

PLANIFICACION Y DISEÑO
DE UN LABORATORIO
DE CONTROLES INDUSTRIALES



"D-6693"

TESIS DE GRADO PARA OPTAR
EL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRICIDAD

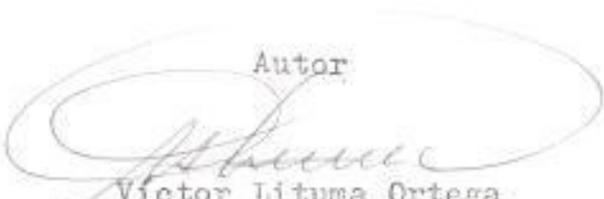
POR

VICTOR APARICIO LITUMA ORTEGA

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

Guayaquil, Septiembre de 1974

Autor



Victor Lituma Ortega

Director



~~Ing. Pablo Ortiz San Martín~~

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis corresponden exclusivamente al autor.

(Artículo 6 del Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.)

El Patrimonio Intelectual de esta Tesis de Grado corresponde a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

(Artículo 21 del Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.)

El desarrollo y culminación de la presente tesis, ha sido posible, gracias a la contribución capaz y valiosa de los Señores Ingenieros Pablo Ortiz S., Marcelo Jaramillo A. y Manuel Medina M.

A MIS PADRES Y

A MI ESPOSA

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE ILUSTRACIONES | viii |
| LISTA DE TABLAS | x |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. METODOLOGIA PARA LA PRACTICA Y ENSEÑANZA. | 3 |
| A. Fundamentos de los Controles Industriales. | 4 |
| B. Componentes del Control de Corriente Alterna | 11 |
| Componentes del Control de Corriente Continua. | 29 |
| C. Dispositivos Piloto | 41 |
| D. Diagramas de Circuitos de Control | 49 |
| E. Desarrollo de los Circuitos de Control. | 51 |
| F. Análisis de los Circuitos de Control. | 66 |
| G. Mantenimiento de Controles. | 68 |
| H. Localización de Fallas. | 84 |
| I. Control de arranque de motores de Corriente Alterna | 92 |
| Control de arranque de motores de Corriente Continua. | 105 |
| III. PLANIFICACION DE LAS PRACTICAS. | 119 |
| IV. DISEÑO DE LOS PANELES | 121 |
| V. COMPONENTES Y COSTO DEL TABLERO DE CORRIENTE ALTERNA | 124 |
| COMPONENTES Y COSTO DEL TABLERO DE CORRIENTE CONTINUA. | 133 |
| HOJA DE PRACTICA Y EXPERIMENTOS. | 140 |
| BIBLIOGRAFIA | |

INDICE

| | Página |
|----------------------------------|--------|
| LISTA DE ILUSTRACIONES | viii |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| II-1 | Control manual de un motor | 9 |
| II-2. | Control de un motor | 10 |
| | a) Semiautomático | |
| | b) Automático | |
| II-3 | Relé de control de nivel de líquidos . . . | 48 |
| II-4. | Circuitos de control | 52 |
| | a) Diagrama de alambrado | |
| | b) Diagrama elemental | |
| II-5 | Diagrama de una línea | 53 |
| II-6. | Circuitos de control | 65 |
| | a) Control de 3 alambres | |
| | b) Control de 2 alambres | |
| II-7 | Cálculo de la resistencia de líneas de control | 78 |
| II-8 | Arranque de motores de c.c. | 106 |
| II-9. | Motor Serie | 118 |
| | a) Desplazamiento positivo | |
| | b) Frenado dinámico | |
| IV-1 | Características de los paneles | 123 |
| V-1 | Disposición de los equipos en el panel de corriente alterna | 129 |
| V-2 | Diagrama de una línea del panel de corriente alterna | 130 |
| V-3 | Disposición de los equipos en el panel de corriente continua | 137 |

LISTA DE ILUSTRACIONES (Continuación)

| | | |
|-----|--|-----|
| V-4 | Diagrama de una línea del panel de corriente continua | 138 |
|-----|--|-----|

LISTA DE TABLAS

| Tabla | | Página |
|-------|---|--------|
| 1 | Capacidad en servicio continuo de los Contactores de Corriente Alterna | 19 |
| 2 | Capacidad en servicio continuo de los Contactores de Corriente Continua | 37 |
| 3 | Conexiones para control y fuerza en circuitos de 600 Voltios o menos (tomadas de las normas NEMA) | 64 |
| 4 | Capacidad normal máxima de los dispositivos de protección para circuitos de motores designados con una letra de Código | 73 |
| 5 | Capacidad normal máxima de los dispositivos de protección para circuitos de motores no designados con una letra de Código | 74 |
| 6 | Corriente de las bobinas en los arrancadores Allen Bradley | 80 |

I. INTRODUCCION

El estudio de los Controles Eléctricos Industriales, es de primordial importancia para el conocimiento del Ingeniero Electricista, debido a que en la práctica, estos son de gran aplicación y de vital necesidad para el progreso de la Industria y la Empresa privada.

El estudio teórico y práctico de los Controles Eléctricos y de la maquinaria eléctrica de corriente alterna y corriente continua, están en íntima vinculación, pues, no se puede diseñar un sistema de control para una maquinaria, si no se conoce las condiciones técnicas de funcionamiento de esta maquinaria. En la localización de fallas, la mayoría de las veces, los problemas son de índole mecánica, entonces, el Ingeniero Electricista debe estar preparado para identificarlos con precisión.

Para la realización de esta tesis, fue necesario visitar y conocer muchas industrias del medio, con la finalidad de evaluar con claridad, las deficiencias existentes, en los sistemas eléctricos. En un 90 % de estas empresas, se encontró graves problemas eléctricos, que diariamente producen fallas y daños que se traducen en pérdidas económicas considerables.

Las instalaciones se han efectuado sin ninguna planificación, no hay diseño alguno de los sistemas de fuerza ni de control; los materiales y equipos empleados, no reúnen las condiciones de seguridad exigidas; no existe protección para los circuitos, ni para los motores; no hay mantenimiento preventivo, y lo que es mas grave, están a cargo de elementos que ignoran la materia.

Las circunstancias expuestas . imponen la imperiosa necesidad de formar profesionales especializados, que contribuyan en forma inmediata a mejorar el rendimiento de la producción y paralelamente, al surpimiento socio económico del País.

El objetivo principal de esta tesis, es el de colaborar en la preparación de los futuros profesionales, proporcionando un texto de consulta para los estudiantes. Al mismo tiempo, se trata del diseño de un Laboratorio de Controles Industriales, para la práctica y aplicación de los conocimientos en controles de corriente alterna y corriente continua. Se efectuan todos los experimentos relacionados con controles básicos fundamentales, cada uno consta de su guía de práctica con los diagramas correspondientes.

Esta tesis trata exclusivamente de controles industriales para voltajes no superiores a 600 Voltios de corriente alterna y 250 Voltios de corriente continua.

II. METODOLOGIA PARA LA PRACTICA Y ENSEÑANZA

Para la enseñanza de Controles Eléctricos Industriales se ha establecido un método, que permite desarrollar el programa, siguiendo un ordenamiento pedagógico conveniente, dando definiciones correctas y concisas, y anotando datos adquiridos por el autor en investigaciones previas a la realización de la tesis.

Los símbolos y la terminología, son los mismos empleados por la Asociación Norteamericana de Fabricantes Eléctricos (NEMA), pero son aplicados al español exclusivamente.

Las prácticas iniciales de Laboratorio, se efectúan en base al estudio de la parte teórica correspondiente y al desarrollo previo de los circuitos de control básicos, con la finalidad de preparar al alumno, para que en lo posterior pueda realizar con facilidad circuitos adicionales más complejos o problemas de examen.

Es fundamental, que se complemente la enseñanza, con el estudio de diversos catálogos de Controles Eléctricos Industriales.

El programa consta de los siguientes artículos:

- A. Fundamentos de los Controles Industriales.
- B. Componentes del Control.
- C. Dispositivos Piloto.
- D. Diagramas de Circuitos de Control.
- E. Desarrollo de los Circuitos de Control.
- F. Análisis de los Circuitos de Control.
- G. Mantenimiento de los Controles.
- H. Localización de Fallas.
- I. Control de Arranque de Motores.

A. Fundamentos de los Controles Industriales.

Una maquinaria moderna se la puede analizar dividiéndola en tres partes:

1. La máquina misma, que es diseñada para un trabajo específico.
2. El motor, que es seleccionado de acuerdo a los requerimientos de la máquina . Estos son:
 - a. Carga
 - b. Tiempo de servicio
 - c. Tipo de operación
 - d. Características de la red de suministro.
3. El Sistema de Control Eléctrico, objeto de este estudio

El Sistema de Control Eléctrico, se diseña de acuerdo a las condiciones de operación de la maquinaria y de sus motores. El estudio correcto de las condiciones de operación, permite aplicar en forma adecuada los conceptos básicos del Control Eléctrico y por consiguiente diseñar un sistema adecuado, el cual es factor fundamental para el buen funcionamiento de la maquinaria y para la protección de los motores.

En la práctica, existen maquinarias sumamente simples, que imponen asimismo el empleo de un circuito de control eléctrico sencillo, en el que la protección de los motores no es imprescindible. Tenemos el caso de pequeñas máquinas de talleres: tornos, taladros, esmeriles, ventiladores, etc, en ellos se aplica circuitos eléctricos elementales de arranque y paro, usando interruptores o pulsadores sencillos .

En las maquinarias modernas, con complejas secuencias

de funcionamiento automático, el Control Eléctrico ya no es sencillo y en la mayoría de los casos, se combina con el mecánico, constituyendo lo que se conoce como Control Electromecánico.

Para controlar grandes motores, los Sistemas de Control Eléctricos, deben permitir obtener condiciones especiales para el arranque, en función de la carga y de la capacidad del sistema eléctrico general.

