

96  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**"CAMPUS ARAGÓN"**

**"CONTROL Y PROTECCION DE  
MOTORES ELECTRICOS DE  
CORRIENTE ALTERNA."**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO**

**E L E C T R I C I S T A**

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

**JOSE SANDOVAL TORRES**

**ASESOR: ING. PASCUAL RIVERA MUÑOZ**

**MÉXICO**

**1997.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A MI ESPOSA TERE POR SU PACIENCIA Y COMPRENSION PARA  
EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

A MIS PAFRES Y HERMANOS POR EL APOYO QUE ME BRINDA\_  
RON Y SIEMPRE ME ALENTARON A SEGUIR ADELANTE CUANDO  
EL CAMINO SE TORNO DIFICIL.

#### AGRADECIMIENTOS.

Las experiencias y conocimientos de muchas personas forman el contenido del presente trabajo. La mayoría de éstas -- contribuciones sólo puedo agradecerlas con humildad. Especialmente me siento en deuda con los Sres. Ing. Pascual Rivera M. Ing. Jaime Arroyo M., Ing. Moisés Terán P., Ing. Juan Mejía R., Ing. Sergio Padilla A., por su valiosa ayuda en la preparación y revisión del presente trabajo. Vaya para todos ellos - mi más sincero agradecimiento.

Agradezco de igual forma la instrucción profesional que -  
recibí por parte de La Universidad Nacional Autónoma de México.  
Campus Aragón, Así como al Ing. Manuel Martínez Ortiz por sus  
tópicos y filosofías y por su ayuda incondicional durante el --  
proceso de registro y titulación

## INDICE

	INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1.	DISPOSITIVOS DE PROTECCION	
1.1	GENERALIDADES.....	3
1.2	PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES	3
1.3	RELEVADORES DE SOBRECARGA.....	6
1.3.1	RELEVADORES DE SOBRECARGA	
	ALEACION FUSIBLE.....	7
1.3.2	RELEVADORES DE SOBRECARGA BIME- TALICOS.....	7
CAPITULO 2.	FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.	
2.1	GENERALIDADES.....	9
2.2	COMPONENTES DE CONTROL.....	11
2.2.1	SECCIONADORES E INTERRUPTORES....	11
2.2.2	CONTACTORES.....	12
2.2.3	RELEVADORES.....	13
2.2.4	ARRANCADORES.....	15
2.3	SIMBOLOGIA.....	16
2.4	FUNCIONES DE CONTROL.....	23
2.4.1	CONTROL MANUAL.....	23
2.4.2	CONTROL SEMIAUTOMATICO.....	25
2.4.3	CONTROL AUTOMATICO.....	26
2.5	DESARROLLO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.....	29
2.5.1	TIPOS DE CIRCUITOS DE CONTROL....	29

	2.6	CIRCUITOS PRACTICOS.....	32
	2.7	ANALISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.....	42
	2.7.1	PROCEDIMIENTO BASICO.....	43
CAPITULO	3.	ARRANCADORES MANUALES Y AUTOMATICOS	
	3.1	GENERALIDADES.....	44
	3.2	ESQUEMAS.....	45
	3.2.1	ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES.....	46
	3.2.2	ESQUEMA EN LINEA.....	47
	3.3	ARRANCADORES MANUALES.....	48
	3.4	ARRANCADORES AUTOMATICOS.....	49
	3.5	ARRANCADORES A TENSION NOMINAL.....	52
	3.6	ARRANCADORES A TENSION REDUCIDA....	53
	3.6.1	ARRANCADOR TIPO RESISTENCIA PRIM...55	
	3.6.1.1	METODO PARA CALCULAR LAS RESISTENCIAS PRIMARIAS.....	56
	3.6.2	ARRANCADOR TIPO AUTOTRANSFORMADOR..	59
	3.6.3	ARRANCADOR POR METODO DE REACTANCIAS.....	62
	3.6.4	ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA.....	63
CAPITULO	4.	MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL.	
	4.1	GENERALIDADES.....	67
	4.2	PROCEDIMIENTO GENERAL.....	67

4.3	MANTENIMIENTO DE ARRANCADORES DE MOTOR.....	69
4.4	CAUSA DE LAS FALLAS.....	70
4.5	MANTENIMIENTO DE LOS RELEVADORES..	73
4.6	MANTENIMEINTO DE LOS DISPOSITIVOS PILOTO.....	74
4.7	DIAGNOSTICO DE FALLAS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.....	75
4.7.1	PROCEDIMIENTO GENERAL.....	76
4.7.2	DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES DE CONTROL.....	80
4.7.3	PROCEDIMIENTO PASO A PASO.....	81
<b>CAPITULO</b> 5.	INTRODUCCION AL CONTROL ESTATICO	
5.1	GENERALIDADES.....	85
5.2	FUNDAMENTOS DE CONTROL ESTATICO..	86
5.3	PROYECTOS DE CIRCUITOS LOGICOS...	89
5.4	APLICACION DE LOS ELEMENTOS ESTATICOS.....	94
5.5	DESARROLLO DE ESQUEMAS LOGICOS...	98
5.6	PROYECTO CIRCUITO 1.....	98
5.7	PROYECTO CIRCUITO 2.....	101
5.8	EQUIVALENCIA DE CIRCUITOS LOGICOS Y CIRCUITOS CON RELEVADORES.....	103
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
	BIBLIOGRAFIA.....	108



## INTRODUCCION.

El control de motores eléctricos de corriente alterna implica una gran variedad de elementos que, en combinación entre --- ambos, ofrecen una amplia variedad de las funciones que se deseen obtener de los circuitos de control.

En el presente trabajo sólo se mencionan los tipos más corrientes y que más frecuentemente se encuentran en el campo de trabajo. La mayoría de los dispositivos piloto especiales, tales como interruptores de caudal, de alta presión, controladores de humedad relativa, controladores de presión de aspiración etc., son simplemente adaptaciones de los tipos más básicos que aquí se mencionan.

El especialista en circuitos de control debe estar capacitado para analizar y examinar cualquier dispositivo de control, - tanto en lo que se refiere a su función mecánica como eléctrica y poder comprender su funcionamiento en un circuito de control.

El conocimiento de los tipos básicos de los componentes de -- control capacitará a los interesados para trabajar con la mayoría de los nuevos componentes, si no todos, por lo menos algunos de los que encontrará en esta tarea.

El mejor procedimiento para familiarizarse con todos los tipos de componentes de control es hacer un estudio de la literatura - que afortunadamente los fabricantes de equipo eléctrico obsequian. Esta literatura contiene generalmente ilustraciones fotograficas mostrando la disposición eléctrica y mecánica de los -- diversos dispositivos y usualmente va acompañada de una descripción del funcionamiento y aplicación del dispositivo.

La calidad nunca debe ser sacrificada en los componentes de control, particularmente en los dispositivos piloto, en que la tentación para usar unidades baratas competitivas es mayor.

Aunque un termostato, un interruptor de flotador o un interruptor de límite pueda ser considerado como una parte aparentemente insignificante del conjunto del sistema de control, la falla o avería de uno de estos dispositivos piloto puede ser la causa de paro de toda una planta industrial. Esto ocurre -- principalmente si dicho dispositivo esta colocado en una máquina crítica.

Un mecánico se desalienta ante la complejidad de un sistema de control, como por ejemplo, los utilizados en una planta de refrigeración central, de calefacción central, líneas automáticas de montaje y otros sistemas de control actuando sobre varias máquinas. Pero el temor a la complejidad se elimina si se comprenden las funciones básicas de control y el funcionamiento de los tipos fundamentales de sus componentes. El sistema en conjunto de un control complejo esta constituido por una serie de circuitos individuales de control en los que se realizan las funciones básicas y sus componentes son relativamente fáciles de identificar y verificar.

## CAPITULO 1. DISPOSITIVOS DE PROTECCION.

## 1.1 GENERALIDADES.

Al circular corriente eléctrica por o a través de un conductor, un elemento, un aparato, un motor, cualquier equipo o sistema eléctrico, se produce en todos y en cada uno de ellos un calentamiento, al transformarse parte de la energía eléctrica en energía térmica; como ésta última en la mayoría de los casos no es deseable, se le conoce como efecto Joule.

Si el calentamiento es excesivo y por lapsos de tiempo considerable, llegan a quemarse los elementos, aparatos, motores y - equipos, etc., sin embargo en todos los casos empiezan por darnarse los aislamientos y cuando ello ocurre, se producen invariablemente los corto-circuitos.

Para regular el paso de la corriente en forma general y para casos particulares, se dispone de listones, fusibles, interruptores termomagnéticos y protectores de otro tipo, que evitan el paso de corrientes mayores a las previstas; tanto los listones fusibles de los tapones como los listones dentro de cartuchos - renovables, así como los interruptores termomagnéticos, aprovechan el efecto producido por el calentamiento para impedir el - paso de corrientes peligrosas al circuito al cual protegen.

## 1.2 PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES

Los listones fusibles dentro de los tapones de los interruptores montados sobre una base de porcelana y ésta sobre un receptáculo (zócalo) de madera, así como los listones fusibles -- dentro de los cartuchos renovables de los interruptores de seguridad, no son mas que resistencias de bajo valor que se funden al paso de corrientes mayores a las previstas.

Los interruptores termomagnéticos conocidos comunmente como pastillas , también aprovechan el efecto de calentamiento al paso de corrientes mayores a las previstas, condición que los hace operar mecánicamente al sistema automático para botar la palanca de su posición cerrada a una intermedia indicando ésta última fallas eléctricas en el circuito que protegen.

Para cerrar el circuito, es necesario hacer llegar la palanca del interruptor termomagnético hasta la posición de normalmente abierto y desde ahí, a la posición de normalmente cerrado, si el termomagnético se bota o se dispara por lo menos dos y hasta tres veces seguidas, es indicación inequívoca de que la falla es permanente, situación que obliga a realizar los arreglos o reparaciones necesarias indicadas en cada caso después de localizar la irregularidad.

Por lo visto anteriormente, los elementos de protección contra sobrecorrientes más usuales son los fusibles y los interruptores termomagnéticos ya que la corriente originada por corto-circuitos es perjudicial tanto para los conductores como para los equipos que estan conectados por medio de éstos.

Para selección de un fusible es necesario tomar en cuenta los siguientes conceptos:

- 1.- **AMPERES NOMINALES:** Es la corriente que el fusible conduce continuamente sin deteriorarse y sin exceder la sobrelevación de temperatura en los límites especificados para ése fusible.

2.- **CAPACIDAD INTERRUPTIVA:** Es un valor basado en el valor de corriente alterna el cuál debe interrumpir el fusible bajo las condiciones especificadas por las normas. Después de interrumpir la corriente de falla el cartucho no deberá tener cuarteaduras, no deberá lastimar a los portafusibles y no deberá tener arqueo de extremo a extremo en la parte interior del fusible.

A continuación se mencionan algunas características importantes que se deben tener en cuenta para la selección de un eslabón fusible.

**TENSION DEL FUSIBLE:** Es la tensión de la corriente alterna a la cuál se diseño el fusible para operar. Todos los fusibles funcionan con seguridad en cualquier tensión menor, pero el empleo en las tensiones mayores puede resultar peligroso.

**TIEMPO DE APERTURA:** Es el tiempo total transcurrido entre el principio de la corriente especificada y la interrupción final del circuito a tensión nominal. Es la suma del tiempo de fusión y el tiempo de arqueo.

**TIEMPO DE FUSION:** Es el tiempo requerido por la corriente para fundir el elemento sensible a ella en una sobrecarga específica donde el tiempo de fusión excede medio ciclo. Esto es aproximadamente igual al tiempo de apertura.

**TIEMPO DE ARQUEO:** Es el tiempo comprendido entre la fusión del elemento fusible y la apertura final del circuito.

**TIEMPO DE RETARDO:** Este término es en la actualidad empleado por las normas para definir en cartuchos fusibles un

tiempo mínimo de apertura de 10 segundos en una sobrecarga del 500% del valor nominal del fusible. Este tiempo de retardo es necesario para permitir la corriente de arranque ó corriente - de rotor bloqueado de los motores de inducción.

**TIPO DE FUSIBLE:**

**FUSIBLE DE DOBLE ELEMENTO:** Son los cartuchos fusibles que tienen elementos responsables de la corriente de dos diferentes características de fusión en un sólo cartucho, es normalmente usado en los fusibles con retardo de tiempo.

**FUSIBLE TIPO NAVAJA:** Es la construcción de los fusibles arriba de 60 Amperes. Las terminales en cada extremo son varas planas de cobre sólido y centradas al eje del cartucho..

**FUSIBLE DE UNA OPERACION:** Estrictamente hablando son aquellos no renovables, el cuál tiene un solo elemento fusible y - adecuado para interrumpir fallas no mayores de 10,000 Amperes.

**FUSIBLE RENOVABLE:** Es un fusible en el cual el elemento, generalmente eslabón fusible puede ser reemplazado después de que éste se ha abierto.

**FUSIBLE PLATA-ARENA:** Este término no muy comunmente usado se refiere a cualquier fusible compuesto de eslabones de - plata y arena sílica como material de relleno. Todos los fusibles limitadores de corriente modernos tienen éste diseno, incluso los de alta tensión.

### 1.3. RELEVADORES DE SOBRECARGA

Consiste de una unidad sensible de corriente conectada en la línea del circuito (motor), mas un mecanismo que actúa por - medio de una unidad que sirve para directa o indirectamente in

terrumpir el circuito. En un arrancador, una sobrecarga dispara por acción mecánica el dispositivo que mantiene cerrados los -- contactos del relevador abriendo y provocando que también se abran los contactos del arrancador desconectando el motor de la línea. Los relevadores de sobrecarga pueden ser clasificados en térmicos y magnéticos, los relevadores de sobrecarga magnéticos reaccionan únicamente a los excesos de corriente y no son afectados por la temperatura. Como su nombre lo indica, en los relevadores de sobrecarga térmicos la operación depende de la elevación de la temperatura causada por la corriente de sobrecarga, la cuál hace operar el mecanismo de disparo. Los relevadores térmicos de sobrecarga se dividen a su vez en los tipos de aleación fusible y bimetalicos.

#### 1.3.1 RELEVADORES DE SOBRECARGA ALEACION FUSIBLE

En estos relevadores de sobrecarga (también conocidos como de crisol de soldadura), la corriente del motor pasa por un pequeño elemento calefactor. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor causa que la soldadura especial se funda permitiendo que una rueda de trinquete gire libremente, abriendo los contactos de control. Cuando ésto ocurre se dice que el relevador se ha disparado.

#### 1.3.2 RELEVADORES DE SOBRECARGA BIMETALICOS

Estos relevadores emplean una tira bimetalica en forma de "U", asociada con un elemento calefactor. Cuando ocurre una sobrecarga, el calor causa que el elemento bimetalico se desvíe y abra un contacto de control.

Estos relevadores así como los anteriores están diseñados para operar con una aproximación al calor generado por la corriente del motor, así como la corriente del motor aumenta con la temperatura, también aumenta la de la unidad térmica.



## CAPITULO 2. FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.

### 2.1 GENERALIDADES.

Desde la instauración de la producción en serie, la máquina se ha convertido en una parte vital de nuestra economía. Al principio las máquinas fueron gobernadas principalmente a mano e impulsadas desde un eje común de --- transmisión o de línea. Este eje de transmisión estaba impulsado por un motor grande que funcionaba continuamente y accionaba cada una de las máquinas mediante una correa cuando era necesario. Se comprende fácilmente que éste equipo de transmisión de potencia no se prestase a un nivel elevado de producción.

Con la demanda de mayor producción, la máquina adquirió un nuevo aspecto, se prescindió del eje de transmisión y se introdujo el motor eléctrico individual en cada máquina. Este cambio permitió realizar con mayor frecuencia y más rápidamente los arranques, paradas e inversiones de la máquina. Una pequeña máquina podía tener un pequeño motor de alta velocidad mientras una gran máquina adyacente podía tener un motor grande de velocidad constante o variable. En otras palabras, el taller de máquinas o la factoría llegó a ser flexible. Al acoplar el motor de accionamiento directamente a una sola máquina del equipo se hizo posible introducir algunas operaciones automáticas.

Actualmente en nuestras plantas industriales, es cada vez mayor el número de máquinas que trabajan de modo com-

pletamente automático. El operador se limita a iniciar el proceso, y la mayoría de todas las operaciones se realizan automáticamente. El funcionamiento automático de una máquina se obtiene exclusivamente por la acción del motor y del control de la máquina. Algunas veces este control es totalmente eléctrico y otras veces es una combinación de mecánico, hidráulico y electrónico. Sin embargo, los principios de funcionamiento que se aplican son los mismos.

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 dado. Segundo, el motor, que es seleccionado de acuerdo con los requisitos de la máquina en cuanto a carga, ciclo de servicio y tipo de funcionamiento. Tercero, el sistema de control, que es el que interesa en éste capítulo.

El sistema de control está supeditado a los requisitos de funcionamiento de la máquina y del motor. Si únicamente es necesario que la máquina arranque, funcione durante algún tiempo y se pare, el control necesario puede quedar reducido a un simple interruptor de palanca. Pero - si es necesario que la máquina arranque, realice una gran variedad de funciones automáticas, se pare durante algún tiempo y luego repita su ciclo, requerirá varias unidades integradas de control.

## 2.2. COMPONENTES DE CONTROL.

Una vez determinadas las funciones de control que son necesarias para una máquina, deben ser seleccionados los componentes o dispositivos que realicen éstas funciones. La selección debe hacerse minuciosamente. Por ejemplo, si es necesario un interruptor de flotador y su ciclo de servicio comprende só lo algunas operaciones por día durante un año, puede ser satisfactoria una unidad barata. Sin embargo, si el ciclo de servicio es de algunos centenares de operaciones por día permanentemente, se deberá utilizar una unidad de mejor calidad. Las pequeñas reducciones de costo conseguidas mediante el uso de componentes baratos suelen ser contrarrestados por tiempos de paro debido a averías de los componentes o defectos de funcionamiento.

### 2.2.1. SECCIONADORES E INTERRUPTORES

Uno de los componentes más utilizado en la conexión y desconexión de motores es el interruptor. Los dispositivos de conexión y desconexión que generalmente se emplean en el control y maniobra de motores se clasifican en dos tipos generales. El primero de ellos es el seccionador, cuyas características son solamente la intensidad y la tensión, es decir, no son aptos para la ruptura ni el cierre por lo que no pueden ser utilizados bajo carga. Generalmente no van provistos de fusibles. El segundo tipo es el llamado propiamente interruptor, siendo capaz de interrumpir la corriente del motor bajo sobrecargas no males, siendo una de sus características nominales la intensi-

dad o potencia que puede interrumpir o conectar, pudiéndose utilizar como interruptor de arranque de motores dentro de éstos límites. Cuando se le utiliza para la desconexión y protección del circuito del motor, este interruptor debe ir provisto de fusibles.

