos de la ecuación 4.17.

$$P_{3\phi} = 3(700) = 2100w$$

$$P_{3\phi} = 2100w$$

cuando se rompe la inercia del arranque la demanda de potencia decrece de los  $700w P_{1\phi}$  a los  $75w P_{1\phi}$  transformandose la potencia de fase a potencia trifásica tenemos de la ecuación 4.17.

$$P_{3\phi} = 3(75) = 225w$$

$$P_{3\phi} = 225w$$

**5. Tabla**

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos durante el periodo de arranque

T (segundos)	Par (lbf.pig)	I (amperes)	V (volts)	W (watts)	Velocidad (rpm)
0	8.98	6.2	214	2100	1750
0.3	9.24	.9	211	225	1700
0.6	9.24	.9	211	225	1700
0.9	9.24	.9	211	225	1700
1.2	9.24	.9	211	225	1700
1.5	9.24	.9	211	225	1700

Figura 4.29. Tabla 4.2

**6. Potencia Aparente, Potencia Reactiva y Factor de Potencia.**

Considerando los datos de la tabla 4.2 a plena carga y velocidad nominal sabemos que:

A) De la ecuación 4.18 podemos calcular la potencia aparente.

$$potencia_{aparente} = \sqrt{3}(211)(0.9) = 328.91va$$

$$potencia_{aparente} = 328.91va$$

D) de la ecuación 4.19 podemos calcular la potencia reactiva.

$$potencia_{reactiva} = \sqrt{(328.91)^2 - (225)^2} = 239.91 \text{ var}$$

$$potencia_{reactiva} = 239.91 \text{ var}$$

E) de la ecuación 4.20 podemos calcular el factor de potencia

$$factor.de.potencia = \frac{225}{328.91} = 0.68$$

$$factor.de.potencia = 0.68$$

#### 7. Interpretación grafica de resultados.

De los datos de la tabla 4.1 obtener las siguientes graficas:

- Tiempo vs. Corriente.
- Tiempo vs. Voltaje.
- Tiempo vs. Potencia
- Tiempo vs. Velocidad

#### Segundos Vs Amperes

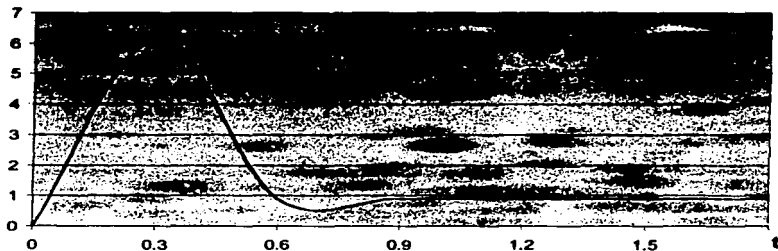
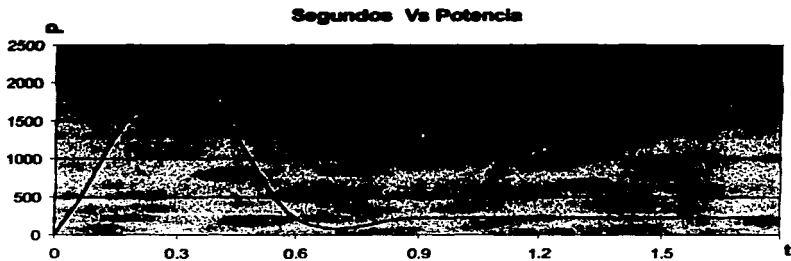
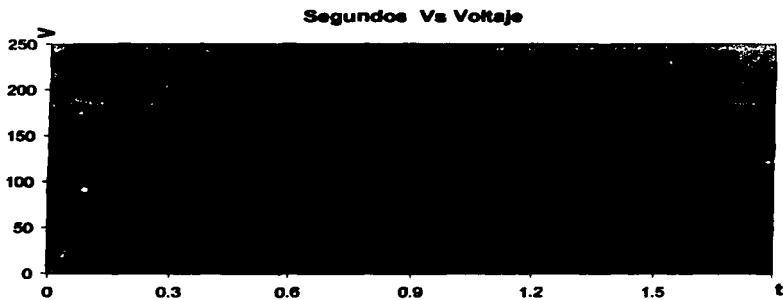


figura 4.30 Grafica de tiempo vs. ampers.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