Concepto de Control.- Controlar significa gobernar o regular, es decir, que al hablar de Controles Industriales, estamos hablando de gobernar o regular las funciones de una maquinaria industrial y de sus motores.

Aplicado a los motores, el control abarca varias operaciones tales como: arranque, aceleración, velocidad, potencia, protección, inversión de rotación y paro.

Las prácticas de Laboratorio, están encaminadas a estudiar detenidamente cada uno de estos casos, para los cuales se ha previsto el experimento respectivo.

En el estudio del Control Eléctrico, se consideran las siguientes partes fundamentales:

1. Control Manual.
2. Control Semiautomático, y
3. Control Automático.

Control Manual.- es aquella operación que se realiza mediante la intervención de la mano del operador. Este es un tipo de control sencillo, en el que no hay condiciones especiales de operación. El uso de este tipo de Control, está generalizado en arrancadores a pleno voltaje para motores pequeños (ventiladores, extractores, transportadores, soldadoras, bombas, etc.).

La característica fundamental del Control Manual es, que el dispositivo de operación está localizado en el mismo arrancador y puede ser un interruptor, o un pulsador de contacto mantenido o momentáneo. No requiere de dispositivos de mando a distancia, como se muestra en la figura (II-1).

Los arranques manuales a pleno voltaje son diseñados como se explica a continuación:

a. Con pulsadores de contacto mantenido que operan mecánicamente a un arrancador no magnético. Este tipo de Control Manual, ofrece solamente protección contra sobrecargas en el motor, mediante dispositivos térmicos, que desconectan el arrancador cuando hay sobreamperaje. Jamás se debe emplear si se desea proteger al motor contra bajas excesivas del voltaje de línea, esto implica inminente peligro, porque al bajar el voltaje hay un aumento inmediato del amperaje, lo que puede provocar serios daños en las bobinas del motor.

b. Con pulsadores de contacto momentáneo que operan a un arrancador magnético, el que permanece cerrado con la ayuda de un contacto de retención. Con este Control Manual se obtiene protección para el motor, contra sobrecargas y contra bajas excesivas del voltaje de línea.

c. Con pulsadores de contacto permanente, que operan a un arrancador magnético, sin la ayuda del contacto de retención. Con este control se obtiene protección contra sobrecargas para los motores.

En el caso de pérdida o bajas del voltaje de línea, el arrancador se desconecta momentáneamente, restableciéndose luego, si el voltaje vuelve a su valor normal.

Otra aplicación del Control Manual son los arranques a voltaje reducido usados en motores de gran potencia. La reducción del voltaje puede obtenerse mediante reóstatos de regulación manual, o con el uso de autotransformadores, que se energizan momentáneamente.

Control Semiautomático.- Los Controles Semiautomáticos se caracterizan porque dan un servicio mucho más ágil que los controles manuales, permiten el uso de diversos componentes de operación manual que son colocados de acuerdo a exigencias determinadas y a funciones especiales de la maquinaria.

Tenemos el caso de motores controlados a distancia mediante pulsadores de " arranque y paro " , conmutadores de cilindro, selectores etc.

Este tipo de Control es el que más se usa con relación al manual y al automático, debido a que en la mayoría de las industrias hay gran cantidad de bombas, compresores, ventiladores, grúas, transportadores, etc, que requieren un control sencillo a distancia (semiautomático), mientras que el manual y automático son casos particulares en menor número que el semiautomático. Figura (II-2.a).

Control Automático.- Se entiende por Control Automático aquel en el que intervienen uno o muchos componentes pilotos de control, estos pueden ser: interruptores de flotador, de límite, de presión, de temperatura, de vacío, de controles de nivel de líquidos, etc. El Control Automático requiere de la intervención de la mano del operador, únicamente para iniciar su operación, el funcionamiento posterior está a cargo de los dispositivos piloto.

Los Controles Automáticos se usan en maquinarias de

producción en serie, que emplean secuencias precisas de tiempo, reguladas por dispositivos de temporización neumática o de aceite, o por relés temporizadores electrónicos precisos. También pueden requerir de diversos interruptores piloto.

Con relés de nivel de líquidos, se controla automáticamente la operación de los sistemas de elaboración, en empresas que elaboran bebidas comerciales.

Compresores de sistemas de enfriamiento, pueden ser arrancados por un simple contacto auxiliar localizado en el arrancador de otro motor, perteneciente a otra maquinaria que necesita del enfriamiento. Este compresor a su vez, tiene sus propios interruptores de presión o de vacío que regulan el paso del líquido refrigerante mediante el cierre o apertura de válvulas tipo solenoide.

La gran utilidad que prestan los Controles Eléctricos Automáticos, exige asimismo, un estricto control de mantenimiento, porque cualquier falla en sus componentes, puede provocar graves inconvenientes y serios perjuicios económicos. Figura (II-2.b).

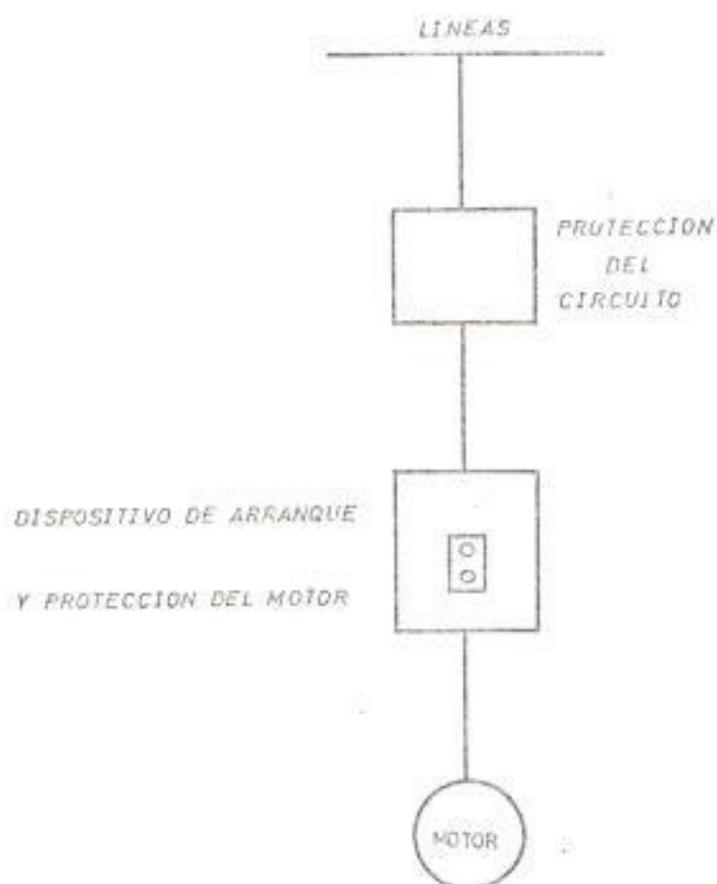


Figura II-1 Control manual de un motor.

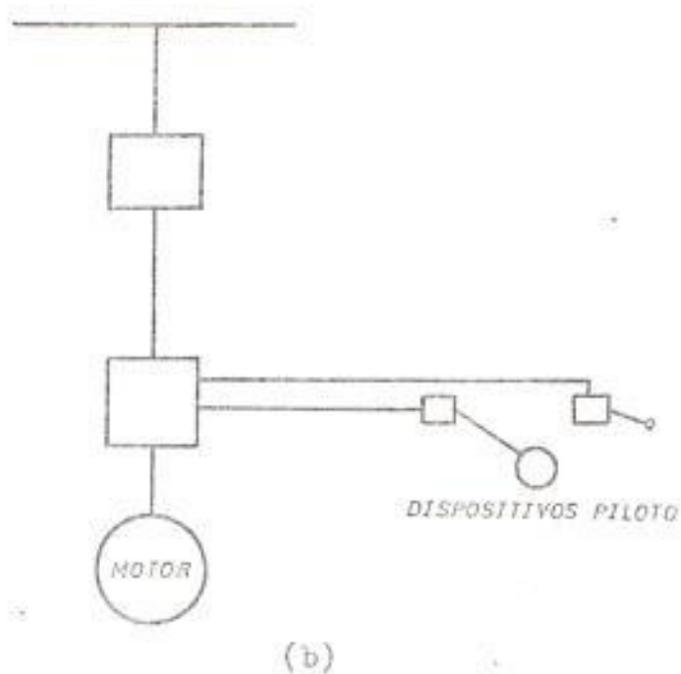
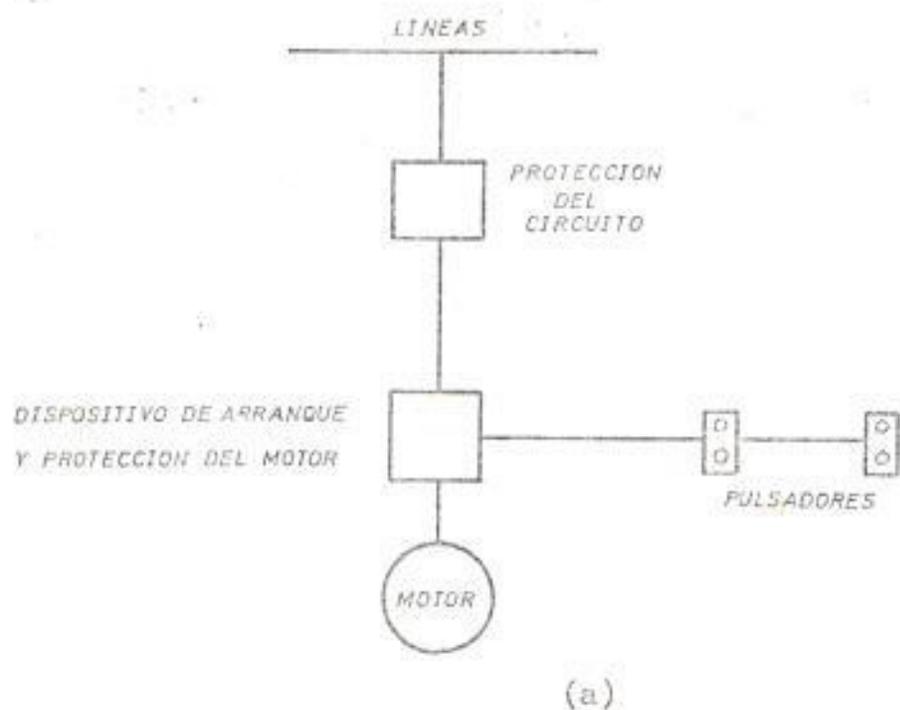


Figura II-2. Control de un motor

a) Semiautomático.

b) Automático.