Los disyuntores o interruptores automáticos presentan las mismas propiedades de desconexión que los interruptores y las protecciones de circuito con fusible. Estos interruptores poseen un mecanismo de retención que desengancha el circuito mediante un dispositivo térmico, de modo que permite conectarse nuevamente una vez pasada la sobrecarga formando una sola unidad que ofrece al mismo tiempo función de conexión, desconexión y protección contra corto circuito, lo que hace que esta unidad sea más compacta que el conjunto de interruptor y fusible separados.

Los interruptores pueden realizar funciones de arranque, parada, protección contra sobrecarga y corto circuito, dependiendo su capacidad interruptiva y características nominales.

#### 2.2.2. CONTACTORES.

El contactor, generalmente no es el único elemento empleado en los circuitos de control de motores, pero sí la unidad básica. Los contactores se emplean para realizar las funciones de arranque y paro de diversos receptores tales como hornos eléctricos, anuncios luminosos y equipos similares que no requieren otra protección en su funcionamiento.

Quizá la mejor manera de describir un contactor es la de decir que es un interruptor electromecánico. Se compone de un juego de contactos fijos y un juego de contactos móviles que se cierran por el efecto de atracción de un electroimán. La mayoría de contactores utilizan un electroimán y un dispositivo de contactos que corresponde a uno de dos tipos generales. El primero de ellos es el de tipo de armadura. Los contactos son retenidos por efecto de las piezas polares del electroimán y articulados con charnelas para que puedan desplazarse más o menos horizontalmente hasta tocar los contactos fijos. El segundo es el de tipo de solenoide. En éste contactor los contactos son accionados por el extremo superior del núcleo magnético de un solenoide. Cuando es excitado el solenoide, el núcleo es atraído hacia su interior elevando así verticalmente los contactos móviles hasta encintrar los contactos fijos sujetos al soporte al soporte del solenoide.

Independientemente de que el contactor sea del tipo de armadura o solenoide, los contactos se separan interrumpiendo el circuito por la acción de la gravedad cuando se desexcita el electroimán. Todo lo que es necesario eléctricamente para que funcione el electroimán del contactor es aplicar una tensión del valor correcto.

### 2.2.3 RELEVADORES

Los circuitos de control automático contienen generalmente uno o más relevadores (relés), principalmente a causa de que el relevador confiere flexibilidad a los circuitos de control.

El relevador es por propia construcción un amplificador -- eléctrico. Recapacitemos un momento acerca del significado de la palabra amplificar. Significa ampliar, aumentar, extender o incrementar. Cuando se activa o excita la bobina de un relevador con 24 Volts y los contactos estan controlando un motor o propiamente un circuito que arranca éste motor a 440 Volts, se está amplificando la tensión por medio del uso de un relevador. Las bobinas de los relevadores se utilizan para controlar circuitos de corrientes intensas. Así pues, también son amplificadores de corriente. El relevador es inherentemente un dispositivo de una sola entrada que sólo requiere una tensión única o corriente para activar su bobina. Sin embargo, utilizando varios contactos, el relevador se puede convertir en un dispositivo de varias salidas, por lo que también puede considerarse un amplificador del número de operaciones, siendo controladas - por una sola entrada.

Supongo que se dispone de un relevador cuya bobina de excitación funciona con 110 Volts y 1 Ampere, y que los contactos de éste relevador controlan tres circuitos separados que - funcionan con 440 Volts y 15 Amperes cada uno. Este relevador se convierte en un amplificador de potencia en cuanto controla considerablemente más potencia en su circuito de salida que la que consume en su circuito de entrada. También se convierte en un amplificador en cuanto al número de circuitos, ya que una sola entrada controla tres salidas separadas. Algunos de los relevadores más utilizados y de mayor importancia son sin duda - el relevador de sobrecarga, descrito anteriormente y el releva-

dor temporizado. Este tipo de relevador se utiliza frecuentemente para el control de secuencia, desconexión por baja tensión, control de aceleración y muchas otras funciones. Esencialmente, el relevador temporizado es un relevador de tensión con la adición de un elemento de acción diferida que puede ser del tipo de membrana con toma de aire o algún líquido y que retarda la acción de sus contactos respecto al momento en que actúa el electroimán. Este retardo en la acción puede ser cuando el relevador se excita o cuando se desexcita.

Si el retardo se produce al excitar el relevador se dice que está temporizado al cierre y si se produce al desexcitarlo se dice que está temporizado a la abertura. Ambos tipos están provistos de un ajuste para poder regular el tiempo de retardo dentro de los límites especificados. Los contactos se representan siempre en la posición correspondiente al relevador desactivado, tanto si son temporizados al cierre como a la abertura. Estas unidades se fabrican en diversos tamaños dependiendo de la intensidad y tensión a que están sometidos sus contactos.

#### 2.2.4. ARRANCADORES

El arrancador consiste en su forma más simple, en un dispositivo que conecta o desconecta el motor o circuito a la red y que además realiza funciones de protección contra sobrecargas del motor o circuito. A esta unidad básica se suman otros dispositivos para obtener el grado deseado de control y protección. Hay muchos tipos y clases de arrancadores de motor, tomando el nombre con que se les designa, de la operación o clase -

del motor a que se destinan. Así, toman el nombre de manuales o automáticos, de tensión nominal o a tensión reducida, monofásicos o trifásicos y de Corriente Alterna o Corriente Directa.

Para describir el arrancador de un motor determinado es necesario utilizar varios de éstos términos o clasificaciones. Por ejemplo, un determinado motor podría requerir un arracador a tensión reducida, automático, trifásico y de Corriente Alterna. No obstante, estos datos no definen por sí solos el arrancador, ya que se precisa además la tensión y potencia nominales del mismo según el proceso de trabajo a realizar. Igualmente, debe tenerse en cuenta si debe ser controlado a distancia, si el pulsador de accionamiento estará situado sobre el mismo arrancador y otros muchos detalles.

Existe la diferencia entre los conceptos de arrancador y controladores o aparato de regulación y mando de un motor de Corriente Alterna. Aunque es difícil establecer una línea divisoria entre ellos, generalmente se acepta que el arrancador -- tiene como misión conectar el motor a la línea, proporcionando además la protección necesaria, mientras que un controlador, además de realizar las funciones de arranque, va provisto de -- los dispositivos de protección y relevadores necesarios para -- construir un sistema completo de control y protección.

### 2.3. SIMBOLOGIA

Si las instrucciones para el alambrado del equipo eléctrico tuviesen que escribirse sin usar un diagrama, o si éstos tuviesen que mostrar cada artículo tal como se ve realmente, el



trabajo y el tiempo comprendido en la instalación del equipo - serían costosos. Por tanto, es práctica común emplear símbolos para designar varias piezas del equipo. Las unidades representadas por éstos 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 con el fin de poder reconocerlos.

En los diagramas se usan símbolos para representar el equipo eléctrico verdadero. Aunque se han establecido símbolos estándar, muchas de las personas que los dibujan no han adoptado su uso. Los diagramas lineales o de escalera, por ejemplo son más fáciles de leer si los contactos principales de un arrancador para motor se representan por "M" en todos los diagramas correspondientes al control de ése motor, en vez de emplear distinta nomenclatura en cada uno de ellos. Pero, a pesar de la falta de normalización el conocimiento de los símbolos - que se presentan en la figura 2.1 proporcionará una base firme para interpretar dibujos con modificaciones de lo estándar y, por supuesto, una comprensión más clara de la funcionalidad y operación de los símbolos mostrados.

Los símbolos mostrados cumplen con las normas actuales establecidas por la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico (NEMA), de Los Estados Unidos de Norteamérica.

Con referencia a la figura 2.1, el símbolo 1 representa un contacto normalmente abierto que es accionado automáticamente. Podría representar un contacto de un arrancador, el contacto

de un relevador o cualquier otro dispositivo que no requiera - funcionamiento manual. El símbolo 2 representa un contacto normalmente cerrado por medios automáticos y todo lo que es aplicable al símbolo 1 lo es también al símbolo 2, excepto su posición normal. El símbolo 3 representa un contacto normalmente abierto accionado manualmente por pulsador. El símbolo 4 representa el mismo tipo de contacto excepto que está normalmente cerrado. El símbolo 3 para pulsador normalmente abierto debe ser dibujado de modo que la recta horizontal esté separada de los dos circulitos, pero no siempre se tiene este cuidado. Si el trazo horizontal se dibuja por encima de los circulitos, el símbolo representa un contacto normalmente abierto (NA), aunque toque a los dos circulitos.

El símbolo 4 debe estar dibujado de modo que el trazo horizontal toque a los dos circulitos en su parte inferior, pero no siempre se dibuja así. Siempre que el trazo horizontal esté por debajo de los dos circulitos, el símbolo sigue representando un contacto normalmente cerrado (NC) aunque dicho trazo no los toque.

Una manera de recordar esto es pensar siempre que el símbolo corresponde a un pulsador. Si se pulsa el botón, representado por la línea vertical, el trazo horizontal se moverá de arriba hacia abajo. Cuando dicho trazo está encima de los dos circulitos o puntos de contacto, éstos se cerrarán por la presión. Cuando está debajo de los circulitos, se apartará de ellos y abrirá el circuito. Los símbolos 5 y 6 representan contactos de accionamiento manual del tipo de interruptores de -

palanca, correspondiendo el 5 al contacto normalmente abierto (NA) y el 6 al normalmente cerrado (NC).

El símbolo 7 es un conmutador de palanca unipolar de dos posiciones, en el que un contacto está normalmente abierto y el otro normalmente cerrado. Cuando son accionados más de un juego de contactos por un mango o botón pulsador, sus símbolos están unidos generalmente por líneas de trazos, como en los símbolos 8 y 9. Las líneas de trazos representan cualquier forma de interconexión mecánica que hará solidarios a los dos contactos. Otro método que se utiliza frecuentemente para representar pulsadores que tienen dos juegos de contactos es el indicado por los símbolos 10 y 11. El símbolo 10 tiene dos contactos NA, y el símbolo 11 tiene un contacto NA y otro NC.

El símbolo 12 es una lámpara piloto que se identifica principalmente por las líneas cruzadas en su interior. El símbolo 13 representa una bobina. Podría ser una bobina de un relevador, una bobina de solenoide o la bobina de cierre de un arrancador. El símbolo 14 también se utiliza para representar una bobina. El símbolo 15 representa el elemento calefactor de un relevador de sobrecarga, utilizándose también algunas veces para indicar un fusible. Aunque esto puede parecer algo confuso al principio, pronto aprenderemos a indicar lo que representa por la posición que ocupa en el circuito. Por ejemplo, si está en serie con los conductores de línea, es un fusible, pero si está en serie con los conductores de un motor, representa el elemento protector contra sobrecargas. El símbolo 16 es un conmutador selector rotatorio. Con un poco de imaginación se ve

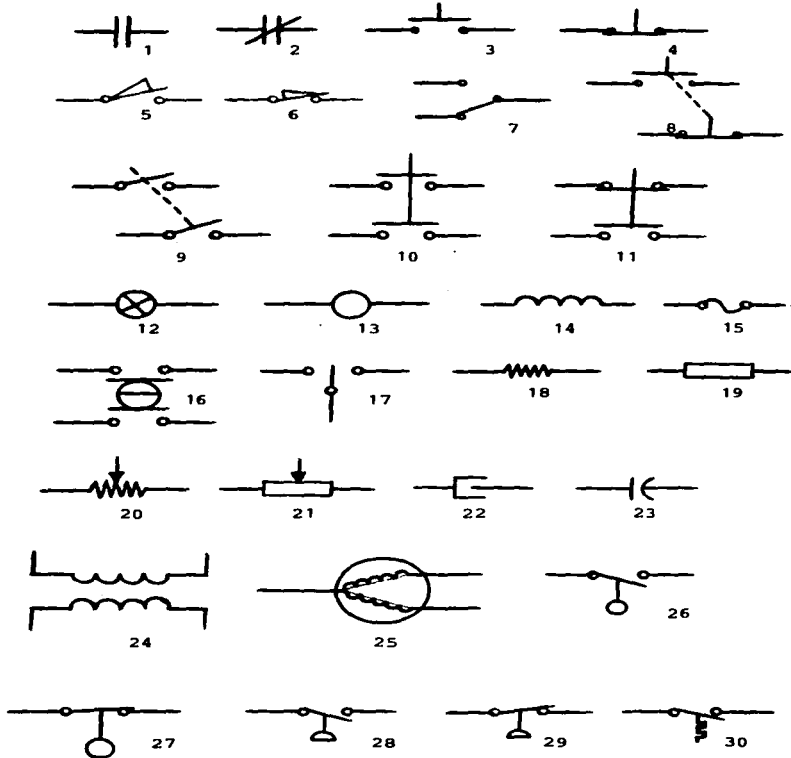


FIGURA 2.1 SIMBOLOGIA ELECTRICA.

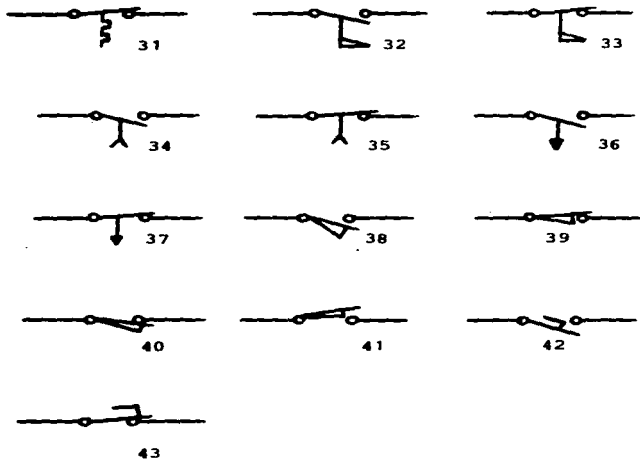


FIGURA. 2.1 CONTINUACION.

que los contactos accionarán por rotación del eje que acciona una leva. El mismo tipo de conmutador está indicado por el símbolo 17, con una posición de desconexión. Los símbolos 18 y 19 son dos maneras de representar las resistencias. Los símbolos 20 y 21 corresponden a resistencias variables. Los condensadores están representados por los símbolos 22 y 23. El símbolo - 24 se utiliza para representar un transformador. El símbolo 25 muestra una bobina con doble arrollamiento partido, tal como - el que se encuentra en algunos arrancadores cuando se emplea - tensión de corriente continua. También se utilizan en relevadores de imán permanente.

En algunos diagramas son necesarias aclaraciones acerca - de los dispositivos específicos y su funcionamiento; los símbolos adicionales 26 a 43 están aprobados por N.E.M.A.. Los símbolos 26 y 27 representan interruptores de control de nivel de líquido N.A. y N.C.. Los símbolos 28 y 29 representan interruptores de vacío y de presión N.A. Y N.C.. Los símbolos 30 y 31 - representan interruptores activados por la temperatura. Los símbolos 32 y 33 representan interruptores de caudal o flujo.

Los símbolos 34 y 35 representan contactos temporizadores con retardo al activarse. Los símbolos 36 y 37 representan contactos temporizadores pero con retardo al desactivarse. Los símbolos 38 y 39 representan interruptores de fin de carrera o de límite accionados directamente. El símbolo 40 representa un interruptor de límite N.A. pero que normalmente se mantiene cerrado. El símbolo 41 es un interruptor de límite N.C. que se -- mantiene abierto. El 42 y 43 son interruptores de pedal.

## 2.4. FUNCIONES DE CONTROL

Qué es un control de motor?. Es una pregunta que no tiene respuesta sencilla. Sin embargo, no implica la misteriosa y -- complicada cuestión que vulgarmente se cree.

La palabra control significa gobierno, mando o regulación. Así, cuando se habla de control de un motor o máquina, se refiere al 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 e inversión de giro y paro.

Cada elemento del equipo utilizado para regular o gober-- nar las funciones de una máquina o un motor se denomina componente de control.

Un controlador eléctrico es un dispositivo o grupo de dispositivos que controla o regula las funciones de un motor o -- una máquina de manera predeterminada o en un orden de sucesión o secuencia así mismo predeterminado.

### 2.4.1. 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 donde solo es necesario la función de control para la puesta en marcha y parada del motor.

Probablemente la razón principal de la popularidad de ésta unidad es que su costo es aproximadamente la mitad del de un arrancador electromagnético equivalente. El arrancador manual proporciona generalmente protección contra la sobrecarga y desconexión de la red por tensión mínima.

El arranque manual a tensión reducida mediante autotransformador se emplea extensamente para controlar los motores polifásicos de jaula de ardilla en los que se requiere el arranque a tensión reducida siendo las funciones necesarias de control solamente las de arranque y paro.

Este tipo de arrancador suele llevar incorporada la protección contra sobrecarga, desconexión por tensión nula y protección contra baja tensión. El arrancador tipo autotransformador se utiliza muy frecuentemente asociado a una combinación tipo tambor con resistencias de arranque en los motores de rotor bobinado.

Esta combinación da un control completo de arranque y paro, velocidad y sentido de giro.

Estos autotransformadores para el arranque a tensión reducida, se utilizan generalmente en los motores de gran potencia, siendo frecuentemente su uso junto con un combinador de tambor con resistencias conectadas al rotor en los motores que accionan turbocompresores usados en equipo de aire acondicionado. El arranque a tensión reducida permite al motor vencer la inercia del turbocompresor durante el período de arranque sin absorber una intensidad excesiva. El combinador de tambor, junto con las resistencias permite regular la velocidad de un



motor de rotor bobinado, que acoplado al turbocompresor permite variar el caudal de aire comprimido, confiriéndole una flexibilidad que no sería posible obtener con una instalación de velocidad constante.

#### 2.4.2. CONTROL SEMIAUTOMATICO

Los controladores que pertenecen a esta clasificación utilizan un arrancador electromagnético y uno o mas dispositivos piloto manuales tales como pulsadores, interruptores de manobra, combinadores de tambor o dispositivos análogos (fig. 2.2) Probablemente los mandos mas utilizados son los cuadros de pulsadores a causa de que constituyen una unidad compacta y relativamente económica. El control semiautomático se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a la maniobra de control en aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible.

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.

Probablemente hay mas máquinas manipuladas por control semiautomático que por control manual o automático.

Este tipo de control requiere de un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. Mediante el uso del arrancador electromagnético puede realizarse este cambio desde un lugar o puesto de trabajo cómodo o necesario, lo que no es posible con el control ma-

nual, que debe maniobrase en el mismo lugar en que esta situado el arrancador.

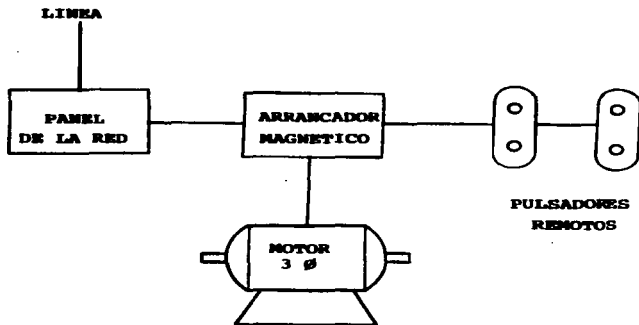


FIG. 2.2 Control semiautomático de un motor.