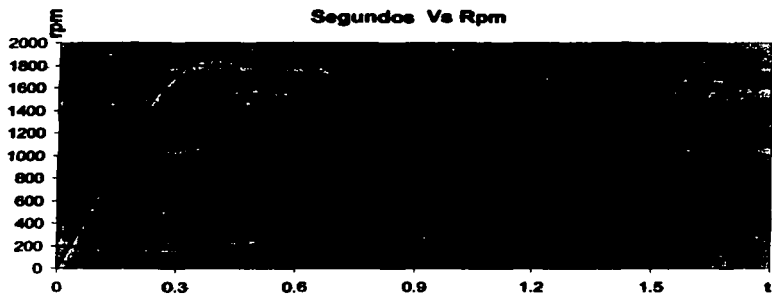


figura 4.33 Grafica de tiempo vs. Rpm

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

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

Para diseñar un sistema eléctrico de control es necesario el conocimiento de los símbolos y diagramas que componen al sistema, debido a que por medio de ellos, determinamos un lenguaje escrito para los circuitos eléctricos, mismos que nos ayudan a establecer el tipo de conexión del circuito, la ubicación de sus componentes y sobretodo el funcionamiento del sistema.

Una característica interesante de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circulan por ellas, esta trata de mantener su condición anterior

Los autotransformadores tienen eficiencias máximas cuando la relación de transformación es cercana a la unidad, bajo esas condiciones, la mayor parte de la energía se transfiere conductivamente sin pérdidas, el pequeño residuo de la energía se transforma con pérdidas relativamente pequeñas. Los autotransformadores tienen ventajas del menor tamaño y mayor eficiencia

En el laboratorio de máquinas eléctricas se realizaron varias pruebas, donde se analizaron sus características positivas y negativas el arrancador nos demostró que es eficiente por que se alcanza la reducción deseable de la corriente, y de voltaje del motor trifásico jaula de ardilla.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# APÉNDICE



**A.I. EQUIVALENCIAS Y FÓRMULAS.**

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

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

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

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

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

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

$$1CM = .00254m$$

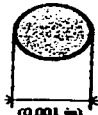
$$1CM = \frac{\pi D^2}{4}$$

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

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

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

$$1mm^2 \cong 2000CM$$



$$1mm^2 \cong 2000CM$$

**CORRIENTE ALTERNA.**

$$V = IR$$

$$V = IZ$$

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

$$X_L = 2\pi f L$$

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

$$P = VI \cos \theta$$

*Ley de ohm.*

*Impedancia.*

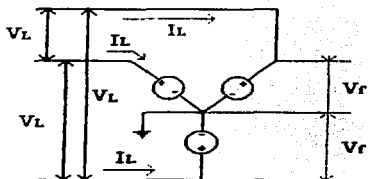
*Reactancia Inductiva.*

*Reactancia Capacitiva.*

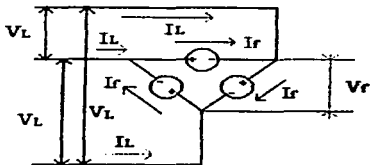
*Potencia.*

SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA.

$$\begin{aligned}
 V_L &= \sqrt{3}V_f \\
 I_L &= I_f \\
 P &= \sqrt{3}V_L I_L \text{fp} \\
 P_{\phi} &= 3V_L I_L \\
 \text{fp} &= \frac{P}{\sqrt{3}V_L I_L}
 \end{aligned}$$



