

32  
2ij



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILAN**

**ESTUDIO SOBRE DIAGRAMAS ELECTRICOS  
DE CONTROL Y PROTECCION**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**ESQUIVEL MARTINEZ JOSE ANTONIO**



**DIRECTOR DE TESIS: ING. RAMON OSORIO GALICIA**

**CUAUTILAN-ZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1986**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

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

"Estudio sobre Diagramas Eléctricos de Control y Protección  
en el Arranque de Motores Eléctricos".

que presenta el pasante: Esquivel Martínez José Antonio  
con número de cuenta: 0407662-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Eléctricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"FOR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautilán Izcalli, Edo. de Méx., a 7 de Noviembre de 1995

PRESIDENTE	<u>Ing. Alfredo Monroy León</u>	
VOCAL	<u>Ing. Ma de la Luz González Quijano</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Casildo Rodríguez Arciniega</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. José Luz Hernández Castillo</u>	

**DEDICATORIAS:**

**A DIOS:**

**QUE LO ES TODO EN LA VIDA, DADOR DE FE Y ESPERANZA  
Y QUE ILUMINO MI CAMINO POR EL BUEN SENDERO.**

**A MIS PADRES:**

**ESPECIALMENTE A MI PADRE QUE CON SU RECIO CARÁCTER  
INCULCO EN MI EL DESEO DE SUPERACIÓN Y PROGRESO.  
A MI MADRE QUE SIEMPRE CONFÍO EN MÍ INCONDICIONALMENTE.  
LA QUE GRACIAS AL SACRIFICIO QUE REALIZARON PUDE SALIR  
ADELANTE EN LA META QUE ME HABÍA TRAZADO, SU ESFUERZO Y  
DESEO DE QUE YO FUERA ALGUIEN SE VIO CUMPLIDO. MIL GRACIAS.**

**A MIS HERMANOS:**

**MARY CARMEN, DANIEL, OSCAR, MARU, LAURA Y ESPECIALMENTE A  
GRACIELA. CON QUIENES FUI Y CRECI FELIZMENTE MI NIÑEZ Y  
JUVENTUD Y QUE DESINTERESADAMENTE ME BRINDARON SU AYUDA  
PARA LOGRAR LO QUE TENÍA PLANEADO**

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A MIS PROFESORES:**

**ESPECIALMENTE AL ING. RAMÓN OSORIO G. QUE ME BRINDO TODAS LAS FACILIDADES PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO. A TODOS LOS MIEMBROS DEL JURADO QUE AYUDARON EN LA REVISIÓN DEL MISMO.**

### **A MIS COMPAÑEROS:**

**ESPECIALMENTE A TODOS LOS DE LA COORDINACIÓN DE CARRERA DE IALE, AL DEPARTAMENTO DE FÍSICA, Y EN GENERAL A TODAS LAS PERSONAS QUE PARTICIPARON DESINTERESADAMENTE EN LA CONCLUSIÓN DEL PRESENTE.**

## I N D I C E

	PAG
<b>INTRODUCCION</b>	
<b>CAPITULO I FUNDAMENTOS PARA EL CONTROL DEL MOTOR ELECTRICO.</b>	<b>03</b>
1.1.- DEFINICION DE CONTROL	03
1.2 TIPOS DE CONTROL	04
1.2a CONTROL MANUAL	04
1.2b CONTROL SEMIAUTOMATICO.	05
1.2c CONTROL AUTOMATICO.	06
1.3 PLANOS ELECTRICOS.	08
<b>CAPITULO II SIMBOLOGIA.</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO III ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCION.</b>	<b>20</b>
3.1.- DISPOSITIVOS DE PROTECCION	22
3.2.-CONTACTORES.	33
3.3.- RELEVADORES.	37
3.4.- SEÑALIZACION DE CONTROL Y MANDO.	44
<b>CAPITULO IV. ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES TRIFASICOS.</b>	
4.1.- MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO ROTOR JAULA DE ARDILLA	50
4.2.- METODOS DE ARRANQUE.	58
4.2a. TENSION PLENA Y TENSION REDUCIDA.	59
4.3.- MOTOR DE ANILLOS ROZANTES.	75
4.3a.- ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA.	75

	PAG
<b>CAPITULO V ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.</b>	80
5.1.- TIPOS DE CONEXION.	92
5.2.- ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.	98
<b>CONCLUSIONES.</b>	104
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	106

## INTRODUCCIÓN

Una máquina moderna se compone de tres partes distintas que es necesario considerar. Primero, la máquina propiamente dicha, que está proyectada para realizar una determinada tarea o un tipo de trabajo.

En segundo término se tiene el motor que es seleccionado de acuerdo con los requisitos de la máquina en cuanto a carga, ciclo de servicio y tipo de funcionamiento, y finalmente el sistema de control y protección (que es el más importante).

La selección de los aparatos de control y protección es de vital importancia por que el costo inicial de un motor puede llegar a elevarse (hasta el 50% del costo inicial) en caso de que no se haga una buena elección de dichos aparatos, ya que el motor puede sufrir ciertos daños, teniendo como consecuencia grandes pérdidas de producción .

Por ésta razón un sistema de control bien proyectado tiene en cuenta las características necesarias para asegurar la protección tanto de los dispositivos del motor como del sistema de control frente a las variaciones o perturbaciones de la fuente de alimentación o de las condiciones de carga.

Son características de vital importancia (tal como): el arranque que en algunos casos debe hacerse a tensión reducida para evitar la sobre carga de las líneas o bien el control del par de arranque como lo tenemos en el motor de corriente directa y sus respectivas conexiones.

El control de velocidad, factor de gran importancia en los procesos industriales en los que se requiere que se pueda variar la velocidad; o bien, el control del sentido de rotación, la acción de inversión de los controladores es un proceso continuo en muchas aplicaciones industriales.

Todas estas características se ven reflejadas en el sistema de control, el cual debe planearse y proyectarse como ya se dijo en base a los requerimientos y características de funcionamiento de la máquina: una vez instalados y ajustados adecuadamente, el control del motor mantendrá el

**tiempo de arranque, voltaje, corriente y par confiables, en beneficio de la máquina impulsada y el sistema de energía.**

**Por ésta razón se hace resaltar la enorme importancia que tiene el sistema de control y en particular el diagrama de control. En el desarrollo del presente trabajo se tomarán algunos datos de productos comerciales de una o varias marcas .**

**Lo anterior es con el fin de que los lectores y usuarios del presente trabajo tengan un panorama real y actual de los productos comerciales para obtener información técnica y también de las posibles aplicaciones.**

# CAPITULO I

## **CAPITULO I    FUNDAMENTOS PARA EL CONTROL. DEL MOTOR ELÉCTRICO.**

Desde la instauración de la producción en serie, la máquina se ha convertido en una parte vital de nuestra economía. En un principio toda máquina fué impulsada principalmente a mano desde un eje común de transmisión o de línea; posteriormente se hizo uso de un motor grande que funcionaba continuamente y accionaba cada una de las máquinas mediante una correa cuando era necesario.

Con la demanda de mayor producción, la máquina adquirió un nuevo aspecto. Se prescindió del eje de transmisión y se introdujo el motor eléctrico en cada máquina individualmente. Este cambio permitió realizar con más frecuencia y más rápidamente los arranques, paradas e inversiones de la máquina; hoy en día los motores eléctricos son casi universalmente empleados en las modernas instalaciones comerciales e industriales para el suministro de potencia mecánica para accionar la maquinaria y controlar diversas operaciones industriales.

La energía suministrada al motor, dependiente de la naturaleza de las condiciones de carga, está generalmente programada y controlada para obtener en cualquier momento dado, el par motor, la velocidad y el sentido de rotación que se desean mediante un sistema de control.

Dicho sistema de control puede ser accionado manualmente (si la programación y secuencia de etapas están controladas por un operador humano); o bien automáticamente. El grado de automatización depende de las exigencias del proceso o de la carga que debe ser controlada.

### **1.1 DEFINICIÓN DE CONTROL**

Cuando se habla de control, se hace referencia a un término muy general, pero si se refiere al control de un motor o máquina entonces se piensa en el gobierno, mando o regulación de las funciones de dicho motor o máquina.

Aplicados a los motores, los controles realizan varias funciones, tales como las de arranque, aceleración, regulación de velocidad, regulación de potencia, protección, inversión y parada.

El motor se puede arrancar conectándolo directamente a través de la línea. Sin embargo la máquina impulsada en algunos casos se puede dañar si se arranca con ese esfuerzo giratorio repentino. El arranque debe hacerse lenta y gradualmente, no sólo para proteger la máquina, sino porque la oleada de corriente que toma de la línea durante el arranque puede ser demasiado grande.

El paro inmediato del motor es una función vital del controlador para casos de emergencia, muchas máquinas modernas traen consigo interruptores de paro ubicados en lugares estratégicos, todo dependiendo del grado de riesgo de peligrosidad de la máquina o de las funciones que se realicen en la misma.

Así mismo, las velocidades y características de operación deseadas, son función y propósito de los controladores. Estos protegen a los motores operadores, máquinas y materiales mientras funcionan. Cabe recalcar que una parte de la función de una máquina automática es la de protegerse así misma contra daños.

Una vez instalados y ajustados adecuadamente, los controladores para el motor mantendrán el tiempo de arranque, voltajes, corriente y torque confiables, en beneficio de la máquina impulsada y el sistema de energía.

## **1.2 TIPOS DE CONTROL**

### **1.2 a CONTROL MANUAL.**

El control manual es una forma de mando o regulación que se ejecuta manualmente en el mismo lugar en que está situado el dispositivo de

control. El más sencillo y conocido es probablemente el arrancador manual de pequeños motores a tensión nominal.

Se utiliza frecuentemente este arrancador donde sólo es necesaria la función de control para la puesta en marcha y parada del motor. Sin lugar a dudas la principal razón de la popularidad de ésta unidad es que su costo es aproximadamente la mitad del de un arrancador electromagnético equivalente. Un arrancador manual proporciona generalmente protección contra baja tensión. Otro tipo de control manual que provee las mismas funciones que las obtenidas por el arrancador manual de motor a tensión plena se puede obtener utilizando un interruptor con fusible del tipo de acción retardada, que proporciona la protección del motor contra sobrecargas.

Este tipo de control abunda mucho en pequeños talleres donde se dispone de máquinas pequeñas como taladros, tomos y máquinas para roscar tubos. En estas instalaciones el operador o el operario encargado del mantenimiento, oprime el botón de puesta en marcha cuando va a trabajar en dicha máquina o el de paro cuando termina sus labores.

El motor se puede controlar manualmente usando por ejemplo un interruptor de volquete; en este el motor arranca directamente; cuenta con protección mediante fusibles o cortacircuitos en el circuito derivado.

Otra forma de controlar el motor es usando un interruptor de seguridad, su uso para el arranque es una operación manual y como tal tiene las limitaciones de la mayoría de los arrancadores manuales.

El controlador de tambor es un dispositivo manual de interrupción del tipo rotatorio, se usa a menudo para invertir la dirección del movimiento de los motores y controlar la velocidad de las máquinas de C.A. y C.C.

#### **1.2b CONTROL SEMIAUTOMÁTICO.**

El control semiautomático se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control en aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible.

La característica principal de este tipo de control es que utilizan un arrancador electromagnético, el cual brinda protección contra cortocircuito y sobrecarga; en conjunto con dispositivos de señalización y mando tales como pulsadores, interruptores de maniobra, combinadores de tambor y otros dispositivos. Ver fig. 1.1.



fig. 1.1

La clave de la clasificación como sistema de control semiautomático es el hecho de que los dispositivos piloto son accionados manualmente y de que el arrancador del motor es del tipo electromagnético.

Seguramente por comodidad y facilidad hay más máquinas manipuladas por control semiautomático que por control manual o automático.

Este control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. Con el uso del arrancador electromagnético puede realizarse este cambio desde un lugar o puesto de trabajo cómo sea necesario lo que no es posible con el control manual que debe maniobrase en el mismo lugar en que está situado el arrancador.

#### 1.2c CONTROL AUTOMÁTICO.

Básicamente está formado por un arrancador electromagnético o contactor cuyas funciones de paro, arranque y otras están controladas por uno o más dispositivos piloto automáticos. La orden inicial de marcha

puede ser automática, pero generalmente es una operación manual, realizada en panel de pulsadores o interruptores.

Un caso típico y sencillo se tiene en un sistema de control que se encarga de mantener el nivel de agua en un tanque situado a una altura determinada.

Aquí se tiene un interruptor de flotador que cierra el circuito cuando el agua llega al nivel bajo previamente determinado y lo abre cuando alcanza el nivel alto también predeterminado.

Cuando el líquido a controlar llega al límite inferior, el interruptor del flotador cerrará el circuito y pondrá en marcha el motor. Dicho motor funcionará hasta que el agua alcance el nivel superior y en este instante el interruptor de flotador abrirá el circuito y para el motor.

Si se hace uso del control automático los dispositivos a usar por excelencia son:

- a) Interruptor de flotador. La elevación o descenso de un flotador unido mecánicamente a contactos eléctricos, puede hacer funcionar bombas impulsadas por motor para vaciar o llenar tanques según se desee.
- b) Interruptor de presión. Los interruptores de presión se emplean para controlar la presión de líquidos y gases. Su uso se puede ver en los compresores de aire, los cuales arrancan y paran de acuerdo con la demanda de aire.
- c) Reloj de control de tiempo. Cuando se necesita un periodo definido de "cerrado y abierto" prácticamente, sin necesidad de ajustes para largos lapsos, pueden usarse relojes para control.
- d) Interruptor de límite. Se usan probablemente con más frecuencia para parar máquinas, equipo y productos en proceso, durante su funcionamiento: para cambio de giro en un motor, etc.

Como punto final muchas veces se cree que un sistema automático resultará más caro que cualquiera de los otros sistemas de control, pero si se tiene en cuenta que con el control automático se ahorra el trabajo y

como consecuencia el sueldo de un operario, este método puede ser ventajoso. Cabe recalcar que el control automático resulta más exacto a causa de que no hay retraso entre el instante en que el agua llega al nivel deseado y el cierre o apertura del circuito de control.

### 1.3 PLANOS ELÉCTRICOS

Por principio de cuentas los planos, diagramas y esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo, es decir, sin tener tensión aplicada o bien sin circular la corriente y las piezas mecánicas sin accionar. En caso que halla diferencias con respecto a estas reglas deben indicarse explícitamente en los planos.

En la electrotecnia se distinguen los siguientes tipos de planos:

- a) Plano general.

El plano general es la representación más simple, casi siempre unipolar, de una conexión eléctrica. Los conductores de mando no se representan. Ver fig. 1.2

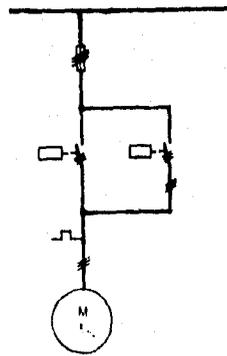


fig. 1.2

b) Plano de funcionamiento.

El plano de funcionamiento es la representación detallada en un sólo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica. Ver fig 1.3.

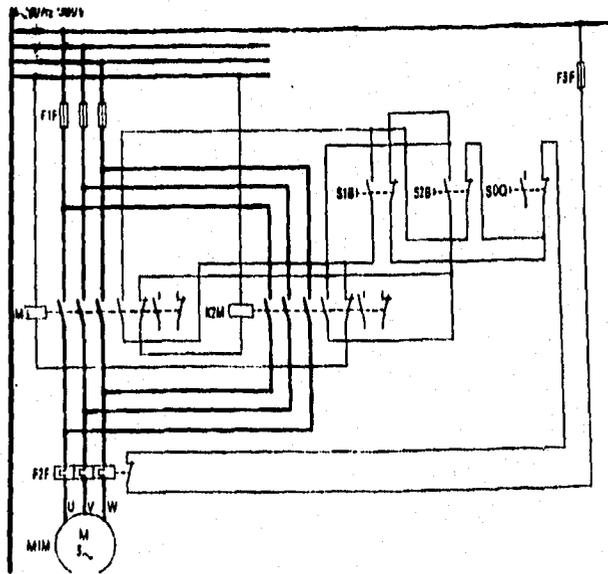


fig 1.3

c) Plano de circuitos.

Es un tipo de plano en el cual se representa el circuito principal o de fuerza y el circuito de mando o señalización. Dicho circuito se dibuja a la derecha y separado del circuito principal. Ver fig. 1.4.

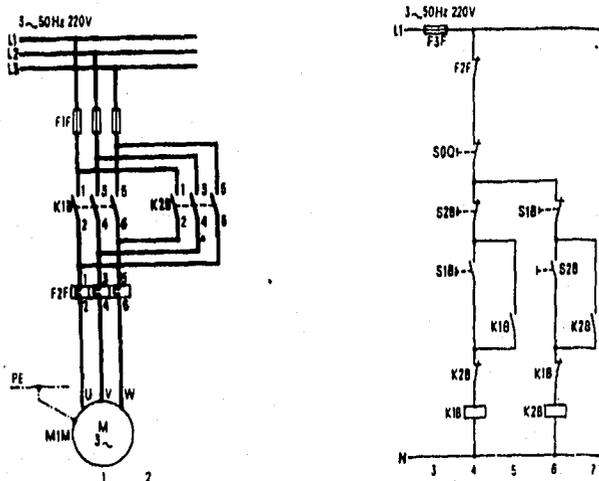


fig. 1.4

En los planos de circuitos principales se dibujan como dispositivos de protección, fusibles contra cortocircuitos, relés bimetálicos o disparadores con retardo dependiente de la corriente para la protección contra sobrecargas.

Para la protección contra cortocircuitos de los circuitos auxiliares se prevee un fusible en el conductor de alimentación correspondiente a la fase.

Los contactos auxiliares del relé contra sobrecargas correspondiente a un motor se conectan en la línea común de alimentación de las bobinas de los contactores correspondientes. Con esto se evita que, después de un disparo del relé, el motor sea arrancado prematuramente por uno de los contactores.

A las bobinas de los contactores se les aplica la tensión existente entre una fase y neutro. Esta es la forma más común de alimentar los mandos y siempre que sea posible debe realizarse. Otra forma es usando un transformador reductor de voltaje, es decir, se toma el voltaje monofásico o trifásico de la línea y se reduce al voltaje nominal de operación de los dispositivos.

Las bobinas de los contactores están dispuestas en los circuitos de mando con uno de sus bornes (terminales) directamente conectado al neutro y entre el otro borne y la fase se conectan los contactos de los cuales depende la bobina (enclavamientos, pulsadores para la conexión, contacto del relé bimetalico, etc.), con esto, se evita el peligro de una excitación involuntaria de la bobina en caso de una falla a tierra en el circuito de mando.

Los contactores que no deben conectarse simultáneamente se enclavan mutuamente a través de contactos auxiliares NC.

También los interruptores y pulsadores de mando se enclavan mutuamente de el mismo modo, es decir, a través de contactos "NC" (normalmente cerrado), de esta forma es posible conmutar de una posición a otra sin necesidad de accionar el pulsador de parada. Cabe recalcar que este enclavamiento impide también que ordenes de conexión puedan ser dadas simultáneamente a varios contactores. Este tipo de enclavamiento es de suma importancia por ejemplo para la inversión del sentido del giro.

## CAPITULO II

## **CAPITULO II SIMBOLOGIA**

### **INFORMACIÓN RELACIONADA.**

Si durante el proceso de alambrado de un equipo eléctrico o tablero se tuviese que recurrir al aparato físico en sí en lugar de un diagrama, el trabajo y el tiempo comprendidos en la instalación del equipo serían muy costosos. Por lo tanto, es práctica común emplear símbolos para designar varias piezas de equipo.

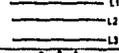
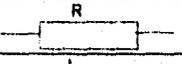
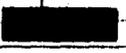
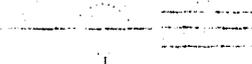
Es lógico pensar que los términos representados por estos símbolos no pueden tener la misma apariencia física que cuando se representan por medio de un dibujo o una fotografía, y muchos símbolos deben memorizarse a fin de poder reconocerlos.

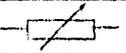
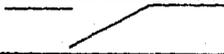
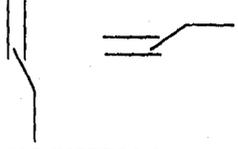
En los diagramas se usan símbolos para representar el equipo eléctrico verdadero. Aunque se han establecido símbolos estándar, muchos grupos de diseñadores y fabricantes que los usan no han adoptado su uso; es decir, cada uno emplea los símbolos que más le conviene teniendo como consecuencia hasta cierto punto un poco de confusión el usuario del equipo eléctrico.