#### 2.4.3. CONTROL AUTOMATICO

Un control automático está formado fundamentalmente por - un arrancador electromagnético o contactor cuyas funciones están controladas por uno o mas dispositivos piloto automáticos (figura 2.3).

La orden inicial de marcha puede ser automática pero generalmente es una operación manual, realizada en un panel de pulsadores o interruptores.

En algunos casos puede haber una combinación de dispositivos manuales y automáticos en un circuito de control. Si los -- circuitos contienen uno o mas dispositivos automáticos, debe -

ser calificado como control automático. Por ejemplo, consideremos un depósito que debe mantenerse lleno de agua entre límites definidos y una bomba para reponer el agua cuando sea necesario. Si equipamos el motor de la bomba con un arrancador manual y utilizamos un operario para que lo accione cuando sea necesario, tendremos un control manual. Ahora se supone que cambio el arrancador manual por un arrancador electromagnético y dispongo de un panel de pulsadores en el banco del operario. Si mediante un timbre se le avisa al operario cuando el agua ocupa el nivel inferior y el nivel superior, a la vez que realiza su propio trabajo, también podrá accionar el pulsador correspondiente cada vez que suene el timbre. Esto sería un control semiautomático.

Ahora supongo que instalamos 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 agua llega al límite inferior, el interruptor de flotador cerrará el circuito y pondrá en marcha al motor. El motor funcionará hasta que el agua alcance el nivel superior, y en éste instante el interruptor de flotador abrirá el circuito y detendrá al motor. Todo esto sería un control automático.

Muchas veces se cree que un control automático resultará más caro que los otros dos, pero si se tiene en cuenta que se ahorra el trabajo de un operario, bien puede resultar éste método más ventajoso.

También se tendrá en cuenta que el control automático resultará mas exacto a causa de que no hay retraso entre el instante en - el que el agua llega al nivel deseado y el cierre o la apertura del circuito de control.

Los sistemas automáticos de control se encuentran en casi todas las instalaciones de máquinas herramienta. Las prensas, las fresadoras, los tornos revólver, máquinas de precisión y casi todas las máquinas actuales de uso común, en que se emplean interruptores limitadores y otros dispositivos automáticos, realizan sus operaciones con más rendimiento y más rápidamente gracias al uso de sistemas automáticos de control.

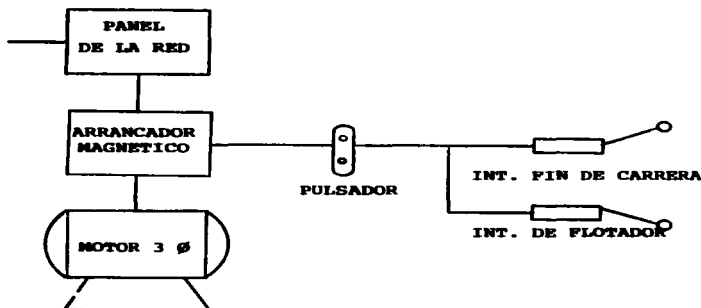


FIGURA 2.3 Control automático de un motor

## 2.5. DESARROLLO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.

Los circuitos de control se elaboran o proyectan muy pocas veces como unidad completa. En lugar de esto se van desarrollando por etapas (secuencias) sucesivas cada una de las cuales provee la función de control que se desea realizar con ella. Es lo que se hace cuando se escribe una carta, en la que se procede, párrafo por párrafo, hasta expresar la idea en el papel. El mismo procedimiento se debe seguir para desarrollar un circuito de control. Lo primero es concebir la idea del conjunto de todas las funciones de control que se deben efectuar en su dependencia correcta con las otras funciones que debe realizar el circuito.

### 2.5.1. TIPOS DE CIRCUITOS DE CONTROL.

Hay dos tipos básicos de circuitos de control; los de tres y los de dos hilos. Estas designaciones derivan del hecho de -- que a la bobina del contactor llegan tres hilos en el primer caso y dos en el segundo caso (figura 2.4).

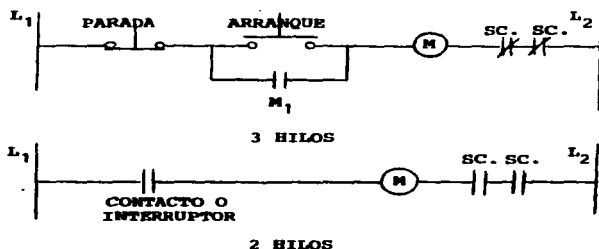


FIGURA 2.4. Circuitos básicos de control tipos dos y tres hilos

El circuito de control con tres hilos requiere que el dispositivo piloto primario sea del tipo de contacto momentáneo, - tal como los pulsadores de contacto momentáneo. Los dispositivos de contacto permanente o mantenido, tales como los interruptores de límite y los interruptores de flotador, se pueden utilizar en varias partes del circuito para complementar a los dispositivos del mando primario, de arranque y de parada. Este tipo de control se caracteriza por el uso de un contacto auxiliar en el contactor para mantener cerrado el circuito de la bobina durante el tiempo en el que el motor está en marcha o en funcionamiento normal.

En el circuito de control de dos hilos, el dispositivo primario de mando o piloto primario debe ser de contacto mantenido como puede ser un sencillo interruptor unipolar, una caja o panel de botones pulsadores de contacto mantenido o cualquier tipo de componente de control que cierre un juego de contactos y los mantenga en ésta posición durante todo el tiempo que el motor esté funcionando. La apertura de este contacto o contactos causa el paro del motor al dejar sin corriente la bobina del arrancador.

Todos los circuitos de control, independientemente de su complejidad, son simples variaciones y ampliaciones de los dos tipos básicos.

El método más sencillo para el desarrollo de un circuito de control es comenzar por la bobina del contactor y los dispositivos contra sobrecargas. Se agrega el dispositivo o piloto primario para el arranque y paro del motor, que en un circuito

de tres hilos consiste generalmente en pulsadores de arranque y parada utilizados conjuntamente con el contacto auxiliar del contactor. A este se suman sucesivamente todos los contactos o pulsadores que han de ser utilizados para realizar las funciones adicionales de control hasta que quede desarrollado el circuito final.

Cuando se trata de un circuito de control de tres hilos hay que tener presente que todos los dispositivos destinados a realizar las funciones de paro deben ser dispositivos normalmente cerrados y estarán conectados en serie con el pulsador de paro. Todos los dispositivos que han de realizar las funciones de arranque deben ser de contactos normalmente abiertos y estarán conectados en paralelo con el pulsador piloto primario de arranque.

Algunas veces un circuito requiere que dos o más contactos normalmente abiertos se cierren antes de proceder a la puesta en marcha de un motor. Estos contactos, que igual pueden pertenecer a relevadores como a pulsadores u otros elementos de control, deben ser conectados en serie, y el conjunto en paralelo con los dispositivos primarios piloto de arranque. Si, por el contrario, varios contactos deben estar abiertos antes de realizar la función de paro, estos contactos normalmente cerrados se conectarán entre sí en paralelo y el conjunto en serie con el dispositivo piloto primario para producir paro.

Cuando haya una secuencia definida para la actuación de diversos componentes de control, habrá que agregarlos sucesivamente al circuito de control en el mismo orden que el que tiene su

secuencia de funcionamiento.. Después de agregar en el circuito cada contacto o cada pulsador hay que comprobar que el funcionamiento del circuito sea el correcto, comprobando que no se ha impedido el funcionamiento de algún componente de control ya existente.

## 2.6. CIRCUITOS PRACTICOS.

A fin de que el procedimiento del desarrollo por partes de un circuito resulte más fácil de entender, consideraré el primer circuito como una serie de modificaciones a realizar, una detrás de otra, para perfeccionar las misiones del circuito original.

El circuito de control existente (figura 2.5 b) está destinado a controlar una bomba de agua para el transvase desde un depósito de almacenamiento hasta un depósito regulador de presión. La disposición física de la bomba y de los dos tanques, así como los componentes de control, está ilustrada en la figura 2.5 a. El circuito original de maniobra manual, solo dispone de pulsadores de arranque y parada y protección contra sobrecargas. La bomba debe funcionar hasta que se observe que el depósito esté lleno. Entonces el operador debe accionar el pulsador de paro y la bomba dejará de funcionar.

Ahora el propietario desea que se instale un interruptor de flotador en el depósito regulador de presión con el fin de evitar que el operador tenga que pulsar o apretar el pulsador de arranque, poniendo en marcha a la bomba e iniciando la entrada de agua en el depósito. Cuando el nivel del agua ha alcanza-



do el nivel deseado, el interruptor de flotador FS1 abrirá sus contactos, produciéndose el paro de la bomba y cesando el flujo de agua. La función a realizar por el interruptor de flotador es en este caso la de paro, por lo que debe ser de contacto -- normalmente cerrado y estar conectado en serie con el pulsador original de paro, tal como se muestra en la figura 2.5 c.

Después de haber estado trabajando con éste control durante cierto tiempo, el propietario desea que la bomba arranque y pare automáticamente por considerarlo mucho mas cómodo y conveniente. Ahora solicita que se instale otro interruptor de flotador para controlar el nivel inferior del depósito. Esta versión del circuito de control debe hacer que la bomba arranque siempre que el agua llegue a un nivel inferior predeterminado. La función de control deseada es la de arranque, de modo que el interruptor de flotador debe tener un juego de contactos normalmente abiertos de modo que se cerrarán siempre que el agua descienda hasta el nivel inferior deseado. Estos contactos deben estar conectados en paralelo con el pulsador original de arranque para realizar la función de arranque del motor. Esta conexión se representa en la figura 2.5d.

Después de algún tiempo de funcionamiento con el nuevo circuito de control, se descubre que algunas veces el nivel del depósito de almacenamiento desciende tanto que la bomba se descarga. Ahora el propietario solicita un control para evitar que la bomba arranque en estas condiciones. Aunque este control no tenga que parar la bomba mientras esté funcionando, debe impedir que arranque cuando el nivel de agua es bajo. Debe también parar

la bomba si ésta se encuentra funcionando y el agua llega a este nivel mínimo. Así, el nuevo control realiza la función de parar la bomba.

La función de control se puede obtener por la instalación de un interruptor de flotador para detectar el nivel inferior del agua en el depósito de almacenamiento. El interruptor de flotador FS3 ha sido instalado y ajustado para abrir un juego de contactos siempre que el agua del depósito de almacenamiento alcanza el nivel mínimo deseado. A causa de que la función de control a realizar es la de parada, el interruptor de flotador FS3 debe tener contactos normalmente cerrados que se abran siempre que el nivel del agua baje hasta el nivel ajustado del interruptor de flotador. Está conectado en serie con los otros componentes de parada, como se muestra en la figura 2.5e.

Después se decidió que la presión producida en la tubería por el tanque regulador de presión cuando está lleno es insuficiente para las necesidades de la instalación. El propietario solicita la instalación de los componentes y controles necesarios para mantener la presión en el depósito mediante aire a presión en la parte superior del depósito. A fin de obtener el debido equilibrio del nivel del agua y de la presión del aire en todo instante, sólo debe quedar aire en el depósito cuando el nivel del agua esté en su posición más alta y la presión sea inferior a la deseada.

Para conseguir esto, se supone la instalación de una válvula de solenoide en la tubería de suministro de aire que permita el paso del aire al depósito solamente cuando la bobina de la válvula del solenoide está excitada.

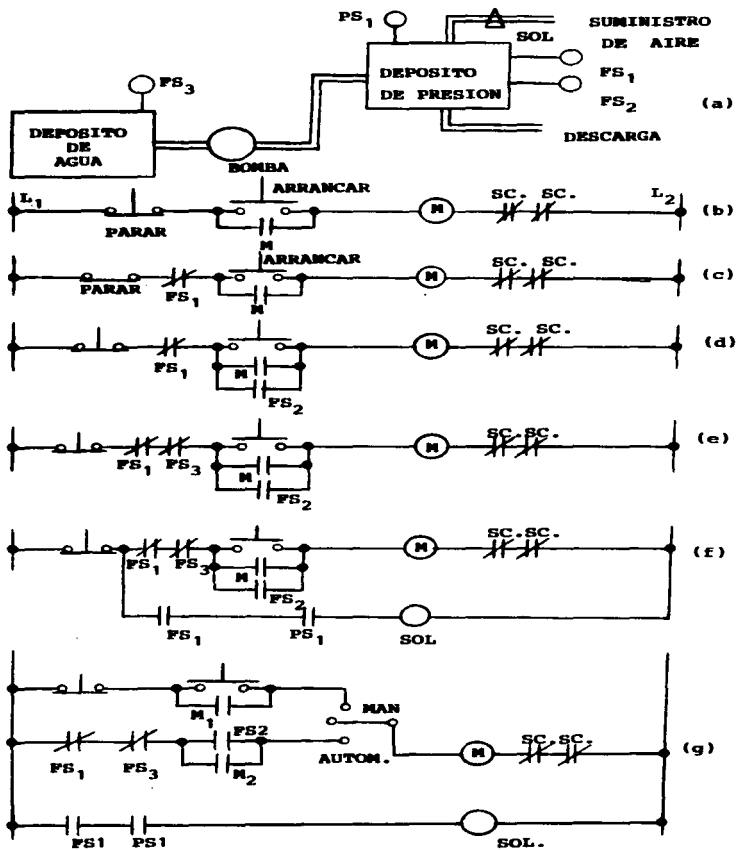


FIGURA 2.5. Control automático de una bomba de agua.

Además de la válvula, se puede instalar un interruptor de presión en la parte superior del tanque para que detecte la presión existente en éste constantemente. Cuando la presión sea inferior a la ajustada en el interruptor de presión, sus contactos se deben cerrar, cerrando el circuito del solenoide. Sin embargo, si el nivel del agua es inferior al máximo cuando la presión desciende, no debe abrir la válvula de solenoide por lo -- que se requiere la función de paro de la misma, a fin de evitar que el aire entre en el depósito cuando no es conveniente.

Si el interruptor de flotador FS1 es del tipo bipolar con un juego de contactos normalmente abierto (N.A.) y normalmente cerrado (N.C.), podemos modificar el circuito según se muestra en la figura 2.5f. El circuito de la válvula de solenoide es -- del tipo de dos hilos y requiere que FS1 y el interruptor de -- presión PS1 se cierren para que entre aire en el depósito por -- la acción de la válvula solenoide. Cuando el nivel del agua alcanza su punto más bajo, será activado el flotador FS1. El contacto normalmente cerrado del circuito de la bomba se abrirá y el contacto normalmente abierto del circuito del solenoide se -- cerrará. Si la presión del aire es baja, los contactos de PS1 -- se cerrarán y el aire entrará en el depósito hasta que el nivel del agua descienda y se abra FS1 o bien, hasta que la presión -- aumente hasta su valor normal y se abra PS1, satisfaciéndose -- así los requisitos del circuito de control especificados por -- por el propietario de la instalación.

Aunque en el circuito de la figura 2.5f han quedado los -- pulsadores en el circuito, será preferible que el operador pue-

da optar a voluntad el funcionamiento completamente manual o - funcionamiento completamente automático. Los cambios necesarios para el funcionamiento manual o automático están indicados en el circuito de la figura 2.5g.

Si hubiese asumido la responsabilidad de proyectar el circuito final de la figura 2.5g, sería necesario haber tomado --- ciertas especificaciones o requisitos en cuanto a la función o el funcionamiento correcto del circuito completo. El primero de ellos sería probablemente la posibilidad de selección de control manual ó automático, el segundo, que la bomba fuese controlada para mantener el nivel del agua en el depósito de presión entre un nivel superior y otro inferior, y el tercero que no -- pudiese funcionar la bomba cuando los niveles del agua en el depósito de aprovisionamiento fuesen inferiores a un nivel dado, y el cuarto, que la presión en el depósito de presión se mantuviese mediante la adición de aire siempre que fuese necesario. Para proyectar el circuito a base de éstas especificaciones, se procederá por etapas agregando componentes de control al circuito manual original.

El segundo circuito será para el control de tres transportadores de cinta combinados de modo que el transportador 1 descargue material en el transportador 2, el cual a su vez lo descarga en el transportador 3, que se utiliza para la carga de camiones u otros vehículos en un muelle de embarque o en un almacén.

Las condiciones que debe cumplir el circuito de control -- son:

1.- Con un solo pulsador deben ponerse en marcha todos los motores de transportador pero de forma que primero lo haga el 3, luego el número 2 y por último el número 1.

2.- Cualquier sobrecarga en alguno de los transportadores provocará que se paren todos.

3.- Un solo pulsador de paro servirá para detener todos los -- transportadores de modo que primero lo haga el 1, luego el 2 y por último el 3.

Un requisito adicional es que haya un retardo de dos minutos entre la parada de cada transportador y el siguiente a fin de que el material quede desalojado de cada transportador antes de que se pare.

Si se realiza el proyecto de éste circuito por partes, la primera etapa será satisfacer los requisitos de la especificación 1 para que un solo botón arranque todos los transportadores en secuencia empezando por el transportador 3. El circuito adecuado para esto es el que se muestra en la figura 2.6a.

En él se muestra un relevador de control que es activado y desactivado mediante pulsadores según el circuito de tres hilos, manteniéndose activado durante el funcionamiento por un -- contacto auxiliar (contacto de sello) del mismo relevador de -- control, identificado en el dibujo por las letras CR1. Puesto -- que es necesario que el transportador 3 sea el primero que empiece a funcionar, los contactos identificados en el dibujo como CR2, que son cerrados por el relevador de control, activan -- el contacto M3 que pondrá en marcha el motor 3 y cerrará el -- contacto M3 que a su vez excitará al contactor M2, que pondrá

el motor 2 y cerrará el contacto M2, activandose el contactor M1 con lo que arrancará el motor 1 terminandose la secuencia de arranque del transportador.

El paro se producirá desactivando el relevador CR mediante el pulsador de paro. El uso de los contactos CR2, M2 y M3 satisface la condición de que el transportador 2 arranque luego del 3 y el 1 luego del 2, con lo que quedan cumplidas las condiciones de la especificación 1 en correspondencia con la especificación 2, la cual requiere que cualquier sobrecarga en un transportador para a todos ellos.

Las condiciones de la especificación 2 pueden ser obtenidas mediante la conexión en serie de todos los contactos de los relevadores de sobrecarga entre la línea y la conexión común a todas las bobinas de arrancador, incluida la del relevador de control, como indica la figura 2.6a. Si uno o más de estos contactos de los relevadores de sobrecarga están abiertos, el circuito de control de todas las bobinas está interrumpido, desexcitándose así las bobinas y deteniéndose todos los motores de transportador al mismo tiempo. Con esto se cumplen los requisitos de la especificación 2.