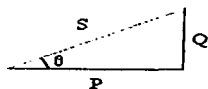
SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN DELTA.



$$\begin{aligned}
 V_L &= V_f \\
 I_L &= \sqrt{3}I_f \\
 P &= \sqrt{3}V_L I_L \text{fp} \\
 P_{\phi} &= 3V_L I_L \\
 \text{fp} &= \frac{P}{\sqrt{3}V_L I_L}
 \end{aligned}$$

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**TRIANGULO DE POTENCIAS.**



$$S = V_L I_L \quad [KVA]$$

*Potencia Aparente.*

$$P = V_L I_L \cos \theta \quad [KW]$$

*Potencia Real.*

$$Q = V_L I_L \text{Sen} \theta \quad [KVAR]$$

*Potencia Reactiva.*

$$\cos \theta = \text{fp}$$

*Factor de Potencia.*

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

II. CAÍDA DE TENSIÓN EN CONDUCTORES.

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

AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL PARA CONDUCTORES (AWG-MCM).

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

Tabla A.1.

A.III. CORRIENTE A PLENA CARGA EN MOTORES.

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

EQUIVALENCIA EN AMPERES DE MOTORES TRIFÁSICOS

MOTOR JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPÉRES)				MOTOR SÍNCRONO CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPÉRES)			
C.P.	220 V.	440.	2400 V.	C.P.	220 V.	440 V.	2400 V.
1/4	2.1	1.0					
1/2	2.9	1.5					
3/4	3.8	1.9					
1 1/4	5.4	2.7					
2	7.1	3.6					
3	10.0	5.0					
5	15.9	7.9					
7 1/2	23.0	11.0					
10	29.0	15.0					
15	44.0	22.0					
20	56.0	28.0					
25	71.0	36.0		25	54	27	
30	84.0	42.0		30	65	33	
40	109.0	54.0		40	86	43	
50	136.0	68.0		50	108	54	
60	161.0	80.0	15.0	60	128	64	11
75	201.0	100.0	19.0	75	161	81	14
100	259.0	130.0	25	100	211	106	19
125	326.0	163.0	30	125	264	132	24
150	376.0	188.0	35			158	29
200	502.0	251.0	47			210	38

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla A.2.  
CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES, DE MOTORES DE C.D.

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

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

TABLA A.3.

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE MOTORES MONOFÁSICOS Y BIFÁSICOS

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

TABLA A.4.

A.IV. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

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

Tabla de selección		Especificaciones técnicas		Características		
Modelo	Características	Material	Material	Material	Material	
ED2 320 V a.c.	16			ED2-16-10	1000 4421	1,72
	20			ED2-20-10	1000 4422	
	25			ED2-25-10	1000 4423	
	30			ED2-30-10	1000 4424	
	40			ED2-40-10	1000 4425	
CQJ 200 V a.c.	15			CQJ-15-10	1000 1396	2,2
	20			CQJ-20-10	1000 1397	
	25			CQJ-25-10	1000 1398	
CQJ 380 V a.c.	15			CQJ-15-10	4000 1420	1,0
	20			CQJ-20-10	4000 1421	
	25			CQJ-25-10	4000 1422	
	30			CQJ-30-10	4000 1423	
ED4 220 V a.c.	16			ED4-16-10	1000 0832	
	20			ED4-20-10	1000 0833	
	25			ED4-25-10	1000 0834	
	30			ED4-30-10	1000 0835	
	40			ED4-40-10	1000 0836	
ED6 380 V a.c.	16			ED6-16-10	1000 4449	1,72
	20			ED6-20-10	1000 4450	
	25			ED6-25-10	1000 4451	
	30			ED6-30-10	1000 4452	
	40			ED6-40-10	1000 4453	
FXD6 380 V a.c.	16			FXD6-16-10	1000 4454	
	20			FXD6-20-10	1000 4455	
	25			FXD6-25-10	1000 4456	
	30			FXD6-30-10	1000 4457	
	40			FXD6-40-10	1000 4458	
JXD6 380 V a.c.	16			JXD6-16-10	1000 4459	
	20			JXD6-20-10	1000 4460	
	25			JXD6-25-10	1000 4461	
	30			JXD6-30-10	1000 4462	
	40			JXD6-40-10	1000 4463	
LXD6 380 V a.c.	16			LXD6-16-10	1000 4464	
	20			LXD6-20-10	1000 4465	
	25			LXD6-25-10	1000 4466	
	30			LXD6-30-10	1000 4467	
	40			LXD6-40-10	1000 4468	
LMXD6 380 V a.c.	16			LMXD6-16-10	1000 4469	
	20			LMXD6-20-10	1000 4470	
	25			LMXD6-25-10	1000 4471	
	30			LMXD6-30-10	1000 4472	
	40			LMXD6-40-10	1000 4473	
NXD6 380 V a.c.	16			NXD6-16-10	1000 4474	2,280
	20			NXD6-20-10	1000 4475	
	25			NXD6-25-10	1000 4476	
	30			NXD6-30-10	1000 4477	
	40			NXD6-40-10	1000 4478	