B. Componentes del Control de Corriente Alterna

Esta parte tiene la finalidad de tratar exclusivamente, de la selección de los componentes principales del control de corriente alterna y que son los siguientes:

1. Interruptores Manuales.
2. Interruptores Automáticos.
3. Contactores.
4. Relés de Control.
5. Relés de Voltaje.
6. Relés de Corriente.
7. Relés de Frecuencia.
8. Relés de Tiempo.
9. Relés de Sobrecarga.
10. Arrancadores.

Los componentes secundarios se conocen como Dispositivos Piloto y son estudiados más adelante.

Los componentes principales se eligen, tomando en consideración las siguientes condiciones generales:

- a. Tipo de Servicio.
- b. Medio Ambiente, y
- c. Observaciones básicas.

Tipo de Servicio.-- Si el trabajo del componente de control es liviano, pesado o continuo, se usará controles para servicio continuo ya sea liviano o pesado.

Si se requiere que el accionamiento de este equipo sea sucesivo por varias miles de veces al día, es necesario seleccionarlo para servicio continuo y de mayor capacidad que la normal, con el fin de que los contactos no se destruyan, al soportar continuamente corrientes de arranque, las cuales son de un valor superior al de las nominales, especial-

mente si el motor es mayor a los 5 H.P.

Medio Ambiente.- Las condiciones impuestas por el medio ambiente, exigen hacer consideraciones especiales, tales como seleccionar equipos a prueba de agua, aceite, fuego, explosión, líquidos corrosivos, etc.

Observaciones básicas.- Por lo expuesto, es muy conveniente disponer de manuales y catálogos de los fabricantes de estos equipos eléctricos, con el objeto de seleccionar los mejores y más convenientes. También se debe unificar en lo relacionado a la marca de los equipos a instalarse, eligiendo los que mayores garantías ofrecen no sólo en cuanto a la calidad, sino también en la provisión local de repuestos. Esto constituye uno de los problemas más serios para poder obtener un buen mantenimiento.

A continuación se describe detalladamente los componentes principales del control de corriente alterna.

1. Interruptores Manuales.- Existen dos clases de interruptores manuales, y son los siguientes:

a. Interruptor de Cuchillas.- Se usan en circuitos de motores de cualquier capacidad y su finalidad es exclusivamente de interrupción.

Estos interruptores no desconectan cuando se presenta una sobrecarga, ni tienen incorporados fusibles u otra clase de protección.

Sus especificaciones son únicamente el voltaje y amperajes máximos que pueden conducir. Así tenemos interruptores diseñados para 120, 600, 1.000 Voltios y para 30, 60, 100, 1.000 Amperios.

b. Interruptores Fusibles.- Son aquellos que tienen incorporados fusibles para proteger al circuito de alimen-

tación a la maquinaria eléctrica. Estos fusibles desconectan el circuito en caso de cortocircuito o sobrecargas violentas.

2. Interruptores Automáticos.- Tienen igual función que los citados anteriormente, con la diferencia de que estos son los apropiados, para proteger al motor y su circuito. Los monofásicos son construidos para 10, 15, 20, 30, 100 Amperios y los trifásicos para 15, 20, 30, 60, 100, 1.000 o más Amperios.

Se fabrican para 220, 600 Voltios de corriente alterna y para 110, 220 Voltios de corriente continua.

Con una sobrecarga anormal se desconectan automáticamente por acción de elementos térmicos bimetalicos, en un intervalo de tiempo que es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente.

También hay interruptores automáticos con protección termo-magnética que se utilizan especialmente en centros de control de motores y desempeñan un papel de primer orden en la protección para cortocircuitos, debido a que la parte magnética viene regulada de fábrica, para disparar con una sobrecarga definida que puede ser hasta 8 veces la intensidad nominal. La parte térmica actúa con elementos térmicos bimetalicos.

Los fabricantes proveen las curvas de operación para los diversos tipos de interruptores automáticos.

Los interruptores automáticos sustituyen con gran ventaja a los fusibles, tanto por su fácil instalación y maniobra, como porque elimina el problema de cambio de fusibles, lo cual constituye una ventaja económica.

Los interruptores monofásicos se utilizan para moto-

res pequeños de corriente alterna y directa, alumbrado, compresores pequeños, herramientas eléctricas, ventiladores, etc.

Los interruptores trifásicos se utilizan en centros de control de motores.

3. Contactores.- Son actuados magnéticamente y se utilizan para conectar todo tipo de cargas tales como alumbrado, resistencias, hornos eléctricos, capacitores y motores de corriente alterna, las cuales no requieren protección para sobrecargas o la tienen en forma separada.

El contactor tipo " solenoide " es el que se ha generalizado y consiste en una bobina construida para un determinado voltaje y ciclaje, montada en un núcleo ferromagnético formado de dos piezas, una fija y otra móvil. En la parte fija están colocados los contactos fijos del circuito; en la parte móvil están los contactos móviles.

Cuando se energiza la bobina, esta cierra el circuito magnético, de tal manera que la parte fija atrae a la móvil cerrando al mismo tiempo los contactos del circuito eléctrico.

Cuando la bobina se desenergiza, los contactos se abren por gravedad.

Los factores que intervienen en el diseño de los contactores son los siguientes:

- a. Capacidad para conducir la corriente.
- b. Ruptura de los arcos.
- c. Presión entre los contactos.
- d. Masa de los contactos.
- e. Radiación.
- f. Superficie de contacto.

a. Capacidad para conducir la corriente.- Los contactos deben tener capacidad para conducir el amperaje deseado en servicio continuo, esto implica considerar la influencia de la temperatura desarrollada sobre la conductividad de los mismos.

El material de construcción de los contactos es una aleación de Plata y Oxido de Cadmio, que es empleado en la actualidad por la mayoría de los fabricantes, debido a su gran duración.

b. Ruptura de los arcos.- Las normas de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), establecen que los contactos para corriente alterna deben ser capaces de interrumpir 10 veces la intensidad de corriente a plena carga. Cuando se abre el contactor, se rompe la continuidad en el paso de corriente en cada polo, apareciendo un arco cuya distancia efectiva es el doble de la distancia entre contactos móviles y fijos. Los contactos están encerrados en cavidades individuales que hacen de pantalla apagachispas, y que sirve para delimitar los arcos aislándolos entre sí. Estas cavidades son de un material aislante resistente al arco.

El arco se extingue por la acción de enfriamiento de las superficies de la cavidad de la cámara.

Cuando se interrumpe una carga, la corriente pasa por cero dos veces cada período. A cada punto cero de la corriente, el arco se extingue momentáneamente. La repetición del arco depende de la distancia entre los contactos y de la tensión que aparece en estos durante el siguiente semi-período. Para una distancia determinada entre contactos, se necesita mayor tensión para establecer el arco que

para mantenerlo.

Los circuitos resistivos son fáciles de interrumpir porque en ese instante, tanto la corriente como el voltaje son cero. No sucede lo mismo cuando se trata de circuitos inductivos, que al interrumpirse, la corriente es igual a cero y el voltaje tiene un valor elevado, debido a esto, puede prolongarse el arco fácilmente.

c. Presión entre los contactos.- La presión entre los contactos debe ser adecuada, pues si ésta es excesiva, cuando el contactor magnético es cerrado este golpea con demasiada fuerza y hay un ligero rebote; cuando esto sucede se produce un pequeño arco que reblandece y quema la superficie de los contactos en los puntos de contacto.

Si regresaran los contactos al mismo punto de rebote, pueden tender a fundirse en una sola pieza, pero, esto es previsto con la armadura magnética del contactor; durante el periodo de rebote, la armadura se ha movido hasta cerrar el núcleo magnético y el soporte de los contactos está en una nueva posición, de tal manera que el contacto es restablecido en otro punto.

d. Masa de los contactos.- Mientras mas grande es el contacto, el calor se disipa en su mayor superficie, sin variar la resistencia de los contactos.

e. Radiación.- Este factor es la energía que será disipada con la elevación de la temperatura, esta radiación será mas intensa mientras mayor sea la superficie de contacto, reduciendo asimismo la temperatura desarrollada.

f. Superficie de contacto.- La superficie de contacto debe estar limpia y libre de óxidos que se forman cuando los arcos voltaicos tienen lugar en el aire entre los con-

tactos , este óxido es un aislante cuando se trata de contactos de cobre, por lo tanto interfieren el paso de la corriente, en cambio si los contactos son de plata, el óxido de plata no es aislante.

Los arcos en aceite producen depósitos de carbón, el cual es un buen conductor pero no tanto como el material original.

Los fabricantes diseñan los contactores con un pequeño movimiento de deslizamiento, cuya acción limpia la superficie de los contactos al momento de cerrarse, asimismo produce desgaste que reduce la duración del contacto, que debe ser limitado por un mínimo movimiento de deslizamiento.

Clasificación de los Contactores.- La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), clasifica a los contactores en base a las siguientes consideraciones: la mayoría de los motores de corriente alterna de uso general, son construídos para soportar 40° C. de temperatura como base. Tienen un factor de servicio de 115 por ciento, lo cual significa que ellos pueden conducir 115 por ciento de su carga nominal sin calentamiento perjudicial, aunque la elevación de su temperatura puede exceder a los 40° C.