Aunque el circuito de la figura 2.6a satisface las especificaciones primera y segunda, no satisface las condiciones de la especificación 3 de que los transportadores se paren en orden inverso. Este requisito y el de que transcurra un tiempo de retardo de 2 minutos entre la parada de un transportador y el siguiente hace necesario el empleo de relevadores temporizadores. Lo primero que a uno se le ocurre es conectarlos como -

se indica en la figura 2.6b, pero un cuidadoso estudio de este circuito revela que cuando es empujado el pulsador de paro, el relevador CR se desexcitará, abriéndose los contactos CR1 y CR2, con lo que solo se desexcitará el relevador de control a causa de que el contacto M2 está todavía cerrado manteniendo el circuito de la bobina M1, de que el contacto M3 está también cerrado manteniendo el circuito de la bobina M2 y de que también el contacto de TR2 está cerrado manteniendo el circuito de la bobina M3. Así pues, todos los motores de transportador continuarán funcionando. Es necesario hacer una modificación de éste circuito a fin de que que todos los transportadores puedan ser parados actuando el pulsador de paro.

A fin de satisfacer la condición 3 de las especificaciones deberá ser modificado el circuito de la figura 2.6b como se indica en la figura 2.6c. En este circuito se han agregado dos contactos normalmente abiertos, activados por el relevador de control y designados en el dibujo por CR 3 y CR4. Ahora, cuando se presiona el pulsador de paro, el relevador de control se desexcita, abriéndose todos sus contactos, quedando excitados los contactores M2 y M3 solamente a través de los contactos de los relevadores temporizados que se mantienen cerrados debido justamente al retardo de la acción diferida de éstos relevadores. La apertura del contacto CR3 interrumpe el circuito de la bobina M1, parando el transportador 1, y al de la bobina TR1 -- del relevador de retardo que producirá la separación de los contactos TR1 transcurridos dos minutos desde que se haya desexcitado dicho temporizador. Esto hará que el contactor M2 y el



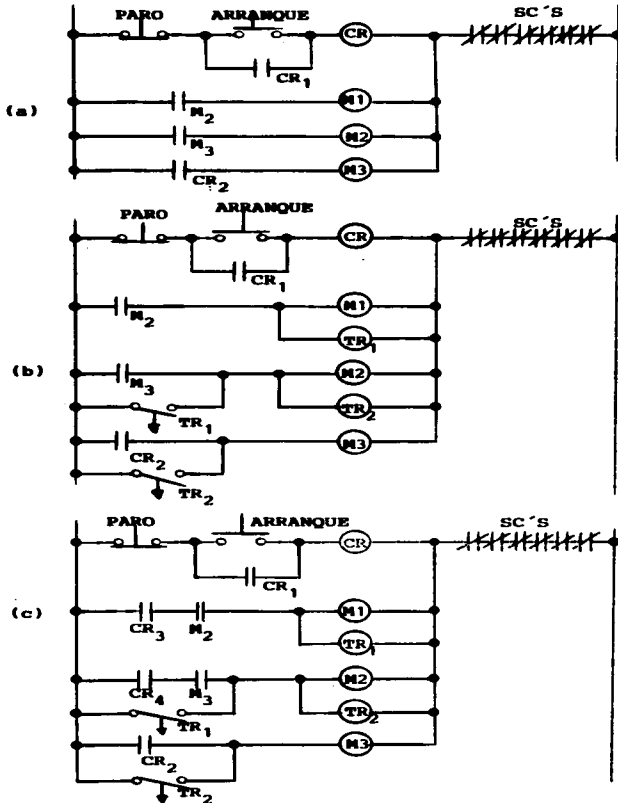


FIGURA 2.6. Circuito de control de tres transportadores.

relevador temporizado TR2 se desexciten. El primero ocasionará el paro del motor 2 y el segundo la apertura, dos minutos mas tarde, del contacto TR2, lo cual desenergiza M3 produciendose el paro del último motor y deteniendose el transportador 3.

De éste modo quedan satisfechas todas las especificaciones de este circuito. Los transportadores arrancarán en secuencia, comenzando por el 3 y progresando hasta el 1 cuando se empuja el pulsador único de arranque. Cualquier sobrecarga en un transportador desexcitará las bobinas de todos los arrancadores, deteniendose todos los transportadores. Cuando se aprieta el botón de parada, los transportadores se pararán en orden inverso con un intervalo de dos minutos antes de la parada de un transportador y el siguiente. El circuito realiza las funciones de arranque, parada, control de secuencia, protección de sobrecarga y acción de retardo de tiempo. El uso del relevador de control provee una protección contra baja tensión que no es posible obtener el control manual.

## 2.7. ANALISIS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.

La primera fase en el análisis de un circuito es determinar qué operaciones realiza la máquina o equipo propulsado por el motor, a fin de poder comprender fácilmente cuáles son las funciones del circuito. Para analizar cualquier circuito dado deberá representarse en esquema explicativo o de línea, a no ser que se disponga de él. Si el esquema está perfectamente hecho, la secuencia de operaciones de control comenzará en la parte superior izquierda del dibujo y continuará siguiendo la

primera recta horizontal, y luego cada una de las sucesivas hacia abajo. Sin embargo, no todos los esquemas están dibujados en éste orden, por lo que no hay que esperar que esto sea siempre aplicable.

### 2.7.1. PROCEDIMIENTO BASICO.

El procedimiento básico para el análisis de un circuito es muy sencillo, basta considerar los componentes uno por uno en el circuito y deducir lo que ocurre si se actúa sobre un pulsador o se cierra o se abre un contacto, teniendo en cuenta que siempre debe haber un circuito completo desde una línea a otra a través de la bobina que excita un relevador o contactor o arrancador. Si el circuito está abierto en cualquier punto, la bobina en particular se desexcitará y sus contactos, si están incluidos en el circuito, estarán en su posición normal. Cuando el circuito de una determinada bobina queda cerrado, el contactor, relevador o arrancador están excitados, y sus contactos están en posición contraria a la normal. Es decir, si son contactos normalmente cerrados, ahora estarán abiertos; si son contactos normalmente abiertos, ahora estarán cerrados.

Si se utiliza un relevador temporizado en el circuito, habrá que tener en cuenta si sus contactos están temporizados a la apertura o al cierre para determinar la posición normal y su función en el circuito. Cuando se utilizan relevadores en el circuito, hay que cerciorarse de que han sido localizados todos los contactos accionados por cada relevador, así como su posición según esté o no excitada la bobina.

## CAPITULO 3. ARRANCADORES MANUALES Y AUTOMATICOS.

## 3.1. GENERALIDADES.

El control más económico y en consecuencia más empleado - para los motores de inducción jaula de ardilla, es mediante el empleo del "Arrancador a Tensión Plena".

Este tipo de control, tiene como inconveniente la aplicación súbita de un par mayor que el de a plena carga, el cuál - puede averiar la flecha de la máquina movida y producir además perturbaciones en el sistema eléctrico, debido a la caída de - tensión súbita producida por la alta corriente de arranque del motor. Las perturbaciones en el sistema eléctrico pueden constatarse por el parpadeo de las lámparas e inclusive en ocasiones se provoca el paro de otras unidades.

Por las razones anteriores, La compañía suministradora de energía eléctrica, objeta el empleo de arrancadores a tensión plena para motores medianos y grandes (de 10 HP inclusive) y - exige el empleo de arrancadores a tensión reducida, para con - ellos reducir el par y la corriente de arranque.

La corriente podrá reducirse lo más que permita la reducción del par, siendo el valor mínimo de éste, el que determina la tensión que debe aplicarse.

PAR: Es la fuerza giratoria o de contorsión del motor generalmente medida en libras-pie, excepto cuando el motor es acelerado a alcanzar su velocidad, el par es relacionado a la potencia por la siguiente expresión:

$$\text{PAR} = \frac{\text{HP } 5252}{\text{RPM}}$$

donde: HP = Potencia del motor en Watts.

RPM = Velocidad del motor.

5252 = Constante de proporcionalidad.

Como norma práctica se tiene; los motores de hasta  $\frac{1}{2}$  HP-- pueden conectarse directamente a la línea sin riesgo de dañarlos o provocar perturbaciones en sistema eléctrico. Para la conexión de motores de hasta 10 HP inclusive, se recomienda protegerlos con arrancadores a tensión completa, conocidos también como arrancadores a tensión plena.

### 3.2. ESQUEMAS.

El esquema es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, y adopta diversas formas para adecuarse a las necesidades particulares para las que se emplea. El primero que menciono es el esquema general de conexiones o esquema del cableado (figura 3.1), que se adapta mejor para efectuar las conexiones iniciales cuando se conecta por primera vez un sistema de control para seguir las conexiones reales en el diagnóstico de una falla.

El segundo tipo es el esquema de línea o explicativo, también llamado de escalera, que se muestra en la figura 3.2, que desde luego es el de uso más fácil para tratar de entender eléctricamente el circuito. La mayoría de los circuitos que se proyectan previamente utilizando este tipo de diagrama son por lo general ciento por ciento funcionales.

## 3.2.1 ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES.

El esquema general de conexiones (figura 3.1) se obtiene dibujando los símbolos correspondientes a cada componente en - su correcta relación de dependencia física con los otros compo - nentes y luego dibujando los hilos entre las terminales corres - pondientes.

En otras palabras, es un dibujo del equipo y de los hilos tal como están aproximadamente en la instalación. Por consiguiente, puedo decir que el esquema general de conexiones es una re - presentación del circuito de control con la distribución y situación física relativa de sus componentes. Su principal venta - ja es que ayuda a identificar los componentes y los hilos tal como están realmente en el equipo. Los símbolos utilizados en este esquema representan esencialmente los componentes con -- los contactos y bobinas situados en su posición física relativa.

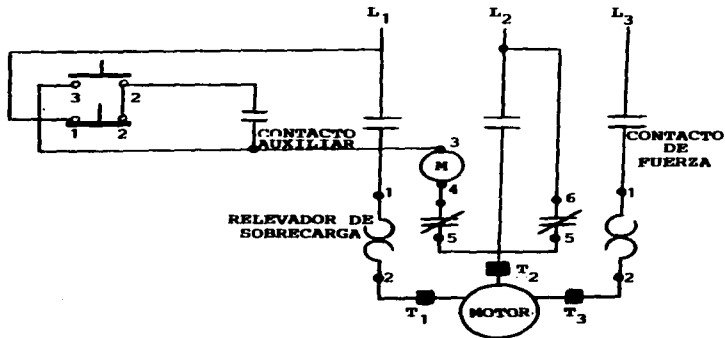


Figura 3.1 ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES

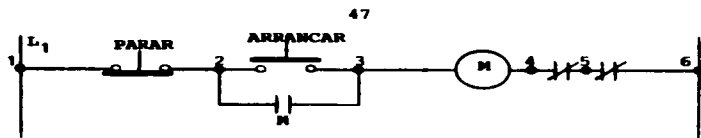


Figura 3.2 ESQUEMA EN LINEA

### 3.2.2 ESQUEMA EN LINEA

El esquema en línea o explicativo (figura 3.2), es una representación del circuito de control con los componentes dispuestos en orden a su relación eléctrica. Supongamos que tenemos una parte de circuito de control que comienza en la línea 1 y continua a través de cada contacto, interruptor y bobina - hasta que llega a la línea 2. Si todos los elementos están cerrados y libres de sus montajes y el hilo está desconectado en el extremo, se puede tomar cada extremo del hilo y estirarlo. Entonces tendríamos un hilo recto, interrumpido en algunos sitios por los contactos, interruptores y bobinas. Esto es lo que se representa en el esquema en línea. Cada línea desde L1 hasta L2 representa un hilo y sus componentes asociados tal como aparecería si se le estirase de la manera antes mencionada.

La principal ventaja del esquema en línea estriba en el hecho de que muestra el circuito en su propia o correcta secuencia eléctrica. Cada componente está indicado en su sitio -

en el circuito eléctrico independientemente de su posición física o geométrica. No hay esquema que se pueda comparar con el explicativo o de línea para obtener una comprensión de un circuito de control o para localizar una falla en éstos circuitos utilizados.

Para leer un esquema en línea, comenzaremos en la parte - de la izquierda de la línea superior y la seguiremos hacia la derecha, si un contacto está abierto, la corriente eléctrica - no pasará por él; si está cerrado, la corriente fluirá. A fin de excitar la bobina u otro dispositivo en el circuito, será ne cesario que cada contacto e interruptor esten cerrados para -- constituir un camino completo. En otras palabras, si hay un -- contacto abierto, la bobina está inactiva; si no lo hay será - excitada. Debemos recordar que los contactos e interruptores se representan en su posición normal, o sea a bobina desenergizada y en reposo o desactivados.

### 3.3 ARRANCADORES MANUALES

En los arrancadores clasificados como manuales, el operador acciona el cierre de los contactos mediante un pulsador ó bien, mediante una palanca unida mecánicamente a los contac--tos..

Supongamos por ejemplo,; que disponemos de un arrancador - manual o automático, con pulsador en la cubierta. Si es del tipo manual estará construido de modo que cuando se aprieta el - pulsador de arranque, un varillaje o articulación mecánica --- obliga a cerrarse los contactos y, una vez cerrados, la arti--



culación queda enclavada o retenida en ésta posición. Cuando se aprieta el pulsador de paro o actúa la protección de sobrecarga, es disparada la articulación mecánica y se abren los -- contactos desenergizando al motor.

En cambio, cuando se pulsa o aprieta el pulsador de arranque en un arrancador electromagnético, se activa el electroimán del arrancador produciendo el cierre de los contactos. El pulsador de parada o el relevador de sobrecarga al ser accionados interrumpen el circuito de la bobina del electroimán, provocando que se abran los contactos.

### 3.4. ARRANCADORES AUTOMATICOS.

El arrancador automático, consta de un contactor con la -- adición de un control protector. Este arrancador funciona a base de atracción electromagnética para cerrar y mantener sus contactos de línea y auxiliares y ofrece una ilimitada flexibilidad de control. Es seguro y de larga duración con un mantenimiento razonable. Los dispositivos mecánicos que integran éstos arrancadores son de gran variedad, perteneciendo su tipo a una de las dos clases generales en que se clasifican según -- el desplazamiento del núcleo magnético.

La primera de estas clases corresponde al tipo de armadura o palanca cuyos contactos móviles están accionados directamente por la armadura del electroimán que gira sobre un eje al ser atraída por el núcleo del electroimán produciendo el desplazamiento de los contactos móviles hasta encontrar los fijos que se hallan montados sobre la cara vertical posterior del --

arrancador.

La segunda corresponde al tipo de solenoide. Los contactos móviles son accionados por el núcleo en su desplazamiento vertical, hacia arriba cuando es empujado por el efecto electromagnético de la bobina al ser excitada, hasta encontrar los contactos fijos montados en el soporte horizontal de la parte superior de la plataforma del arrancador.

Cualquiera de estos tipos básicos puede ser satisfactorio, aunque cada fabricante tiene sus motivos para adoptar un determinado tipo en sus unidades. Los arrancadores mas grandes utilizan generalmente las del tipo de armadura, aunque también se fabrica una gama completa a partir del tamaño NEMA 0 del tipo solenoide.

El circuito magnético consiste generalmente en una adaptación de una de las tres formas magnéticas básicas (figura 3.3). En la mayoría de arrancadores del tipo de armadura se utilizan los tipos E ó C y el tipo E modificado o el de solenoide se utiliza en los arrancadores de acción vertical.

En el caso de ser excitada la bobina con corriente alterna las piezas polares del electroimán están equipadas con una bobina de sombra (figura 3.3 d). Esta produce un desfase en el flujo que pasa por la porción de pieza polar abarcada por la misma de forma que evita la desaparición del flujo cuando la corriente de la bobina pasa por el valor nulo, evitando de esta forma la vibración que se produciría en los contactos. Aunque este método evita la vibración de las armaduras, muchos arrancadores para grandes motores emplean la alimentación por corriente continua -

debido a la atracción constante de la armadura evitando la vibración.

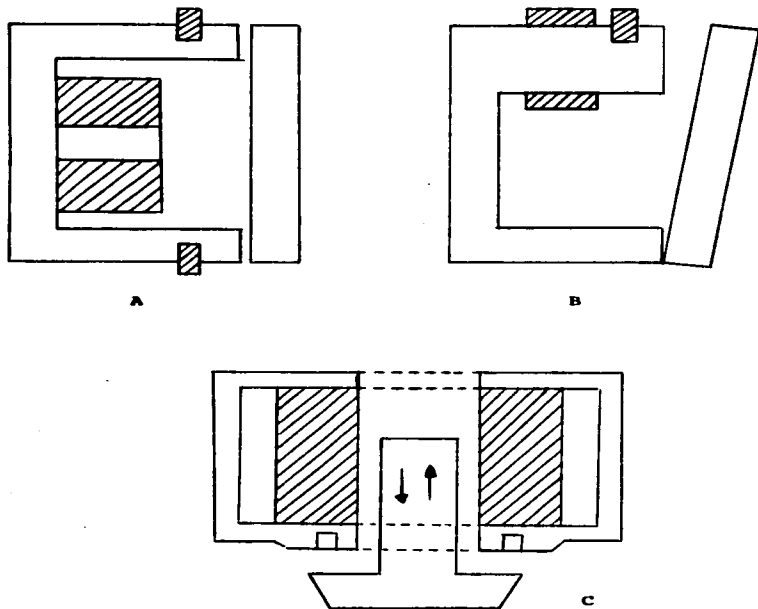


FIG. 3.3 Tipos básicos de electroimanes

A.- Tipo "E" B.- Tipo "c" C.- Tipo Solenoide

## 3.5. ARRANCADORES A TENSION NOMINAL.

Los arrancadores para la puesta en marcha mediante conexión directa a la red de alimentación son los mas utilizados. Se emplean en la mayoría de los casos de arranque de los motores trifásicos jaula de ardilla y monofásicos. También se emplean -- para conectar a la red el devanado del estator de los motores -- trifásicos de rotor devanado con arrancador manual conectado al rotor.. Utilizados en los motores de hasta 600 H.P. y 600 Volts, permiten obtener una protección satisfactoria del motor, la máquina y el operador. La limitación de uso en los motores trifásicos de jaula de ardilla está forzosamente impuesta por el valor máximo de la intensidad de arranque en lo que respecta a sus efectos sobre las líneas y devanados, así como por el par de arranque. Los arrancadores directos se fabrican con variedad de cubiertas y cofres para satisfacer los requisitos impuestos por las condiciones de uso y ubicación del arrancador. Estas cubiertas satisfacen las normas publicadas por NEMA para adaptarse a cada condición de ubicación y/o emplazamiento.

Cualquier arrancador que conecta los bornes del motor directamente a la tensión de línea sin algún medio de reducción de tensión aplicada o limitar la corriente de arranque puede ser -- clasificado como arrancador directo o arrancador a tensión plena.

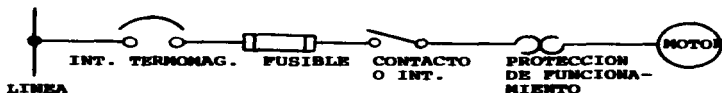


Figura 3.4 Arrancador a tensión plena.