Pero, a pesar de la falta de normalización, el conocimiento de los símbolos que se presentan a continuación proporcionará una base firme para interpretar dibujos con modificaciones de los estándar, y por supuesto, una comprensión más clara de la funcionalidad y construcción de los diagramas que se muestran.

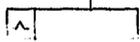
**SÍMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS**

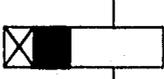
**CORRIENTES, CONDUCTORES APARATOS ACUSTICOS , MATERIALES**

SÍMBOLO	DESIGNACION
	Corriente Alterna (c.a.)
	Corriente Continua (c.c)
	Corriente Ondulada o Rectificada
	Corriente Alterna Trifásica a 50 Hz.
	Conductor
	Línea Trifásica
	Línea Trifásica , Representación Unifilar.
	Conductor Neutro
	Contacto Deslizante (Corredera)
	Bocina
	Tímbr
	Sirena
	Zumbador
	Lámpara
	Resistencia óhmica.
	Resistencia inductiva
	Conductores Blindados (apantallados)
	Cruce de conductores sin Conexión
	Cruce de conductores con conexión.
	Borne de conexión

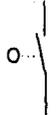
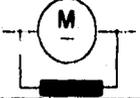
SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
CORRIENTES, CONDUCTORES APARATOS ACUSTICOS , MATERIALES	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Puesta a Tierra
	Puesta a Masa.
	Tierra de Protección
	Polo Positivo Polo Negativo
	Potenciómetro
	Resistencia Variable
	Condensador.
	Pila o Acumulador
	Rectificador
	Tiristor
	Puente Rectificador
	Contacto normalmente abierto Se cierra a la conexión.
	Contacto Normalmete Cerrado Se abre a la Conexión
	Contacto de dos Direcciones.
	Contacto de dos direcciones con centro abierto

SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
CONTACTOS	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Contacto Normalmente Abierto Temporizado a la conexión instantáneo a la desconexión
	Interruptor Símbolo General
	Seccionador
	Disyuntor
	Contacto
	Interruptor tripolar
	Contacto Normalmente Cerrado Temporizado a la conexión instantáneo a la desconexión
	Contacto Normalmete Abierto Temporizado a la desconexión instantaneo a la conexión
	Contactos temporizados a la conexión y a la desconexión
	Contacto Trifásico
	Cortocircuito Fusible
	Seccionador con fusible incorporado

SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
ORGANOS DE ACCIONAMIENTO Y APARATOS DE MEDIDA	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Conjunto Disyunto y fusible
	Organo de mando de un relé o contactor símbolo general
	
	Relé que acciona sus contactos temporizando su desplazamiento a la desconexión
	Arrollamientos
	Organo de mando para un relé intermitente
	Organo de mando para un relé de impulso
	Contacto accionado por mínima tensión
	Contacto Accionado por Temperatura
	Contacto Accionado por Temperatura
	Contacto Accionado por velocidad.
	Contacto Accionado por célula fotoeléctrica.
	Reloj

SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
ORGANOS DE ACCIONAMIENTO Y APARATOS DE MEDIDA	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Relé que acciona sus contactos temporizado su desplazamiento a la conexión y a la desconexión.
	Organo de mando accionado por efecto térmico que tiene su origen en la sobreintensidad.
	Organo de Mando accionado por efecto magnético que tiene su origen en la sobreintensidad.
	Organo de mando accionado por efecto magnetotérmico que tiene su origen en la sobreintensidad
	Dispositivo de accionamiento de contactos Símbolo General.
	Contacto Accionado por máxima intensidad
	Voltímetro
	Amperímetro
	Frecuencímetro
	Cosímetro
	Termómetro
	Tacómetro
	Transformador monofásico de tensión
	autotransformador
	Transformador de intensidad

SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
ELEMENTOS DIVERSOS Y AUXILIARES DE MANIOBRA	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Pulsador abierto en reposo
	Aparatos de dos posiciones estables para los contactos
	Aparatos de dos posiciones estables de dos posiciones conexión enclavamiento.
	Pulsador con Accionamiento por llave .
	Pulsador de efecto retardado
	Pulsador con lámpara indicadora de su accionamiento
	Arancador automatico simbolo general
	Contador Simbolo General
	Contador de Impulsos
	Transductor magnético Simbolo General
	Aplicador de Tranductor Magnético Simbolo General
	Conmutador Rotativo de 3 Posiciones
	Contactor Accionado por Palanca

SIMBOLOS Y NORMAS ELECTRICOS	
MOTORES ELECTRICOS	
SIMBOLO	DESIGNACION
	Contacto Accionado por leva
	Motor de Corriente Alterna (c.a.) Símbolo General
	Motor de Corriente Continua (c.c.) Símbolo General
	Motor Asíncrono Trifásico Rotor en Cortocircuito Conexión Estrella (λ) o triángulo (Δ).
	Motor de Corriente Continua Excitación Independiente
	Motor Asíncrono Trifásico Rotor Bobinado Conexión Estrella (λ) o triángulo (Δ)
	Motor Corriente Continua Excitación Serie
	Motor Asíncrono Trifásico de 2 Velocidades Rotor en Cortocircuito; varias posibilidades: -Bobinados separados -Bobinado en Conexión λ*λλ (estrella doble estrella) -Bobinado en Conexión -Dahlander
	Motor de corriente continua Excitación Derivación

## CAPITULO III

## **CAPITULO III ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL Y PROTECCION.**

### **3.1.- DISPOSITIVOS DE PROTECCION.**

#### **INTERRUPTORES Y DESCONECTADORES**

Los interruptores y desconectadores son los elementos de entrada en los sistemas de regulación y control. Los interruptores son dispositivos que se usan para abrir (aún con carga), cerrar o cambiar la conexión de un circuito eléctrico.

Los desconectadores son dispositivos destinados a abrir en aire, un circuito, pero solamente despues que se halla quitado la carga.

#### **DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.**

Son componentes muy utilizados en la conexión y desconexión, no sólo de motores sino de muchas otras máquinas y circuitos eléctricos.

En circuitos de bajo voltaje y pequeña corriente es muy frecuente encontrar fusibles en la misma envoltura de los desconectores de cuchillas, fusibles que protegen al motor contra sobrecorrientes desconectando la alimentación al presentarse estas.

En circuitos de alto voltaje y grandes corrientes los desconectadores de cuchillas solamente se deben usar para desconectar el circuito en casos de revisión o reparación y no deben usarse para interrumpir la corriente a voluntad, recordando que , para abrir un desconectador se necesita previamente haber disparado el interruptor en aceite, con lo que ya se está en condiciones de abrir las cuchillas del desconectador que aseguran el corte visible del circuito

Hoy en día se han desarrollado fusibles de doble elemento, los cuales presentan una acción instantánea cuando se produce un cortocircuito y una acción rápida y positiva en casos de sobrecarga peligrosa, cuando ésta excede límites de calor y de tiempo que se determinan de antemano.

Este interruptor de cuchillas o navajas está constituido en una caja metálica que contiene las navajas de seleccionamiento (una para cada fase) montadas sobre soportes aislantes junto con sus portafusibles para tapón o cartucho. fig. 3.1a

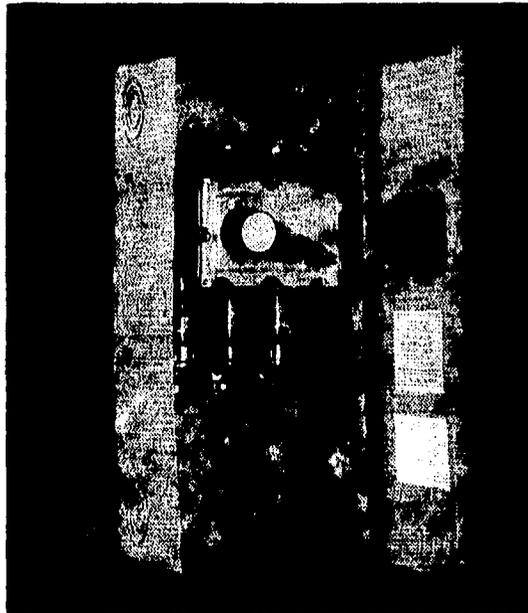


fig. 3.1a

El accionamiento es manual (palanquilla) desde el exterior. A partir de 60 (A) tiene mecanismo rápido de conexión e interrupción y cortadores de arco. La puerta está provista de seguro y portacandado.

El uso de estos interruptores es recomendable, donde el número de operaciones no es muy frecuente. Muy adecuado como dispositivo de protección contra efectos de sobrecarga y cortocircuito (de acuerdo con las características del fusible) y para la interrupción de circuitos eléctricos en plantas industriales, edificios públicos y comerciales, residencias, etc.

## **INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.**

Los interruptores termomagnéticos son aparatos de protección muy utilizados en la conexión y desconexión no solo de motores sino de muchas otras máquinas y circuitos eléctricos en general. Protegen contra sobrecargas sostenidas y cortocircuitos.

Se utilizan tanto como interruptores principales así como para protección de circuitos derivados, de alimentación y de conexión de aparatos.

Las principales características de estos interruptores son que pueden operar con carga, ya que cuentan con mecanismo de disparo libre y la operación de cierre y apertura es rápida, así como también cuentan con cámaras de arqueo. En virtud de estar enclavados mecánicamente los polos de estos interruptores, el cierre o apertura de estos se logra siempre en forma simultánea.

En los interruptores de más de un polo, las fases están totalmente aisladas entre sí, evitando toda posibilidad de descargas entre ellas.

El tiempo de retardo en el disparo por sobrecarga, permite la sobreintensidad de arranque sin que se abran los circuitos de alimentación.

En la fig. 3.1b, se muestra este dispositivo, en el disparo magnético, la corriente en una sobrecarga elevada o en un cortocircuito, excita el circuito magnético de disparo instantáneo. Este atrae la armadura de modo que el desconectador se libere inmediatamente.

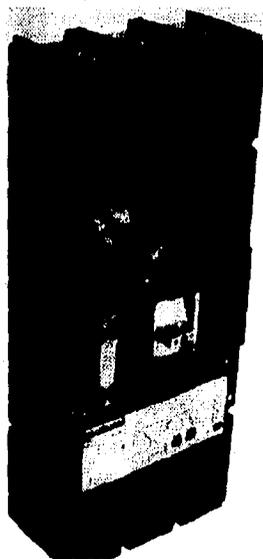


fig. 3.1b

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.

Para el disparo térmico, el elemento bimetalico que se hace de dos metales diferentes, soldados entre sí y que tienen propiedad de que uno de ellos no es afectado apreciablemente por cambios de temperatura, mientras que el otro se expande con cierta rapidez, y se flexiona operando el dispositivo de disparo.

Se logra un retardo en este, ya que se requiere de cierto tiempo para que el calor suba lo suficiente para flexionar el bimetálico; este retardo es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente. Cuanto mayor es la sobrecarga, más corto es el tiempo necesario para que se abra el circuito.

Dentro de los interruptores termomagnéticos más importantes se tienen los interruptores en caja moldeada, los cuales suministran protección contra sobrecorriente a los circuitos de sistemas de distribución de baja tensión.

Están diseñados para proteger contra sobrecarga (sobrecalentamiento) a los conductores y contra cortocircuito a todos los elementos de un circuito, como son los propios conductores, motores y arrancadores.

Estos interruptores en caja moldeada pueden emplearse ya sea en forma individual, combinados o agrupados, ya que la posición en que se instalen no afecta su operación.

En gabinetes individuales se seleccionan para gran número de aplicaciones: servicio interior, intemperie, atmósferas con polvo, alto contenido de humedad o ambiente salino. También en unidades para enchufar en electroducto.

Se combinan en su instalación cuando se emplean con arrancadores o con contactores, ya sea individualmente o en centros de control de motores. Agrupados se utilizan en tableros de pared o en tableros de piso.

En cualquiera de estas formas de operación, los interruptores reúnen los requisitos necesarios de protección para circuitos de fuerza, alumbrado y distribución.

Existen modelos diferentes de interruptores de caja moldeada. En primer lugar se tienen los interruptores de línea normal, en segundo término los de alta capacidad interruptiva y finalmente los denominados de línea compacta.

#### a) INTERRUPTORES DE LINEA NORMAL.

Estos interruptores tienen la capacidad interruptiva que con mayor frecuencia se requiere en los sistemas de distribución.

Los de tipo termomagnético son aquellos que tienen elemento térmico para interrumpir corrientes de sobrecarga y elemento magnético para disparar por elevadas corrientes de cortocircuito.

Todos los interruptores multipolares tienen elementos sensores en cada polo y una barra de disparo común de esta forma cualquier sobrecorriente en un sólo polo causa la apertura simultánea de todos los polos. Los interruptores de línea normal están disponibles en siete tamaños de marco y amplia gama de corriente de calibración.

En la fig. 3.1c se muestra un interruptor de este tipo.

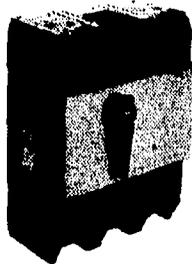


fig. 3.1c

**b) INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA.**

Los interruptores de la línea de alta capacidad interruptiva, suministran elevados valores de interrupción de corriente, lo que representa una opción económica en sistemas con alta potencia de cortocircuito ya que evita el empleo de costosos reactores limitadores de corriente, transformadores de diseño especial (alta impedancia) o interruptores de potencia con dimensiones mayores.

Además estos interruptores de alta capacidad tienen la ventaja de tener las mismas dimensiones, características constructivas y gama de calibraciones que los interruptores de la línea normal facilitándose la aplicación y el diseño de la instalación ya que también comparten las características de disparo por sobrecorriente. En la fig. 3.1d se muestra un interruptor de alta capacidad interruptiva.



fig. 3.1d

## FUSIBLES

Quizás el dispositivo más simple de protección que existe para un motor contra sobrecargas es el fusible.

Dichos elementos de protección están divididos en dos grandes grupos: a) Fusibles de baja tensión (600 V o menos), y b) Fusibles de alta tensión (más de 600 V).

A continuación se muestran algunos tipos de fusibles :

a) FUSIBLE TIPO CARTUCHO O CONTACTO DE CASQUILLO (Ver fig. 3.1.1a)

Este fusible es útil para las tensiones nominales entre 250 y 600 v en los tipos fijo y recambiable.

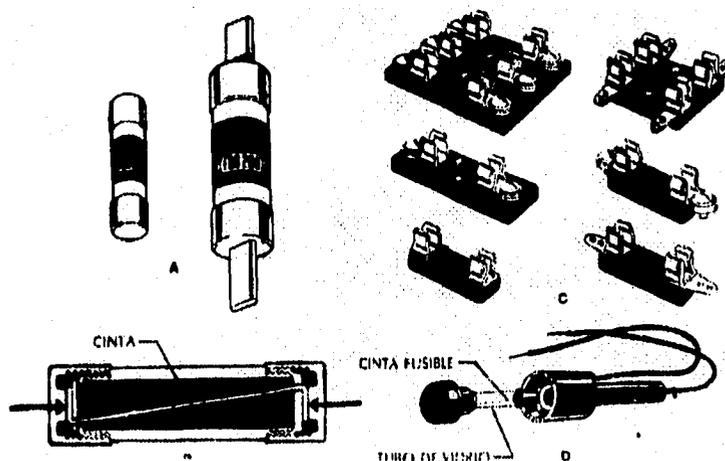


fig 3.1.1a

El tipo fijo mostrado en el esquema contiene polvo aislante (talco o un adecuado aislante orgánico) rodeando al elemento fusible. Cabe mencionar que en los sistemas modernos de alta tensión los fusibles contienen un compuesto químico orgánico denominado hexafluoruro de azufre.

En caso de cortocircuito, el polvo tiene por misión en primer lugar enfriar el metal vaporizado, en segundo lugar absorber el vapor metálico condensado y por último extinguir el arco que pueda mantenerse en el vapor metálico conductor. La presencia de este polvo es la que confiere al fusible su alto poder de ruptura en el caso de cortocircuitos bruscos.

Si el vapor metálico conductor creado en el instante del cortocircuito mantuviera la corriente del cortocircuito, no tan sólo el motor quedaría dañado de forma permanente sino que el mismo fusible podría explotar a causa de la corriente de cortocircuito formada en el vapor.

Por esta razón, el tipo fijo que contiene polvo es preferible al tipo recambiable, el cual no lo lleva. Pero éste último posee la ventaja de un costo reducido donde ocurran sobrecargas frecuentes y los fusibles deban ser reemplazados muy a menudo.

#### b) FUSIBLES TIPO TAPON.

Funciona a la tensión nominal de 125 V, estando disponible en el comercio para bajas corrientes nominales de hasta 30 AMP. fig 3.1.1b.

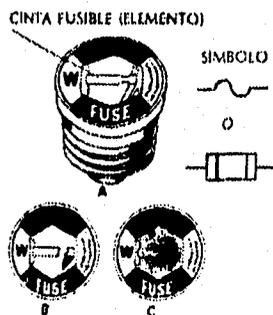


fig. 3.1.1b

Estos fusibles poseen una base roscada y están proyectados para ser utilizados en arrancadores reducidos o en cajas de interruptores de seguridad a 125 V, en motores de pequeña corriente.

**e) FUSIBLE DE POTENCIA LIMITADOR DE CORRIENTE.**

Contiene elementos fusibles de aleación de plata rodeados por cuarzo en polvo. Cuando los elementos fusibles son vaporizados por un cortocircuito, el vapor de plata y el cuarzo produce un arco de muy alta resistencia que sirve para limitar la corriente y su crecimiento hasta que un dispositivo de protección magnética (tal como un disyuntor) tenga la posibilidad de funcionar e interrumpir el circuito.

Por encima de los 600 V, se emplean fusibles especiales de alta tensión que incluyen varios elementos para extinguir el arco que se podría mantener particularmente a alta tensión, cuando el elemento fusible se vaporiza a causa de la corriente excesiva. Algunos de estos fusibles se utilizan particularmente junto a interruptores o disyuntores de baja capacidad de ruptura para aprovechar la alta capacidad de ruptura que poseen estos dispositivos.

A manera de comentario cabe recalcar que los fusibles de alta tensión más comunes son:

**Fusibles líquidos (fusible con desionización de ácido bórico líquido).** Funcionan según el principio de la acción de desionización del vapor del agua producido por la reacción entre el arco y el ácido bórico líquido. Existen "repuestos" recambiables para estos fusibles en los valores nominales de 7.5, 15, 23, 34.5 Kv, con poderes de ruptura de hasta 0.45, 0.75, 1 y 1.2 millones de Kv respectivamente.

**Fusibles de expulsión de alta tensión.** Más pequeños, funcionan según el principio de la presión creada por la formación de vapores dentro del tubo portafusible, actuando un mecanismo disparador para expeler el vapor y así extinguir el arco.

**Fusibles de material sólido.** Utilizan elementos de contacto de resorte unidos al elemento fusible, los cuales aumentan el entrehierro entre los contactos cuando el fusible se funde, con lo que se extingue el arco.

También en baja tensión se tienen fusibles para la protección de equipos, y se tienen:

- a) fusibles de doble elemento
- b) fusible baja potencia limitador de corriente
- c) fusible miniatura.

Todos estos fusibles son de tipo cartucho y no son renovables ya que su construcción interna requiere de una fabricación especializada para garantizar precisión y efectividad de operación.

a) FUSIBLE DE DOBLE ELEMENTO.

Deben su nombre al diseño de su elemento fusible en el cual se unen en serie dos tipo de componentes, uno de aleación eutéctica (mezcla de dos sólidos a partir de un líquido) de fusión a baja temperatura con gran masa y otro de eslabones con puente múltiple.

El primero impone un retardo preciso en la fusión al presentarse sobrecargas y el de puente múltiple se funde instantáneamente por la acción de las altas corrientes de corto circuito.

Sus características de operación los hacen adecuados para usos generales en sistemas con alta potencia de cortocircuito y para la protección de motores, ya que permiten las elevadas corrientes momentáneas de arranque aunque se utilicen fusibles de corriente nominal cercana a la de los elementos térmicos del arrancador.