Los arrancadores standard para motores, en su mayoría encerrados en cajas, son seleccionados para un 115 por ciento de la carga nominal del motor, pero al mismo tiempo, esta carga no debe exceder de un 90 por ciento de la capacidad del contactor en servicio continuo.

La máxima sobrecarga operacional, que un motor de corriente alterna tipo jaula de ardilla puede imponer a un contactor, es su corriente con rotor trabado, la cual, es

un promedio de 6 veces la corriente nominal. Con el objeto de tener un margen de seguridad, los contactores son diseñados de tal manera que sean capaces de interrumpir hasta 10 veces el valor de la corriente nominal del motor.

En la Tabla 1, se da la clasificación de los contactores de corriente alterna.

4. Relés de Control.- Son del tipo solenoide, sus bobinas trabajan con voltajes pequeños y corrientes muy bajas. Sus contactos son diseñados para soportar únicamente, las pequeñas corrientes de los circuitos de control.

Los relés de control pueden tener uno o más contactos normalmente abiertos o cerrados y su selección se hace en base a los requerimientos del circuito de control.

Los circuitos de control pueden tener voltajes diversos que varían entre 110, 220 y 440 voltios a 50 o 60 ciclos, de igual manera, se dispone de relés de control con bobinas de diversos voltajes y ciclajes.

En los circuitos automáticos, la operación de los relés de control, puede efectuarse con la intervención de dispositivos piloto, que a su vez actúan debido a factores tales como: temperatura, presión, nivel de líquidos, por desplazamientos mecánicos, límite de tiempo, variación de frecuencia, corriente o voltaje del circuito, etc.

La función de los relés de control es notoria, puesto que sirven para accionar circuitos con bobinas que a su vez accionan contactores de elevadas corrientes y tensiones.

5. Relés de Voltaje.- Son del tipo solenoide y operan sus contactos normalmente abiertos o cerrados, únicamente

Tabla 1. Capacidad en servicio continuo de los Contactores de Corriente Alternas.

| Tamaño del Contactador | Corriente | | Potencia en H.P. | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|------------------|--|
| | Nominal (Amperios) | 220 volts | 440 y 550 volts | |
| | | 3 Fases | 3 Fases | |
| 00 | 9 | 1 | 1 | |
| 0 | 18 | 3 | 5 | |
| 1 | 27 | 7 1/2 | 10 | |
| 2 | 45 | 15 | 25 | |
| 3 | 90 | 30 | 50 | |
| 4 | 135 | 50 | 100 | |
| 5 | 270 | 100 | 200 | |
| 6 | 540 | 200 | 400 | |
| 7 | 810 | 300 | 600 | |
| 8 | 1215 | 450 | 900 | |
| 9 | 2250 | 800 | 1600 | |

Magnetic Control of Industrial Motors. Part 1

Tabla 3

Gerhart W. Neumann.

en el instante en que su bobina recibe el voltaje apropiado. Su función es idéntica a la de un contactor y depende de la acción de un dispositivo piloto o de un relé de control, para su operación.

Según el número de contactos normalmente abiertos o cerrados, tienen capacidad para desempeñar múltiples servicios al mismo tiempo, puede controlar dos o más motores, o en un circuito determinado efectuar varias funciones específicas.

Los relés de voltaje se utilizan también para proteger los motores, se conectan entre la armadura y tierra, actuando instantáneamente en el momento en que existe una diferencia de potencial de armadura a tierra, evitando así daños graves en las bobinas del motor.

Las bobinas de los relés de voltaje, son construidas para diversos valores de voltaje y ciclaje.

6. Relés de Corriente.- Son de tipo solenoide y trabajan en función de los diversos valores de la corriente en el circuito de un motor, para lo cual se conectan directamente en serie con las líneas del mismo, en caso de tratarse de corrientes tolerables. Si estas corrientes son elevadas, se usan transformadores de corriente para reducirla a valores permisibles.

Son usados cuando se desea proteger motores que tienen funciones especiales y en los que una sobrecarga debida a obstrucciones en la maquinaria, puede producir graves daños en la parte mecánica y en el motor mismo. Tenemos el caso de transportadores especiales, en los cuales un elemento extraño resistente puede hacer destrozarse sus eslabones, en el tiempo que demora en desconectar el relé de so-

brecarga. Con un relé de corriente de desconexión instantánea debidamente calibrado, se puede evitar estos daños. Se lo ajusta de tal manera que accione después de que la corriente a través de su bobina, alcance el valor suficiente para producir el flujo magnético necesario para su accionamiento.

Para comprender el funcionamiento de estos relés de corriente, es imprescindible conocer los siguientes conceptos:

- a. Corriente de conexión.
- b. Corriente de desconexión.
- c. Corriente diferencial.

Corriente de conexión es el valor máximo que debe alcanzar para poder accionar el relé.

Corriente de desconexión es el valor bajo el cual el relé no puede permanecer accionado, luego de haber alcanzado la corriente de conexión.

Corriente diferencial es la diferencia que existe entre la corriente de conexión y la corriente de desconexión.

7. Relés de Frecuencia.- Son usados en controles de motores de rotor devanado y en los que trabajan en función de la variación de la frecuencia en la corriente rotórica. Estos se usan con el fin de conectar las sucesivas etapas de resistencias adicionales al bobinado rotórico y que controlan automáticamente la velocidad del motor.

También se aplican cierto tipo de relés de frecuencia para arranque de motores sincrónicos, con el fin de conectar la excitación del campo magnético en el momento en que la máquina alcanza una cierta velocidad y de esa manera evitar daños en las bobinas del rotor debido a las altas

corrientes de arranque.

8. Relés de Tiempo.- Su única diferencia con los relés de voltaje radica en que el accionamiento de los contactos, tiene un retardo graduable mediante amortiguación con aire o con aceite. Esta acción puede efectuarse cuando el relé está energizado o cuando está desenergizado.

Cuando el retardo del accionamiento de los contactos se realiza después que la bobina del relé está energizada, se llama T.D.O.E. (Time Delay On Energization), es decir retardo de tiempo después de energizado (R.T.D.E.).

Cuando esta misma acción de retardo de tiempo se efectúa después de desenergizarse la bobina, se llama T.D.O.D. E. (Time Delay On Deenergization), es decir retardo de tiempo después de desenergizado (R.T.D.D.).

Se fabrican varios tipos de relés de tiempo entre los que se puede citar los siguientes:

Relés de tiempo con dos bloques de circuitos que operan con retardo, después de ser energizados o desenergizados.

Relés de tiempo con dos bloques de circuitos, uno de ellos opera luego de energizado y el otro luego de desenergizado.

Relés de tiempo con bloques de contactos de accionamiento instantáneo además de los de retardo.

9. Relés de Sobrecarga.- Los relés de sobrecarga son empleados para proteger maquinarias eléctricas, su empleo junto con los contactores da origen al llamado " arrancador ".

Ellos se clasifican en base a dos principios de operi

ción y que son los siguientes:

a. Principio térmico.- Cuando se produce un incremento anormal de corriente en las bobinas del motor, éstas sufren un aumento de temperatura al igual que los elementos de protección debidamente dimensionados, los cuales por efecto de esta temperatura abren en un momento dado el contacto normalmente cerrado de seguridad, poniendo fuera de servicio al motor.

Para dar la protección adecuada a un motor, se elige el relé de sobrecarga con un rango de acción que incluya el valor de la corriente nominal del motor y se lo gradúa de acuerdo a este valor, de tal manera que cuando se excede de este límite, el relé de sobrecarga entra en acción y desconecta el motor.

El tiempo de desconexión de los relés de sobrecarga es inversamente proporcional al incremento de la corriente, estos desconectan más rápido mientras mayor es la sobrecarga y viceversa.

Cuando la sobrecarga es momentánea, el relé no se desconecta. Los fabricantes construyen estos relés de tal manera que soportan hasta un 10 % más del amperaje que indica la escala del elemento térmico, lo que debe tenerse en cuenta al momento de elegir una protección determinada.

Los relés de sobrecarga que emplean el principio térmico, a su vez se clasifican en dos grupos:

1. El que emplea una aleación eutéctica de bajo y preciso punto de fusión.

2. El que emplea elementos térmicos bimetálicos.

La aleación eutéctica sostiene una rueda dentada; en uno de sus dientes se apoya el mecanismo que mantiene ce-

rrados los contactos se sobrecarga y cuando hay un sobrecorriente, la aleación del elemento se funde permitiendo girar la rueda dentada por efecto de la presión del resorte del mecanismo que está enganchado en ella. Al liberarse este mecanismo, se abren los contactos de protección.

Cuando la aleación se enfría, ajusta la rueda dentada permitiendo restablecer manualmente los contactos de protección.

Estas unidades de protección térmica tienen la desventaja de que cuando la sobrecarga es sumamente violenta, la aleación se corre fuera de su sitio liberando completamente la rueda dentada e inutilizando la unidad térmica.

Los elementos térmicos bimetalicos consisten en dos metales de distinto coeficiente de dilatación térmica longitudinal, están remachados entre sí y son calentados por una bobina enrollada alrededor de ellos; la corriente pasa por la bobina y cuando excede de su valor permisible, calienta el elemento bimetalico produciendo su dilatación y desplazamiento lateral hacia el lado del metal de menor coeficiente de dilatación, accionando el mecanismo de desconexión. El circuito puede ser restablecido una vez que el bimetálico se ha enfriado.

b. Principio electromagnético.- Consiste en una bobina conectada en serie con las bobinas del motor o utilizando transformadores de corriente.

Este tipo de relé de sobrecarga, tiene un dispositivo que retarda su acción de desconexión cuando la corriente que pasa por el motor es la de arranque o cuando existen sobrecargas muy cortas.

Si la corriente de arranque o la sobrecarga subsisten el tiempo de retardo establecido, la bobina levanta magnéticamente la parte móvil del núcleo y abre el contacto de seguridad en el circuito de control del motor.