### 3.6. ARRANCADORES A TENSION REDUCIDA.

El arrancador a tensión reducida contiene un medio de reducir la tensión de la línea que es aplicada al motor durante el período de arranque. Esto se hace a fin de limitar la sobrecorriente durante el ciclo de arranque. Los requisitos para el uso de los arrancadores a tensión reducida dependen de varios factores; siempre que el arranque de un motor a tensión nominal pueda causar serios descensos de la tensión en la línea de la compañía suministradora o en los cables de la instalación, es casi imperativo el arranque a tensión reducida (figura 3.5).

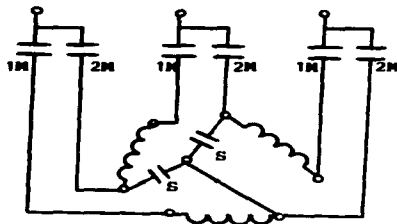
Existen también otras razones para el uso de este tipo de control, debiéndose tener en cuenta todas ellas al seleccionar el tipo de arranque del motor. Cuando se pone en marcha un motor mediante conexión directa a la red, se produce un esfuerzo excesivo o choque en las distintas piezas, tales como coronas, aletas de ventilador, poleas y acoplamientos. Cuando la carga es pesada y por lo tanto requiere un gran esfuerzo para su aceleración, puede ser necesario el arranque a tensión reducida.

Este arranque se obtiene mediante el uso de resistencias, autotransformadores o reactancias a fin de reducir la tensión de la línea hasta el valor deseado durante el arranque. Independientemente de los medios que se emplean para reducir la tensión, deben estar proyectados adecuadamente al motor en particular que ha de ser puesto en marcha.

Cualquiera que sea el método empleado en el arranque a tensión reducida hay que tener presente que el par de arranque del motor se reduce también.

Si un motor no es capaz de producir el par de arranque suficiente para iniciar el giro en el arranque directo o a tensión nominal, la aplicación del arranque a tensión reducida agravará la situación a causa de que el par de arranque se reduce.

El par de arranque de un motor de inducción es función del cuadrado de la intensidad del rotor, o aproximadamente del cuadrado de la intensidad de la línea. Si la tensión de arranque se reduce en el 50%, la intensidad de arranque del motor se reducirá también al 50% de la normal, pero el par se reducirá al 25% de su valor normal.

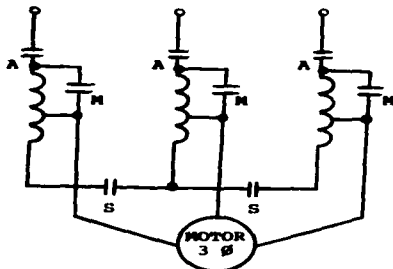


#### ESTRELLA DELTA

##### SECUENCIA DE LOS CONTACTORES

##### CONTACTOR ARRANQUE TRANS. FUNC.

1M	*	*	*
2M			*
S	*		



#### AUTOTRANSFORMADOR

##### SECUENCIA DE LOS CONTACTORES

##### CONTACTOR ARRANQUE TRANS. FUNC.

A	*	*	*
M			*
S	*		

FIGURA 3.5 ARRANQUE A TENSION REDUCIDA.

### 3.6.1 ARRANCADOR DEL TIPO RESISTENCIA PRIMARIA.

Un método simple para arrancar un motor a voltaje reducido es mediante la conexión de una resistencia en serie en la línea del motor. Por tanto, la velocidad y la corriente de arranque del motor se reducen y, las resistencias se pueden desconectar cuando el motor alcance cierta velocidad. Entonces, el motor se conecta para funcionar con todo el voltaje de la línea. Este es el método que se usa en los arrancadores del tipo de resistencia primaria. La introducción y eliminación de resistencia en el arranque de un motor, ya sea efectuándolo a mano o automático realiza la misma función.

Los arrancadores de resistencia primaria se emplean cuando los motores de jaula de ardilla se deben de arrancar con torque limitado (PAR DE ARRANQUE) para evitar averías a la máquina impulsada, o para tomar una corriente de arranque limitada para evitar trastornos excesivos en la red de alimentación de energía. Es conveniente limitar la corriente de arranque siempre que el sistema de energía tenga capacidad insuficiente para el arranque a tensión plena, y cuando puedan causarse trastornos graves a la red en esas condiciones, tal como en los circuitos de alumbrado, electrónicos, el arranque simultáneo de muchos motores, o cuando el motor se encuentra alejado de la entrada de la alimentación de energía. En estos casos, los arrancadores voltaje reducido se recomiendan, algunas veces, para motores chicos como de 5 H.P de capacidad.

La figura 3.6 muestra en forma de diagrama, el arrancador conectado a un motor de inducción trifásico jaula de ardilla.

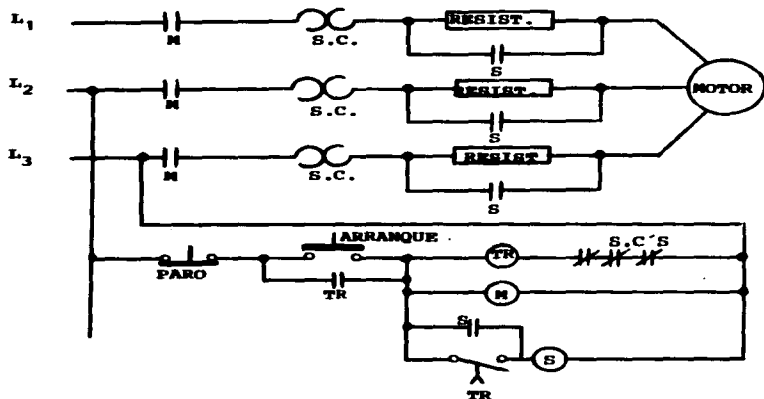


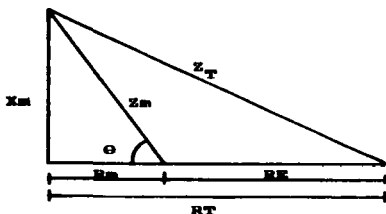
FIG. 3.6 CONTROL Y FUERZA DE ARRANCADOR POR RESIST. PRIMARIA.

### 3.6.1.1 METODO PARA CALCULAR LAS RESISTENCIAS PRIMARIAS PARA EL ARRANQUE A TENSION REDUCIDA.

Para determinar el valor de la resistencia a usar en el -- arranque a tensión reducida, es necesario tener los datos sufi--cientes del motor como son:

- Tensión de operación.
- Porcentaje de arranque a tensión reducida que se desea.
- Corriente a plena carga ( $I_{pc} = I_N$ ).
- Factor de potencia a rotor bloqueado que generalmente es de  $60^\circ$ .





Donde:

$X_m$  = Reactancia del motor.

$Z_m$  = Impedancia del motor.

$R_m$  = Resistencia del motor.

$\theta$  = Factor de potencia a rotor bloqueado (generalmente  $60^\circ$ .)

$R_e$  = Resistencia externa.

$R_t$  = Resistencia total.

$Z_t$  = Impedancia total.

$I_{rb}$  = Corriente a rotor bloqueado.

$V_L$  = Voltaje de línea.

$I_N$  = Corriente nominal a plena carga.

$I_A$  = Corriente de arranque.

$V_A$  = Voltaje de arranque.

Como:

$$Z_m = V_L / 1.73 I_{rb} ; \quad I_{rb} = (KVA * HP) \times 1000 / 1.73 V_L.$$

KVA\*HP ----- DATO DE PLACA.

$$I_A = V_A I_{rb} / V_L.$$

Como prácticamente la  $I_A$  es en el inicio de arranque casi igual a  $I_{rb}$  entonces puede considerarse

$$I_A = I_{rb} = I_N * 6$$

Del triángulo tenemos;

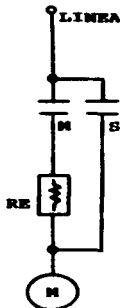
$$R_m = Z_m \cos \theta.$$

$$Z_t = V_L / 1.73 I_A = Z_m / \%V_A.$$

$$X_m = Z_m \sin \theta.$$

$$R_t = [(Z_t)^2 - (X_m)^2]^{\frac{1}{2}}. \quad R_e = R_t - R_m.$$

**EJEMPLO.**



Datos del motor.

$$P = 100 \text{ HP.}$$

$$I_N = 123 \text{ A.}$$

$$V_L = 480 \text{ V.}$$

$$\%V_L = V_A = 312 \text{ V.}$$

$$V_A = 65\% V_L.$$

$$I_{rb} = 123 * 6 = 738 \text{ A.}$$

$$\theta = 60^\circ$$

**solución.**

$$I_A = V_A I_{rb} / V_L = 312 * 738 / 480 = 479 \text{ A.}$$

$$Z_t = V_L / 1.73 I_A = 480 / 1.73 * 479 = 0.579$$

$$Z_m = V_L / 1.73 I_{rb} = 480 / 1.73 * 738 = 0.375$$

$$R_m = Z_m \cos 60^\circ ; \quad R_m = 0.375(0.5) = 0.1875$$

$$X_m = Z_m \sin 60^\circ ; \quad X_m = 0.375(0.8660) = 0.3243$$

$$R_t = [(Z_t)^2 - (X_m)^2]^{\frac{1}{2}} = [(0.579)^2 - (0.3243)^2]^{\frac{1}{2}} = 0.468$$

$$R_e = R_t - R_m ; \quad R_e = 0.468 - 0.1875 = \mathbf{0.2805}$$

### 3.6.2. ARRANCADOR TIPO AUTOTRANSFORMADOR.

El arrancador con autotransformador conocido también como -compensador, tiene los mismos propósitos que los arrancadores con resistencia primaria y, a pesar de ser más costoso posee ciertas cualidades que lo hacen preferido por los industriales.

En los arrancadores con resistencia primaria la disminución de la corriente es proporcional a la disminución de la tensión -- mientras que el par disminuye con el cuadrado de la tensión. Así, si en un arrancador se tiene una caída de tensión en los bancos - limitadores de un 20%, la corriente absorbida por el motor durante el arranque, será de un 80% de su valor, en tanto que el par - se reducirá en un 74%. Suponiendo ahora que el mismo motor se conecta a un autotransformador durante el arranque, como se muestra en la figura 3.7.

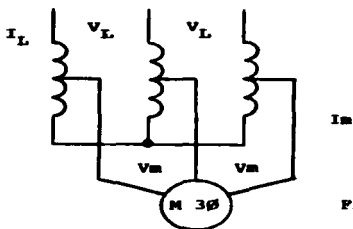


FIG. 3.7

Si la tensión en los bornes del motor se reduce un 80% de - la tensión de la línea, la corriente absorbida por la máquina disminuye en la misma proporción. Sin embargo, por la acción trans-

formadora, la corriente de la red que está dada por la siguiente expresión:

$$I_L = V_m I_m / V_L = 80\% \cdot 80\% / 100\% = 64\%$$

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

En el mercado se encuentran arrancadores manuales, semiautomáticos y automáticos, éstos últimos idénticos con excepción de la conexión al elemento de mando de tres y dos hilos respectivamente. Los arrancadores semiautomáticos y automáticos también se les conoce como magnéticos, porque casi todos los arrancadores - están contruídos por dispositivos de este tipo de control.

Los rangos máximos a que se fabrican usualmente estos arrancadores son 125 HP a 240 Vac y 250 HP a 480 Vac, esto no quiere decir que éste tipo de arranque no sea aplicable a motores de menor potencia.

La figura 3.8 ilustra el circuito de fuerza y control para el arranque a tensión reducida por autotransformador.

Al pulsar el boton de arranque, se energiza el contacto de neutro (N) y a través del contacto N.A. de N se energiza el con tactor de arranque (A) debido a que el contacto de tiempo TR se encuentra cerrado y, finalmente después de 10 segundos (aprox.) se desenergizaran los contactores (N) y (A) energizandose el -- contactor (M), dejando al motor conectado a la línea. De presen tarse una falla tal como un corto circuito o una sobrecarga, el circuito se protege a través de los elementos de protección con trá sobrecorrientes (S.C.).

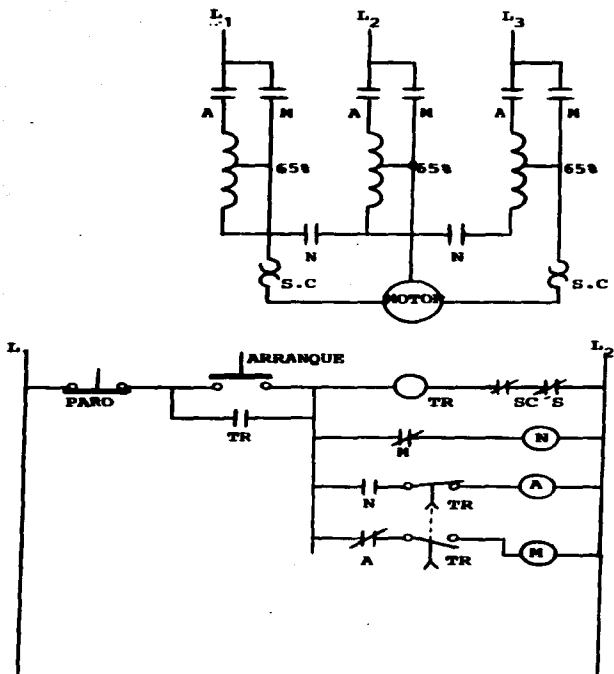


FIGURA 3.8 Arrancador a tensión reducida con autotransformador.

## 3.6.3. ARRANCADOR POR METODO DE REACTANCIAS.

En éste método de arranque, el motor se conecta a la línea a través de un grupo o banco de reactancias (reactor) el cuál producirá una caída de tensión en las terminales del motor, de la misma forma que el método de arranque por resistencia primaria.

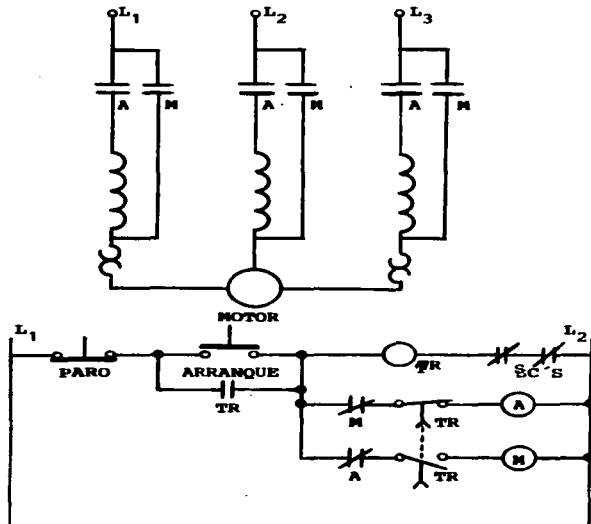


FIGURA 3.9 Diagrama de control y fuerza de un arrancador a tensión reducida empleando reactancias.

## 3.6.4 ARRANCADOR ESTRELLA - DELTA.

Probablemente ningún método de arranque se ha investigado - tan ampliamente en los últimos tiempos, como la antigua técnica europea de arranque en estrella - delta.

Los motores en estrella - delta son de construcción similar a los normales en jaula de ardilla, salvo que ambos extremos de cada uno de los devanados se sacan hasta las terminales. Usando arrancadores que posean el número requerido de contactos que estén correctamente alambrados, el motor se puede arreglar para -- arrancar en estrella y funcionar en delta.

El primer requisito previo de este sistema es, por supuesto que el motor esté embobinado para funcionar con los devanados de su estator conectados en delta, y con todas las puntas de ellos instaladas en el exterior, para la conexión adecuada que el especialista efectúa en el campo. Los motores devanados en delta - no son muy comunes en los Estados Unidos de Norteamérica, y el interés principal que han mostrado los fabricantes de unidades - centrífugas grandes, para acondicionamiento de aire, es que se evaluén con prontitud sus características para propósitos de arranque.

Los motores en estrella - delta se usan principalmente, para impulsar grandes cargas centrífugas, tales como ventiladores, sopladores, bombas centrífugas, etc., y en aplicaciones en que - se requiere un torque de arranque reducido. Algunas veces tambien se usan cuando se necesita una corriente de arranque reducida.

Como la velocidad síncrona de un motor de inducción en jau-

la de ardilla, en estrella - delta, depende del número de polos del mismo y de la frecuencia de la línea de alimentación, el motor funcionará a la misma velocidad, aproximadamente, con cualquier conexión.

Si bien la oleada de corriente en el arranque y la corriente de la línea serán menores al conectarse en estrella que cuando se conecta en delta, la corriente del embobinado es menor que la de la línea cuando se conecta en delta.

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

La oleada de corriente en el arranque, y la corriente de la línea en la conexión en estrella, es  $1/3$  de la conexión en delta, como se mencionó anteriormente, en tanto la corriente del devanado en la conexión en estrella, es 1.73 veces la de la conexión en delta.

Se proporcionan dos relevadores de sobrecarga en los arranques para estrella-delta, conectados de manera que conduzcan la corriente del devanado del motor (figura 3.10). A causa de esto, los relevadores se deben seleccionar con base a la corriente del devanado, no la corriente a plena carga de la conexión en delta.



Cuando la placa de nombre del motor indica, solamente la corriente a plena carga con la conexión en delta, se debe dividir entre 1.73 para obtener el valor de la corriente para la selección del relevador para proteger los devanados del motor.

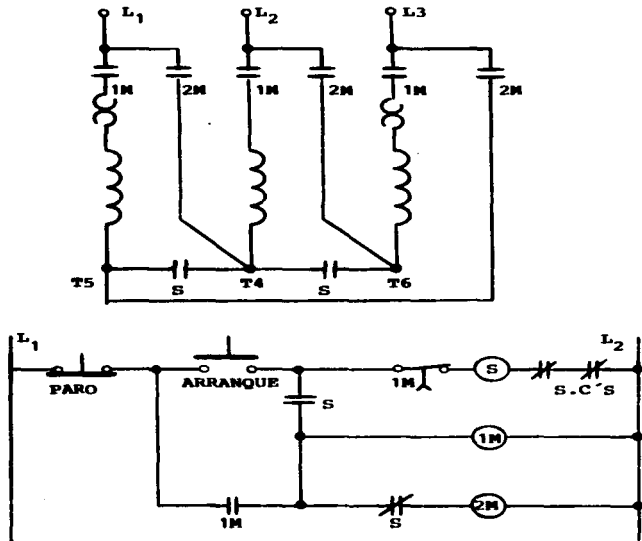


FIGURA 3.10. Diagrama de fuerza y control de Arrancador Estrella-Delta.

En el arranque por transición abierta de la figura 3.10 del diagrama de control, la transferencia automática de estrella a - delta se logra mediante el uso de un controlador neumático de -- tiempo, accionado por el movimiento de la armadura de uno de los contactores. La operación del botón de "arrancar" de la estación de botones, energiza el contactor (S) cuyos contactos principales conectan juntas tres de las puntas del motor (T4,T5,T6) formando una estrella. El contacto de control (S) normalmente abierto, del mismo contactor, energiza otro de éstos (1M), al que se une el - control neumático de tiempo, conectando así, en estrella, el motor a la línea y manteniéndose unido mediante el contacto (1M) e iniciando el período de control de tiempo. Después que se desconecta el controlador de tiempo, se desconecta el primer contactor (S) cerrando, por tanto, la interconexión normalmente cerrada (S) y energizando el contactor (2M) para conectar el motor en delta. Entonces el motor funciona conectado en Delta. Hay un momento en que el circuito del motor se abre, entre la abertura -- (S) y el cierre (2M) de los contactos de energía, formando lo -- que se conoce como transición abierta.