Operan en frío con corriente normal, lo cual representa mínimo deterioro de los "clips" sujetadores o portafusibles y bajo consumo de energía. La fig 3.1.1c nos muestra el tipo de fusible doble elemento.

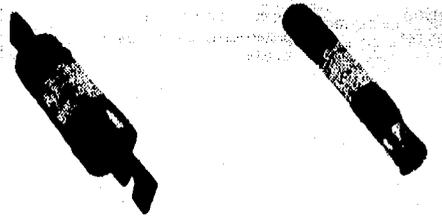


fig. 3.1.1.c

#### b) FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE.

Estos fusibles se fabrican con eslabones de plata, tubo de melamina y relleno de arena de cuarzo.

Tienen alto grado de limitación de corriente con baja energía calorífica liberada en la fusión y baja corriente pico para iniciar el tiempo de arqueo. Sus características les permiten interrumpir en forma segura las corrientes de falla disponibles en el circuito; cuando no exceden el valor de 200 KA.

La denominación de limitadores de corriente se refiere a que la apertura se inicia con un valor limitado de corriente, igual al de un pico menor que el correspondiente a la corriente pico disponible.

Lo anterior referido a valores instantáneos durante el primer ciclo posterior a la falla. De esta forma puede decirse que los fusibles limitadores nunca "ven" la corriente total disponible al presentarse un falla, ya que la interrumpirán antes de que se alcance dicho valor total. En la fig. 3.1.1d se muestran fusibles limitadores de corriente.

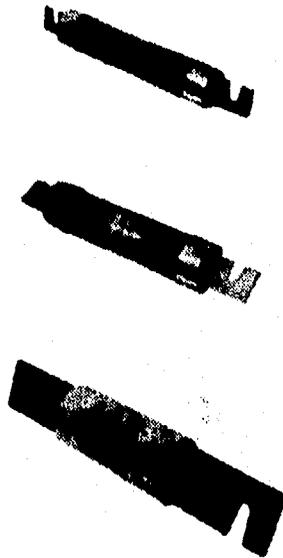


fig. 3.1.1d

La aplicación que más justifica el empleo de estos fusibles, es la protección de respaldo, ya sea a otros fusibles más lentos con corrientes de falla elevadas, o bien a interruptores de caja moldeada normales, en circuitos con alta potencia de cortocircuito.

En este caso es posible coordinar las protecciones para que los fusibles limitadores solo operen cuando una corriente de falla sea superior a la capacidad interruptiva de los interruptores.

#### c) FUSIBLES MINIATURA.

Existen dos tipos de fusible miniatura que aunque tienen las mismas dimensiones, difieren en sus características eléctricas. Son de tipo cartucho y se conectan por medio de férulas (terminales fijas en tablillas). Su corriente nominal máxima es de 30 A.

Fusibles MEN. Son de doble elemento y operan en circuito de 250 VCA o menos, tienen una capacidad interruptiva de 10 KA RMS

simétricos. Se fabrican con tubo de fibra resistente a la flama y elemento fusible con dos componentes, uno de aleación eutéctica y otro de eslabones con puente múltiple; el polvo o talco extintor del arco es arena sílica. Los fusibles Men encuentran su mayor aplicación en circuitos de control alimentados por transformador auxiliar o dedicados, donde regularmente las condiciones de operación imponen los siguientes requisitos:

- Accionamiento retardado con sobrecorrientes moderadas.
- Baja potencia de cortocircuito.
- Sobrecargas transitorias frecuentes durante el cierre de contactores y relés.
- Apertura rápida por cortocircuito.

**Fusibles MCL.** Son limitadores de corriente, tienen elemento fusible de plata y operan en circuitos de 600 VCA o menos. Se fabrican en tubos de melamina y el polvo o talco extintor del arco es arena de cuarzo. Su capacidad interruptiva es de 200 KA en base a sus características de limitación de corriente de falla. Se aplican idóneamente en circuitos de control alimentados directamente de los sistemas de fuerza (cortocircuito potente) para proteger dispositivos sensibles a altas corrientes y en general reducir al mínimo los daños que causa un cortocircuito a los equipos de control.

En la fig. 3.1.1e se muestran los fusibles miniatura MEN y MCL máximo 30 A y, 250 y 600 V.



fig. 3.1.1e

### 3.2.- CONTACTORES

Son aparatos electromagnéticos diseñados para manejar corrientes relativamente altas en la interconexión de circuitos y como su nombre lo indican constan de contactos, tanto fijos como móviles, los cuales permiten el paso o no de la corriente eléctrica hacia una carga;

Los contactos son la parte más delicada de un contactor, es por esto que su construcción y mantenimiento, deben ser lo más adecuado posible, están contruidos de aleaciones con lo que se busca que su resistencia mecánica sea buena y que además el desgaste por el arco sea el mínimo posible.

Entre las aleaciones más utilizadas en la base de los contactos se tiene plata-paladio, plata cadmio y sobre todo plata níquel.

Los contactores van provistos en la mayoría de los casos, de cámaras de arqueo o desionizadoras (ver fig. 3.2a), cuyo propósito es reducir el arco y extinguirlo en el menor tiempo posible, evitando con ello el deterioro de los contactos.

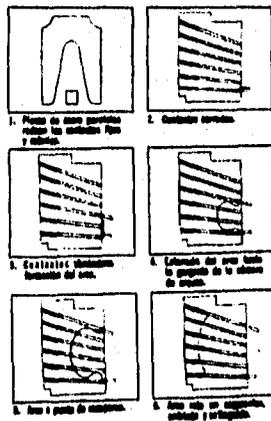


fig. 3.2a

El arco se produce por la ionización del aire entre los contactos al producirse una 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.

Por otra parte, 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.

Dentro de los tipos de contactores se tienen dos clases a saber, a) contactores manuales y b) contactores magnéticos.

#### a) CONTACTORES MANUALES

Son dispositivos muy sencillos de operar ya que por medio de una palanca o manivela se controlan todas las operaciones de conexión y desconexión.

Los combinadores de fuerza de levas o de tambor se pueden considerar como versátiles contactores manuales siendo muy frecuente su empleo en operaciones tales como: arranque, inversión de giro, frenado eléctrico, etc. En la fig. 3.2b se muestra un tipo de este contactor.

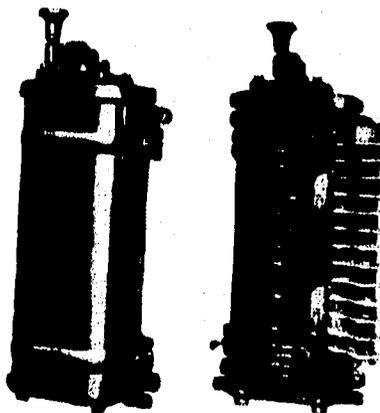


fig. 3.2b

## b) CONTACTORES MAGNETICOS.

Es un dispositivo electromagnético y su funcionamiento va a depender de la excitación que tenga en la bobina. Están formados básicamente por dos partes: una fija, usualmente en forma de "E" formada de laminaciones de hierro dulce, 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 esta cierra o abre unos contactos. En la fig. 3.2c se muestra el esquema típico de un contactor.

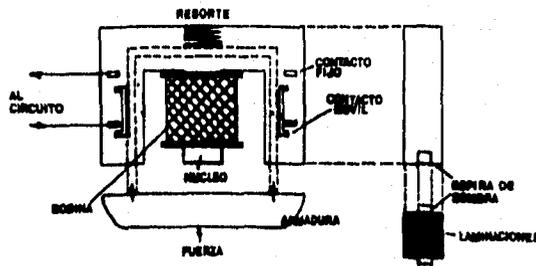


fig. 3.2c

Los contactores magnéticos se fabrican para operación en C.A. o en C.C. En los primeros el núcleo y la armadura se construyen laminados, para evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas al variar el flujo. Además, se instalan en las extremidades del núcleo, segmentos de cobre en corto, 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 producirán vibraciones que dañarían al contactor.

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

magnético principal en los contactores magnéticos, se construyen en 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.

Cuando la bobina del contactor se activa por una corriente eléctrica, se cierra el contactor y por medio de los contactos se completa el circuito entre la fuente de energía y la carga. Cuando la bobina se desactiva, el contactor se abre de inmediato bajo la acción de resortes y los contactos se abren dentro de cámaras de extinción de arco. Mediante el empleo de contactores es posible manejar elevadas corrientes de carga, con la sola intervención de dispositivos de baja corriente, como relevadores y botones de control. Los contactores en la mayoría de las veces son robustos y están diseñados para operaciones repetitivas de cierre y apertura por periodos prolongados. En operación permanente soportan su corriente nominal con mínima elevación de temperatura. La limitación para su empleo la determina su capacidad interruptiva que resulta baja para desconectar corrientes de falla en sistemas de gran potencia. En la fig. 3.2D se muestran algunos contactores .



fig 3.2d

Además de los contactos principales a través de los cuales se alimentan los circuitos de fuerza, los contactores van provistos de otros llamados auxiliares o de control. De menor capacidad que los primeros, se emplean en las operaciones de control o de señalización del aparato. Estos contactos pueden estar abiertos o cerrados y en ocasiones, dotados de elementos de retardo.

### **3.3 RELEVADORES**

Un relevador es un dispositivo electromagnético que funciona mediante una variación del voltaje en un circuito eléctrico para poner en operación otros dispositivos en el mismo circuito o 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 son muy importantes en los circuitos de control de motores.

#### **RELEVADORES DE CONTROL.**

Estos dispositivos llamados también contactores auxiliares, funcionan exactamente igual que los contactores, pero son de aspecto y construcción totalmente diferente.

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.

En la fig 3.3a, se muestra un diagrama esquemático de un relé utilizado frecuentemente en circuitos de control. Como se puede observar, va provisto de varios contactos abiertos o cerrados, una bobina y una armadura que en conjunto abren o cierran los contactos.

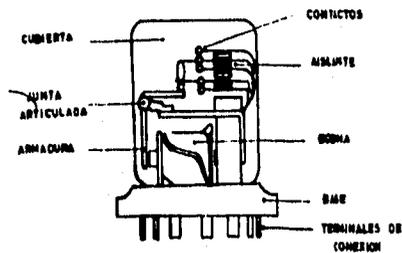


fig. 3.3a

Las bobinas son fabricadas del mismo material que las bobinas de los contactores y sus contactos de tamaño más pequeño de plata o de aleaciones de este metal y en casos excepcionales de platino iridio y paladio. Entre sus aplicaciones más frecuentes se encuentran las de interrupción de bobinas de contactores, conexión de pequeños motores y equipos de alarma y señalización con luces piloto y bocinas.

#### RELEVADORES DE CONTROL DE TIEMPO.

La necesidad de disponer de sistemas de control de tiempo de secuencias y muchas otras 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 de tipo neumático son empleados con mucha frecuencia en los circuitos de control. Básicamente son 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.

En la fig. 3.3b se muestra un relevador de control de tiempo con retardo al energizarse la bobina.



fig. 3.3b

#### RELEVADORES DE SOBRECARGA.

El relevador de sobrecarga que como su nombre lo indica es un dispositivo que ofrece protección contra sobrecarga en los circuitos eléctricos, al abrirse una serie de contactos que van conectados en serie con la bobina de los arrancadores.

Un motor eléctrico se puede ver sometido a perturbaciones como corrientes de cortocircuito y corrientes de sobrecarga para la protección del motor, en las primeras se emplean los interruptores termomagnéticos o fusibles, y para las segundas, que si bien no alcanzan valores muy grandes si originan calentamientos que pueden afectar la máquina, se emplean relevadores de sobrecarga.

Existen varios tipos de relevadores de sobrecarga, pero básicamente 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.

Dependiendo de la tecnología en que se basan su funcionamiento, los relevadores de sobrecarga se dividen en: térmicos, termomagnéticos, electromagnéticos y electromagnético diferencial.

#### RELEVADORES TERMICOS.

Son elementos de protección contra sobrecargas cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales bajo el efecto del calor, para accionar cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desenergizan todo el circuito y energizan el elemento de señalización.

Estos relevadores se construyen de diferentes tipos, pero entre los más utilizados se encuentran los bimetalicos y los de aleación fusible.

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. Es común el uso de hierro y níquel en composiciones de 20% y 80% o 75% y 25% respectivamente.

El calor necesario para curvar o flexionar la lámina metálica es producido por una resistencia, arrollada (devanada) alrededor del bimetálico que está cubierto por una capa de asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor. El bimetálico puede emplearse además como parte de la resistencia o simplemente como conductor.

El bimetálico comienza a flexionarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual ha sido diseñado, empujando una placa de fibra (material muy consistente, aislante eléctrico y resistente al calor) hasta que se produzca la apertura y el cierre de los contactos auxiliares que lleva; de manera que se desenergice la bobina del contactor y se energice el elemento de señalización.

En la fig. 3.3d se muestra un relevador de este tipo. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias. Naturalmente que este tiempo debe ser tal que no se ponga en peligro el aislamiento de las bobinas del motor, ni se produzcan

desconexiones innecesarias, por lo cual deben estar normalmente dimensionados para la corriente nominal de carga.

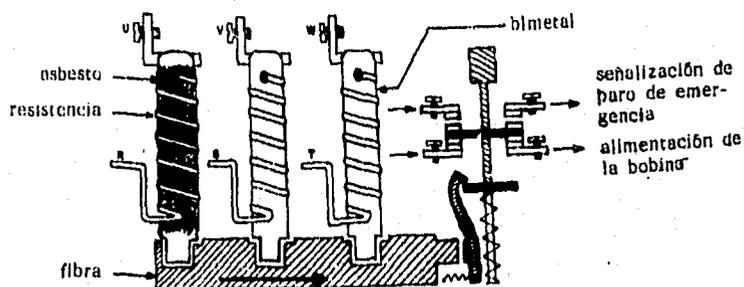


fig 3.3d

Cuando el bimetalo se halla enfriado basta presionar la palanca o botón de restablecer para regresar a los contactos a su posición original. El tornillo de ajuste permite graduar el momento de disparo del relevador, al acercar más o menos el bimetalo al calefactor.

Otro tipo de relevador de sobrecarga térmica 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.

### RELEVADORES TERMOMAGNETICOS.

Al igual que los relevadores térmicos son aparatos destinados a proteger a los motores contra posibles sobrecargas. En la fig. 3.3e se muestra un diagrama elemental en donde se puede apreciar el funcionamiento de este dispositivo.

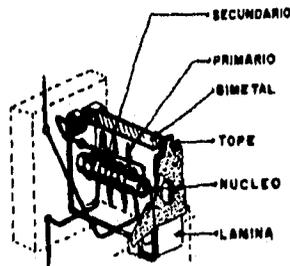


fig 3.3e

Está conformado por un núcleo horizontal, sobre el cual se han bobinado dos arrollamientos de alambre: uno primario por el que circula la corriente a controlar y un secundario cuyos extremos están unidos a un bimetal. Cuando la corriente a controlar pasa por el bobinado primario, crea un campo magnético que, por una parte tiende a atraer una lámina flexible hacia el núcleo y por otra induce en el secundario una corriente que lo recorre y calienta el bimetal.

El relevador actúa en dos formas:

a) Disparo diferido (por acción del térmico). Si la corriente sobrepasa el valor ajustado, el bimetal se calienta y se deforma, dejando libre, después de cierto tiempo, un tope (unido a la lámina que bloquea el bimetal). La unión tope lámina se flexiona y una palanca actúa sobre el eje de transmisión, provocando la apertura de un contacto colocado en el interior de una cámara. El rearme sólo se puede realizar cuando el bimetal se enfríe suficientemente.

b) Disparo instantáneo (por acción del elemento magnético). Si la corriente adquiere rápidamente un valor muy elevado provocado por un cortocircuito se genera un campo magnético muy intenso de manera que antes que el bimetálico se deforme lo necesario para liberar el tope, la atracción magnética sobre la lámina es más fuerte que el resorte que lo mantiene contra el tope, de manera que esta se pega al núcleo, haciendo que una palanca actúe sobre el eje de transmisión, para que provoque la apertura del contacto que se encuentra en la cámara, como en el caso de disparo diferido.

#### RELES ELECTROMAGNETICOS.

Sirven para la protección de circuitos contra fuertes sobrecargas realizando una desconexión del circuito de mando instantáneamente.

Su funcionamiento está basado en la fuerza producida por un electroimán sobre una armadura parecida a la de un contactor.

Cuando la corriente que absorbe el motor es muy superior a la corriente nominal, la bobina del electroimán crea un fuerte campo magnético, suficiente para ejercer una fuerza de atracción capaz de vencer el par resistente contrario.

#### RELEVADOR ELECTROMAGNETICO DIFERENCIAL.

Se llama así porque en realidad actúa en función de la diferencia de corrientes entre fases, la cual se presentará siempre que existan fugas de tierra en cualesquiera de las fases. En la fig. 3.3f se muestra un esquema de este tipo de relevador.

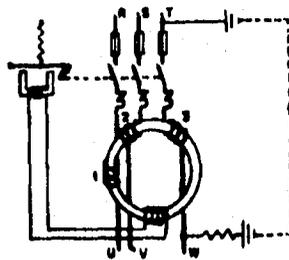


fig 3.3f

Según se observa dispone de un circuito magnético en forma toroidal sobre el que se bobinan. en el mismo sentido, los conductores de las tres

fases. En condiciones normales la suma geométrica de las corrientes de las tres fases es nula no hay flujo resultante sólo cuando se presenta una falla a tierra y esta alcanza un valor de sensibilidad del aparato, se producirá un flujo resultante.

Este flujo induce en la bobina una corriente que anula el efecto del imán y hace que se abra un contacto, desenergizando el circuito de mando, y por consiguiente el circuito total.

### **3.4 SEÑALIZACION DE CONTROL Y MANDO.**

#### **ELEMENTOS DE MANDO.**

Son dispositivos que miden y/o convierten una acción, condición o cantidad física en señales eléctricas, entre los más comunes se tienen estaciones de botones, interruptores de presión, de límite, de flotador, termostatos, y últimamente se están usando los detectores de proximidad entre los que destacan los fotoeléctricos, inductivos y capacitivos, cada uno con un uso en particular. Como ya se dijo los elementos de mando son aquellos aparatos que actúan accionados por el operario para establecer la comunicación entre el hombre y la máquina.

Dentro de los elementos de mando más importantes se tiene el pulsador, el cual es prácticamente un botón con una serie de contactos que por lo regular se definen como normalmente abiertos o normalmente cerrados según sea el caso. La apertura o cierre de los mismos se realiza por ruptura lenta, donde la velocidad de desplazamiento del contacto móvil es igual o proporcional a la velocidad del órgano de mando.

Existe una gran variedad de ellos, para responder a cada una de las múltiples necesidades, por su apariencia y forma exterior se tienen pulsadores:

a) Luminosos. Con señalización incorporada. Se emplean cuando es necesario conocer si han sido accionados, especialmente cuando se está alejado de ellos.

b) De pedal. Para accionamientos donde el operario tiene ambas manos ocupadas.

c) De seta. Para detener la máquina en situaciones de emergencia sobre todo cuando los sistemas automáticos de paro no han respondido. Para facilitar su maniobra, la parte que debe entrar en contacto con el operario (botón) es de mayores dimensiones que los pulsadores normales.

d) De llave. Para accionamientos delicados y de gran responsabilidad donde la puesta en marcha o el paro no autorizados pueden ocasionar serios inconvenientes, ya sea en los operarios o en la máquina.

e) Rasantes. Para accionamientos donde es necesario impedir maniobras involuntarias.

f) Salientes. Se usan cuando su accionamiento involuntario no presenta inconvenientes, o cuando el operario encuentra dificultad para utilizar un pulsador rasante.

En la fig. 3.4a se muestra una gran gama de pulsadores.