El mecanismo de retardo tiene varias formas de construcción, una de ellas es la que tiene la parte móvil del núcleo magnético sumergida en un recipiente de aceite, cuando esta se desplaza, para que complete su recorrido antes de cerrar el circuito magnético, tiene que desplazar el aceite a través de unos pequeños orificios en su base, lo que origina un tiempo de retardo antes de desconectar. Estos orificios son graduables y nos permiten regular el tiempo de operación del relé.

El restablecimiento del circuito desconectado, en unos casos se lo hace manualmente y en otros automáticamente.

El número de vueltas y la capacidad de conducción de corriente de la bobina, determinan la clasificación del relé de sobrecarga.

Se construyen relés de sobrecarga que emplean para su funcionamiento los dos principios: el térmico y el electromagnético y se llaman relés de sobrecarga termo-magnéticos.

La parte térmica trabaja con retardo de tiempo de operación, que es inversamente proporcional a la carga y actúa cuando hay sobrecargas que subsisten mayor tiempo.

La parte magnética opera en forma instantánea cuando la corriente en el motor, se eleva a valores superiores que la de arranque, poniendo en serio peligro las bobinas del motor.

10. Arrancadores.- Los arrancadores consisten básicamente en un contactor que posee relés de sobrecarga adicionales. Se usan casi exclusivamente para controlar motores monofásicos y polifásicos.

Los arrancadores construidos por fabricantes norteamericanos bajo las normas y especificaciones NEMA, se clasifican por su capacidad, voltaje, ciclos, fases, para corriente alterna o corriente continua y tipo de construcción de la caja que encierra dicho arrancador. De acuerdo a su aplicación se clasifican en: manuales, automáticos, a pleno voltaje, a voltaje reducido, etc.

La selección adecuada del tipo de caja de protección de lámina de acero o de hierro fundido de los arrancadores, se la efectúa de acuerdo al tipo de instalación a realizarse y con la finalidad de obtener el máximo grado de protección sobre las condiciones del medio ambiente, para garantizar la integridad del personal de operación contra los arcos eléctricos y contra las explosiones,

Los diversos tipos de cajas construidos bajo las normas NEMA, son los siguientes:

Las cajas tipo 1 son de lámina de acero, resistentes a la corrosión, usadas para propósitos generales en lugares donde las condiciones ambientales son normales.

Las cajas tipo 2 son de lámina de acero, a prueba de goteo, son usadas en locales donde existe condensación tales como frigoríficos, lavanderías, etc.

Las cajas tipo 3 son de lámina de acero inoxidable, y usadas en locales exteriores, son a prueba de agua y de lluvia.

Las cajas tipo 4 son de lámina de acero inoxidable,

con un empaque de caucho entre la tapa y la base, se usan en curtiembres, plantas procesadoras de alimentos, en cassetas de bombas, lecherías, fábricas de cerveza, etc. Son a prueba de agua e intemperie.

Las cajas tipo 5 son de lámina de hierro, a prueba de suciedad. Se usan en acerías, fábricas de cemento y otros locales donde hay mucha suciedad. La tapa tiene empaque de caucho y está asegurada con tuercas tipo mariposa.

Las cajas tipo 6 son de lámina de acero gruesa y son diseñadas para sumergirlas en agua. Se usan en canteras, minas, pozos, etc. En la tapa tienen un empaque especial y esta se asegura con tuercas.

Las cajas tipo 7 son de aluminio fundido, tienen una caja y empaque entre la caja y la tapa. Se usan en locales donde hay gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezcla explosivas o inflamables, por ejemplo: vapores de éter etílico, etileno o ciclopropano, gasolina, hexano, nafta, bencina, butano, propano, alcohol, acetona, vapores disolventes de laca o gas natural.

Las cajas tipo 8 son idénticas a las de tipo 7 tanto en la construcción como en el uso. La diferencia radica en que las cajas tipo 8 tienen los aparatos sumergidos en aceite.

Las cajas tipo 9 son de aluminio fundido, con una caja y empaque entre la caja y la tapa. Se usan en lugares peligrosos debido a la presencia de polvo combustible o conductor de la electricidad, por ejemplo: atmósfera que contiene polvo metálico incluyendo aluminio, magnesio, negro de humo, polvo de carbón, polvo de coque, harina, almidón o polvo de granos.

Las cajas tipo 10 son construídas bajo los requerimientos del Departamento de minas de los Estados Unidos de Norteamérica, especialmente para minas de carbón.

Las cajas tipo 11 son de lámina de acero, en ellas es factible sumergir en aceite los equipos. Se usan en locales donde los equipos pueden exponerse a ácidos o gases corrosivos, como en fábricas de productos químicos, plantas de tratamiento de aguas servidas, etc.

Las cajas tipo 12 son de lámina de acero con un empaque de caucho entre la base y la tapa. Se usan en locales con polvo, astillas metálicas, suciedad, aceites refrigerantes, etc.

Componentes del Control de Corriente Continua

Los componentes del control de corriente continua, son de clasificación similar a los de corriente alterna.

Los fabricantes construyen equipos de corriente continua con capacidad para funcionar en sistemas de 120, 240 y 600 Voltios y con cargas de 30, 60, 100, 1000 o más Amperios.

Los componentes principales del control de corriente continua son los siguientes:

1. Interruptores Manuales.
2. Interruptores Automáticos.
3. Contactores.
4. Relés de Control.
5. Relés de Voltaje.
6. Relés de Corriente.
7. Relés de Tiempo.
8. Relés de Sobrecarga.
9. Arrancadores.

Los componentes secundarios son los Dispositivos Piloto diseñados para corriente continua, por lo demás son similares a los de corriente alterna.

A continuación se describe detalladamente los componentes principales del control de corriente continua.

1. Interruptores Manuales.- Hay dos clases de interruptores manuales y son los siguientes:

a. Interruptores de Cuchillas.- Se construyen generalmente dentro de cajas metálicas provistas con palancas de operación y con mecanismos de bloqueo para evitar la conexión o desconexión indebidas. El diseño de las cajas es variable, se le efectúa en función del uso y las condicio-

nes impuestas por el medio ambiente en que se instalan.

La finalidad exclusiva de estos interruptores de cuchillas, es la de conectar y desconectar, mas no de proteger el sistema contra cortocircuitos o sobrecargas.

Se usan en circuitos de 120, 240 y 600 Voltios de corriente continua y su capacidad varia desde 30, 60, 100, 1000 o más Amperios.

b. Interruptores fusibles.- Son idénticos en construcción a los anteriores, con la diferencia de que estos últimos tienen incorporados fusibles.

Su función consiste en proteger un sistema eléctrico contra cortocircuitos y sobrecargas violentas.

2. Interruptores Automáticos.- A diferencia de los interruptores manuales, estos se desconectan automáticamente bajo la acción de un cortocircuito o de una sobrecarga que supere su capacidad.

Estos interruptores están equipados con dispositivos térmicos de desconexión. Se los puede seleccionar de cualquier capacidad en amperios y para voltajes de 120, 240 o 600 Voltios. Su desconexión automática la realiza en un tiempo que está en relación inversa a la intensidad de corriente que soporta.

Existen interruptores automáticos diseñados para ser colocados en paneles de varios circuitos, ellos se engrapan en las barras de distribución. Otros se instalan en centros de control de motores, en paneles de distribución, etc.

También se construyen con protección termomagnética y son mucho más costosos que los de protección térmica. En estos interruptores, se emplea el calentamiento indirecto

to de los elementos bimetálicos lo que incrementa el retardo para la desconexión térmica, permitiendo el arranque de motores con grandes corrientes y de duración más larga que lo normal.

La graduación de la parte térmica es la capacidad de interrupción en amperios y en algunos casos es posible realizarla exteriormente.

Los elementos magnéticos de desconexión no son ajustables y vienen diseñados por el fabricante para operar instantáneamente a corrientes 10 a 16 veces superiores al rango de operación térmica. Esto en interruptores de 15 a 40 Amperios. En interruptores de 50 a 100 Amperios la desconexión magnética se realiza a valores de 8 a 10 veces el rango de operación térmica.

La protección térmica es la ideal para las sobrecargas en los sistemas eléctricos.

También se puede seleccionar interruptores automáticos que posean únicamente protección magnética.

Las características de disparo se pueden analizar en los gráficos provistos por el fabricante para cada tipo de interruptor automático.

Cuando el interruptor ha operado automáticamente, la palanca se coloca en un punto intermedio entre los límites de conexión y desconexión. Se conoce fácilmente esta situación porque cuando se pulsa la palanca, ésta está totalmente suelta. Se restablece regresándola a la posición de desconexión y luego se conectará nuevamente.

Se utilizan para proteger ramales principales de alimentación en circuitos de motores, en sistemas de emergencia etc.

3. Contactores.- El principio de operación de los con-
tadores de corriente continua es el electromagnético simi-
lar a los de corriente alterna.

Los electroimanes que se usan en los contactores de
corriente continua son generalmente llamados de " percu-
sión brusca ".

El núcleo consta de una parte fija en la que están
instalados los contactos fijos y la parte móvil en la que
están los contactos móviles. Cuando la bobina se energiza,
el núcleo atrae la armadura móvil y cierra los contactos
móviles contra los fijos. Cuando se desconecta la bobina
el contactor se abre por gravedad y por la acción de los
resortes.

Las bobinas de los contactores son diseñadas para tra-
bajar a temperaturas entre 70 y 105° C., para lo cual se
emplean materiales aislantes apropiados.

Pueden trabajar normalmente hasta con voltajes que va-
rian entre el 80 % y el 110 % del valor nominal.

La bobina del contactor posee resistencia y reactan-
cia. El comportamiento de la misma cuando se energiza y
luego se desconecta, es similar al comportamiento de la
excitación en derivación de un motor de corriente continua.