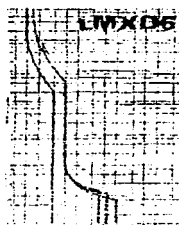
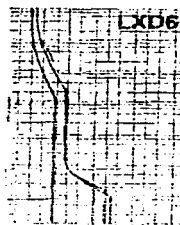
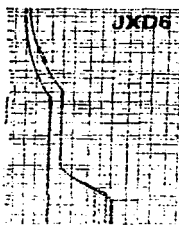
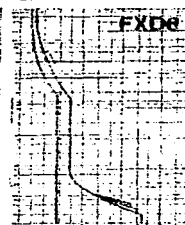
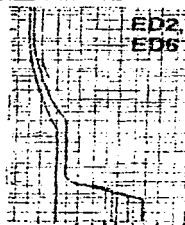
TESIS CON  
 SELLA DE ORIGEN

Interruptores termomagnéticos  
tipos ED2, EJ2, CQD, ED4, ED6, FXD6, JXD6, LXD6, LMXD6, NXD6

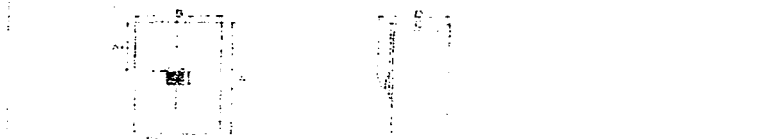
Los valores indicados para los interruptores de disparo, son promedio de diez ensayos de medición, en estado frío y aumentandose sucesivamente a la misma carga las 3 cintas bimetalicas.

De acuerdo con VDE 0650, la corriente de medición, en caso de calificación, puede elevarse hasta el 100% y hasta el 20% si la carga es resistiva. Por lo tanto, en la medición se usen 0.25 amperios, los valores de corriente se multiplican en serie.

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



Dimensiones en mm.



Tipo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
ED2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
EJ2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CQD	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ED4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ED6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FXD6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
JXD6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LXD6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LMXD6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
NXD6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

TESIS CON  
VALIA DE ORIGEN

Interruptores termomagnéticos de Alta Capacidad Interruptiva  
tipos HHED, HFXD, HJXD, HLXD, HLMXD, HNXD.