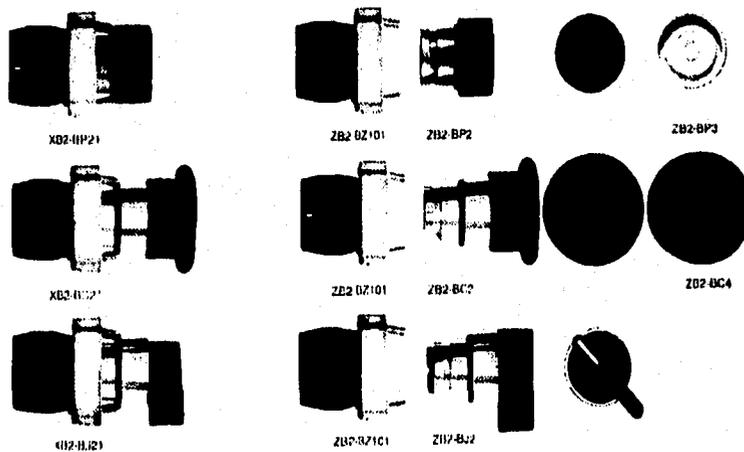


fig. 3.4a

Otro tipo de mando muy importante que se ha estado empleando ampliamente son los detectores de proximidad inductivos y capacitivos los cuales son dispositivos electrónicos empleados para el control de presencia, ausencia, fin de recorrido, etc.; sin necesidad de entrar en contacto físico con el elemento a detectar. Su uso es cada día más frecuente en la etapa de detección, tanto en los automatismos eléctricos como electrónicos.

#### DETECTOR INDUCTIVO.

Básicamente está compuesto por un oscilador, en el cual un bobinado (cara sensible) crea un campo magnético alterno. Su funcionamiento se fundamenta en la variación de un campo electromagnético, al acercarse un objeto metálico a su cara sensible.

Como ya se dijo, al colocar un objeto metálico en dicho campo, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que ocasiona la interrupción de las oscilaciones.

Bajo estas condiciones, un circuito de conmutación genera una señal de salida, equivalente a un contacto cerrado y/o abierto, los cuales se pueden usar para controlar la bobina de un contactor o de un relevador de control, esta acción es muy semejante a la que se realiza en los contactos de un pulsador o de un interruptor de posición.

Una aplicación muy práctica la tenemos en sistemas en los cuales un objeto metálico (aguja, rebaba, etc.) puede ocasionar serios daños a la producción y maquinaria misma.

En la industria textil existen rodillos que pueden ser dañados por una escoria metálica teniendo como consecuencia una alteración en el acabado de la tela.

Existen detectores en variedad de formas y diversidad de alcances, así como detectores que deben trabajar necesariamente en serie con la bobina de un contactor auxiliar fig 3.4.b.



fig. 3.4b

#### DETECTOR CAPACITIVO.

Están basados en la variación de un campo electrostático que se produce cuando se acerca a ellos cualquier objeto. Se emplean especialmente para detectar cuerpos no metálicos.

El principio de operación es básicamente parecido al de los detectores de tipo inductivo, es decir, al tenerse la variación del campo se emite una señal a contactos normalmente abiertos o cerrados con el fin de conectarse o desconectar un sistema en caso de emergencia o fallas de tipo técnico.

## **DETECTORES FOTOELECTRICOS.**

Básicamente son dispositivos electrónicos que pueden abrir y/o cerrar un circuito eléctrico por acción de un haz de luz y un elemento fotosensible.

Se componen fundamentalmente de un emisor y un receptor.

El EMISOR tiene como objeto emitir un rayo de luz infrarrojo modulado (invisible al ojo humano), producido por un diodo electroluminiscente. La emisión modulada garantiza una gran inmunidad a las luces parásitas y ambientales, así como una vida prácticamente ilimitada.

El RECEPTOR está compuesto por un elemento sensible a la luz infrarroja ya que tiene la función de captar la luz del emisor. Toda vez que inside dicho haz, entrega una señal de salida que bien puede ser un contacto abierto o cerrado.

La detección de un objeto se realiza en la medida en que la luz inside en el receptor con mayor o menor intensidad por lo que en su mantenimiento debe cuidarse:

La contaminación de las lentes por el medio ambiente (lluvia, humo polvo) se traducirá en una disminución del nivel de detección, pudiendo llegar incluso a anularlo completamente.

## **ELEMENTOS DE SEÑALIZACION.**

Se entiende como elementos de señalización a todos aquellos dispositivos cuya función es hacer notar o llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales de las máquinas, aumentando así la seguridad del personal y teniendo una mayor facilidad en el mantenimiento y control de los equipos.

En base a su modo de operación o funcionamiento se clasifican en:

**a) ACUSTICOS.**

Son todas aquellas señales que son perceptibles por el oído. Dentro de las que más se usan destacan los timbres, zumbadores o chicharras, sirenas, sonidos electrónicos musicales, etc.

**b) OPTICAS.**

Son señales perceptibles por la vista, existen dos clases:

**Visuales.** Se utilizan determinados símbolos que indiquen la operación que se está realizando.

**Luminosos.** Cuando se emplean únicamente lámparas, llamados pilotos de diferentes colores, para señalar las diversas operaciones.

**c) SEÑALIZACIONES DE MARCHA.**

Su usan para indicar que una maquina o equipo se ha puesto en servicio.

Por lo regular es una combinación de señales visuales y luminosas en conjunto de pulsadores con contactos normalmente abiertos o cerrados.

## **CAPITULO IV**

### **ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES TRIFASICOS.**

#### **4.1 MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFASICO ROTOR JAULA DE ARDILLA.**

El motor de inducción tiene su principal aplicación en la industria, en donde aparece como elemento primario de movimiento en formas variadas ya que se selecciona por su simplicidad confiabilidad y bajo costo.

Estos factores se combinan con buena eficiencia, buena capacidad de sobrecarga y un mantenimiento y requerimientos mínimos de mantenimiento y de servicio..

A simple vista el motor de inducción también podría considerarse como una máquina de excitación única, debido a que a su estator (bobinado de campo de un motor) se le aplica tan solo corriente alterna polifásica, sin embargo se observara que en su rotor se induce una tensión de C.A. , de frecuencia variable, de la misma forma que por efecto de transformación se induce una tensión de C.A. en el secundario de un transformador.

Es en consecuencia una máquina con excitación doble que tiene una tensión de C.A. aplicada tanto a un devanado de estator (inducido) como a su devanado rotorico. Como ya se dijo la tensión aplicada al devanado estatórico es una tensión de excitación de frecuencia constante y tensión constante suministrada a partir de barras polifásicas ó monofásicas. La tensión aplicada al rotor es una tensión inducida de frecuencia variable y tensión originada como resultado de la velocidad del rotor respecto a la velocidad de sincronismo.

Al alimentar el bobinado trifásico del estator con un sistema de tensiones trifásicas se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromotriz. Y como todas las espiras forman un circuito cerrado circulara por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en sentido contrario que el campo giratorio del estator.

## CAPITULO IV

El motor de inducción jaula de ardilla se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambos están formados por un gran número de láminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estáticos y rotóricos respectivamente. En ellos tendrá lugar la transformación de la potencia eléctrica absorbida en energía mecánica cedida.

Como ya se menciona el estator esta construido por paquetes de laminaciones troqueladas en donde se alojan las bobinas, dichas laminaciones tienen un espesor del orden de 0.5 mm. y cuya calidad depende en cierta medida de la potencia; para motores pequeños se usan por lo general laminaciones del tipo normal; caracterizadas por su facilidad para ser trabajadas y su costo relativamente bajo.

Un factor importante es la facilidad de trabajo en las laminaciones ya que permite realizar sin muchos problemas el proceso de troquelado. El sistema de troquelado se hace mediante un sistema de punzonado automático, capaz de producir hasta 2 ó 3 laminaciones al segundo, alimentando a la troqueladora de un rollo de lamina en forma automática.

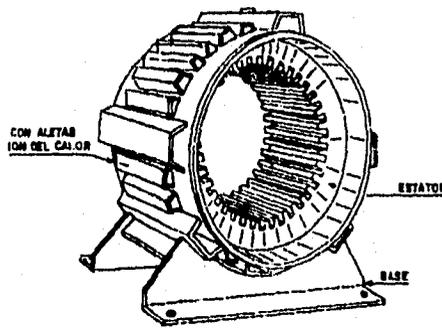
Por lo que se refiere a los motores que no son muy pequeños, el diámetro máximo de las laminaciones que se pueden obtener por el proceso de troquelado, esta limitado por la potencialidad de la troqueladora; para grandes motores eléctricos, con estatores cuyo diámetro es del orden de un metro, los paquetes de laminaciones se forman con laminas seccionadas, es decir no se troquelan en forma completa.

Las ranuras en donde se alojan los conductores de las bobinas del estator son del tipo abierto y se usan en motores de inducción de menos de 20 Kw fig.4.1a

Las ranuras del tipo semicerrado se usan en máquinas de menor potencia cuyos estatores tienen diámetros menores de 40 cm.

Con ranuras semicerradas, las bobinas por lo general se devanan directamente sobre el estator y posteriormente se aíslan. Con bajo número de espiras se pueden prefabricar y posteriormente colocar en las ranuras del estator.

En el diseño de los motores eléctricos se tienen que considerar los siguientes aspectos:



VISTA DE UN ESTATOR DE 36 RANURAS CON SU CARCAZA  
fig. 4.1a

**a) Pulsaciones de Pérdidas en los Dientes del Estator.**

Las ranuras deben estar proporcionadas de tal forma que se produzca una mínima variación en la reluctancia del entrehierro, ya que el efecto de estas pulsaciones es producir pérdidas y ruido audible. (zumbido). Este efecto se minimiza usando un elevado número de ranuras estrechas.

**b) Reactancia de Dispersión**

Si se tiene un elevado número de ranuras, entonces esto incrementa el aislamiento a usar, con esto el ancho del aislamiento aumenta y en consecuencia hay más aislamiento; es decir, a mayor número de ranuras, los eslabonamientos de flujo y la reactancia de dispersión se reducen, pero se incrementa la capacidad de sobrecarga de la máquina.

**c) Dificultades de Tipo Mecánico**

A mayor número de ranuras en un diámetro dado, menor será el paso de ranura. El ancho de éstas es alrededor de la mitad del paso de la ranura, de modo que si el paso de ranura se reduce, el ancho del diente también se reduce lo que los debilita mecánicamente y esto hace necesario de soportes adicionales, que limitan a su vez los ductos de ventilación.

d) Costos

A mayor número de ranuras, hay mayor número de bobinas por devanar, aislar e instalar, lo cual conduce a mayores costos.

En la fig. 4.1.a1 se observa un estator en corte.

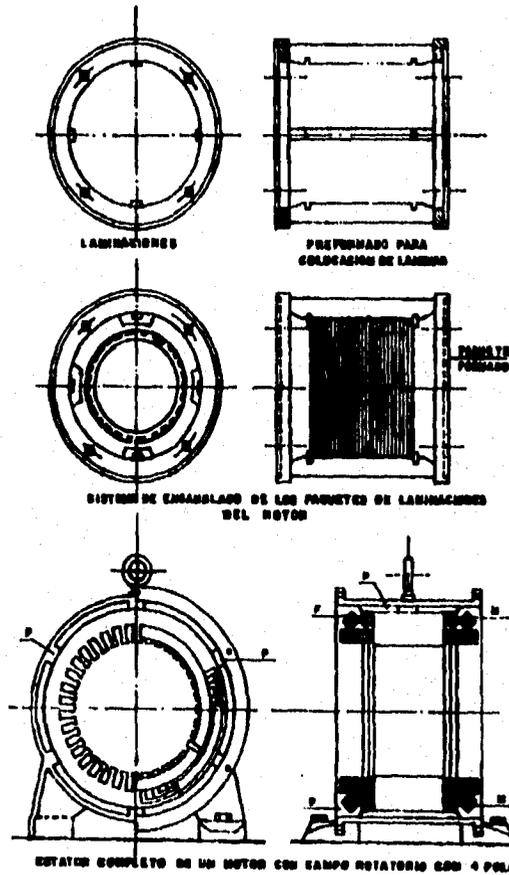


fig. 4.1a1

El bobinado del rotor esta formado por un conjunto de conductores desnudos de cobre o aluminio y puestos en cortocircuito, al soldarlos a dos anillos frontales del mismo material. Por el parecido que tienen con una jaula de ardilla reciben ese nombre, fig. 4.1b

En los motores pequeños se inyecta aluminio en las ranuras, obteniéndose al mismo tiempo los dos anillos frontales y las aletas de ventilación. En los de mediano y gran potencia se construyen rotores con doble jaula o ranura profunda.

En las fig. 4.1b.y 4.1b1 se puede observar el diseño de un motor jaula de ardilla junto con todas sus partes.

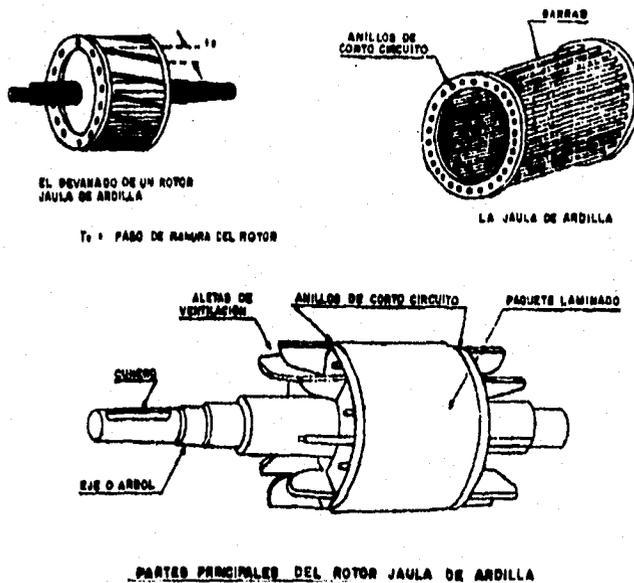


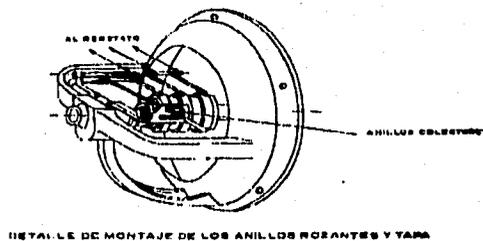
fig. 4.1b



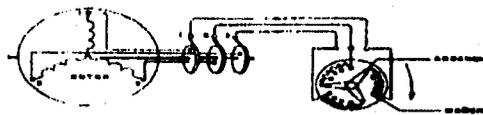
estator. Se usan devanados denominados de tipo ondulado debido a que ofrecen la ventaja de que se reducen las conexiones cruzadas entre grupos de bobinas y permite también un diseño compacto, permitiendo un buen balance mecánico.

Los devanados se pueden conectar en delta o en estrella y las terminaciones de cada fase van hacia el exterior a través de los anillos rozantes, en donde se colecta la corriente por medio de escobillas de carbón, de donde se llevan los conductores hacia el reostato de arranque. Las escobillas están provistas de un mecanismo de fijación para poder ser removidas y para que solo hagan la presión necesaria sobre los anillos rozantes, tratando de esta manera de reducir las pérdidas por fricción.

Los anillos rozantes están fabricados por lo general de bronce o bien de bronce con un pequeño contenido de fósforo, están soportados por elementos de fierro sin tener contacto directo con estos, por tener un aislamiento de mica. Están montados ya sea entre el núcleo del rotor y las escobillas ó en la extensión del eje o flecha, en este último caso, la flecha se puede hacer hueca, para evitar que las conexiones del motor a los anillos rozantes pasen a través de las chumaceras. En las figuras 4.1c y 4.1cl. se puede observar el diseño y forma de un motor de inducción rotor devando junto con todas sus partes.



DETALLE DE MONTAJE DE LOS ANILLOS ROZANTES Y TAPAS



ESTRUCTURA ESQUEMATICA DE UN MOTOR TRIFASICO CON REOSTATO DE ARRANQUE

fig. 4.1c

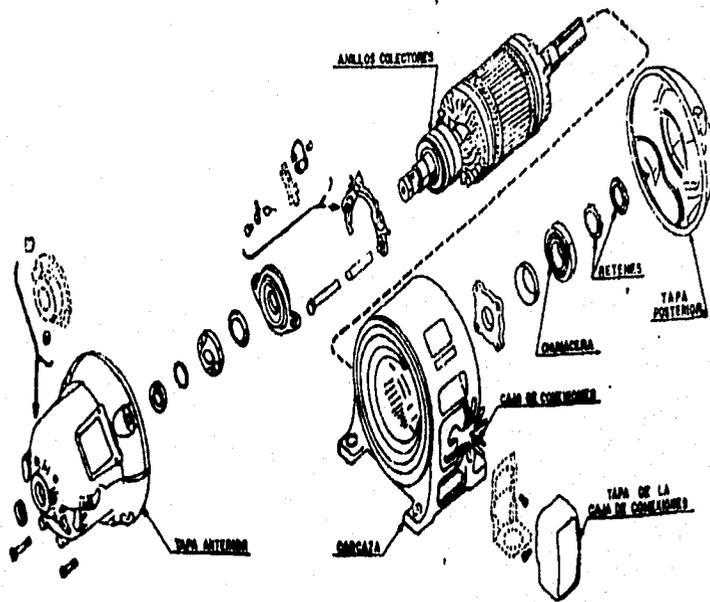


fig. 4.1c1

## 4.2 MÉTODOS DE ARRANQUE.

Los motores de inducción jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estátorico, que permite su conexión directa a la red sin el peligro de destruir su devanado.

Sin embargo, la corriente demandada si bien no perjudica al motor, si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación, tanto por su intensidad como por el bajo factor de potencia con que es absorbida, sobre todo en máquinas con capacidades de 10 HP y mayores.

Como ya se menciona el arranque por conexión directa a la red no debe evitarse si las líneas son de capacidad suficiente para proporcionar la tensión y corriente nominales requeridas por el rotor de inducción, puesto que este arranque no debe dañar de ninguna manera al motor.

Cuando las líneas son de capacidad limitada en comparación con la corriente de arranque absorbida por un motor de inducción, existe la posibilidad de que debido a la gran corriente la caída de tensión y la correspondiente tensión reducida de la línea, el motor que esta arrancando ( así como otros motores), puede no desarrollar el par suficiente para acelerar la carga y como resultado pueden absorber corriente excesiva el rotor y el estator poniéndolo en peligro.

El equipo de protección del motor y la línea pueden tras un corto intervalo desconectar al motor, requiriendo que el motor se arranque una vez más y de nuevo con la correspondiente perturbación en la línea.

Esta situación y el hecho de que el par pueda tener efectos no deseados en la carga no 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 através de resistencias, reactancias, autotransformadores, etc., que constituyen los métodos de arranque a tensión reducida.

Ordinariamente un motor de inducción absorbe aproximadamente seis veces su corriente nominal cuando a su estator se le aplica la tensión nominal en el arranque.

En el momento del arranque, la corriente del rotor esta determinada por su impedancia a rotor bloqueado. Entonces si la tensión del estator se reduce a la mitad, la corriente de arranque también se reduciría en la misma proporción, o sea aproximadamente tres veces la corriente nominal.

Pero si la tensión de línea del estator se reduce, el par se reduce a la cuarta parte de su valor original. Por consiguiente, la deseable reducción de la corriente de línea del motor se ha conseguido a expensas de una indeseable y aún mayor reducción en el par de arranque.

#### 4.2 a ARRANQUE A TENSIÓN PLENA.

El método mas sencillo de arranque para el motor polifásico de inducción en jaula de ardilla, es conectándolo directamente a la línea. Para esto se pueden emplear dispositivos de arranque manuales ó magnéticos.

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.

En la fig 4.2a se muestran dos tipos de arrancadores manuales cuya operación es muy sencilla, basta pulsar un botón para cerrar los contactos de conexión del motor y otro para abrirlos.

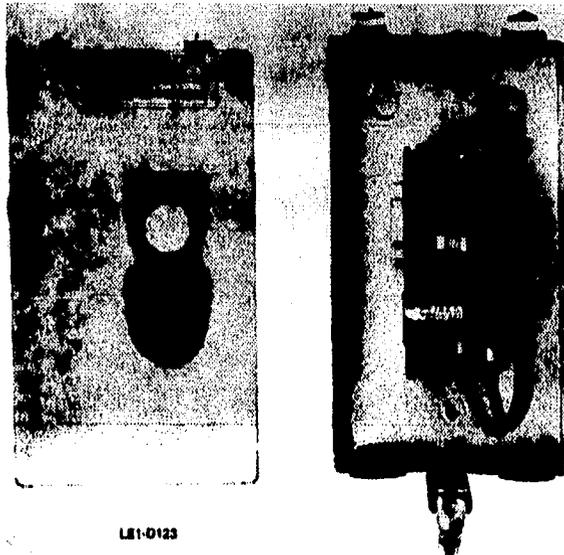


fig. 4.2a

Pueden ir provistos de protección contra sobrecarga y a veces contra cortocircuito todo en la misma envolvente. En la fig.4.2b se muestra un diagrama en el cual se lleva a cabo el arranque de motores trifásicos a tensión plena. El contacto momentáneo S1Q cierra el circuito enclavando el contactor K1M el cual se sostiene por medio de un contacto auxiliar Kim; por medio del contacto NC (normalmente cerrado) S0Q detiene la operación de marcha desenergizandose la bobina del contactor K1M.