Cuando se interrumpe la corriente en la bobina de un
contactor, la tensión en los terminales de ella puede ele-
varse a tanto como 15 veces la tensión nominal del circui-
to de control. Este fenómeno se toma en consideración para
dar el aislamiento apropiado a la bobina.

Un buen contactor de corriente continua debe cumplir
las siguientes condiciones de servicio:

- a. Capacidad para conducir la corriente.

b. Presión entre los contactos.

c. Ruptura de los arcos.

a. Capacidad para conducir la corriente.- Los contactos son construídos de una aleación de plata y óxido de cadmio y deben permitir el paso de la corriente nominal del motor, sin sobrecalentamiento. Son construídos con prolongaciones en los extremos en forma de cuernos y que sirven para la extinción del arco voltaico durante la desconexión.

b. Presión entre los contactos.- La presión tiene que ser adecuada para evitar que haya rebotes entre ellos cuando es demasiado fuerte, o que se destruyan por efecto de los arcos voltaicos, cuando es muy débil.

Los casos de disminución de la presión entre los contactos se deben en la mayoría de los casos a desgastes exagerados en sus superficies o a fallas en los resortes de compresión.

Esta falla puede provocar la fundición de los contactos, con repercusiones en el funcionamiento de la maquinaria eléctrica.

Cuando un contactor se cierra, el punto inicial de tope es el centro de los contactos, pero al comprimirse los resortes, el punto de cierre sufre un desplazamiento hacia el extremo llegando a un nuevo punto de contacto que es el definitivo. Este desplazamiento es conocido con el nombre de barrido. El movimiento de barrido sirve para pulir cualquier superficie que haya podido fundirse. Cuando los contactos se abren, lo hacen con un movimiento contrario al anterior y la separación final de los mismos es en la parte central. Con esto se deduce que el segundo punto de con

tacto es el que está sujeto a la acción del arco voltaico.

Las condiciones restantes, que son las siguientes: masa de los contactos, radiación, y superficie, están sujetas a iguales consideraciones que en los contactores de corriente alterna.

c. Ruptura de los arcos.- En el instante de la desconexión de un contactor, el movimiento de barrido de los contactos debe efectuarse lo más rápido posible, en caso contrario si existe arco, se destruiría el contacto.

La existencia o no de los arcos voltaicos, es función del material de los contactos, de la intensidad y clase de corriente y de la tensión del circuito.

Para materiales distintos que pueden ser: la plata y el cobre, existen puntos críticos de tensión de arco en función de la intensidad de la corriente. El cobre es el que mejores condiciones presenta para soportar satisfactoriamente los arcos.

Los puntos críticos de tensión de arco se ven afectados por la temperatura de los contactos, la velocidad de su apertura y la humedad de la atmósfera.

A tensiones pequeñas del orden de 10 Voltios, se pueden interrumpir corrientes altas sin que se produzcan arcos.

A tensiones tales como 120 o 240 Voltios, solo corrientes cuya intensidad sea inferior a una fracción de amperio pueden interrumpirse sin arco. En estos casos se tomarán precauciones apropiadas.

Cuando el contactor tiene que interrumpir circuitos netamente resistivos, tales como lámparas incandescentes y resistencias de hornos, en el instante en que se separan

los contactos, circula una corriente alta con tensión pequeña, la cual es suficiente para mantener un arco. Cuando aumenta la distancia entre los contactos, aumenta la resistencia del arco, disminuye la intensidad de la corriente y la tensión entre los contactos aumenta permitiendo la continuación del arco. Finalmente llega un instante en que la tensión de línea a través de los contactos es insuficiente para mantener el arco. De esto se deduce que los arcos se extinguen por elongación.

Para interrumpir arcos de elevadas corrientes y de voltajes altos, es necesario recurrir a métodos artificiales para conseguir esta elongación, estos se obtienen estableciendo un campo magnético de soplado entre los laterales de la cámara apagachispas, en base a la corriente principal de carga, la que es perpendicular al plano de desplazamiento de los contactos.

Al formarse el arco, la interacción entre el campo magnético de soplado y la corriente del arco resulta en una fuerza sobre el arco perpendicular a la dirección del campo de soplado. Esto hace que el arco se aleje de los contactos sin provocar su destrucción.

La elongación del arco la recogen los cuernos de prolongación de los contactos.

Las cámaras apagachispas tienen doble función. Limitan la posible extensión del arco, evitando así que este alcance otras partes mecánicas del contactor y sus paredes enfrían el arco.

Cuando los contactores controlan cargas inductivas como el caso de los circuitos de control de contactores magnéticos, las bobinas de los frenos magnéticos, las excita-

ciones en derivación de las máquinas rotativas, etc, se acumula la energía que es proporcional a la inductancia y al cuadrado de la corriente de carga. Cuando se abre el circuito de carga, esta energía acumulada se disipa en parte como corrientes de " Foucault " en los núcleos de las inductancias, pero, la mayor parte se disipa en el arco.

Cuando se trata de una carga altamente inductiva, se elige el soplado de forma que el arco se extinga lentamente, porque si lo hace demasiado rápido, puede desarrollarse una tensión sumamente elevada en los terminales del contactor. Esto podría hacer que el arco se cebe nuevamente y se repita, causando el desgaste o la destrucción de la superficie de los contactos.

En estos casos se utilizan bobinas de soplado que tengan una intensidad nominal de corriente de aproximadamente tres o cuatro veces la intensidad de corriente que se interrumpe. Por ejemplo, para interrumpir una corriente de 3 Amperios en un circuito de excitación, se debe elegir una bobina de soplado de aproximadamente 10 Amperios.

Clasificación de los contactores.- La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), clasifica a los contactores según el uso y el tipo de carga a controlar. Los diseña para uso continuo de 8 horas de trabajo, para interrupción de corrientes de sobrecarga del orden de 4 veces el valor de la corriente nominal del motor. Estos pueden llevar hasta 15 veces la corriente normal de trabajo continuo durante 1 segundo.

En la tabla 2, se da la clasificación de los contactores de corriente continua para servicio continuo.

Tabla 2. Capacidad en servicio continuo de los Contactores de Corriente Continua.

| Tamaño del Contactador | Corriente | Potencia en H.P. | | |
|---------------------------|------------|------------------|-----------|-----------|
| | Nominal | 115 volts | 250 volts | 550 volts |
| | (Amperios) | | | |
| 1 | 25 | 3 | 5 | --- |
| 2 | 50 | 5 | 10 | 20 |
| 3 | 100 | 10 | 25 | 50 |
| 4 | 150 | 20 | 40 | 75 |
| 5 | 300 | 40 | 75 | 150 |
| 6 | 600 | 75 | 150 | 300 |
| 7 | 900 | 110 | 225 | 450 |
| 8 | 1350 | 175 | 350 | 700 |
| 9 | 2500 | 300 | 600 | 1200 |

Magnetic Control of Industrial Motors. Part 3

Table 5

Gerhart W. Keumann.

4. Relés de Control.- El principio de operación de los relés de control, es el electromagnético. La estructura magnética es similar a la de un contactor; los contactos son de una aleación de plata y están diseñados para conducir menos corriente que los contactos de los contactores. Los contactos se cierran con gran fuerza con la finalidad de mantener baja la resistencia de contacto. Esto es importante a causa de que en muchos circuitos se instalan en serie varios de estos contactos y una alta resistencia de contacto reduciría el voltaje de operación de las bobinas que controlan, e inclusive impedirían su operación.

Los relés de control pueden tener según su diseño, varios contactos normalmente abiertos o cerrados.

5. Relés de Voltaje.- Son aquellos que operan en función de las variaciones de voltaje del circuito que controlan. Las condiciones de voltaje de los circuitos de carga, nos permiten disponer los relés de voltaje apropiados, en la secuencia debida.

Los relés de voltaje pueden ser graduados en un amplio rango de operación mediante un dispositivo que ajusta con un resorte el mecanismo de operación.

Se los utiliza para control de la aceleración por etapas, de los motores de corriente continua, en función de sus velocidades. Esta aplicación se basa en el conocimiento de que la fuerza contraelectromotriz desarrollada en el inducido de un motor de corriente continua, es directamente proporcional a su velocidad.

6. Relés de Corriente.- Son aquellos que operan en función de las variaciones de corriente de los circuitos

que controlan. Los diversos valores de la corriente en los circuitos de carga, nos permiten utilizar los relés de corriente apropiados y en el orden correcto.

Un mismo relé de corriente puede ser utilizado como relé de voltaje, cambiando simplemente la bobina.

Para el relé de voltaje se emplea una bobina de mayor número de vueltas y de bajo amperaje. Para un relé de corriente se emplea una bobina de menor número de vueltas y de mayor capacidad de conducción de corriente.

Los relés de corriente son utilizados también para proteger contra las sobrecargas, a los motores de corriente continua.

7. Relés de Tiempo.- Existen los relés magnéticos de temporización, cuyo principio de operación se basa en el gradual decaimiento del flujo en la estructura magnética del relé. Cuando la bobina es energizada, cierra el relé. Cuando la bobina es desenergizada, la armadura no cae sino luego de cierto tiempo que puede ser hasta de 7 segundos.

Los relés neumáticos de temporización operan en forma idéntica a los similares de corriente alterna.

Los contactores de aceleración temporizados, emplean la acción conjunta de los contactores de aceleración y de los relés magnéticos de temporización. Estos contactores son usados para cortocircuitar secciones de resistencias de arranque de motores. Este tipo de contactor se usa para cerrar un circuito mas no para interrumpir corriente.

8. Relés de Sobrecarga.- El tipo básico de construcción y los principios de operación de los relés de sobrecarga para corriente continua, son idénticos a los de co-

corriente alterna.

Cuando los motores de corriente continua, se emplean para servicio continuo o con cargas que no varían mayormente, son protegidos con relés térmicos de sobrecarga.