Tabla de Datos						
Modelo	Potencia nominal		Corriente nominal		Modelo	Corriente nominal
HHED 3 polos 600 V.c.a.	15				HHED230015	4001 5472
	20				HHED330200	4001 5473
	30				HHED330300	4001 5474
	40				HHED330400	4001 5475
	50				HHED330500	4001 5476
	70				HHED330700	4001 5477
	100				HHED331000	4001 5478
	125				HHED331250	4001 5479
HFXD 3 polos 600 V.c.a. 550 V.c.a.	150		1 500	2 000	HFXD330150	4001 5480
	175		1 750	2 250	HFXD330175	4001 5481
	210		2 100	2 800	HFXD330210	4001 5482
	225		2 250	3 000	HFXD330225	4001 5483
HJXD 3 polos 600 V.c.a. 533 V.c.a.	300		1 250	2 500	HJXD330300	4001 5484
	400		2 000	4 000	HJXD330400	4001 5485
HLXD 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.a.	500		3 000	6 000	HLXD330500	4001 5487
	600		3 600	6 000	HLXD330600	4001 5488
HLMXD 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.a.	700		3 200	8 000	HLMXD330700	4001 5489
	800		3 200	8 000	HLMXD330800	4001 5490
HNXD 3 polos 670 V.c.a. 500 V.c.a.	1 000		5 000	10 000	HNXD331000	4001 5501
	1 200		6 000	10 000	HNXD331200	4001 5502
Interruptores termomagnéticos unipolares de gran capacidad con protección contra sobrecarga, sobrecalentamiento y alta tensión capacitiva (H.C.)						
Modelo	600 600 1000 1000				Modelo	4000 1324 4001 1325 4001 1326 4001 1327

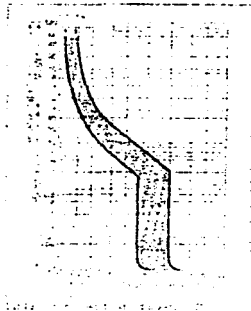
Datos Técnicos										
Modelo	HHED	HFXD	HJXD	HLXD	HLMXD	HFXD	HJXD	HLXD	HLMXD	HNXD
Corriente nominal (A)	15-125	150-225	300-400	500-600	700-800	150-225	300-400	500-600	700-800	1000-1200
Potencia nominal (kW)	1.5-12.5	2.25-3.375	4.5-6.75	7.5-10.5	10.5-14	2.25-3.375	4.5-6.75	7.5-10.5	10.5-14	15-20
Potencia nominal (MVA)	0.0015-0.0125	0.00225-0.003375	0.0045-0.00675	0.0075-0.0105	0.0105-0.014	0.00225-0.003375	0.0045-0.00675	0.0075-0.0105	0.0105-0.014	0.015-0.02
Corriente nominal (kA)	15-125	150-225	300-400	500-600	700-800	150-225	300-400	500-600	700-800	1000-1200

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Interruptores Termomagnéticos 5SX1

Interruptores MAGNETOTERMICOS DE 100 A A 240/120 C.A. ORGANISMOS MAX. 400V. 60Hz.	Interruptor tipo	Modelo	Capacidad nominal de servicio A	No. de Cables	No. de bornes por terminales	Peso Kg.
	100 A	100 F	2	40002043	1	0.160
		104 F	4	40002044	1	0.240
		106 F	6	40002045	1	0.340
		110 F	10	40002046	1	0.440
	150 A	150 F	15	40002047	1	0.540
		156 F	20	40002028	1	0.740
		158 F	25	40002029	1	0.840
		166 F	30	40002030	1	0.940
	200 A	200 F	40	40002031	1	0.940
		204 F	5	40002032	1	0.290
		206 F	6	40002034	1	0.290
		210 F	10	40002035	1	0.390
250 A	216 F	15	40002036	1	0.490	
	220 F	20	40002037	1	0.590	
	224 F	25	40002038	1	0.590	
	232 F	30	40002039	1	0.590	
300 A	240 F	40	40002040	1	0.700	
	300 F	2	40002041	1	0.420	
	304 F	4	40002042	1	0.420	
	306 F	6	40002043	1	0.420	
350 A	310 F	10	40002044	1	0.520	
	316 F	15	40002045	1	0.620	
	320 F	20	40002046	1	0.620	
	324 F	25	40002047	1	0.620	
400 A	332 F	30	40002048	1	0.820	
	340 F	40	40002049	1	0.920	





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 1: Grados de protección contra contactos y contra cuerpos extraños, según DIN 40 050, hoja 1, agosto 1970, e IEC 529.