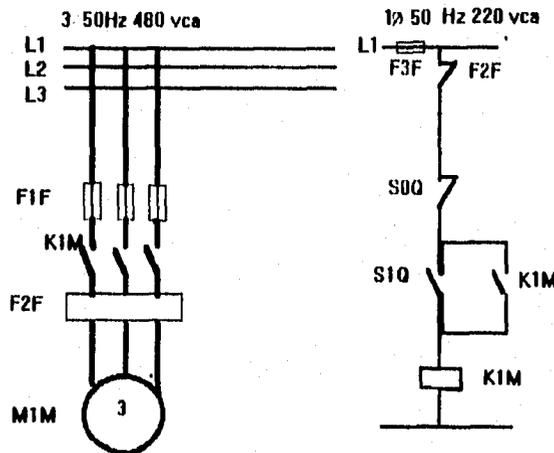


fig. 4.2b

## 4.2b ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA

### 4.2b1 CONMUTACIÓN DELTA - ESTRELLA

Se ha visto que en el arranque directo el motor absorbe una corriente muy alta en el momento que se energiza, razón por la cual este método no es recomendable para el arranque de motores de mediana o gran potencia.

En estos casos es muy común la utilización del sistema de arranque estrella delta ya que la corriente inicial de arranque esta solamente entre 1.3 y 2.6  $I_n$  ( $I_n$  = corriente nominal).

Cuando se usa este sistema de arranque es indispensable iniciar en estrella para que la intensidad se reduzca en la misma proporción que la tensión. Una vez que el motor alcance aproximadamente entre el 70% y 80% de su velocidad nominal se desconecta la conexión en estrella para realizar la conmutación a la conexión delta.

Si durante el proceso de arranque se conecta el motor en estrella la tensión aplicada a cada bobina del estator se reducirá a  $1.73 (\sqrt{3})$  o sea un 58% de la tensión de línea, por consiguiente la intensidad que absorberá el motor será también menor que  $\sqrt{3}$ .

Al ser la reducción de  $\sqrt{3}$  en la tensión y  $\sqrt{3}$  en la corriente, se tendrá como resultado una disminución total de  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  o sea de tres veces el valor de la In, equivalente a un 30% menos del que se tendría en arranque directo.

Por lo que respecta al par de arranque pasa de 1.5 veces el valor nominal que se tenía en el arranque directo a 0.5 veces el nominal lo que aumenta la duración del período de arranque con respecto al que se obtiene en el arranque directo. Sin embargo esto carece de importancia ya que, en la mayoría de los casos, debido a que la velocidad nominal de régimen se alcanza en pocos segundos.

Las combinaciones de contactores para el arranque estrella-delta de motores trifásicos, pueden en casos desfavorables provocar cortocircuitos durante la conmutación.

En la fig. 4.2C y en la fig. 4.2C1 se muestra un diagrama de potencia y de control para el arranque estrella-delta.

El contacto momentáneo (pulsador) S1A energiza la bobina del contactor estrella K2M y activa el relé de tiempo K4A. Un contacto NA (Normalmente Abierto) de K2M conecta el contactor de la red K1M. Los contactos de retención de los contactores K2M y K1M cierran. El motor arranca en conexión estrella.

Después de transcurrir el tiempo de retardo ajustado, el contacto "NC" de K4A abre y desconecta el contactor estrella K2M. Al cerrar el contacto "NC" del contactor estrella K2M se conecta el contactor triángulo K3M, ya que el contactor de la red estaba previamente conectado. El motor marcha ahora en conexión triángulo.

ARRANQUE POR CONMUTACION ESTRELLA-DELTA  
DIAGRAMA DE FUERZA

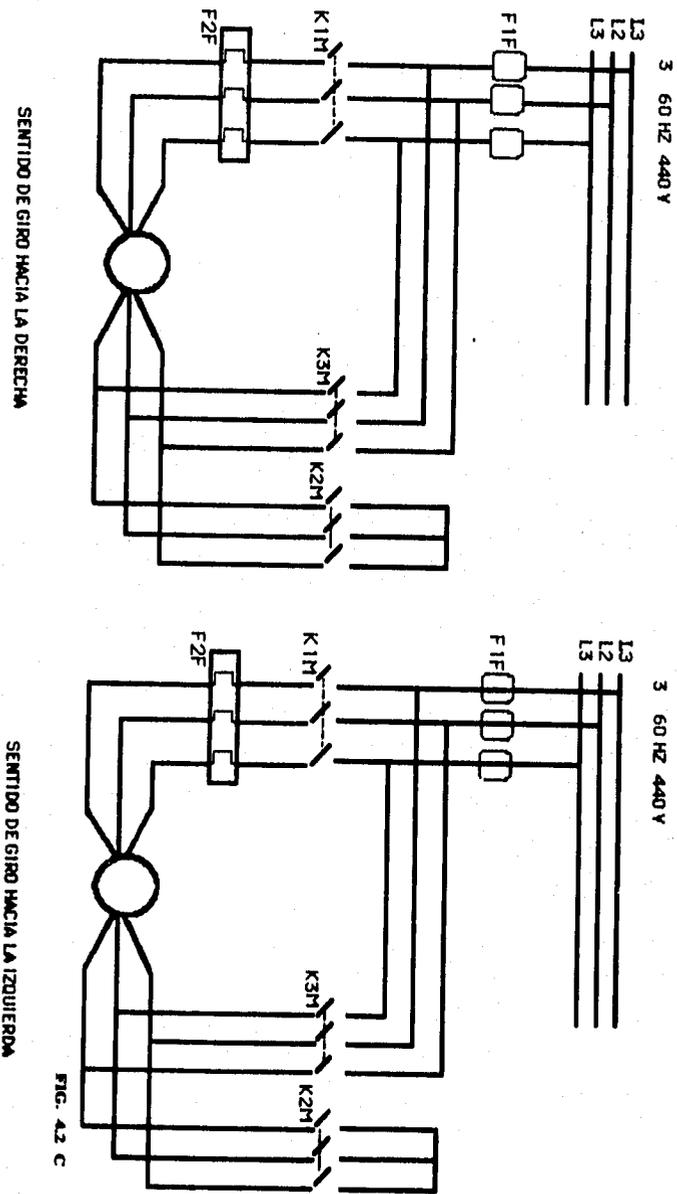


FIG. 42 C

# ARRANQUE A TENSION REDUCIDA ESTRELLA - DELTA

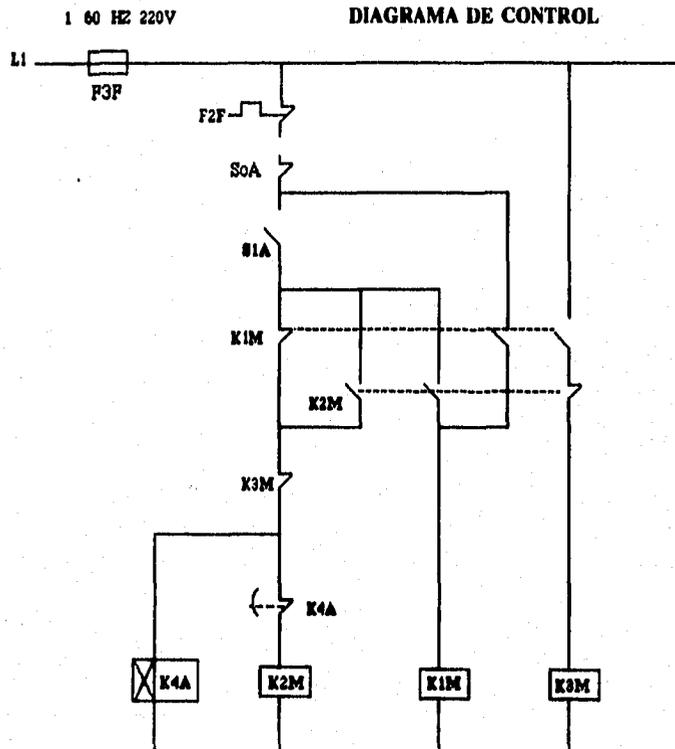


FIG. 4.2C1

Cuando se acciona el pulsador S0A se abre el circuito de alimentación de todas las bobinas de los contactores, y por tanto el motor se detiene.

#### **4.2b2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA POR AUTOTRANSFORMADOR**

Los motores trifásicos de inducción pueden ser arrancados a tensión reducida utilizando un autotransformador trifásico o tres transformadores monofásicos como se puede ver en la Fig.4.2d. Las tomas en el transformador oscilan del 50 al 80% de la tensión nominal. Si el motor no consigue acelerar la carga a la tensión más baja pueden escogerse tomas de tensión superior hasta que se obtenga el par de arranque apropiado y deseado.

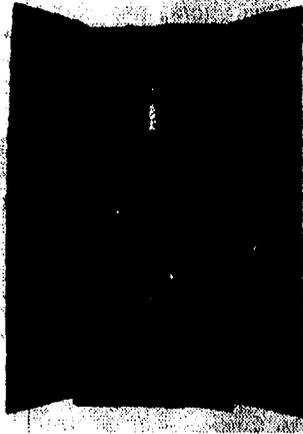


fig. 4.2d

El autotransformador actúa de dos formas para reducir la corriente de la red:

a) Reduce la corriente de arranque del motor reduciendo la tensión.

b) Mediante la relación de transformación del transformador, por lo que la corriente de la línea del primario es menor que la corriente del motor del secundario. Ya que la relación de espiras representa así mismo la relación de tensiones, en consecuencia se reduce la corriente de arranque de la línea según el cuadrado de la relación de espiras.

El arrancador a tensión reducida tipo autotransformador esta conformado por el autotransformador, un contactor para alimentar este a la red, dos ó más contactores para aplicar las tensiones parciales de salida del autotransformador al motor, y un contactor para alimentar el motor a plena tensión. Un relevador de sobrecarga adecuado a la intensidad nominal del motor, un relevador de tiempo.

En la Fig. 4.2d1 se puede observar un diagrama elemental de un arrancador a tensión reducida tipo autotransformador. El diagrama se conforma de uno de potencia y uno de control.

En el de control el pulsador S1Q energiza la bobina del contactor K1A y activa el relé de tiempo K4T, cuando entra K1A, un contacto normalmente abierto cierra y energiza la bobina del contactor K3A, los contactos de autorretención de K1A y K3A cierran. El motor arranca a tensión reducida.

Después de transcurrir el tiempo ajustado de retardo conmuta el contacto del relé de tiempo K4T. El contactor K1A se desconecta y el contactor K2M se conecta. El contacto normalmente cerrado de K2M desconecta el contactor K3A. El contacto de autorretención de K2M cierra. El motor marcha a tensión plena.

### ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

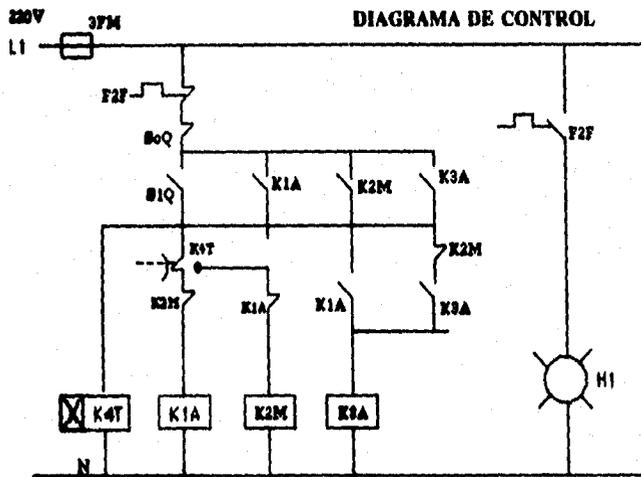
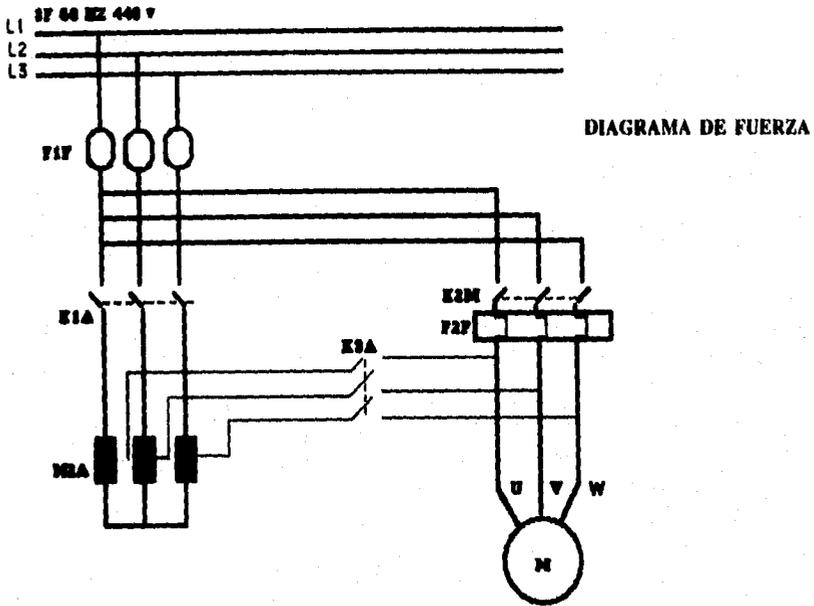


FIG. 4.201

A continuación se presenta un ejemplo de un arrancador a tensión reducida del tipo autotransformador para el arranque o puesta en marcha de una bomba del tipo d cangilones, usada en la extracción de agua del subsuelo a una profundidad de 150 metros.

**\* Características del Equipo.**

- Bomba de tipo Sumergible o de profundidad Marca BAMS A

100 HP

120 AMPS

440 VAC

60 HZ

325 L Segundo (Caudal).

- Arrancador a Tensión Reducida en gabinete del tipo Autotransformador  
Marca SIEMENS.

Type 8A 150 2B NI AB

Catalogo AC2 AC3

150 HP

440 VAC

60 HZ

**\*Componentes del Arrancador a Tensión Reducida.**

- Interruptor termomagnético SIEMENS (IA).

Type FXD6

Cat. No FXD63B200

3 polos

200 AMPS

600 VAC

- Contactor tripolar Magnético SIEMENS (KM1).

Tipo 3TF52

IEC 947

VDE 0660

440 VAC

60 HZ

- Contactor Tripolar Magnético SIEMENS (KM2).  
 Tipo 3TF48  
 IEC 947.  
 VDE 0660  
 440 VAC  
 60 HZ
- Relevador de Tiempo SIEMENS (KA1).  
 Tipo 7PU4040  
 440 VAC  
 60 HZ
- Relevador de Sobrecarga tipo Bimetalico SIEMENS (KA).  
 Tipo 3UA62  
 440 VAC  
 60 HZ  
 120 - 150 AMPS.
- Autotransformador SIEMENS (TR1).  
 Tipo ATP 111-16  
 Serie J94 111-12  
 440 VAC  
 60 HZ
- Botones de Paro y Arranque SIEMENS (S1 y S2)  
 Tipo 3SB04 00-OB  
 IEC 337  
 660 VAC

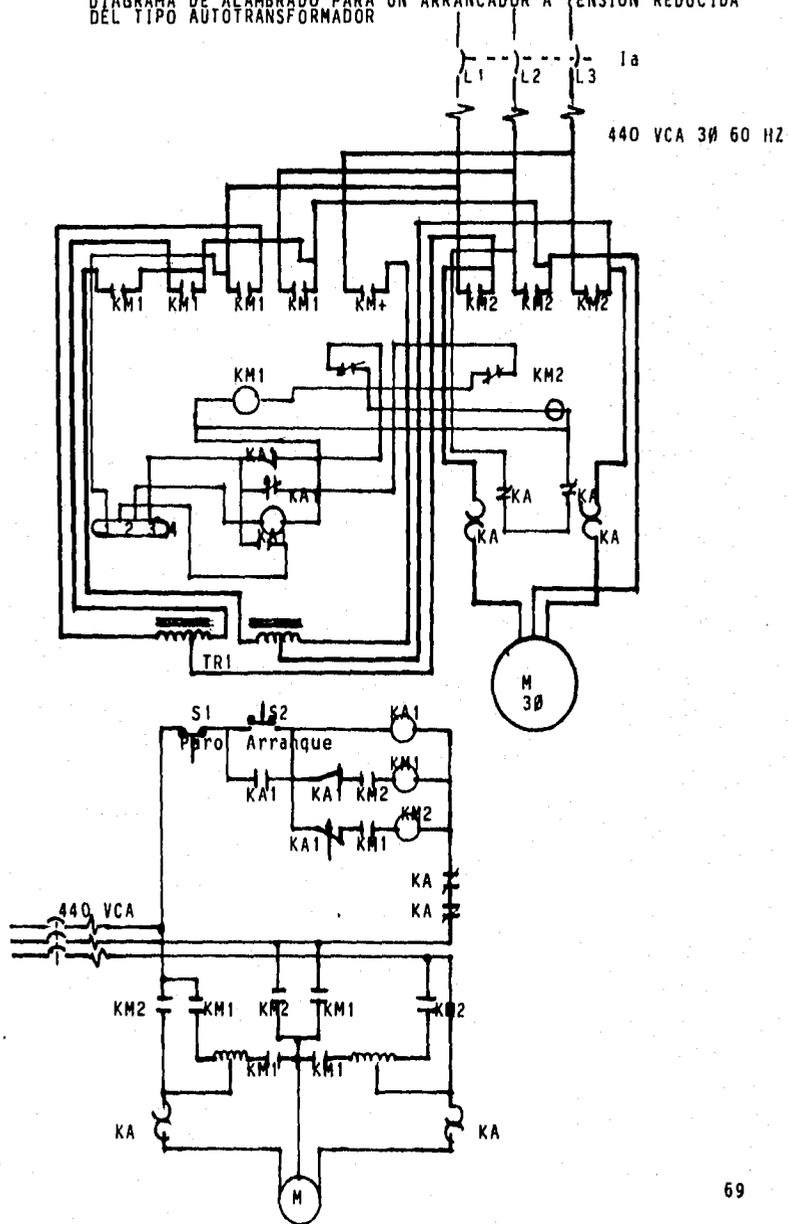
**\* Material Eléctrico y de Plomería utilizado en la Instalación.**

60 mts de tubería conduit pared gruesa de 2.5 plg  
 700 mts de cable calibre 1 0 tipo THW.  
 250 mts de cable calibre 2 (neutro).

150 mts. de tubería de hierro negro de 16 plg.  
 170 mts de tubería de hierro galvanizado de 10 plg.

Se opta por hacer la instalación con cable 1 0 según tabla anexa del Código Nacional Eléctrico de EUA, y tomando en cuenta su sección transversal se usa tubería conduit pared gruesa de 2.5 plg. A continuación se muestra un esquema de la instalación

DIAGRAMA DE ALAMBRADO PARA UN ARRANCADOR A TENSION REDUCIDA DEL TIPO AUTOTRANSFORMADOR



#### 4.2b3 ARRANQUE CON RESISTENCIAS PRIMARIAS

En este método de arranque el motor se conecta a la línea a través de un grupo ó 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 al motor funcionando con la tensión plena de alimentación.

Por lo regular se emplea un arrancador en gabinete, que emplea un banco de resistencias, formado por filas de discos de grafito, las cuales al ser comprimidas van disminuyendo su valor de resistencia. Esto se logra con un mecanismo accionado por una palanca que toma tres posiciones, reposo, arranque intermedio y arranque completo. En la Fig. 4.2e se muestra el diagrama de potencia y el de control de dicho arrancador.