## CAPITULO 4. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL.

### 4.1 GENERALIDADES.

Si hay una regla única aplicable a todos los procedimientos de mantenimiento en todas las instalaciones y en todas las condiciones, es ser cuidadoso. La negligencia y el no observar las precauciones de seguridad son dos cosas que el encargado de mantenimiento no se puede permitir.

Aunque en este capítulo se procura indicar alguno de los -- principios básicos de un buen servicio de mantenimiento, el mantenimiento real de un determinado elemento del equipo estará determinado por su ciclo de funcionamiento, la complejidad de sus órganos (elementos) y el tiempo que se disponga para ello. La principal dificultad con que se tropieza en el servicio de mantenimiento suele ser la mala interpretación de lo que ello significa, ya que mantener el equipo en funcionamiento no es repararlo después de que ha fallado, sino que consiste en inspeccionarlo, conservar lo limpio y con todos sus componentes y conexiones apretadas, no significando reparar.

### 4.2 PROCEDIMIENTO GENERAL.

El primer requisito en cualquier servicio de mantenimiento bien organizado debe ser la inspección periódica para evitar que surjan serias fallas. Esta inspección incluye no sólo el equipo eléctrico, sino también la máquina, y la observación del desgaste y deterioros que puedan haber en el equipo, lo que permite conocer los puntos peligrosos que deben cuidarse, así como el plan de reposiciones y verificaciones necesarias para evitar que puedan -

presentarse fallas importantes.

Una de las principales causas de falla de los sistemas de control es la presencia de polvo,grasa,aceite y suciedad, que deben ser eliminados periódicamente para que el equipo pueda funcionar correctamente.La eliminación del polvo y la suciedad se pueden realizar limpiando con trapo o tela, pero esto no siempre resulta eficaz para eliminar el aceite y la grasa. Estas sustancias se eliminan generalmente empleando un disolvente como el tetracloruro de carbono o algún dieléctrico similar. Cuando se emplean éstos disolventes, hay que tomar precauciones porque la inhalación de cualquier cantidad apreciable de sus vapores puede ser muy perjudicial. Por consiguiente, siempre debe haber una ventilación adecuada.

La inspección periódica incluye invariablemente una verificación del calentamiento del equipo eléctrico y de las partes mecánicas, ya que el exceso de calor es una indicación infalible de anomalías en el funcionamiento.La utilidad de la verificación del exceso de calor depende del conocimiento que se tenga de la temperatura de funcionamiento de los cojinetes,bobinas,contactos, transformadores y las demás piezas del equipo asociado con la maquinaria,motores y control.

Los cojinetes del motor y del equipo eléctrico deben ser verificados en cuanto a su lubricación correcta.Sin embargo es muy raro que los cojinetes de equipo eléctrico tales como los de arrancadores y conmutadores requieran engrase, ya que generalmente están proyectados para funcionar en seco, y en este caso el engrase de los cojinetes más bién será causa de un mal funcionamiento..

Otra causa frecuente de avería del equipo de control es la flojedad de los pernos, pasadores y conexiones eléctricas. Se deberá comprobar periódicamente que todas las conexiones estén apretadas, y la inspección debe incluir la verificación de posibles pernos y tuercas flojos en el equipo.

Los cortocircuitos y derivaciones a tierra de las conexiones eléctricas pueden ser evitados por la inspección del aislamiento y mediante el uso del megger para medir el de los motores y cables del equipo asociado.

Cuando se tenga la misión de mantenimiento de un equipo, la primera ley a seguir es familiarizarse con dicho equipo, debiéndose conocer mecánica y eléctricamente a fin de detectar toda causa posible de falla antes de que ésta se produzca.

La segunda ley es ser observador. Siempre que se pase junto a un componente del equipo del que se es responsable, procurar escuchar y mirar. Muy frecuentemente esto es todo lo necesario para estar advertido de las fallas que pueden producirse. Un buen procedimiento de mantenimiento puede ser resumido en muy pocas palabras "Que no haya piezas ni conexiones flojas, conservarlas limpias y lubricadas e inspeccionarlas frecuentemente".

#### 4.3. MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES DE MOTOR.

La falla que más frecuentemente se encuentra en los arrancadores de motor es debida a defectos de los platinos (contactos). Estos deben ser inspeccionados para ver si están deteriorados o picados excesivamente o bien alineados. Si están picados habrá que -

asentarlos adecuadamente con una lima o lija fina o esmerilarlos - cuando se requiera pero teniendo cuidado de no arrancar demasiado material de la superficie de contacto o cambiar su forma aprecia--blemente. Si los contactos son de cobre y están expuestos al calor y al oxígeno, cuando se cierran y abren se puede formar óxido de cobre en la superficie, que por ser aislante debe ser eliminado. La mayoría de los contactos de cobre son del tipo de frotamiento, los cuales eliminan por sí mismos el óxido de cobre por la acción del frotamiento durante el cierre. Si los contactos están platedaos, --- siendo el óxido de plata un buen conductor, no es necesario supri--mirlo; en efecto, los contactos de plata nunca deben ser limados a no ser que estén muy deteriorados (picados).

Los contactos deben ser inspeccionados no sólo en cuanto al picado sino en cuanto a la correcta alineación y a la presión de contacto. La alineación incorrecta o la falta de presión de contacto producirán un arco excesivo y el consiguiente picado.

#### 4.4 CAUSAS DE LAS FALLAS.

Una de las causas más frecuente de las fallas del equipo automático es el ajuste incorrecto de los platinos o contactos y de los circuitos de acción diferida. Generalmente, el fabricante de los controladores para equipo automático facilita la documentación pertinente relativa a las distancias de separación de los contactos cuando están abiertos y la correcta temporización del circuito. El responsable de mantenimiento debe disponer de ésta información para que pueda corregir periódicamente estos ajustes. La verificación de ellos se deberá hacer en la inspección regular del equipo.

La segunda causa en orden de importancia de las fallas en los arrancadores de motor y los contactores es que haya bobinas quemadas. En los arrancadores actuales las bobinas están bien construidas y debidamente aisladas, con lo que queda eliminada la perturbación debida a las vibraciones y humedad. Sin embargo aún así están expuestas las bobinas a que se quemen por una de las dos causas siguientes. La primera y más frecuente es debida a que, al ser atraída la armadura de un contactor de Corriente Alterna, por su núcleo deje un entrehierro superior al previsto por el fabricante, lo que repercutirá en un aumento de la intensidad en la bobina a niveles peligrosos. La corriente normal al iniciarse el cierre del contactor -- puede llegar, por ejemplo a 40 ó 45 Amperes para descender, una vez cerrado, a un valor muy bajo, de 0.5 a 1.5 Amperes, que es suficiente para mantener el circuito magnético. Si el circuito no queda cerrado correctamente, la bobina mantendrá una corriente cuya intensidad estará comprendida entre éstos dos valores, y que es suficiente para que los arrollamientos se calienten excesivamente y se quemen.

La segunda causa de quemadura es una tensión incorrecta. Si la tensión aplicada a la bobina es excesivamente elevada, la corriente que pasa por ella puede alcanzar niveles peligrosos y quemarla. Si la tensión aplicada a la bobina disminuye tanto que el circuito magnético no se cierra completamente, se tiene un entrehierro que produce corrientes de intensidad excesiva provocando que la bobina se queme.

Teniendo en cuenta las causas mencionadas, el procedimiento correcto cuando se comprueba que hay una bobina quemada en un contactor o arrancador es verificar el acoplamiento mecánico, ver si

el contactor cierra correctamente y verificar la tensión aplicada a la bobina bajo carga para comprobar si es suficiente pero no excesiva. Cuando la atracción de los muelles es excesiva, el circuito magnético puede permanecer parcialmente abierto, por lo que se debe verificar también dicha tensión.

Si el contactor ó arrancador esta equipado con conductores flexibles, habrá que comprobar si están en buen estado, y de no ser así habrá que reemplazarlos. Si el arrancador está equipado con pantallas para la extinción del arco eléctrico, deben ser inspeccionadas en cuanto a la alineación correcta alrededor de los contactos. También habrá que comprobar que no existan acumulaciones de polvo y suciedad, ni depósitos de carbón acumulados dentro de éstas pantallas, y en caso de que existan deberán ser cuidadosamente eliminados, ya que el carbón reduce el camino del arco y puede ser causa de descarga superficial o salto de chispa, particularmente en condiciones de alta tensión. Es muy importante que el muelle produzca una presión de contacto correcta en un arrancador y esto debe de ser comprobado consultando la documentación del fabricante si se dispone de ella. Por lo menos habrá que comprobar que cada contacto tiene aproximadamente la misma presión debida al muelle ya que deben ser iguales en todos los contactos. Una de las causas mas frecuentes de vibración de los contactos y zumbidos en el arrancador es que las tensiones de los muelles sean incorrectas o desiguales, por lo que cuando se observan estos defectos se debe verificar la fuerza del muelle en cada contacto para determinar si es suficiente y si en todos ellos es la misma..



#### 4.5 MANTENIMIENTO DE LOS RELES.

En general, el mantenimiento de los relés de tensión es el mismo que para los arrancadores y contactores de motor con la única precaución de que en general, los relés funcionan con corrientes de menos intensidad y con menos potencia. Esta demanda de potencia más baja requiere en cambio un mecanismo y una disposición mecánica más delicada y esto a su vez requiere más atención en su mantenimiento.

Los relés de corriente deben verificarse para comprobar si al pasar por ellos la intensidad apropiada cierran sus contactos y si la atracción del muelle y la separación entre los contactos son las adecuadas, con el fin de que las corrientes de enganche y desenganche también lo sean.

Los relés de sobrecarga son dispositivos que normalmente no funcionan durante períodos largos de tiempo; por consiguiente, están expuestos a la corrosión, al polvo y la suciedad, que deben ser eliminados durante las revisiones periódicas de mantenimiento. Si se dispone de equipo apropiado, los relés de sobrecarga deben ser accionados por corriente periódicamente para comprobar su correcto funcionamiento. El disparo intempestivo de los relés de sobrecarga no es generalmente una indicación de deterioro o defecto del relé, sino más bien de sobrecarga en el circuito. El responsable de mantenimiento debe determinar primero el valor de la corriente en el cuál se dispara realmente la unidad de sobrecarga y comparar este valor con el de la corriente admisible para determinar si el defecto radica en la unidad de sobrecarga o en el propio circuito.

Los relés temporizados, tanto si son del tipo neumático ó de émbolo amortiguador, requieren el ajuste periódico para compensar los cambios normales en sus características de funcionamiento.

El relé de émbolo amortiguador debe ser revisado para ver si tiene polvo u otra materia rara en el depósito de aceite, ya que cualquier impureza en el aceite afectará a la exactitud de la temporización.

#### 4.6 MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS PILOTO.

En general un dispositivo piloto requiere muy poco mantenimiento limitándose a una verificación de su funcionamiento mecánico y de sus contactos. Cuando el dispositivo piloto es del tipo de interruptor de presión o de interruptor de vacío, deberá ser verificado de vez en cuando su margen de funcionamiento para comprobar que los contactos se abren y se cierran con la presión para la que han sido ajustados. Las superficies de contacto deben ser examinadas para comprobar que no tienen acumulado revestimiento de óxido de cobre, polvo o aceite. Se les deberá hacer funcionar dentro de su margen de presión varias veces para cerciorarse de su buen funcionamiento.

Los interruptores de flotador están expuestos a averías por dobladura de las varillas del flotador o fugas de agua. Una verificación de funcionamiento correcto del flotador, la varilla de éste y la conexión mecánica hasta el interruptor determinará la cantidad de desgaste y en general indicará si es necesario reemplazar alguna pieza antes de que se produzca una fa--

lla seria. Naturalmente en la verificación está incluida la del contactor y la de los dispositivos piloto.

Cuando los interruptores de límite o fin de carrera son parte integrante de un sistema de control, constituyen una causa muy probable de falla, ya que generalmente funcionan muchos miles de veces por día cuando son una pieza activa del equipo. Estan propensos a falla mecánica a causa de desgaste de los cojinetes y en las superficies de levas, así como en las superficies de contacto y por variación de la atracción de los muelles. La única solución para evitar las averías es realizar una inspección frecuente y exacta en la que se determine sus condiciones tanto eléctricas como mecánicas. Cuando su condición mecánica es dudosa, se cambiará o reparará antes de que den lugar a una seria falla en el resto del equipo.

#### 4.7 DIAGNOSTICO DE FALLAS DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL.

El diagnóstico de fallas en los equipos de control establece una línea divisoria entre los técnicos expertos y quienes no lo son. Se puede ser capaz de cablear perfectamente un nuevo circuito de control de acuerdo con el esquema del circuito, y no saber determinar la causa de que, una vez instalado, no funcione según lo previsto. El diagnóstico de fallas requiere poseer sólidos, sólidos conocimientos de las funciones de control y sus componentes, así como de los circuitos y del análisis de éstos. El secreto de la eficiencia y seguridad en el diagnóstico radica en localizar la sección del circuito de control que contiene el componente y luego determinar con precisión el componente --

que debe ser verificado. Esto solo se logra analizando lógica y sistemáticamente el circuito, y no por tanteos o pruebas y verificaciones en distintos puntos de las conexiones o en componentes elegidos al azar.

#### 4.7.1. PROCEDIMIENTO GENERAL.

Se considera primero un nuevo circuito que acaba de ser - alambrado pero no funciona como se esperaba. Existe la posibilidad de que los conductores hayan sido mal conectados o de que el circuito no estuviese correctamente proyectado. Si se revisa una a una todas las conexiones del cableado, lo que haré realmente es seguir el proceso de tanteos, lo que generalmente requiere invertir un tiempo considerable.

La primera operación a realizar debe consistir en analizar el circuito para determinar si ha sido correctamente proyectado para realizar las funciones previstas. La segunda operación será comprobar ordenadamente el funcionamiento de cada sección del equipo hasta encontrar la que no funcione correctamente. Una vez localizada la sección del circuito que produce la - falla, es fácil verificar las conexiones y el funcionamiento de sus componentes y determinar cuál es la causa de la falla.

Este proceso requiere el uso de los conocimientos de análisis de circuitos y de sus componentes y de sus funciones correctas para determinar si funcionan o no como deben. Si se desconocen, aunque sólo sea parcialmente, las funciones de control, los componentes o los circuitos, o no se saben analizar bien éstos, conducirá a una pérdida de tiempo en el diagnóstico de la

falla. Una vez localizada la falla en ésta sección del equipo de control, y remediada aunque solo sea parcialmente, se seguirá la secuencia del funcionamiento para comprobar que éste ha quedado restablecido normalmente, y que no hay ninguna otra sección del circuito que funcione mal.

Cuando se trata de diagnosticar la falla en un circuito ya existente, generalmente se puede descartar la posibilidad de que haya sido conectado equivocadamente, ya que si el circuito estuviese conectado incorrectamente, no hubiese funcionado originalmente. Sin embargo, es sorprendente que muchos especialistas inicien su proceso de diagnóstico verificando el alambrado, conexión por conexión, para determinar si esta correctamente establecido. Este procedimiento es una desconsideración para el propietario de la instalación y el operador de la máquina, quienes están interesados en que la reparación se efectúe rápida y eficientemente y no en que sirva de experimentación con la consiguiente pérdida de tiempo. La primera operación para localizar una falla producida en un circuito ya existente es estudiar el circuito y el funcionamiento de la máquina que controla.

Cuando se trata de circuitos complicados, generalmente el especialista o el diagnosticador de la falla no dispone de tiempo necesario para estudiar el circuito completo. No obstante, con ayuda del operador se puede determinar cuál es la parte del circuito que funciona normalmente. Hay que seguir los ciclos de la máquina hasta llegar al punto en que el funcionamiento no es correcto. Una vez determinado este punto, se puede analizar el circuito empezando por la sección que no funciona.

Una verificación cuidadosa de éste circuito y la localización de los componentes incluidos en esta sección conducirá generalmente a la fuente de la falla que se busca. El mal funcionamiento de algún componente de control debe ser la causa de la falla del circuito.

En el caso raro en que la rotura del aislamiento sea la causa de la falla, esto se evidenciará en la inspección visual de los componentes y de las conexiones. Sin embargo, es muy frecuente que haya una derivación a tierra en un hilo del circuito de control y no darse cuenta de ello en la inspección visual si se sospecha que una derivación a masa o tierra es causa de la falla; se deben efectuar verificaciones estando desconectada la fuente de alimentación o red de energía. Se mide con un ohmetro la resistencia masa o tierra de los hilos de esta sección particular del circuito de control.

Ahora se supone que ha quedado localizada la sección del circuito de control que parece ser la causa de la falla. La primera operación será localizar los componentes incluidos en ésta parte del circuito, entre los que encontraremos un relevador, un contactor o algún otro dispositivo que sea activado por ésta sección del circuito de control, debiéndose comprobar si cada uno de estos elementos recibe la alimentación o excitación correspondiente.

Si el contactor o el relevador no se cierra correctamente - habrá que desconectar del circuito su bobina para hacer una verificación de la tensión de alimentación. Los conductores que alimentan a la bobina se conectan a un voltímetro con el fin de com

probar si la tensión aplicada a la bobina es la correcta.

Si se sospecha que la bobina está defectuosa, se desconecta el circuito de la red y se verifica con el ohmetro la resistencia de la bobina, que debe ser muy baja si se mide con C.D.. Si la bobina está cortada se obtendrá una lectura de alta resistencia o de resistencia infinita. lo que indica que hay que cambiar la bobina.

Suponiendo ahora que la verificación de la tensión ha demostrado que ésta no llega a la bobina en la secuencia de operación del circuito de control. Esto indica que algún contacto no cierra correctamente, por lo que el circuito de la bobina queda desactivado.

La regla más importante en el diagnóstico de fallas es cambiar sólo una cosa cada vez. Si se encuentra un juego de contactos del que se sospecha que no funciona correctamente, se corrige éste defecto y se prueba nuevamente el circuito antes de cambiar cualquier otra cosa. Si se sospecha que una bobina esté quemada o que puede ser la causa de falla por otro motivo, se le repara o se le reemplaza y se prueba nuevamente el circuito antes de efectuar otros cambios. Una de las operaciones que más confusiones produce en el diagnóstico de fallas es la del cambiar o -- corregir varias piezas sospechosas a la vez antes de probar el funcionamiento del circuito. Varios cambios efectuados a la vez pueden introducir fallas que antes no existían. Esta es una regla fundamental en el trabajo del diagnóstico de fallas y de su cumplimiento depende el rendimiento con el trabajo.

Todas las fallas de los circuitos eléctricos de control no

son causadas generalmente por fallas eléctricas. Es muy frecuente que el mal funcionamiento mecánico de algún componente sea la única causa de la falla, por lo que siempre se deben examinar -- los componentes sospechosos no sólo de defectos eléctricos sino también de mecánicos.