Si los motores son empleados para servicio intermitente y con grandes fluctuaciones de carga, entonces se emplean relés de corriente para protección contra sobrecargas, se los gradúa para operar hasta con valores de corriente superiores en 3 o 4 veces la corriente nominal.

Para los motores de uso general, la graduación de los relés de corriente es de 2 veces la corriente nominal.

Para motores de servicio pesado, como los empleados en molinos, los relés de corriente se gradúan en 3 veces el valor de la corriente nominal.

9. Arrancadores.- Un arrancador está constituido por un contactor y un relé de sobrecarga. El contactor sirve para interrumpir los circuitos de fuerza del motor. Por este motivo el contactor de un arrancador, deberá estar siempre provisto de cámaras apagachispas.

El tipo de caja que contenga un arrancador de corriente continua, se la elige de tal manera que ofrezca la mejor protección posible contra la influencia de los factores ambientales y para garantizar la integridad de las personas. Para esto se tiene las normas "NEMA", citadas para los arrancadores de corriente alterna.

C. Dispositivos Piloto.

Los dispositivos piloto son aquellos que trabajan en función de las variaciones de presión, nivel, temperatura, etc, de los sistemas mecánicos y transmiten estas señales conectando o desconectando los circuitos eléctricos que controlan. Su selección se la efectúa en consideración a la función que se desea desarrollar y pueden emplearse uno o más en un mismo circuito. Su conexión puede ser en serie o en paralelo con relés de control y bobinas de los arranques o de los contactores principales.

Los contactos de un dispositivo piloto, son diseñados para conducir las pequeñas corrientes que demandan las bobinas de los relés, contactores o arranques.

Los dispositivos piloto se clasifican de la siguiente manera:

1. Interruptores de Flotador.
2. Interruptores de Presión.
3. Interruptores de Temperatura.
4. Interruptores de Límite.
5. Relés de Control de Nivel de Líquidos.
6. Pulsadores de Botón.

A continuación se describe brevemente cada uno de los dispositivos piloto.

1. Interruptores de Flotador.- Son aquellos que trabajan en función de la variación de niveles de los líquidos, se emplean en los calderos de vapor de agua, en reservorios de agua, aceite o combustible, en líquidos refrigerantes como el amoníaco, etc.

El tipo más común y de construcción sencilla consiste

en una boya que flota en el líquido y que soporta una varilla metálica delgada, que lleva unos toques graduables que limitan los niveles mínimos y máximos. Cuando la boya se desplaza, la varilla acciona el brazo de operación del interruptor eléctrico.

Otro tipo de interruptor de flotador es aquel usado en los calderos, la boya está en el interior de una cámara aislada herméticamente del medio externo, y que está en comunicación con el líquido del caldero. La boya acciona dos ampollas de mercurio que tienen en un extremo interior los contactos de conexión. Uno de los contactos tiene la función de mantener un nivel de seguridad mínimo de líquido en el caldero, conectando el circuito de control de la bomba de alimentación cuando el agua baja a un nivel mínimo y desconectándola cuando el nivel es normal. El otro contacto impide la conexión del sistema de encendido del caldero cuando el nivel baja a un punto peligroso o crítico en cuyo caso puede accionar una señal que será la indicación para que el operador investigue la causa de la anomalía.

En los grandes calderos de centrales térmicas en donde sería muy peligroso que el caldero quede con un nivel de agua muy bajo, el interruptor de flotador manda una señal al operador para que trate de corregir la falla, caso contrario al continuar bajando el nivel y llegar a un punto no permisible, el mismo interruptor apaga inmediatamente el sistema de encendido del quemador.

En sistemas de refrigeración industrial con amoníaco, se emplean interruptores de flotador en ciertas etapas del ciclo de enfriamiento con el objeto de mantener temperaturas constantes en base a niveles máximos y mínimos, lo que

a su vez facilita la regulación de presiones mínimas y máximas en el sistema de compresión del líquido refrigerante.

En este caso, los interruptores de flotador accionan válvulas de solenoide, localizadas en las tuberías de refrigeración.

Se construyen interruptores de flotador a prueba de explosión para prevenir incendios en tanques de almacenamiento de combustible.

2. Interruptores de Presión.- Son aquellos que trabajan con presiones mínimas y máximas en variados sistemas industriales que emplean vapor de agua, combustibles, líquidos refrigerantes, lubricantes, gases, agua, etc.

Las características de estos interruptores y sus formas de construcción son variadas, pero, fundamentalmente se hacen con ampollas de mercurio cuyo contacto móvil interior es accionado por un imán permanente exterior, el cual cambia de posición con respecto a la parte inferior de esta ampolla, en función a la señal de presión del sistema que acciona la parte mecánica del interruptor.

Otro tipo de interruptor de presión es aquel accionado por un diafragma, este se expande al subir la presión y obliga a operar el mecanismo de los contactos.

Estos interruptores generalmente traen una escala de graduación de presiones que varía de acuerdo a la capacidad del mismo, y que puede ser regulada a los valores deseados.

3. Interruptores de Temperatura.- Son los llamados comúnmente termóstatos. Utilizan un bulbo lleno de un elemento químico de gran coeficiente de dilatación como el

mercurio. Cuando la temperatura sube, el mercurio se dilata dentro de un conducto capilar, provocando el desplazamiento de la aguja en la escala de medición de temperatura, y a su vez acciona el mecanismo de los contactos eléctricos, en el momento en que la temperatura alcanza el valor deseado.

Se usan en centrales de acondicionamiento de aire, en sistemas de enfriamiento con agua, como interruptores o indicadores de seguridad en sistemas de lubricación de grandes motores y generadores, para accionar válvulas solenoides, para prender o apagar quemadores en los hornos de panaderías, fundiciones, etc.

4. Interruptores de límite.- Son dispositivos especiales que pueden tener un interruptor o un microinterruptor, accionados mediante una palanca o un botón que a su vez son presionados mecánicamente por partes móviles de una maquinaria.

Son los dispositivos piloto más prácticos y útiles en el circuito de control automático de una maquinaria industrial, a la cual se pueden adaptar diferentes tipos y modelos de interruptores de límite. Existen aquellos que se utilizan para servicio pesado y para trabajo liviano, también pueden ser a prueba de agua, aceite, altas temperaturas, explosiones, etc. En ambientes con atmósferas corrosivas, se pueden utilizar interruptores de límite con contactos herméticamente encerrados en ampollas de vidrio.

Existen muchos tipos y modelos de estos interruptores, que difieren en su construcción según el fabricante.

Los contactos pueden ser de tipo mantenido o momentáneos. Los primeros permanecen accionados aún después de ha-

berse retirado la presión en el dispositivo, para restablecerlo a su posición original es necesario presionar un mecanismo de restablecimiento del contacto. Los de contacto momentáneo se restablecen a su posición original una vez que desaparece la fuerza que acciona el interruptor.

Generalmente las palancas en los interruptores de límite pueden ser de longitud variable y pueden colocarse en la posición que más convenga, ya que son graduables en el eje de accionamiento del interruptor. Pueden trabajar en una o en ambas direcciones. En cuanto a su operación, puede efectuarse con diferentes grados de abertura.

Existen interruptores de límite que incorporan controles de tiempo para retardar su operación.

También existen los interruptores de límite con levas, los cuales son operados por discos excéntricos colocados en diferentes posiciones en un eje, que gira conjuntamente con la maquinaria, en forma directa si esta es de bajas revoluciones, o a través de un engranaje reductor de velocidad. Este tipo de interruptor se usa para definir etapas precisas de operación en un equipo, y tienen la gran ventaja de que se pueden graduar de la manera más conveniente.

Los interruptores de límite de precisión son usados en controles automáticos de maquinarias de producción, que requieren efectuar movimientos de gran exactitud. Estos interruptores trabajan al ser accionados por movimientos del orden de milésimas de pulgada, son los llamados microinterruptores de límite.

5. Relés de Control de Nivel de Líquidos.- Son muy útiles al aplicarse en maquinarias que elaboran productos líquidos tales como bebidas comerciales, mieles, etc.

Consiste en un circuito electromagnético accionado mediante electrodos que están en una posición adecuada para supervigilar los niveles del líquido.

Estos electrodos son parte del circuito eléctrico de la bobina accionadora del mecanismo y acciona cuando toca o deja de tener contacto con el líquido, como se muestra en la figura (II-3).

El principio de operación es como sigue:

La corriente pasa a través de la bobina de excitación primaria, (4) y establece un flujo magnético (indicado en las líneas en recortadas en la figura).

Este flujo circula por el camino de menor resistencia (5). El flujo, en esta barra induce un voltaje en la bobina del contacto, aunque no fluye por ésta ninguna corriente, mientras no haya contacto entre los terminales (3) y (1). Cuando el circuito es completado por la elevación del nivel del producto al tocar el electrodo (1), el flujo de corriente se establece la cual crea un flujo en sentido contrario en la barra inferior (5) y el flujo primario se desvía como se muestra en la figura hacia los polos del núcleo forzando a la armadura (7) a subir hacia los polos. Abierto el circuito al bajar el nivel del líquido, se restablece nuevamente el circuito primario y el flujo pasa nuevamente por la barra (5) y la armadura (7) cae desde los polos.

6. Pulsadores de Botón.- Son dispositivos piloto que tienen un botón presionable de posición momentánea o permanente, que accionan bloques de contactos normalmente abiertos o cerrados, proporcionando de esta manera un medio indispensable para el control de motores.

Los pulsadores pueden ser aplicados en el control de: marcha, paro, avance, retroceso, rápido, lento, etc, de los motores de las maquinarias.

Estos dispositivos pueden ser colocados junto a la máquina para control local o lejos de ella para el control a distancia. Se instalan sobrepuestos en una superficie o empotrados en un panel.

Los fabricantes producen los pulsadores que tienen su propia caja, la cual, de acuerdo al medio en que van a ser utilizadas pueden ser a prueba de agua, aceite, explosión, etc.

Se los provee de diferentes colores y con placas distintas para una clara identificación y para facilidad del operador.