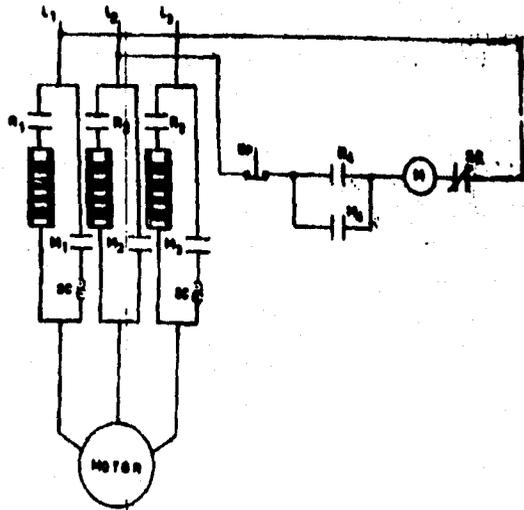


fig. 4.2e

Cuando se pasa de la posición de reposo a la de arranque los contactos R1, R2, R3, son cerrados por el mecanismo conectado, el motor a la línea a través del banco. Para acelerar el motor la palanca se lleva a la posición de arranque completo, en dicha operación se reduce la resistencia. Al llegar la palanca a la posición de arranque completo, el contacto R4 se cierra, excitándose la bobina del contactor M que elimina el banco de resistencias en el circuito de carga del motor, el contacto de retención M4 cierra, de tal manera que al regresarse la palanca a su posición inicial abriendo los contactos R1, R2, R3, R4, el motor queda alimentado a la tensión de la red a través del contactor M.

Para parar basta pulsar el botón de paro, desenergizándose la bobina del contactor M que abre sus contactos, quedando listo el circuito para otra operación.

#### 4-2b4 ARRANQUE CON DEVANADO PARTIDO

Frecuentemente los motores trifásicos jaula de ardilla son contruidos para operar a dos tensiones, por ejemplo 220 y 440 volts. Esto se logra devanando el estator en dos secciones idénticas. Estas dos secciones son por lo regular dos estrellas ver Fig. 4.2F y se conectan en paralelo durante la operación normal del motor, el arranque por devanado partido (Dividido) puede ser empleado para limitar la corriente y el par de arranque.

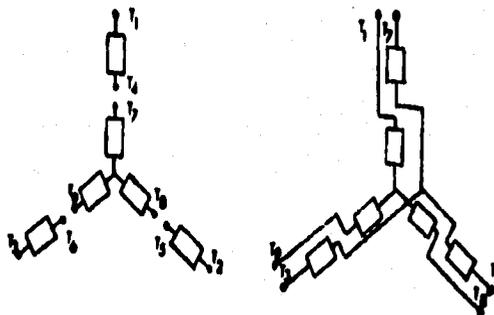
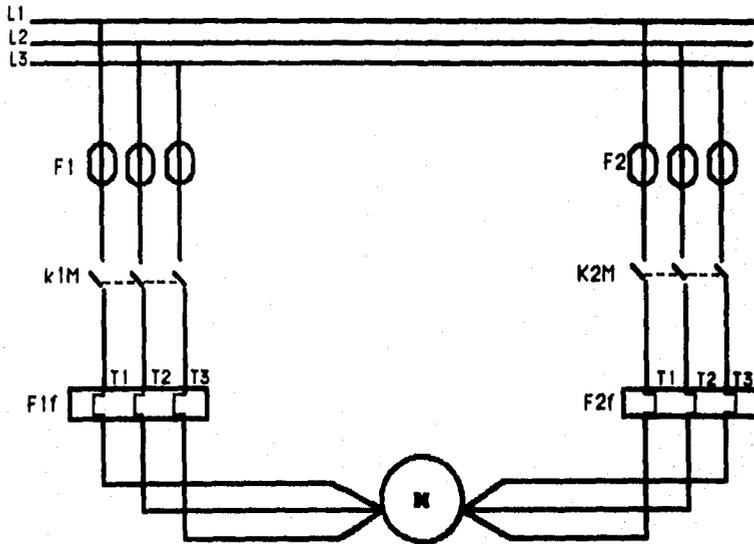


fig. 4.2f

## ARRANQUE A TENSION REDUCIDA POR DEVANADO DIVIDIDO

### DIAGRAMA DE FUERZA



### DIAGRAMA DE CONTROL

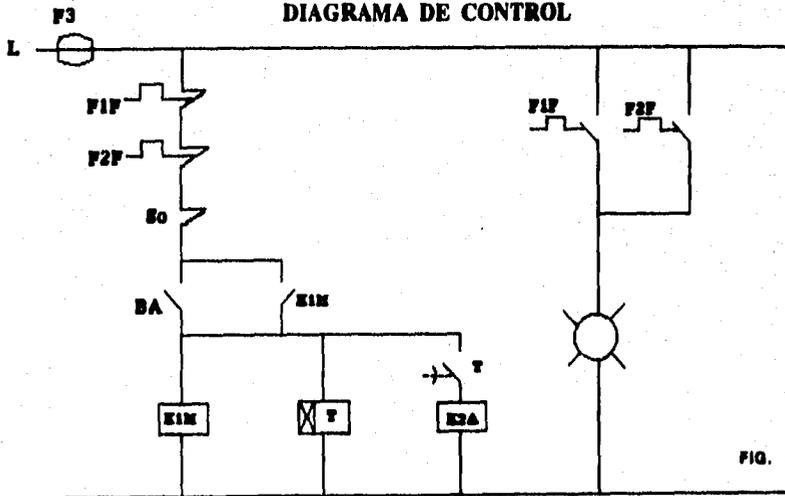


FIG. 4.211

Inicialmente se conecta a la alimentación una mitad del devanado estático y luego, cuando el motor marcha cerca de su velocidad de régimen, se conecta la segunda mitad en paralelo con la sección ya excitada.

Generalmente se utiliza para motores conectados en estrella pero puede realizarse en motores con conexión delta, siempre y cuando ninguna de las terminales de la conexión se abra durante la operación.

En la Fig. 4.2f1 se puede observar el diagrama de potencia y el de control de un arrancador por devanado dividido. Para poner en marcha el motor basta pulsar el botón de arranque (B.A.) que permite se energicen las bobinas del contactor 1M y del relevador del tiempo (T), al energizarse 1M, cierra sus contactos conectando medio devanado del motor a la línea.

Un tiempo programado después de energizarse T, sus contactos operan, excitándose la bobina 2M del contactor que conecta el segundo devanado.

#### 4.2b5 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 aun más el factor de potencia durante la aceleración; estas características y su mayor costo hacen que este método de arranque sea poco usado.

Sin embargo, en accionamientos donde se requiere un bajo par de arranque se emplea el arrancador con reactancias. Usualmente los reactores van provistos de derivaciones, para conseguir en los bornes (terminales) del motor tensiones del 50, 65 y 80% de la tensión de alimentación lo que permite realizar ajustes en las relaciones par y corriente. En la figura 4.2g se puede observar el diagrama de potencia y el de control de un arrancador por medio de reactancias. Para poner en marcha el motor basta pulsar el botón S1 que energiza la bobina del contactor KM1, el cual cierra sus contactos energizándose KM2 y K2M; al entrar KM2 la corriente circula por el banco de reactancias poniendo en marcha el motor a una velocidad baja, transcurrido el tiempo programado en K2M, cierra el contacto "NC" de K2M y energiza el contactor KM3 el cual al entrar desconecta el contactor KM2 por medio de uno de sus contactos "NC" dejando fuera el banco de reactancias y conectando el motor directamente a la línea por medio de KM3 como ya se dijo.



### 4.3 MOTOR DE ANILLOS ROZANTES

Como ya se menciono el motor de inducción de rotor devanado, debe su nombre más que nada a la descripción de su rotor: Tres puntas del circuito del devanado del rotor de un motor de este tipo, se conectan a "anillos colectores" sólidos. Sobre estos anillos se deslizan unas escobillas de carbón que llevan al circuito del devanado del rotor fuera del motor hasta un controlador, el cual puede ser manual ó automático, esto es con el fin de variar la resistencia en el circuito del rotor controlando su aceleración y su velocidad una vez que esta funcionando. En el arranque ó durante la velocidad lenta, se introduce resistencia en el circuito del rotor. Al ir eliminando la resistencia por medio de los dispositivos controladores, el motor acelera.

#### 4.3a ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA.

El control para los motores del rotor devanado consta de dos elementos separados: Un medio ó dispositivo (por lo regular un contactor magnético tripolar) para conectar el devanado primario, o estator a las líneas de energía y un mecanismo para controlar la resistencia en el circuito secundario ó rotor. En tiempos pasados dicho mecanismo se conocía como arrancador del tipo de contacto deslizante (placa frontal) Fig. 4.3a.

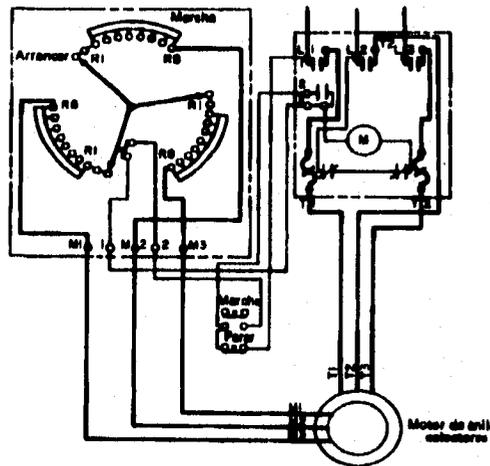


fig. 4.3a

En dicho arrancador se conectan una serie de contactos estacionarios en el circuito de la resistencia de manera que los contactos móviles se deslizan sobre ellos de izquierda a derecha, suprimiendo, en pasos sucesivos secciones de la resistencia del circuito del rotor aumentando la velocidad del motor. En la posición del extremo derecho toda la resistencia queda desconectada del circuito secundario y el motor funciona a velocidad normal.

Hoy se emplean controladores magnéticos que consisten en un arrancador magnético para conectar el circuito primario a la línea y uno ó más contactores de aceleración en el secundario para conmutar la resistencia

El número de contactores de aceleración en el secundario varía con la capacidad nominal, empleándose un número suficiente para asegurar la aceleración suave y mantener la oleada de corriente dentro de límites prácticos.

Para el buen funcionamiento de los contactores de aceleración se puede emplear una serie de pulsadores que vayan conmutando la resistencia ver Fig. 4.3b Cuando se oprime el botón de "baja" se energiza la bobina del contactor "M" el cual al cerrar sus contactos alimenta al devanado del estator, entonces el motor arranca lentamente con toda la resistencia en el circuito secundario del rotor. Después, cuando se oprime el botón de velocidad media se energiza la bobina del contactor "S" al cerrar sus contactos normalmente abiertos se desconecta parte de la resistencia total del circuito del rotor, aumentando, por tanto, la velocidad de éste, al oprimir el botón de alta se energiza la bobina del contactor H, el cual al cerrar sus contactos elimina toda la resistencia en el circuito secundario del motor. Una desventaja de este sistema es que el motor y la máquina impulsada se pueden acelerar sin límite de tiempo entre los pasos, lo que no permite que el rotor adquiera su máxima velocidad para cada paso de aceleración, para evitar esto se pueden usar relevadores de control de tiempo que impiden que la aceleración sea demasiado rápida, además una aceleración de tiempo definida.

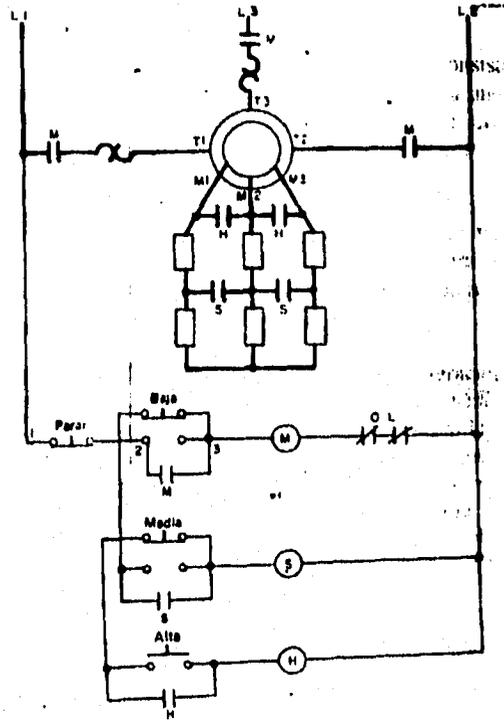


fig. 4.3b

En la Fig.4.3c se observa un diagrama que muestra el uso de relevadores de tiempo para el arranque de motores de anillos rozantes. Al oprimir el botón de arrancar se energiza la bobina del contactor "P" el cual conecta el devanado del estator a la línea y el motor arranca con toda la resistencia conectada en el circuito secundario. Al entrar el contactor "P" también se acciona el contacto "P" normalmente abierto de cierre retardado; después de un tiempo programado se cierra energizando el contactor S1. El motor acelera más con el cierre de sus contactos S1 en el circuito de la resistencia secundaria.

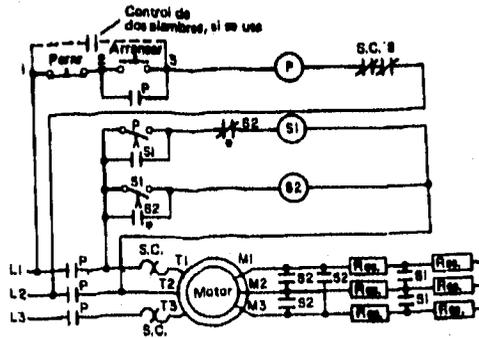


Diagrama elemental, típico, de un arrancador para motor de rotor devanado, con tres puntos de aceleración

fig. 4.3c

Al energizarse S1 un contacto normalmente de cierre retardado también se cierra el cual energiza el contactor S2 el cual deja fuera toda la resistencia y el motor marcha a velocidad plena.

Por otra parte en la Fig. 4.3d también se muestra otro diagrama que realiza la misma función de arranque de los motores de anillos rozantes. Al pulsar el botón S1 se energiza la bobina del contactor KM1 el relé de tiempo KA1 y KA2, el motor arranca con toda la resistencia rotórica. Transcurrido un tiempo  $t_1$ , KA1 conecta a KM2 con lo que se cortocircuita el primer grupo de resistencias, transcurrido otro tiempo  $t_2$ , KA2 conecta al contactor KM3, con lo que se cortocircuita el segundo grupo de resistencias R2. Al mismo tiempo se desconectan KA1 y KM2 el motor funciona con rotor en corto circuito y a velocidad plena.

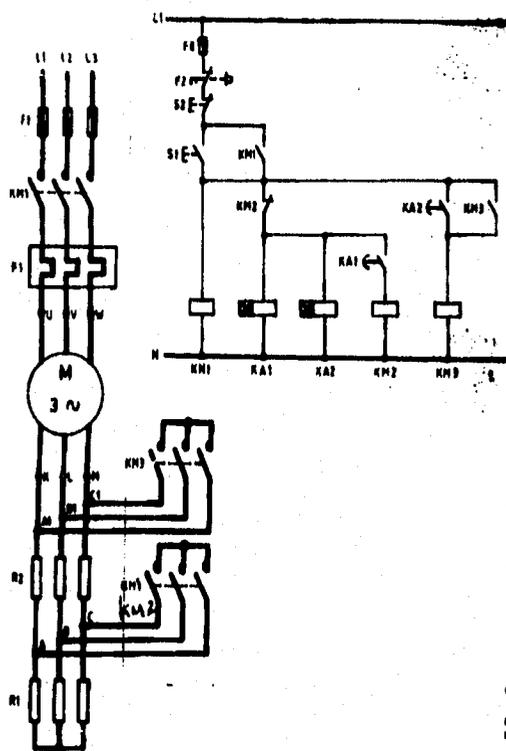


fig. 4. d

## CAPITULO V

## **CAPITULO V ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.**

### **5.0 INFORMACIÓN RELACIONADA**

**El motor de corriente directa ó continua es una máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria.**

**Básicamente esta formado por un rotor que contiene el devanado de inducido y estator en donde se instala el devanado inductor.**

**EL rotor ó armadura se construye de láminas de material ferromagnético (Hierro ó acero), aisladas una de otra por una capa de barniz ó de papel fino.**

**El estator está formado por una carcaza construida en muchas ocasiones de una sola pieza, sobre la que se colocan los núcleos polares .**

**Estos núcleos; son laminados como la armadura y a su alrededor se instalan las bobinas inductoras.**

**Sobre el eje de la armadura se instala el colector, este está compuesto por delgas (segmentos rectangulares) de cobre, aisladas entre si; sobre las cuales se soldan las terminales del devanado de armadura. La función del colector es dar paso a la corriente que alimenta al inducido desde las escobillas que lo conectan al circuito exterior.**

**Las escobillas construidas de cobre ó carbón, se instalan en los portaescobillas, cuyo objeto es soportarlas y mantenerlas en la posición adecuada sobre el colector. Los portaescobillas se montan a su vez en un puente que permite cambiar la posición de las escobillas adaptándose a las condiciones de operación del motor.**

**A continuación se describirán los detalles referentes a la estructura de los motores de C.D, lo cual permitirá identificar las partes más importantes. También se estudiará la estructura del motor analizando sus partes materiales y los métodos que se usan para construirlos.**

### 5.01 NÚCLEO DE ARMADURA Y EJE

El término armadura o rotor se aplica a lo que es la parte giratoria del motor. Si se observa un motor en marcha generalmente se ve el eje que gira. Dicho eje es una extensión externa de la armadura que pasa a través de la cubierta y coraza del motor, se encuentra en el lado opuesto al extremo del conmutador del motor.

El núcleo de armadura típico es un cilindro sólido que tiene ranuras y está hecho de metal. A manera de aclaración, el núcleo está formado por laminaciones de acero dulce (acero con bajo contenido de carbono) prensadas. Cada una de las laminaciones tiene muescas en la orilla; ver figura 5.0. están revestidas con un barniz aislante y comprimidas para formar el núcleo.

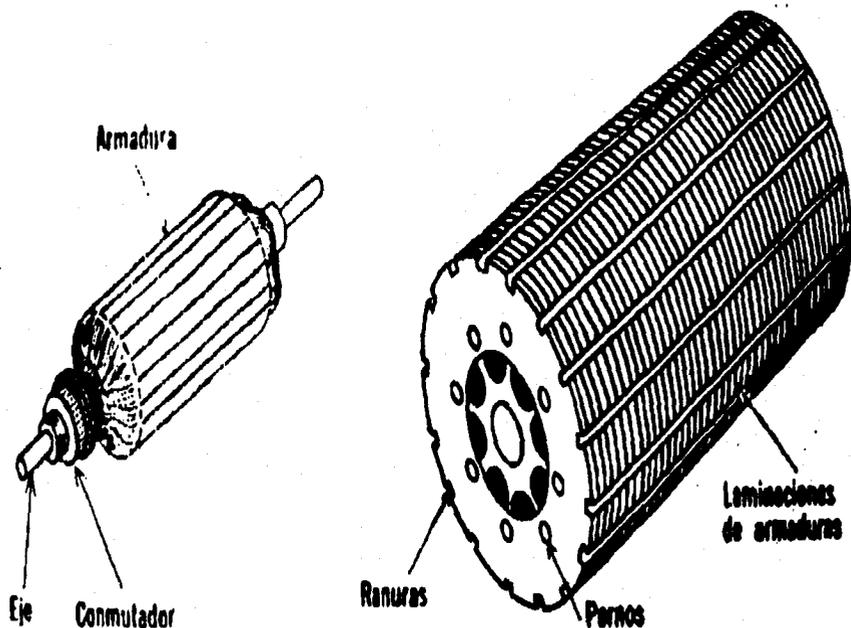


fig. 5.0

En el proceso de formación, las muescas se alinean de manera que el núcleo acabado tiene una serie de ranuras longitudinales en todo su perímetro. Las laminaciones se usan en el núcleo con objeto de reducir pérdidas por corrientes parásitas.

Las corrientes parásitas son las que se inducen en un material conductor cuando este corta líneas de flujo magnéticas. Las laminaciones reducen el área donde pueden existir corrientes parásitas y en consecuencia aumenta la resistencia relativa del material, reduciéndose la pérdida de potencia por corrientes parásitas. El uso del acero dulce, en la fabricación de las laminaciones del núcleo, reduce las pérdidas por histerisis que, ocurren cuando las inversiones de magnetización del material del núcleo están atrasadas con respecto a la corriente.

Las ranuras del núcleo ya formado sirven para alojar las espiras de alambre de cobre o devanados de la armadura. El núcleo de armadura esta montado sobre el eje del motor, el cual generalmente es una barra de acero duro con superficie de contacto muy bien pulida. En los motores pequeños, el paquete de lámina se sujeta a la flecha por presión, es decir, se hace cónica la parte de la flecha en la que se va a montar la laminación y se forza con una prensa hidráulica para que penetre dicho paquete.