#### 4.7.2 DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES DE CONTROL.

Todo lo que se pueda decir de los problemas individuales a que dan lugar los diversos componentes de control ha sido expuesto al inicio de éste capítulo. Las recomendaciones hechas en éste capítulo para el procedimiento de mantenimiento son idénticas a las que puedan hacerse para diagnosticar y reparar las fallas del circuito.

Así mismo, para el diagnóstico de los componentes individuales es necesario conocer su funcionamiento correcto y, de ser posible, las características de cada componente declaradas por el fabricante. Muchos de éstos conocimientos se adquieren a fuerza de experiencia. El estudiante puede aprender bastante en las documentaciones e instrucciones de los fabricantes y procurando familiarizarse con los diversos componentes que estén a su alcance en el trabajo diario.



## 4.7.3. PROCEDIMIENTO PASO A PASO.

Como aclaración del procedimiento explicado en la sección 4.7.1, considero un circuito dado y determinaré la causa probable de alguna de las fallas que supondré han ocurrido en éste -- circuito.

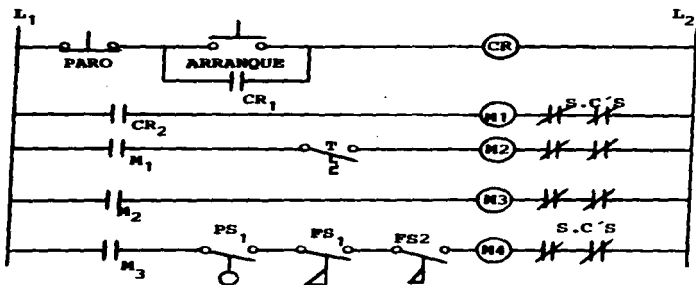


FIGURA 4.1 Circuito de control del compresor de una instalación de acondicionamiento de aire.

La figura 4.1 es el circuito de un compresor perteneciente a un equipo de acondicionamiento de aire. Los componentes que aparecen en el diagrama son los siguientes; la bobina CR es un relé de control. La bobina M1 es el arrancador para la bomba de agua fría. La bobina M2 es el arrancador para la bomba del agua del condensador. La bobina M3 es el arrancador para la bomba de aceite del compresor. La bobina M4 es el arrancador del motor del compresor. El elemento designado por T es un termostato que responde a la temperatura del retorno de agua fría. Su función es

poner en marcha la bomba de agua del condensador cuando su temperatura alcanza un valor predeterminado. El contacto o elemento designado por PS1 es un interruptor de presión del aceite cuya función es parar el compresor si falla la bomba de aceite y también impedir que arranque antes de que se haya obtenido una presión predeterminada del aceite. El elemento FS1 es un interruptor de caudal en el sistema de tubería de agua fría. Su función es impedir que funcione el compresor siempre que no sea suficiente el caudal de agua del condensador en el serpentín.

Ahora supongo que hay que diagnosticar una falla en este circuito. Lo primero que debo hacer es averiguar cuál es la falla que se ha producido en este circuito basandome en las manifestaciones del propietario o del operador. Suponiendo que me informan que la bomba de agua del condensador no arranca como debe entonces, por el estudio del esquema, puedo suponer que la sección del circuito del relevador de control está funcionando correctamente, que el contacto CR2 se cierra y que la bomba de agua fría funciona correctamente. En ésta tercera línea del esquema debe haber algún defecto.

En la verificación de los relevadores se sobrecarga es posible que se determine que no se disparan. Suponiendo que así sea, a continuación verificaré el termostato para comprobar si su contacto se cierra debidamente. A este respecto indico que la determinación del ajuste de este termostato y de la temperatura real del agua me indicará si se debe abrir o cerrar. Supongo que debido al paro de la máquina la temperatura del agua ha aumentado hasta un punto en que es necesario que estos contactos cierren

Entonces lo procedente es inspeccionar el arrancador de la bomba de agua fría para determinar si el contacto M1 se cierra - cuando es activado éste contactor.

Si la inspección de éste arrancador indica que su contacto se cierra correctamente, a continuación se desconectan los hilos de la bobina M2 y se aplica un ohmetro a la bobina para determinar si su conductor está o no abierto. Por el análisis precedente es casi seguro que ésta bobina esta cortada y en este ejemplo supongo que así ocurre. Antes de cambiar esta bobina, debe ser - examinado el arrancador en cuanto se refiere al funcionamiento - mecánico.

Es una buena práctica checar la tensión de alimentación en los extremos de los hilos que alimentan a esta bobina antes de - ponerla en servicio. Esto se puede hacer conectando un voltmetro entre los extremos de dichos hilos y haciendo que el circuito de control funcione hasta este punto. Si la tensión es excesivamente baja o la tensión es excesivamente alta, habrá que determinar la causa de este defecto. De lo contrario, se puede quemar la -- nueva bobina.

Ahora supongo que este circuito no funciona mal en lo que a esto respecta, y que según informes del operador o propietario todo funciona bien excepto el compresor. Entonces activo el circuito y se observa su secuencia para determinar donde esta la falla. Se debe comprobar que el relevador de control funciona, la bomba de agua fría arranca, la bomba de agua del condensador arranca y también la bomba de aceite del compresor arranca.

Supongo que aquí termina la secuencia y que el compresor no

funciona correctamente. Se examina nuevamente el circuito correspondiente a M4 y se encuentra que posee un contacto accionado -- por el contactor de la bomba de aceite que puede ser la causa de la falla, así como también un interruptor de presión y dos interruptores de caudal. Nuevamente se debe determinar cual de éstos componentes no funciona correctamente. Si estos componentes son fácilmente accesibles, la inspección visual de cada uno de ellos puede revelar inmediatamente cuál es el defectuoso. Sin embargo, si son inaccesibles, un buen procedimiento a seguir es desconectar el circuito de control para determinar si llega la tensión a la bobina, descartando así la posibilidad de que la falla este en la bobina.

Supongo que el contacto M3 funciona adecuadamente y que además se ha comprobado. También se ha comprobado que los dos interruptores de caudal funcionan correctamente y que sus contactos cierran. Entonces lo único que queda por verificar es el interruptor de presión. En algunos casos puede ser necesario volver a calibrar los interruptores de presión con presiones conocidas para comprobar que funcionan con los valores de ajuste indicados en sus tablas. Nuevamente lo siguiente es inspeccionar físicamente y determinar la causa real de que no funcione esta parte correctamente.

## CAPITULO 5 INTRODUCCION AL CONTROL ESTATICO.

## 5.1 GRNERALIDADES.

Con el desarrollo de los métodos electrónicos para el control de la maquinaria rotativa, ha coincidido la introducción de los dispositivos de conmutación estáticos electrónicos y elementos lógicos de calculadoras.

Dichos elementos estáticos emplean diodos, transistores, SCR FET'S y amplificadores magnéticos como interruptores. No poseen partes móviles ni contactos mecánicos, dichos dispositivos estáticos poseen las ventajas de operación muy rápida, larga vida, mayor seguridad de control de funcionamientos, tamaño reducido - del equipo de control, y la relativa facilidad con la que pueden ser acoplados a los tableros para el control del proceso automático en asociación con la programación de cintas magnéticas.

La aplicación de control estático a los requisitos de control del motor tiende a simplificar la manera en que pueden proyectarse los circuitos y sistemas de control. Realmente, todas las funciones básicas provistas de pulsadores y relevadores pueden duplicarse mediante elementos lógico-estáticos específicos. Un "elemento" es un circuito electrónico capaz de realizar una función lógica determinada.

Se describen cinco funciones lógicas y sus elementos seguidos de variaciones más complicadas. Estas funciones básicas son la OR, AND, NOT, MEMORIA Y RETARDO respectivamente.

## 5.2 FUNDAMENTOS DE CONTROL ESTÁTICO.

La primera palabra del lenguaje estático es "Y". Para comprender el significado de esta palabra es necesario mencionar -- que todos o casi todos los elementos lógicos tienen entradas múltiples y solo una salida normal. Esto es precisamente lo contrario a un relevador que sólo puede tener una entrada, la bobina y en cambio puede tener varias salidas, los contactos.

Tomando el símbolo de la figura 5.1, se observa la forma usual del símbolo "AND" (Y). La condición para que el elemento Y proporcione una señal de salida es que debe estar aplicada, simultáneamente, una señal a cada entrada. Es decir, en la figura 5.1 debe haber una señal presente en A, B y C para que en F aparezca la señal de salida. La pérdida o falta de cualquiera de las señales de entrada provocará que se pierda la señal de salida.



FIGURA 5.1 Símbolo función AND. FIG. 5.2 Símbolo función OR

La segunda palabra del lenguaje estático es la OR (o). La forma común del símbolo lógico está representada en la figura 5.2. La condición para que el elemento lógico OR proporcione una salida lógica alta (1) es que se aplique un nivel alto de voltaje a una sola o más a sus entradas. Es decir, en la figura 5.2 aparecerá un nivel alto en "F", si es aplicado un nivel alto de voltaje a "A", a "B", o a "C", o a una combinación de ellas.

La tercera palabra del lenguaje estática es NOT ó NOR. El símbolo se representa en la figura 5.3. El requisito de un NOT es que exista nivel alto de salida cuándo y sólo cuándo no exista en su entrada. El NOR es simplemente un NOT de entrada múltiple y hay nivel alto en la salida sólo cuando no exista nada en todas sus entradas. Bastará aplicar un nivel alto en una o más entradas del elemento NOR, para que se anule el nivel alto de salida.

Una tercera forma de elemento lógico de entrada negativa análogo al NOT ó al NOR es el NAND. En un elemento lógico NAND existirá un nivel alto de salida (1) cuando alguna, o todas las entradas tengan un nivel bajo (0). Para que desaparezca el nivel alto de salida es necesario que todas las entradas reciban un nivel alto. Ver figura 5.4.



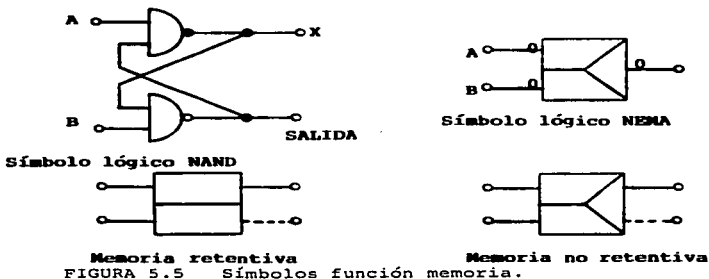
FIGURA 5.3 Función NOT y NOR.



FIGURA 5.4 Símbolo función NAND.

La cuarta palabra del lenguaje estático es MEMORIA. Los símbolos del elemento lógico memoria están representados en la figura 5.5 La línea de trazos indica la salida NOT de la memoria. El elemento memoria recuerda la condición de su salida en tanto que no se desconecte la fuente de alimentación. El elemento memoria retentiva recuerda el estado de su salida incluso aunque se produzca un fallo en la alimentación. Esto se parece a la acción de un interruptor manual que recuerda mecánicamente la posición en que ha sido colocado.

La memoria no retentiva recuerda el estado de su salida -- mientras no se corte el suministro de energía en cuyo caso pasa siempre al estado de desconexión. Esto es análogo a la acción de un contactor accionado por pulsadores de paro, marcha y contacto auxiliar de sostenimiento, que al apretar el pulsador de marcha, el contactor cierra y sigue cerrado mientras no se pulse el de paro. Pero si por alguna razón o causa fallara la alimentación -- de su bobina, se desconectaría.





La quinta palabra del lenguaje estático es RETARDO. Los símbolos elementales se representan en la figura 5.6. La función retardo es obtener un nivel alto de salida después de un tiempo dado de haber excitado su entrada. Esta función se denomina de acción diferida posterior a la excitación. Los elementos de retardo se pueden construir de modo que el tiempo de retardo se refiera a la desexcitación según requieran las funciones del circuito. Los símbolos de la figura 5.6 ilustran las formas comunes de los elementos lógicos de retardo.

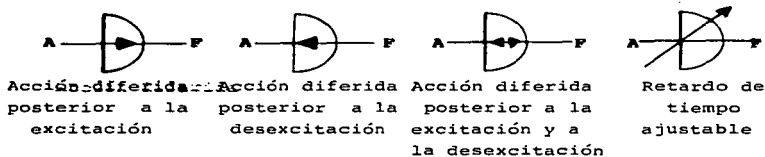


FIGURA 5.6 Símbolo función retardo.

### 5.3 PROYECTOS DE CIRCUITOS LOGICOS.

Cualquier explicación del control de una maquina se puede expresar en términos de relaciones lógicas de cada función. Por lo tanto, un sistema de control se descompone en funciones básicas lógicas. El proyectista de los circuitos básicos convencionales de control puede no darse cuenta de esto, pero el exámen de las etapas o fases progresistas en la elaboración o desarrollo de un circuito pone en evidencia que la técnica de la función lógica es realmente el método utilizado para determinar el diseno del circuito.

Se tomará como ejemplo un circuito cuyo requisito sea que una bobina "M" se excite cuando se cierra un interruptor de presión PS<sub>1</sub>, o un interruptor de límite o de carrera LS<sub>1</sub>. Si éste circuito se proyectase para control magnético, sería como el representado en la figura 5.7. La proposición lógica de éste circuito es: La bobina se excitará cuando PS<sub>1</sub> ó LS<sub>1</sub> se cierren. Por consiguiente el elemento lógico deberá ser del tipo OR de dos -- entradas, tal como se indica en la figura 5.8. Deberá ser necesario insertar un amplificador entre el elemento OR y la bobina M a fin de elevar el nivel de potencia lo suficiente para excitar a "M".

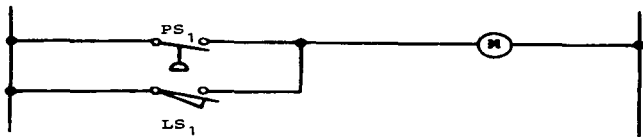


FIGURA 5.7 Circuito de control electromecánico.

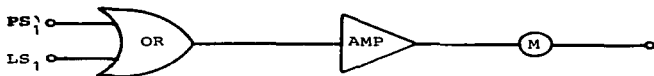


FIGURA 5.8 Circuito básico de control lógico.

Suponiendo que se agrega al circuito de la figura 5.8 la condición de que la bobina "M" sea excitada por PS1 o LS1 sólo cuando estén cerrados los contactos T1 y T2. El circuito tendrá que ser modificado y resulta el que se muestra en la figura 5.9.

La función lógica que se ha utilizado puede ser enunciada así; las salidas del elemento OR y de T1 y T2 deben suministrar todas ellas simultáneamente un nivel alto (1) para que "M" pueda ser excitado. Obviamente esto supone el uso de una unidad o elemento AND de tres entradas, como se muestra en la figura 5.9.

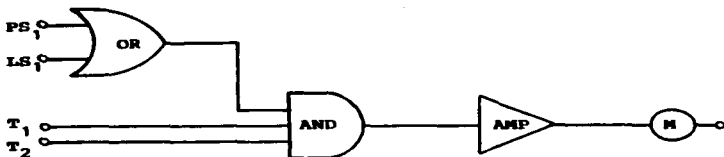


FIGURA 5.9 Primera adición al circuito lógico.

Una ampliación posterior del circuito lógico de la figura 5.9 podría incluir lo siguiente como proposición lógica total; la bobina "M" debe ser excitada cuando PS1 o LS1 Y T1 y T2 estén cerrados, y sólo si no existe un nivel alto que provenga de T3 o T4. Los requisitos lógicos asignados a T3 y T4 indican el uso de un elemento NOR, ya que la presencia de un nivel alto de salida del elemento AND del circuito de la figura 5.9 debe ir acompañada de la falta de señal proveniente de T3 y T4. El circuito para las nuevas especificaciones es el de la figura 5.10.

Analizando el circuito de la figura 5.10 en cuanto a su funcionamiento, se observa lo siguiente; Si PS1 está cerrado pero LS1 está abierto, todavía habrá un nivel alto de salida del elemento OR. Si T1 y T2 están cerrados, estarán completas las entradas necesarias para el elemento AND, proporcionando una entrada al segundo elemento AND. Si T3 y T4 están abiertos, habrá un nivel alto de salida desde el elemento NOR. El segundo elemento AND tiene ahora una salida, y la bobina está excitada. Ahora se verá lo que ocurriría si T3 se cerrara, proporcionando una entrada al elemento NOR. El resultado de que T3 proporcionara una entrada al elemento NOR será que éste perderá su nivel alto de salida. Puesto que el segundo elemento AND tiene ahora sólo un nivel alto de entrada, ya no proporcionará un nivel alto de salida. El amplificador no será excitado y por lo tanto tampoco excitará a la bobina "M".

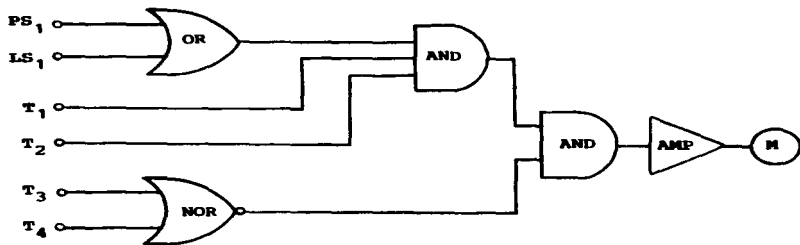


FIGURA 5.10 Segunda adición al circuito.

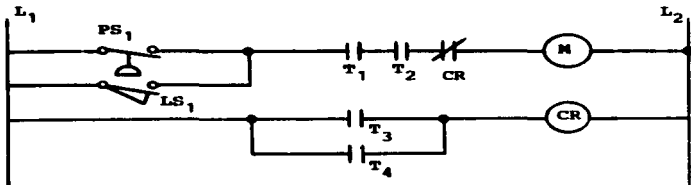


FIGURA 5.11 Circuito equivalente al circuito lógico final.

El circuito de control tipo tres hilos al que me he referido en el capítulo de los circuitos de control con relevadores y contactores se puede representar y realizarse en el circuito lógico mediante el uso de realimentación. El esquema del circuito electromagnético y el esquema lógico equivalente se presentan en la figura 5.12. Para comprender el funcionamiento del esquema lógico, considero que se puede suministrar un nivel alto de entrada al elemento AND mediante el pulsador de parada. Cuando el pulsador arranque esté pulsado, suministra la segunda señal de entrada al elemento AND con lo que se consigue un nivel alto de salida. Una vez obtenida ésta salida, el anillo de realimentación -- continúa suministrando la señal de entrada aunque se libere el pulsador de arranque. Esto es equivalente a la acción del contacto auxiliar de mantenimiento o sostenimiento en paralelo con el pulsador de arranque en el circuito electromagnético. Si se aprueba el pulsador parada, al dejar de recibir una de las señales de entrada el elemento AND, éste deja de suministrar una señal de salida eliminándose la realimentación al mismo tiempo, y el circui-

to queda en su estado de reposo o de desconexión y aunque el pulsador de paro vuelva a su posición cerrada, hasta que no se accione el de arranque no vuelve a obtenerse un nivel alto de salida en el elemento AND.