Tabla 2: Grados de protección contra el agua, según DIN 40 050, hoja 1, agosto 1970, e IEC 529.

Primera cifra indicadora	Protección ofrecida	Segunda cifra indicadora	Protección ofrecida
0	Ninguna protección especial contra contactos. Ninguna protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.	0	Ninguna protección especial contra el agua
1	Protección contra contactos casuales de grandes superficies, por ejemplo con la mano. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 50 mm.	1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua.
2	Protección contra contactos con los dedos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 12 mm.	2	Protección contra la caída de gotas de agua inclinadas en cualquier ángulo hasta 15° con la vertical.
3	Protección contra contactos con herramientas, hilos etc., mayores de 2.5 mm de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 2.5 mm.	3	Protección contra rúchido de agua en un ángulo de hasta 60° con la vertical.
4	Protección contra contactos con herramientas, hilos etc., mayores de 1 mm de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 1 mm.	4	Protección contra proyección de agua en todas las direcciones.
5	Protección total contra contactos. Protección contra depósitos de polvo perpendicular.	5	Protección contra chorros de agua en todas las direcciones.
6	Protección total contra contactos. Protección total contra la penetración de polvo	6	Protección contra inundaciones pasajeras (por ejemplo mar gruesa).
		7	Protección contra inmersión. Profundidad: 30 mm bajo 1 m de agua.
		8	Protección contra inmersión. Prueba: según acuerdo entre fabricante y usuario.

Clases de protección según IEC 144			
Símbolo	Ilustración	Símbolo	Ilustración
IP 99	 <p>5: Sin protección contra contactos perpendicular.</p> <p>Sin protección contra cuerpos sólidos extraños.</p> <p>Sin protección contra el polvo.</p>	IP 40	 <p>Protección contra contactos perpendicular por los alrededores (resistencia &gt; 1 mm Ø).</p> <p>Protección contra cuerpos sólidos extraños, perpendicular (resistencia &gt; 1 mm Ø).</p> <p>Sin protección contra el agua.</p>

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Clases de protección según IEC 144

<p>IP 02</p> 	<p>Sin protección contra contactos involuntarios sin protección contra cuerpos sólidos extraños.</p> <p>protección contra goteo de agua, incluso al inclinar el aparato o la máquina en un ángulo de hasta 15° en cualquier sentido, con respecto a la posición normal.</p>	<p>IP 43</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con herramientas o similares (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra cuerpos sólidos extraños pesados (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra precipitación de agua en sentido vertical hasta los 60°.</p>
<p>IP 10</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con la mano de superficies grandes.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>sin protección contra el agua.</p>	<p>IP 44</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con herramientas o similares (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra cuerpos sólidos extraños pesados (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra precipitación de agua en todas las direcciones.</p>
<p>IP 11</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con la mano de superficies grandes.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>protección contra polvo de agua.</p>	<p>IP 54</p> 	<p>protección contra contactos involuntarios con partes de cualquier clase.</p> <p>protección contra dispositivos de polvo extraños (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra precipitación de agua en todas las direcciones.</p>
<p>IP 12</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios gran superficie con la mano.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua, incluso al inclinar el aparato o la máquina en un ángulo de hasta 15° en cualquier sentido, con respecto a la posición normal.</p>	<p>IP 55</p> 	<p>protección contra contactos involuntarios con partes de cualquier clase.</p> <p>protección contra dispositivos de polvo extraños (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua en todas las direcciones.</p>
<p>IP 15</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios gran superficie con la mano.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua, incluso al inclinar el aparato o la máquina en un ángulo de hasta 15° en cualquier sentido, con respecto a la posición normal.</p>	<p>IP 56</p> 	<p>protección contra contactos involuntarios con partes de cualquier clase.</p> <p>protección contra dispositivos de polvo extraños (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua en todas las direcciones.</p>
<p>IP 23</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con la mano.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua, incluso al inclinar el aparato o la máquina en un ángulo de hasta 15° en cualquier sentido, con respecto a la posición normal.</p>	<p>IP 63</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con partes de cualquier clase.</p> <p>protección contra dispositivos de polvo extraños (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua en todas las direcciones.</p>
<p>IP 24</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con la mano.</p> <p>protección contra grandes cuerpos sólidos extraños (&gt;50 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua, incluso al inclinar el aparato o la máquina en un ángulo de hasta 15° en cualquier sentido, con respecto a la posición normal.</p>	<p>IP 64</p> 	<p>Protección contra contactos involuntarios con partes de cualquier clase.</p> <p>protección contra dispositivos de polvo extraños (&gt;1 mm Ø).</p> <p>protección contra goteo de agua en todas las direcciones.</p>