En los motores medianos, el paquete de lámina se atornilla y se sujeta a la flecha a presión y además se coloca un pasador, en los motores muy grandes, los segmentos de laminación se sujetan por medio de colas de milano o barrotos ver fig. 5.01 colocados en la llanta de una polea y además se aseguran por medio de cuñas en la parte anterior y posterior de los paquetes. Estos paquetes de láminas forman las ranuras en donde se alojan las bobinas del inducido.

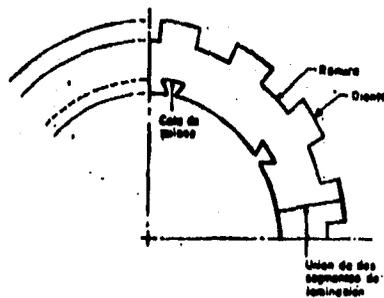


LÁMINA DEL INDUCIDO  
PERNADO POR SEGMENTOS

fig. 5.01

Los tipos de ranuras que se pueden encontrar en el núcleo del inducido son:

- a) **Ranuras abiertas:** Se tiene la ventaja de una fácil colocación de las bobinas (prefabricadas), una fácil manufactura (de las ranuras) y una mayor duración del troquel. Teniendo como desventaja una alta reluctancia del circuito magnético, dificultad en la sujeción de las bobinas y son fáciles de salirse de las bobinas a altas velocidades o cuando ocurren cortocircuitos.
- b) **Ranuras Semiabiertas:** Se tiene como ventaja una fuerte sujeción de las bobinas y un bajo nivel de la reluctancia en el circuito magnético y tiene como desventaja, el que se tenga que construir las bobinas sobre el núcleo y además el troquel tiene un alto costo y con poca duración.
- c) **Ranuras cerradas:** En este caso se logra una fuerte sujeción de las bobinas, su troquel es muy económico y es el más duradero, una mínima reluctancia del circuito magnético y tiene como desventaja, una gran dificultad para montar las bobinas. Estos tipos de ranuras se emplean en los motores de muy altas velocidades, arriba de las 4000 R.P.M.
- d) **Ranuras abiertas de los lados inclinados.**  
Estos tipos de ranuras se emplean en los motores muy pequeños, (motores fraccionarios). Se tiene la ventaja de que la reluctancia es muy baja.

Por lo que respecta a refrigeración de los motores de C.D. no existen muchas dificultades, es más que suficiente; diseñar en los paquetes de laminación, conductos de ventilación axiales con respecto al eje, o en todo caso, colocar los paquetes de tal forma que los conductos de ventilación queden radiales con respecto al eje del inducido.

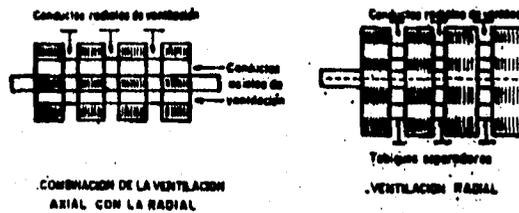
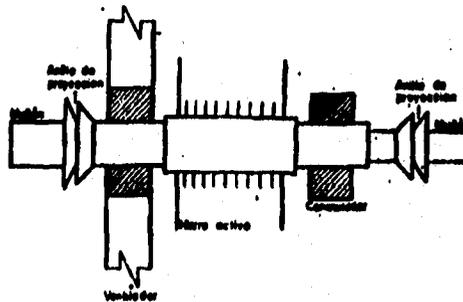


fig. 5.02

También es posible que en un motor se pueda combinar la ventilación axial con la radial ver figura 5.02, como algo adicional se agrega un ventilador a la flecha ver figura 5.03.



VENTILACION POR MEDIO DE UN VENTILADOR EN LA FLECHA.

fig. 5.03

El eje del inducido o flecha, es la parte que soporta al núcleo y al colector, además de que sirve como eje de giro.

En general la flecha tiene las siguientes partes principales:

- Un cuerpo en donde se va sujetar la laminación del núcleo.
- Anillos de proyección o dispositivos similares en ambos extremos los cuales sirven para evitar que el lubricante dañe el inducido.
- Una prolongación de la flecha para colocar el dispositivo de transmisión o recepción de energía mecánica (polea, cople, engranes).

## 5.02 EL CONMUTADOR

Consta de segmentos conductores particulares hechos de cobre y aislados entre sí con láminas delgadas de mica. Cada segmento con sus separadores de mica, se monta en un molde cilíndrico y se sujeta a las demás por medio de una brida de sujeción. Los segmentos se aíslan de la brida de sujeción, mediante anillos de mica.

Las puntas de las bobinas de armadura se conectan a las partes sobresalientes de los segmentos del conmutador, las cuales se conocen como colas. Algunas veces se fabrican sin colas y en su lugar, tienen ranuras en los extremos, los cuales se conectan las puntas de la bobina de armadura.

Después de armado el conmutador, se torneá la superficie en forma perfectamente cilíndrica y se pule hasta darle un acabado muy terso, lo cual asegura que la fricción entre la superficie de conmutador y las escobillas sea mínimo. Finalmente y esto es de gran importancia, el aislamiento de mica entre los segmentos se recorta de modo que quede ligeramente abajo de la superficie de los segmentos del conmutador a fin de que no interfiera el paso de las escobillas.

Casi siempre, después de que un motor ha estado en servicio durante algún tiempo, la superficie de cobre del conmutador se desgasta. Para que el motor funcione satisfactoriamente, siempre que el cobre se desgasta hasta el nivel de la mica, es necesario recortarla, y al mismo tiempo generalmente, también es necesario torneá el conmutador para que mantenga su forma cilíndrica. En la figura 5.04 se puede observar el diseño y forma de un conmutador.

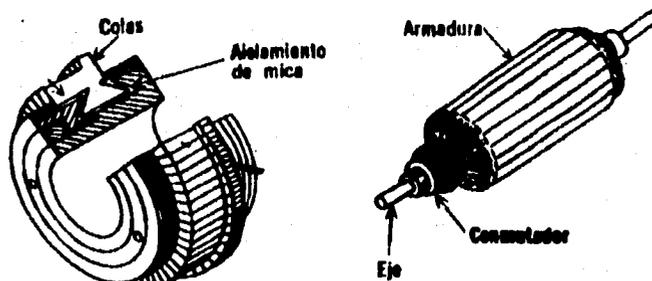
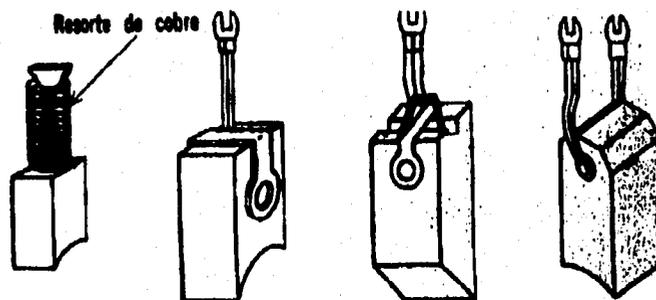


fig. 5.04

### 5.03 CONJUNTO DE ESCOBILLAS

El conjunto de escobillas está formado por las escobillas o carbones, sujetadores o portaescobillas y por resortes de escobillas. Las escobillas propiamente dichas están hechas de carbón suave que contiene una gran proporción de grafito. Este material cumple dos objetivos: es lo suficientemente suave para que el conmutador sólo se desgaste al mínimo, al mismo tiempo, es lo suficientemente duro para que la escobilla no se desgaste con demasiada rapidez.

Nunca debe aplicarse lubricación entre las escobillas y el conmutador pues la que pudiera necesitarse la proporcionaría el grafito de las escobillas en la figura 5.05 puede observarse el tipo de escobillas o carbones.



TIPOS DE CARBONES

fig. 5.05

Generalmente las escobillas están montadas cada una en una pieza llamada portescobillas ver figura 5.06 estas piezas mantienen una posición fija y están montadas en la cubierta del motor, aunque aisladas de ella. La escobilla se coloca holgadamente en el portaescobillas y un resorte la empuja para que no pierda contacto con el conmutador.

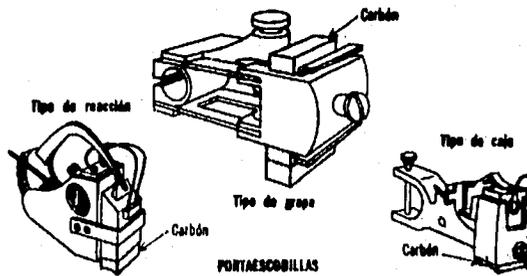


fig. 5.06

El ajuste flojo y la presión del resorte hacen posible que las escobillas tengan cierta libertad de movimiento en sus sujetadores de manera que puedan ajustarse a las pequeñas irregularidades de la superficie del conmutador ver figura 5.07.

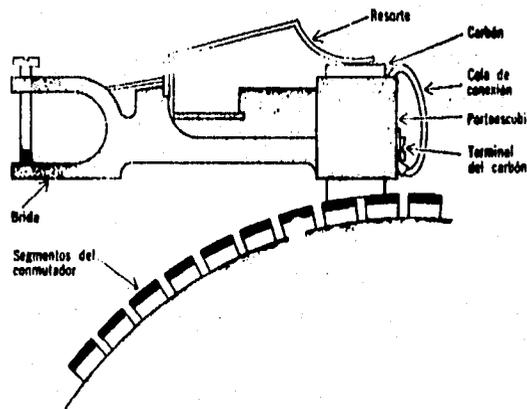


fig. 5.07

En muchos motores la presión del resorte se puede ajustar según la especificación del fabricante. Si la presión es excesiva, las escobillas se desgastarán demasiado rápido, si es insuficiente, se hará mal contacto, lo cual producirá chisporroteo y operación irregular del motor.

#### 5.04 DEVANADO INDUCTOR .

Campo es un nombre común para designar el campo magnético polar en el cual gira la armadura. El campo puede originarlo un imán permanente, o como en la mayor parte de los motores prácticos un electroimán .

El conjunto del campo esta constituido de piezas polares y bobinas de campo. Las piezas polares de campo generalmente están atornilladas a la circunferencia interna de la cubierta y hechas de lámina de acero dulce que han sido laminadas para disminuir las pérdidas por corrientes parásitas.

Dichas piezas polares, suelen tener la forma que se ajusta a la curvatura de la armadura, para controlar que el entrehierro entre la armadura y las piezas polares sea lo más pequeño posible ya que el aire ofrece una reluctancia relativamente elevada a las líneas de flujo magnético.

La mayor parte de los motores de c.c. tienen piezas polares independientes llamados polos salientes que sobresalen hacia el interior, o sea al área de armadura.

El devanado de campo de un motor de polos salientes consta de todas las bobinas de campo particulares devanadas alrededor de sus núcleos , o sea las piezas polares. El número de bobinas de campo determina el número de polos del motor. Un motor de dos polos tiene dos bobinas de campo; un motor de cuatro polos tiene cuatro bobinas de campo, etc. En la figura 5.08 se observa la estructura de un motor de polos salientes. En algunos motores, el devanado de campo no esta formado en polos salientes, sino que esta distribuido alrededor del marco del campo, es decir los devanados están dispuestos de tal manera que cuando se les suministra potencia se obtienen polos magnéticos fijos.

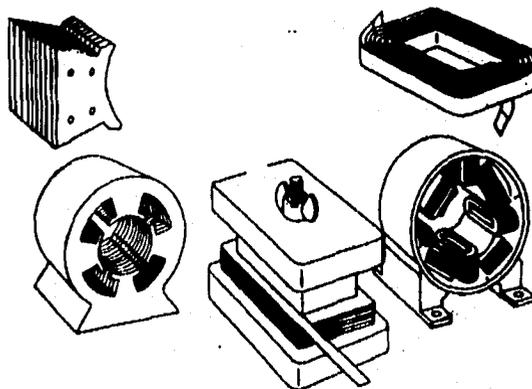


fig. 5.08

#### 5.05 CUBIERTA Y MONTAJE

La cubierta del motor constituye el soporte mecánico para las diversas partes del motor. También protege las partes móviles de influencias exteriores tales como polvo, suciedad y agua la mayor parte de las cubiertas de los motores constan de tres partes; una de campo y dos cabezales.

La cubierta de campo sirve de soporte para las bobinas de campo y de los interpolos si existen. También forma parte del circuito magnético del devanado de campo; razón por la cual debe estar hecha de acero y de hierro de buenas propiedades magnéticas. En la figura 5.09 se observan varios tipos de cubiertas.

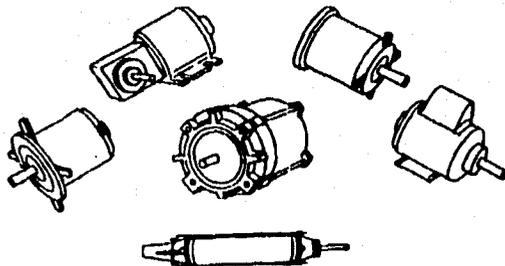


fig. 5.09

Como la armadura debe estar suspendida en el campo de manera que pueda girar dentro de él. La cubierta proporciona el soporte básico por medio de los cojinetes montados en ranuras de cada uno de los cabezales para hacer posible la rotación con mínima pérdida de potencia por fricción. En los cabezales de algunos motores se hacen orificios o accesorios para inyección de aceite ó grasa y sea posible lubricar los cojinetes.

#### 5.06 CHUMACERAS Y ENFRIAMIENTO

Dos de las características estructurales más importantes de los motores eléctricos son los cojinetes o rodamientos y los dispositivos internos para enfriamiento. Los cojinetes sostienen la armadura y permiten que la rotación a alta velocidad sea suave y con un mínimo de fricción .

Cuando se usan baleros, estos se montan a presión en los extremos del eje de la armadura y en la suspensión de los cabezales. Son buenos para trabajar a altas velocidades (mayores de 2000 R.P.M.), no soportan una concentración de esfuerzos, ni mantenerlos inactivos por mucho tiempo ya que los elementos de rodamiento se incrustan en las pistas.

Por otra parte, cuando se usan cojinetes, de resbalamiento son buenos para operar a bajas velocidades (hasta 2000 R.P.M.), y grandes cargas . Los motores que disponen de este tipo de cojinetes se pueden dejar mucho tiempo en reposo, sin que sufra daño tanto el propio cojinete como la parte en que se encuentra. La parte de la flecha que se apoya en los casquillos de los cojinetes se denomina muñón y debe tener un buen acabado, es decir, un alto grado de pulimiento.

Los cojinetes de algunos motores están hechos de modo que tengan lubricación permanente para toda la vida del motor .

Cuando un motor funciona suele producir una considerable cantidad de calor. Este debe disiparse rápidamente si se desea que el motor tenga una larga vida de servicio. EL método más común para disipar este calor es mediante orificios de ventilación y un ventilador intregrado al motor ver figura 5.011.

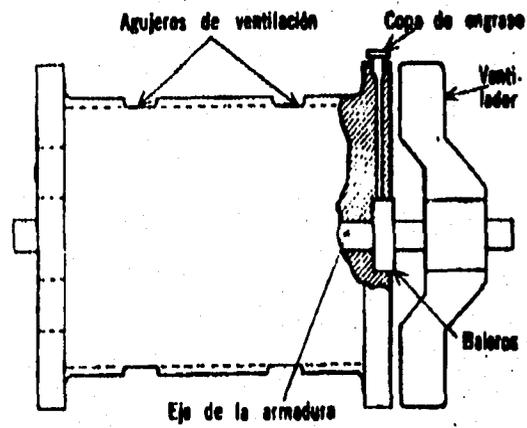


fig. 5.011

Los orificios se encuentran en los cabezales y en el cuerpo central, para ventilar las partes que llevan corriente. El ventilador es una rueda con aletas que generalmente esta montada en un extremo del eje de la armadura. Cuando la armadura gira, el ventilador saca aire por los orificios de ventilación y de esta manera extrae el calor de la cubierta.

## 5.1 TIPOS DE CONEXIÓN.

Debido a la amplia gama de usos que se le dan a los motores de corriente directa se tienen tres tipos, clasificados en base al modo o forma en que se encuentra conectado el devanado de campo con el de armadura y al modo en que se le suministra la alimentación eléctrica.

### 5.1a MOTORES CON EXCITACIÓN EN DERIVACIÓN O SHUNT

El motor debe su nombre al hecho de que su devanado de campo esta conectado a la línea de alimentación de potencia en paralelo con el devanado de armadura, lo cual significa que existe una trayectoria independiente para flujo de corriente a través de cada devanado.

En figura 5.1, se puede observar un motor conectado en derivación.

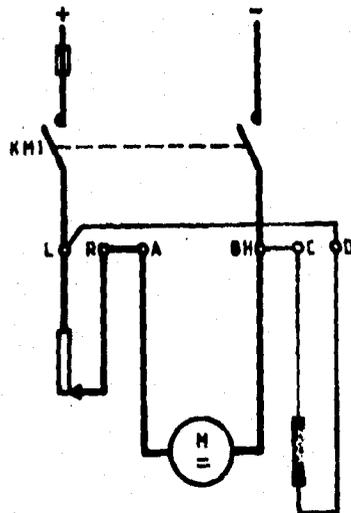


fig. 5.1

En este tipo de motor, la corriente de campo puede mantenerse constante y el circuito de armadura solo sirve para controlar el motor.

De donde se deduce que una de las principales características de este tipo de motor es el hecho de que puede mantener una velocidad constante al aumentar una carga variable y la carga puede quitarse totalmente sin peligro para el motor.

El motor en derivación puede funcionar a varias velocidades mediante un control reostático, ya sea en serie con el devanado de campo, con el de armadura o en ambos. El uso de un reostato con el devanado de campo en serie es el método más común de variar la velocidad de un motor derivación; esto es más conveniente a conectarlo en serie con el devanado de armadura debido a que la corriente de campo es menor que la armadura y en consecuencia la pérdida de potencia en el reóstato es mucho menor cuando éste está en el circuito de campo. En la figura 5.1a se observa la conexión de reostato en serie con los devanados.

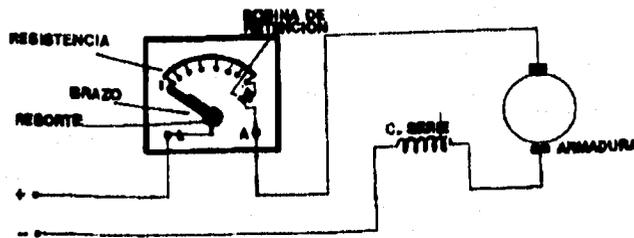


fig. 5.1a

Al agregar una resistencia en serie con el devanado de campo se logra que fluya menos corriente de campo, la cual disminuye considerablemente y la intensidad del campo también, es entonces cuando el motor se acelera. Es debido a que cuando la armadura giratoria corta menos líneas de flujo la fuerza contra electromotriz tiende a disminuir.

Esto hace posible que fluya más corriente en la armadura lo que ocasiona un aumento del par fuera de proporción con la cantidad requerida. Como resultado el motor se acelera rápidamente y la FCEM aumenta a un valor en el cual la corriente se reduce hasta que produce la cantidad correcta de par.

Como ya se menciona, cuando se tiene una disminución en la intensidad de campo con el correspondiente aumento en la armadura se tiene un aumento en el par fuera de toda proporción y si la intensidad del campo se vuelve más débil y solo se mantiene con el magnetismo residual el motor empezará a funcionar muy rápidamente con la tendencia a desbocarse; el funcionamiento en estas condiciones puede destruir el motor, debido a que no está construido para operar bajo dichas condiciones de velocidad. Del mismo modo cuando el circuito de campo está completamente abierto el motor probablemente se quemará debido a la elevada corriente de armadura que toma.

### 5.1b MOTOR CON EXCITACIÓN SERIE.

Este tipo de motor debe su nombre al hecho de que su devanado de campo está conectado en serie con la armadura, lo cual significa que fluye una corriente común a través de ambos devanados.

El inconveniente más común en el uso de este motor es su mala regulación de velocidad, ya que como ésta varía inversamente proporcional al flujo, un aumento de éste (provocado por un aumento de la corriente), ocasiona una disminución, tal que cuanto mayor sea la carga, tanto menor será la velocidad; en la figura 5.1b se observa un motor conexión serie.