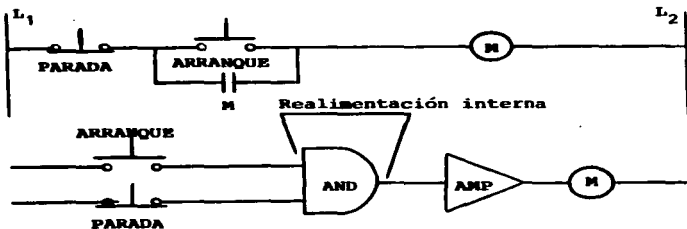


FIGURA 5.12 Circuito de control electromagnético y su equivalente lógico.

#### 5.4 APLICACION DE LOS ELEMENTOS ESTATICOS.

Cualquier sistema de control se puede dividir en tres secciones básicas (figura 5.13). Los dispositivos detectores o sensibles tales como pulsadores, interruptores de límite y termostatos, constituyen la sección que capta la información. Cuando sea captada la información, debe ser utilizada para decidir lo que debe hacer el sistema. En los circuitos electromagnéticos, ésta sección contiene principalmente relevadores. Una vez obtenida -- una decisión basada en la información captada, el sistema debe -- actuar por sí mismo apropiadamente. La sección de acción del --

sistema de control se compone del dispositivo o dispositivos finales de salida, tales como arrancadores de motor, lámparas indicadoras y contactores.

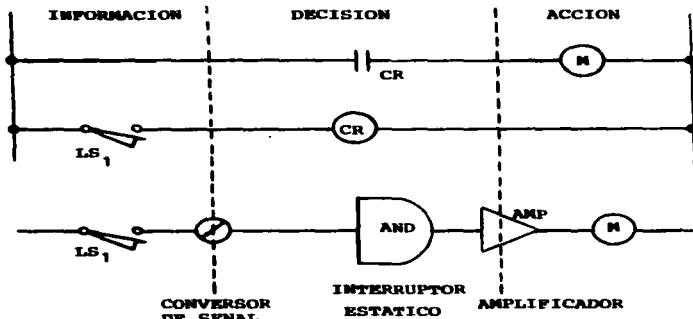


FIGURA 5.13 Las tres secciones básicas de los circuitos de control.

El control estático en su forma digital (circuitos lógicos) es aplicado principalmente a la sección de decisión del sistema de control. Los elementos lógicos son dispositivos de baja tensión y baja potencia, por lo que requieren convertidores de señal, llamados también entradas primarias, para reducir la alta tensión que es necesaria en la sección detectora a los valores apropiados apropiados para las señales lógicas. También requiere amplificadores para obtener, a partir de la baja potencia de un elemento lógico, la potencia requerida, por la sección accionadora del sistema.

La sección de información del circuito de control puede ser de construcción completamente estática empleando detectores tales como interruptores de proximidad de límite. Lo más probable es que ésta parte contenga los conocidos dispositivos del tipo de contacto que se encuentran en el control electromagnético. La abertura y el cierre de los contactos se puede utilizar como entrada directa para los elementos lógicos, siempre que se emplee un valor correcto de corriente continua a baja tensión. Pero entonces la acción de los contactos puede no ser segura a causa de que la tensión no es suficientemente alta para superar la resistencia de las superficies de los contactos si están sucias. La tensión utilizada en la sección detectora debe ser reducida y algunas veces convertida de corriente alterna en corriente continua por medio de un convertidor de señal de entrada primaria - (figura 5.14). Este convertidor de señal debe estar montado tan cerca como sea posible de los elementos lógicos para reducir los problemas de ruido.

El convertidor de señal de corriente continua de la figura 5.14a, es un sencillo divisor de tensión utilizado para rebajar el valor de la entrada de corriente continua hasta el valor correcto. Este tipo de convertidor es quizá el más empleado por su bajo costo y alta eficiencia.

El circuito mostrado en la figura 5.14b es un convertidor de señal de corriente alterna con rectificador que se mejora considerablemente al agregar un circuito filtro en su salida.



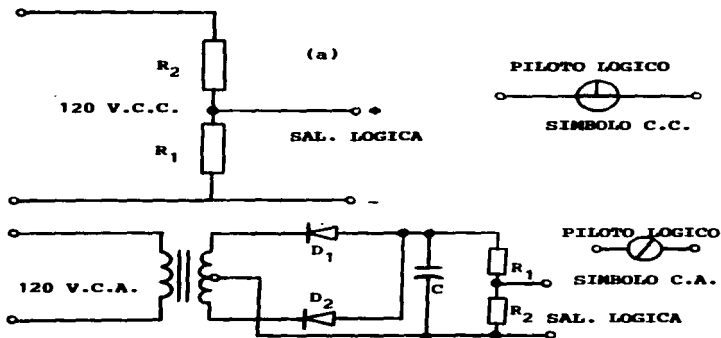


FIGURA 5.14 Convertidores de señal y sus símbolos.

Los elementos de la sección de acción del circuito de control están situados donde se realiza el trabajo, es decir, donde se consume o conmuta la potencia. Cuando la acción necesaria es encender una lámpara piloto, la potencia puede ser de 1 o 2 W. Cuando sea necesario activar un gran contactor, la potencia necesaria será mayor. El elemento lógico es por construcción un dispositivo de miliwatts y por consiguiente no puede conectar o desconectar directamente tales cargas. Los amplificadores estáticos se utilizan para conmutar directamente cargas de hasta varios cientos de Watts o activar relevadores y arrancadores de potencias mayores.

La sección de decisión del circuito de control es la principal aplicación de los elementos lógicos. Hay que recordar que la

entrada del circuito lógico es ajustada por el convertidor de señal en el valor más apropiado, y que el amplificador convierte la señal lógica de salida para que se adapte a la carga.

#### 5.5 DESARROLLO DE ESQUEMAS LOGICOS.

En la primera fase del desarrollo de un esquema lógico se convierten las especificaciones en proposiciones lógicas. Cada proposición lógica es equivalente a una línea del diagrama explicativo o de escalera.

En la segunda fase se representa cada secuencia o proposición en forma de símbolo lógico.

En la tercera fase se integran y conectan entre sí las secuencias individuales cuando sea necesario instalar o proveer una unidad completa de control.

En la cuarta fase se examina el circuito total para comprobar que pueden ser combinadas todas las funciones a fin de reducir al mínimo el número de elementos lógicos necesarios.

En la quinta fase se revisa el circuito por sí hubiera incompatibilidades, siempre posibles, entre las secuencias y para comprobar que el circuito en conjunto satisface las especificaciones propuestas.

#### 5.6 PROYECTO CIRCUITO # 1

Las especificaciones para éste circuito son las siguientes; debe ser activada una válvula solenoide (SOL) siempre que se apriete un botón pulsador normalmente abierto (N.C.) PB1, independientemente de las otras entradas, o siempre que se cierren el

interruptor de presión PS1 y el termostato T1 y se abran el interruptor de presión límite PS2 y el termostato de temperatura límite T2.

En la primera fase se hace la conversión a proposiciones lógicas. La primera lógica es: SOL se excitará cuando se cierren PB1 o PS1 y T1. El diagrama lógico de esta proposición está representado en la figura 5.15a. La segunda proposición lógica es: La proposición 1 será verdad sólo si PS2 y T2 no están excitados. Esta proposición impone una función NOT a continuación de una función OR como se indica en la figura 5.15b. Ahora quedan completadas las dos fases iniciales del proyecto. En la tercera fase se combinan las proposiciones en el diagrama lógico tal como se muestra en la figura 5.15c. En la cuarta fase se combinan los elementos lógicos donde sea posible y se simplifica el circuito, lo que se puede hacer en este caso empleando una compuerta OR con salida NOT incorporada (es decir, un elemento NOR) como se ve en la figura 5.15d.

En la quinta fase se analiza el circuito para cerciorarse de que realizará las funciones especificadas. En la figura 5.15d se ve que cuando está cerrado PB1 este proporciona una entrada a la unidad OR a través de un convertidor de señal. La unidad OR con sólo tener señal en una de las entradas proporcionará señal de salida, que aplicada al amplificador proporcionará la potencia necesaria para accionar la válvula solenoide, con lo que se satisfacen las especificaciones correspondientes a PB1.

Si PS1 está cerrado pero T1 está abierto, sólo habrá una señal de entrada en el elemento AND, por lo tanto no dará señal de

salida. Si T1 está cerrado mientras PS1 lo está también, habrá dos entradas excitadas en AND, pero no producirá señal de salida a no ser que el elemento NOR suministre la señal necesaria a la tercera y última entrada del elemento AND.

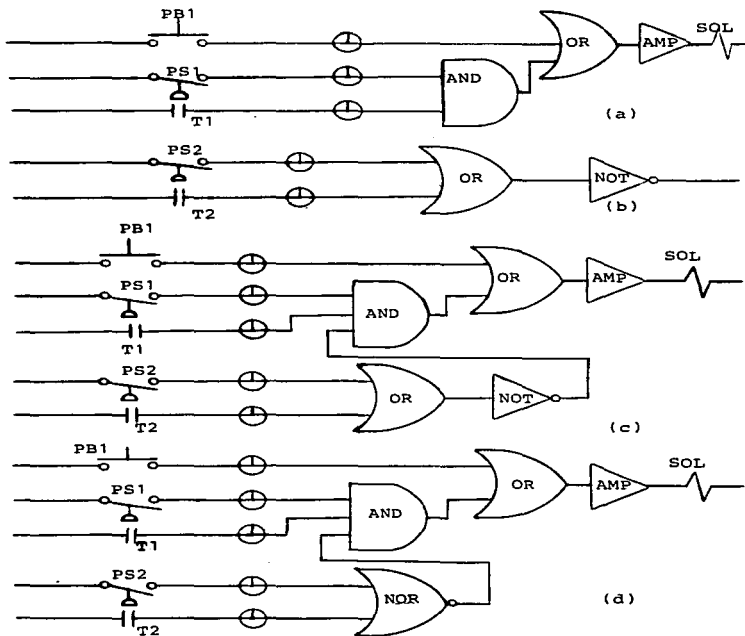


FIGURA 5.15 PROYECTO DEL CIRCUITO 1.

## 5.7 PROYECTO CIRCUITO # 2.

La finalidad de éste circuito es el control secuencial de - velocidades de un motor con tiempo definido. El motor debe ser - arrancado en su primera velocidad mediante el pulsador arranque 1 y se puede pasar a la segunda velocidad por medio del botón -- arranque 2, siempre que haya transcurrido un tiempo dado tal que haya permitido llegar a la estabilización de la primera veloci-- dad. Luego se puede pasar a la tercera velocidad mediante el botón arranque 3, después de un retardo de tiempo. El pulsador parada ocasiona el paro del motor cualquiera que sea la velocidad en que esté funcionando.

La proposición lógica para la primera velocidad es:funciona cuando el pulsador arranque está cerrado y el de parada lo está también. Será necesaria una memoria a causa del contacto momentáneo del pulsador arranque.

La proposición lógica para la 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> velocidad es:funciona cuando está cerrado el pulsador arranque y ha transcurrido el interválo correspondiente al retardo fijado de tiempo desde que se ha introducido la 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> velocidad, respectivamente. En la figura 5.16 está representado el circuito completado. Las salidas - NO de las memorias se utilizan para eliminar cada una de las velocidades inferiores cuando sea necesario.



### 5.8 EQUIVALENCIA DE CIRCUITOS LOGICOS Y CIRCUITOS CON RELEVADORES.

Varios contactos normalmente abiertos (figura 5.17a) conectados en serie pueden quedar representados por el circuito lógico equivalente AND (figura 5.17b). Algunas veces es necesario hacer uso de más de un elemento AND para obtener el número necesario de entradas. La figura 5.17c y d muestra cómo se pueden conseguir nueve entradas cuándo sólo se dispone de elementos AND de tres entradas.

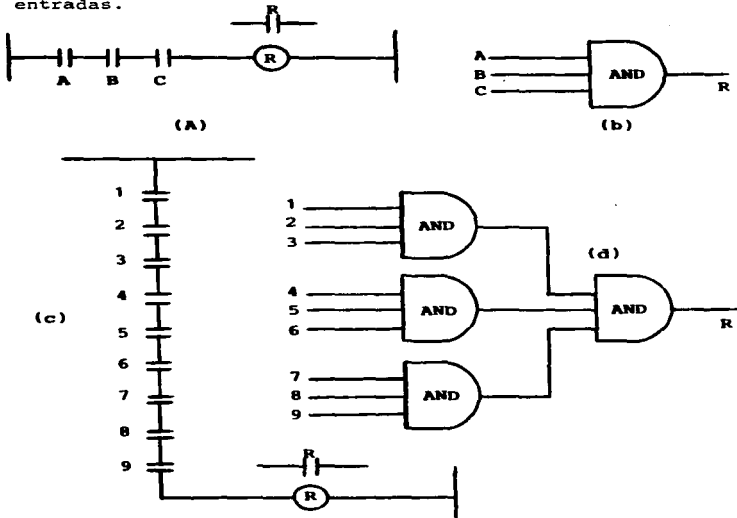


FIGURA 5.17 Circuito con relevador equivalente al AND lógico.

El equivalente lógico de contactos de relevador normalmente abiertos en paralelo es el circuito OR de la figura 5.18.

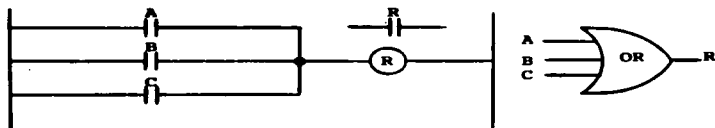


FIGURA 5.18 Circuito con relevador equivalente al OR lógico.

Los relevadores con contactos normalmente cerrados N.C., equivalen a un NOT lógico (figura 5.19a), a un NOR (figura 5.19b) o a un circuito NAND (figura 5.19c), según el número de contactos y el modo de estar éstos conectados.

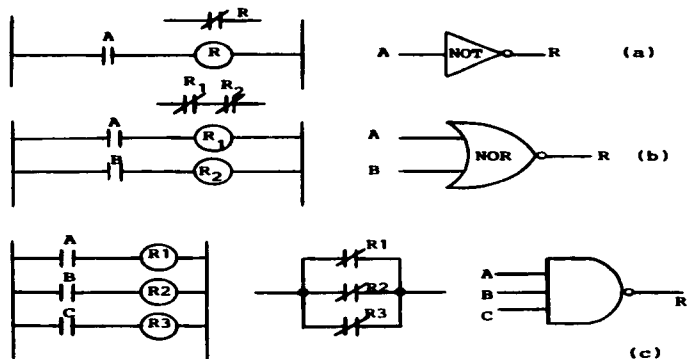


FIG. 5.19 Circuitos con relevadores equivalentes al NOT, NOR y NAND.



El control y protección de motores eléctricos es quizá la parte medular que requiere más atención y cuidado en los grandes centros de trabajo debido a los niveles de automatización que de ellos se desprenden. Hablar de control es sinónimo de automatizar, los niveles de control van desde un control sencillo hasta un control complicado y a la vez sofisticado, se puede indicar por ejemplo: el control de un motor eléctrico que impulsa una bomba de agua, como un control sencillo que incluye únicamente un par de botones para arranque y paro, un contactor y quizá un interruptor de flotador como dispositivo de seguridad o paro automático, y como un control sofisticado el de toda una línea de proceso en serie o alguna máquina en general - en el que se incluyen contactores, relevadores, válvulas neumáticas y/o hidráulicas, botones pulsadores, selectores, válvulas solenoides, temporizadores, etc., que se combinan en un gran circuito de control que dirige la operación y funcionamiento de un equipo en especial.

Es de gran importancia conocer al máximo el equipo o maquinaria al que se le va a controlar, porque de ello depende que el o los circuitos de control se elaboren y apliquen adecuadamente y además sean funcionales y confiables.

Una de las principales ventajas de los circuitos de control es que, una vez que se han adaptado e instalado adecuadamente ofrecen una automatización total, lo que provoca eliminar mano de obra directa, reducir costos de producción, tiempos muertos y facilita las labores en el diagnóstico de fallas y mantenimiento.

Se debe tener en cuenta, además de la protección y seguridad de la máquina y sus componentes, la seguridad personal al instalar los circuitos de control, éstos deben ofrecer confiabilidad y seguridad al operar.

El riesgo de operar un equipo al cual el circuito de control no protege adecuadamente es alto, tanto para el equipo como para el personal encargado de operarlo y para el personal de mantenimiento, debe tenerse en cuenta que una leve sobreco-- rriente en el circuito tiene que ser capaz de interrumpir el - ciclo de trabajo, y ésta nunca debe fugarse a tierra a través del equipo porque si el operario está sujeto a él, recibe directamente la descarga, que si es de gran magnitud, puede ser - fatal.

El contenido del presente trabajo tuvo como objetivo presentar las diferentes etapas que conllevan a proteger y controlar motores eléctricos de corriente alterna, en el se hizo mención a los elementos que intervienen en la protección y por su puesto en el control. Así mismo, los diferentes tipos de control de motores y los medios necesarios para hacerlo.

Se mencionaron también las diferentes maneras de arrancar motores eléctricos jaula de ardilla a tensión reducida y además de analizar cada uno por sus características y confiabilidad.

Es importante indicar una vez más, que la seguridad personal y de los equipos debe estar presente siempre que se trabaje con equipos eléctricos, en especial en aquellos en que no hay forma de bloquear o desconectar totalmente al realizar un diagnóstico o llevar a cabo una reparación de emergencia.

Dado lo amplio que puede ser hablar de control y lo extenso del campo de aplicación, quizá al realizar éste trabajo olvidé mencionar algunos puntos de importancia, acepto los comentarios y sugerencias, pero puedo decir que en cuanto a lo expuesto y lo que se encuentra instalado en la industria, en forma particular, no hay enorme diferencia, sólo es cuestión de comprender correctamente los principios de funcionamiento y operación de cada elemento en forma individual y a partir de esto, desarrollar los sistemas de control.

Cabe mencionar, para toda aquella persona que se interese por lo aquí expuesto, que es importante que se documente con la literatura que ofrecen los fabricantes de equipo eléctrico y además que visite exposiciones y si puede visitar plantas industriales serán de gran ayuda para su formación profesional.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Electricidad, Fundamentos y Aplicaciones.  
Autor: Robert L. Shrader Ed. Diana
- 2.- Control de Motores Eléctricos.  
Autor: Walter N. Alerich Ed. Diana
- 3.- Manual del Instalador de Motores Eléctricos.  
Autor: José Ma. Paredes Ed. Limusa
- 4.- Manual del Montador Electricista  
Autor: T. Croft, C.C. Carr, J.H. Watt Ed. Reverté
- 5.- Manual de Equipo Eléctrico Square D.  
Autor: Square D. de México S.A. de C.V.
- 6.- Manual de Equipo Eléctrico y Electrónico.  
Autor: Coyne Electrical School. Ed. Idem