Diseño de un programa para el cálculo de una bobina:

En Basic:

```

1000 rem Presentación, descripción, etc
....
1100 rem Entrada de datos
1200 xl = 2*3.14159269*f*I
1210 print "Reactancia inductiva de la bobina";I;
1220 print " a la frecuencia";f;" =";xl
....
1300 rem loop a 1100 o salir

```

En C:

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
void main(void)
{
const double pi = 3.1415927;
double xl, f, I;

/* Presentación, descripción, etc. */
.....
/* Entrada de datos */
printf("Valor de la frecuencia en KHz ");
scanf("%lf", &f);
printf("\n\nValor de la bobina en mH ");
scanf("%lf", &I);
xl = 2*pi*f*I;
printf("\n\nLa reactancia de la bobina %lf ", I);
printf("\n\nLa frecuencia %lf es de %lf ohms ", f, xl);
.....
/* finalizar o iterar */
}

/* Presentación, descripción, etc. */
.....
/* Entrada de datos */
printf("Valor de la frecuencia en KHz ");
scanf("%lf", &f);
printf("\n\nValor de la bobina en mH ");
scanf("%lf", &I);
xl = 2*pi*f*I;
printf("\n\nLa reactancia de la bobina %lf ", I);
printf("\n\nLa frecuencia %lf es de %lf ohms ", f, xl);
.....
/* finalizar o iterar */
;

```

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- ❑ Control de Máquinas Eléctricas.  
Irving L. Kosow.  
Reverte S.A.
- ❑ Control de Motores Eléctricos.  
Walter N. Alerich  
Diana.
- ❑ Control Industrial de Motores.  
Autores varios.  
Edutelsa.
- ❑ Controles Industriales.  
Paul Riddell, C.E.T.  
Lab – Volt.
- ❑ Sistema Didáctico de Controles  
Industriales.  
Autores Varios.  
Pixel S.A. de C.V.
- ❑ Maquinas Eléctricas y  
Transformadores.  
Irving L. Kosow.  
Reverte S.A.
- ❑ Manual de Operación y  
Mantenimiento de motores eléctricos.  
G. Enriquez Harper.  
SEP – DGETI.
- ❑ Control de Motores Eléctricos.  
G. Enriquez Harper.  
Limusa.
- ❑ Control Instalación y Automatización.  
Siemens.  
Catalogo 2000.
- ❑ ALTISTART 3. Arranque Eléctrico y  
Electrónico de Motores.  
Telemecanique.  
Grupo Schneider.
- ❑ Elementos de Diseño de Instalaciones  
Eléctricas Industriales.  
G. Enriquez Harper.  
Limusa.
- ❑ Maquinas Eléctricas.  
George J. Thaler.  
Limusa.