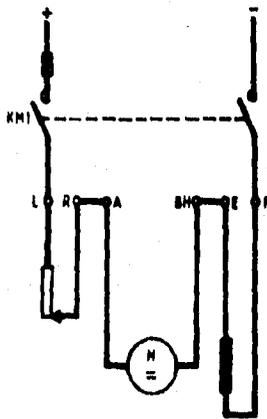


fig. 5.1b

Ahora supóngase que se aumenta la carga de un motor en serie, como se sabe en los motores en derivación al hacer esto la velocidad aumenta debido a que la armadura toma más corriente para aumentar el par y en consecuencia más fuerza contra electromotriz. Sin embargo en el motor serie, esta corriente adicional de armadura también fluye en el devanado en serie del campo.

Así pues el flujo del campo aumenta y restaura la FCEM de tal manera que esto evita que motor cobre velocidad como ocurriría en el motor en derivación, el motor no funciona a velocidad constante; el par y la velocidad son inversamente proporcionales, esto significa que cuando el par es elevado la velocidad es baja y cuando el par es bajo la velocidad es alta. La relación par-velocidad del motor serie la cual acaba de describirse hace que dicho motor tenga una tendencia a desbocarse si se le pone en marcha o se le deja funcionar sin carga. Esto se debe a que cuando el motor no tiene carga, se necesita un par muy bajo para hacer que gire la armadura. En consecuencia la velocidad aumenta considerablemente, tratando de producir una FCEM que reduzca la corriente de armadura y mantener bajo el par. Pero cuando funciona más rápidamente para reducir la corriente de armadura, el flujo de campo también se reduce lo mismo que la FCEM.

Por lo tanto, el motor funciona más de prisa y produce más FCEM. La velocidad continúa aumentando hasta que la simple fuerza física de rotación destruye el motor, combinándose los factores de calentamiento por fricción y la fuerza centrífuga.

El motor en serie puede dar un elevado par de arranque y de ahí satisfacer la necesidad de tener un par grande para sobrecargas intensas.

Esto se debe a que el par del motor de serie varía en la misma forma que el cuadrado de la corriente que pasa por él. Si la corriente de armadura se triplicara súbitamente por una sobrecarga la corriente que fluya en el campo y en consecuencia la intensidad de flujo automáticamente también se triplicará. Como el par es el producto de la corriente de armadura por la intensidad del flujo, el par resultante sería nueve veces mayor que el original.

Debido a esta característica, los motores serie se usan siempre que se necesita un par de arranque alto contra cargas intensas que deben permanecer acopladas a él durante una operación completa.

### 5.1c MOTORES CON EXCITACIÓN COMPUESTA.

En este tipo de motores se tienen dos devanados de campo, uno conectado en serie con la armadura y otro en paralelo de manera que se aprovechan las ventajas de los motores de excitación en derivación y en serie. Estas ventajas son: una velocidad constante y un gran par de arranque inicial. En la figura 5.1c se observa un motor con excitación compuesta.

El devanado serie puede conectarse, de tal forma que una su acción a la del arrollamiento ó devanado en derivación ó bien que se oponga a esta. En el primero de los casos, se dice que el motor es compuesto acumulativo y el segundo diferencial. Al aplicar una carga al motor compuesto acumulativo, el flujo producido por el campo serie experimenta un aumento, que al sumarse con el campo en derivación dá lugar a un aumento del par para una, intensidad dada, en mayor proporción que un motor en derivación. Su aplicación se encuentra, en el accionamiento de máquinas destinadas a soportar cargas bruscas e intensas como en el caso de laminadoras, prensas, etc.

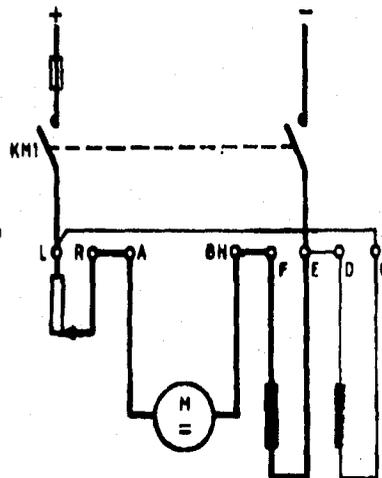


fig. 5.1c

En el motor compuesto diferencial, un aumento de carga trae consigo un aumento del flujo del campo serie, que provoca una disminución del flujo total, de tal manera que la máquina tiende a acelerarse cuando la carga se aumenta.

Este tipo de motor tiene pocas aplicaciones ya que se restringe a casos en los cuales se desea una velocidad constante, característica que también posee el motor en derivación, el cual es preferido por su mayor sencillez.

## **5.2 ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA DE MOTORES DE C.D.**

A continuación se muestra el diagrama de fuerza y el de control de un motor de corriente directa conexión serie con inversión de rotación, también se indica la secuencia de operación y la inversión del sentido de giro.

Al oprimir el botón S1 se energiza el contactor KMI el cual se mantiene así por medio de su contacto N.O de autorretención y el motor marcha hacia delante con toda la resistencia conectada a la armadura.

Al mismo tiempo que se energiza KMI se energiza KA1 el cual después de un tiempo previamente programado cierra sus contactos temporizados y se cortocircuita parte de la resistencia por medio de un contacto N.O de KM3 .

Al ser energizado KM3 también lo hace KA2 el cual después de un tiempo programado cierra sus contactos N.O temporizados y se energiza KM4 cortocircuitándose otra parte de resistencia y el motor aumenta su velocidad.

Para hacer que el motor marche en reversa basta pulsar el botón S2 y se energiza el contactor KM2 el cual al cerrar sus contactos N.O el motor marcha en sentido contrario con toda la resistencia conectada a la armadura, al energizarse KM2 también lo hace KA1 desde donde se inicia el proceso de eliminación de resistencia.

Por otra parte, el motor se detendrá pulsando el botón de paro S0 o bien por la ruptura de F1, F2 , o F3, así mismo por el disparo de FIF.

### MOTOR CONEXION SERIE CON INVERSION DE ROTACION

DIAGRAMA DE FUERZA

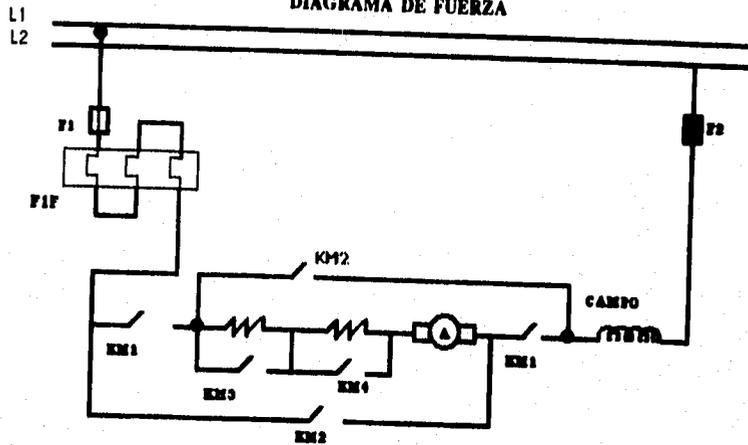
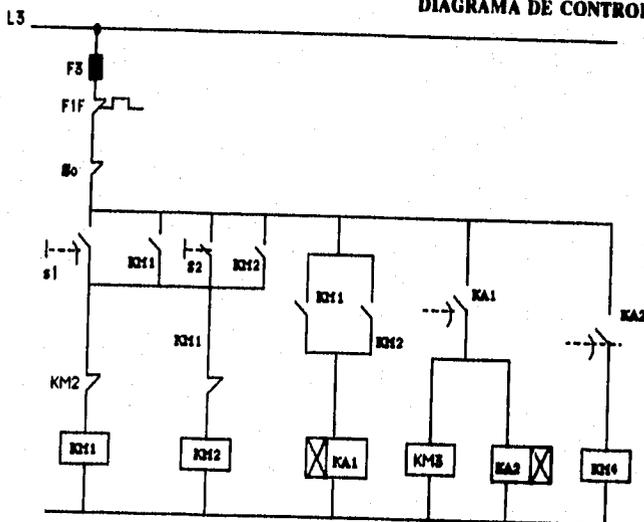


DIAGRAMA DE CONTROL



**Secuencia de operación de un motor conexión shunt o en derivación con inversión de rotación.**

Al oprimir el pulsador S1 se va energizar la bobina del contactor KMA el cual cierra sus contactos N.O y se energiza el campo del motor en derivación, cuando entra KMA también entra KMB el cual se mantiene energizado con su contacto de retención N.O cerrando todos sus contactos N.O, al hacerlo el motor arranca con toda la resistencia conectada a la armadura.

Pasado un tiempo determinado, el relevador de tiempo KA1, el cual ha sido energizado por KMA, cierra sus contactos N.O energizando KM1 logrando con esto cortocircuitar parte de la resistencia y el motor marcha a una velocidad mayor.

Cuando se energiza KM1 también se energiza el relevador de tiempo KA2 el cual pasado otro tiempo determinado cierra sus contactos temporizados logrando con esto poner en operación el contactor KM2 el cual cierra sus contactos N.O logrando con esto cortocircuitar otra parte de resistencia y el motor marcha a una velocidad aún mayor.

Por otro lado al entrar KM2 se energiza el relevador de tiempo KA3 el cual pasado un tiempo determinado cierra sus contactos N.O temporizados energizando al contactor KM3 el cual cerrando sus contactos N.O cortocircuita el total de la resistencia de inducido y el motor marcha a velocidad plena controlada por el réostato de campo .

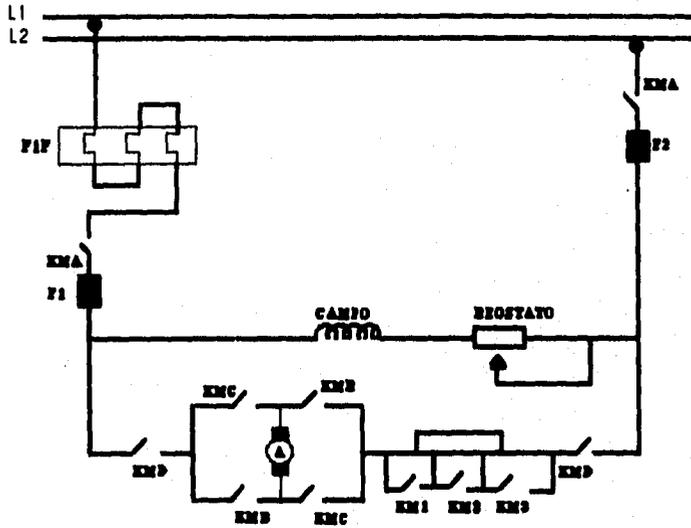
El motor se detiene pulsando el botón de paro S0 con la ruptura de F1, F2, F3 o la apertura de F1F.

Pulsando el botón S2 se energiza el contactor KMC con esto se logra un cambio de rotación del motor cuando entra KMC lo hace KMD y con esto se repite el ciclo de operación y el motor marcha en sentido inverso.

# MOTOR CONEXION SHUNT CON INVERSION DE ROTACION

3.00 V

DIAGRAMA DE FUERZA



L 220 V

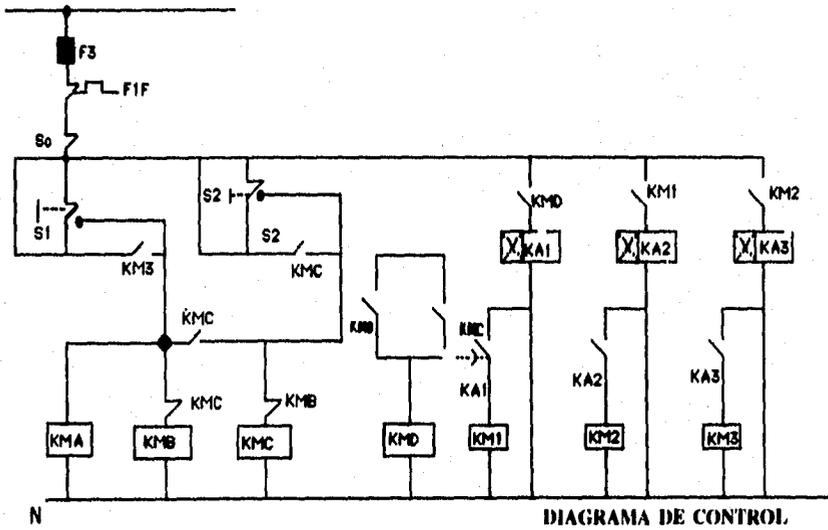


DIAGRAMA DE CONTROL

**Secuencia de operación de un motor conexión compuesta con inversión de rotación.**

**Al oprimir el botón S1 con retorno instantáneo se energiza el contactor KMI y el contactor KMA, entonces el motor marcha con toda la resistencia conectada a la armadura y al devanado en serie.**

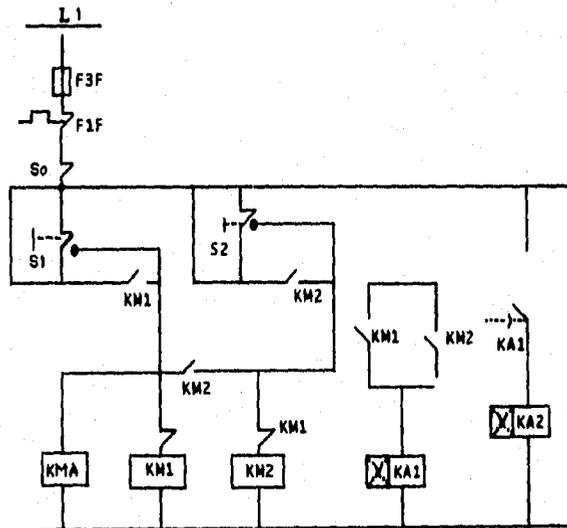
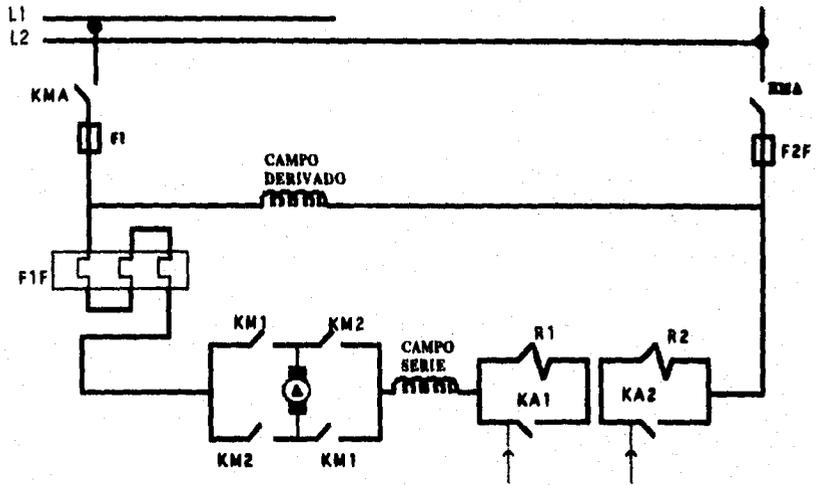
**Cuando KMI cierra todos sus contactos N.O (normalmente abiertos) se energiza el relevador de tiempo KA1, el cual pasado un tiempo determinado  $t_1$ , cierra sus contactos temporizados normalmente abiertos y se cortocircuita parte de la resistencia, entonces el motor marcha a una velocidad aún mayor, cuando KA1 cierra sus contactos se energiza el relevador de tiempo KA2 el cual pasado un tiempo programado  $t_2$  cierra sus contactos temporizados N.O y se cortocircuita el total de la resistencia entonces el motor marcha a velocidad nominal.**

**Para invertir el sentido de giro basta pulsar el botón S2 con retorno instantáneo y se energizan los contactores KM2 y KMA entonces el motor marcha en sentido inverso a una velocidad baja y con esto se repite el proceso de aceleración y aumento de velocidad.**

**Cabe recalcar que el sistema cuenta con protección por medio de contactos N.O. y N.C que impiden la conexión simultánea de los contactores de marcha adelante KMI y de marcha atrás KM2.**

# MOTOR CONEXION COMPUESTA CON INVERSION DE ROTACION

## DIAGRAMA DE FUERZA



## DIAGRAMA DE CONTROL.

## CONCLUSIONES

En el primer capítulo en el cual se establecieron las bases del control eléctrico en general definiendo los tipos de control y los tipos de planos recalcando que estos fundamentos son de vital importancia en la planeación y mantenimiento de la mayoría de los sistemas y equipos de control.

Con el segundo capítulo se refuerza esta posición debido a que los símbolos son en primer instancia elementos de gran importancia y se debe tener un claro conocimiento sobre los mismos, tratar de asimilarlos en su totalidad y compararlos con los de otros sistemas ya que como se sabe, no hay cierta uniformidad entre unos y otros, es decir hay cierta discrepancia en cuanto a la función que realizan.

Por otra parte, en el tercer capítulo se establecieron los elementos de protección, control y señalización, elementos tales como los fusibles e interruptores que son de vital importancia en la protección a equipos, razón por la cual deben estar siempre bien justificados en cuanto a intensidad y voltaje.

Como elementos de control se tienen los contactores que son fuentes de interconexión entre la puesta en marcha y paro, o bien los relevadores de control mejor conocidos como relays los cuales pueden controlar voltajes de hasta 440 vca con una bobina de 24 vcd.

Por lo que respecta a señalización se pasó desde un simple botón pulsador hasta una ruidosa sirena o bien una destellante luz, que nos advierten sobre algún peligro o sobre el inicio o fin de una operación.

Una vez conociendo las características del funcionamiento de los motores de corriente alterna y en general de corriente directa se procede a estudiar el control de arranque y puesta en marcha de los mismos.

Tomando en consideración que es necesario controlar en primer instancia la velocidad y el par de arranque mediante algún método según convenga a nuestros intereses, teniendo en cuenta que hacerlo a tensión completa puede dañar las líneas de alimentación.

O como en el caso de motores de corriente directa que son muy versátiles para el control de velocidad (desde cero hasta velocidad nominal) todo dependiendo del tipo de conexión que se tenga en los devanados, siempre teniendo en cuenta que es muy probable que se desboquen si se les arranca sin carga, teniendo como consecuencia daños al motor, al personal, y hasta en lo que se refiere a producción.

En fin con lo explicado se requiere resaltar que es necesario que el profesionalista, técnico y toda persona interesada en el tema esté capacitada en el área, para el mantenimiento y proyección de sistemas de control eléctrico, ya que es necesario en el largo proceso de automatización de nuestra industria.

**Y como experiencia personal, se sabe que el profesionista que egresa de las escuelas de enseñanza superior comúnmente no cuenta con experiencia en el ámbito para el que estudió. Por lo que es importante valorar aquellos factores , tanto humanos cómo materiales, que intervendrán para el desarrollo profesional .**

**Esto quiere decir que se debe fomentar uno mismo la tarea de compartir y aportar los conocimientos con toda persona con la que se tendrán relaciones de trabajo para ello hay que tener firmes conocimientos de lo estudiado y actualizarlos conforme se vaya requiriendo.**

## BIBLIOGRAFIA

**El arte y la ciencia de la protección por relevadores**

Mason C. Rusell.  
Ed Continental.  
México 1972

**Control de Máquinas eléctricas.**

Irvin L. Kosow.  
Ed Reverte  
Barcelona 1979

**Fundamentos de protección de sistemas eléctricos por relevadores.**

Enriquez Harper Gilberto.  
Ed Limusa.  
México 1981.

**Protección de Sistemas de Potencia e Interruptores.**

Ravindranath.  
Ed Limusa.  
México 1980.

**Power System Protection.**

Stevenage, England Peregrinus.  
Ed The Electric Concill.

**Protective Relays (theory and Practice).**

Warrington Albert Rusell Van.  
Ed London Chapman and Hall.

**Motores eléctricos (aplicación Industrial).**

J. Roldan Vilorio.  
Ed Paraninfo.

**Electricidad Industrial y Diagramas.**

Camarena Pedro.  
Ed Cecsa.

**Electrotécnia Industrial .**  
Jesús Arana Albisuri.  
Ed Continental.

**Manual de baja tensión (indicaciones para la selección de aparatos de maniobra instalaciones y distribuciones).**  
Theodor Schmelcher .  
Ed Siemens.

**Catálogo condensado 1992.**  
Federal Pacific.

**Catálogo condensado 1992**  
Telemecanique.

**El arranque eléctrico y electrónico de motores (Altistar 3).**  
Telemecanique 1992.

**Correcto desde el Arranque (Arrancadores tipo S).**  
Square D 1990.