Existen pulsadores para uso en circuitos de corriente alterna y también para uso en corriente continua.

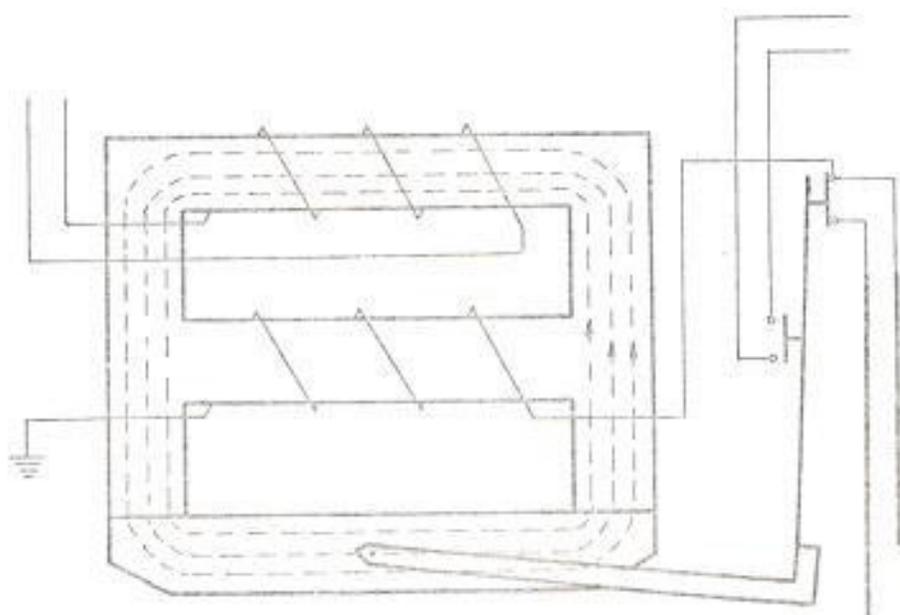
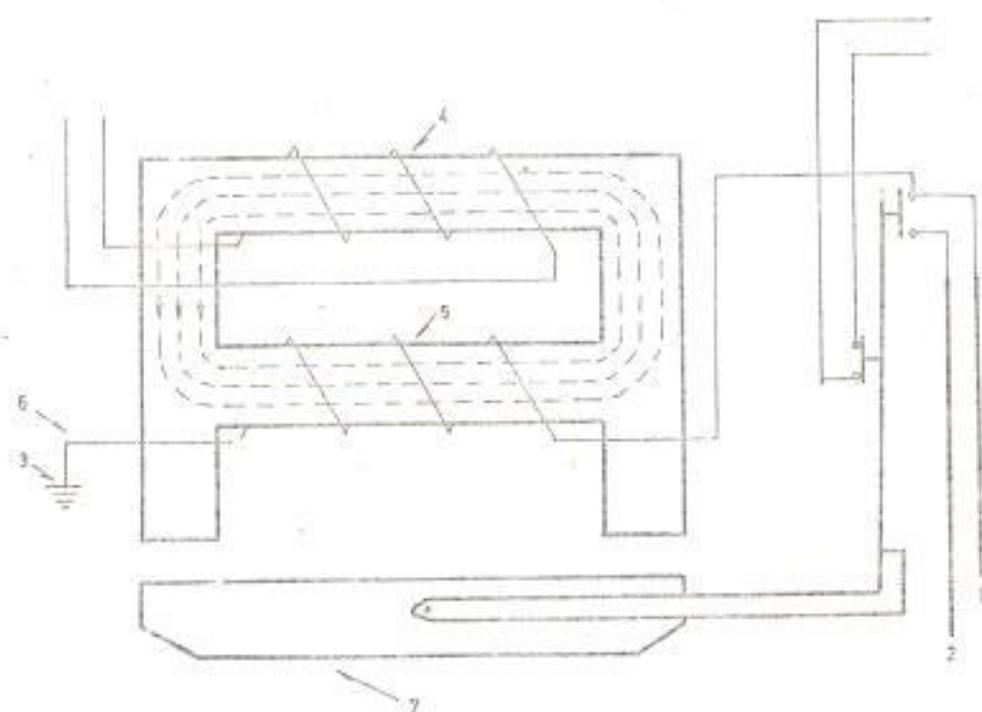


Figura 11-3 Relé de control de nivel de líquidos.

D. Diagramas de Circuitos de Control.

Los diagramas son la expresión gráfica del arte de desarrollar circuitos eléctricos, en base a un plan definido y a un procedimiento particular para cada caso.

En ellos se emplean los relés, contactores, dispositivos piloto, etc, los mismos que se colocan según los requerimientos del circuito de control.

Los diagramas se representan mediante símbolos asumidos como equivalentes a los dispositivos eléctricos usados y con el uso de una terminología especial que nos permite nombrar los componentes en forma abreviada. Los símbolos y la terminología usados en esta tesis, son los establecidos por NEMA.

Con la finalidad de facilitar el entendimiento y la interpretación de los circuitos, se los ha clasificado en tres representaciones diferentes, pero que pertenecen a un mismo circuito de control. Con estos diagramas se tiene un conocimiento completo del circuito, lo que es de suma importancia para instalar, mantener, o diseñar un sistema de cierta complejidad, el mismo que sin la ayuda de los diagramas resultaría prácticamente imposible realizar. Los referidos diagramas son los siguientes:

1. Diagrama de Alambrado.
2. Diagrama Elemental.
3. Diagrama de una Línea.

1. Diagrama de Alambrado.- El diagrama de alambrado tiene la finalidad de dar una visión realística de las conexiones, con relación a todos y cada uno de los componentes del circuito.

En circuitos de control sencillos se puede prescindir de este tipo de diagrama, pero, en los más complejos el diagrama de alambrado es necesario para la interpretación correcta y la fácil visualización de cada componente en relación con su ubicación real.

En estos diagramas las líneas más gruesas representan las líneas de fuerza, las líneas delgadas y menos impresas representan las líneas del control, en estas últimas, las de trazo continuo indican que ya están efectuadas, mientras que las de trazo discontinuo indican las conexiones que deben llevarse a cabo para completar el circuito.

La Figura (11-4.a), nos muestra el diagrama de alambrado correspondiente al circuito de control de un arrancador trifásico, el mismo que consiste en un sencillo mando a distancia mediante una botonera de dos pulsadores.

2. Diagrama Elemental.- El diagrama elemental es la representación más sencilla y clara de un circuito de control, no incluye el circuito de las líneas de fuerza.

En este diagrama se intercalan uno a continuación de otro los componentes de control y dispositivos piloto, se los une mediante líneas rectas y cortas que no tienen ninguna relación física con las reales. La interpretación es sencilla si se conoce la simbología y terminología eléctricas, lo cual nos permite localizar e identificar cada componente en un circuito de control.

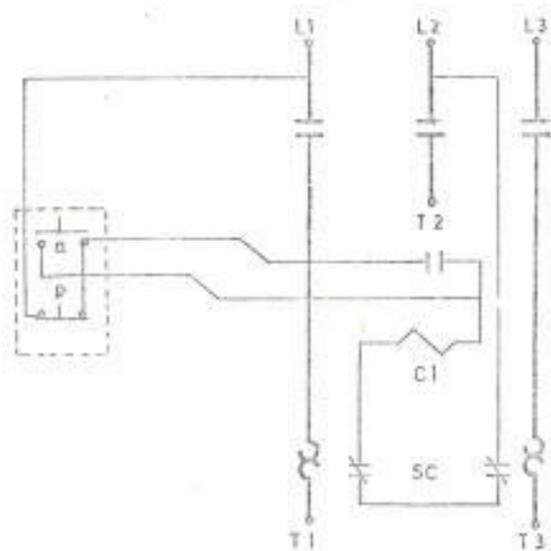
El diagrama elemental es el más usado cuando hay fallas en los circuitos y lo indicado en este caso es seguir en secuencia el funcionamiento de cada componente hasta localizar el que está fallando.

Para identificar los diferentes componentes en estos

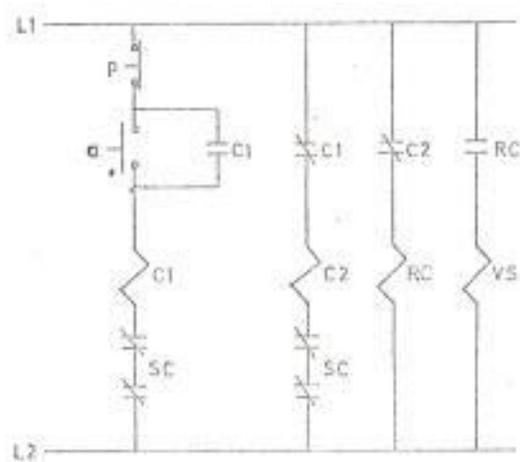
diagramas. se colocan las denominaciones correspondientes junto a cada uno de ellos. En el diagrama de la Figura (II-4.b), C1 y C2 representan las bobinas de los contactores C1 y C2, los contactos pertenecientes a estos contactores también se denominan de igual manera. RC es un relé de control que tiene los contactos RC. SC es el relé de sobrecarga. VS es una válvula tipo solenoide. El control se efectúa mediante la botonera que tiene el pulsador de paro (p) y avance (a).

3. Diagrama de una línea.- La finalidad del diagrama de una línea es la de simplificar los diagramas de alambreado, representando con una sola línea varios circuitos de un sistema eléctrico de control como se muestra en la Figura (II-5).

El uso de estos diagramas no está generalizado y la ventaja que se les puede atribuir es que en su interpretación, ayuda ventajosamente a visualizar la manera de instalar las líneas de control en los paneles o centros de control de motores, nos permite tener una idea de la forma en que se puede agrupar a los cables.



(a)



(b)

Figura II-4. Circuitos de control
 a) Diagrama de alambrado.
 b) Diagrama elemental.

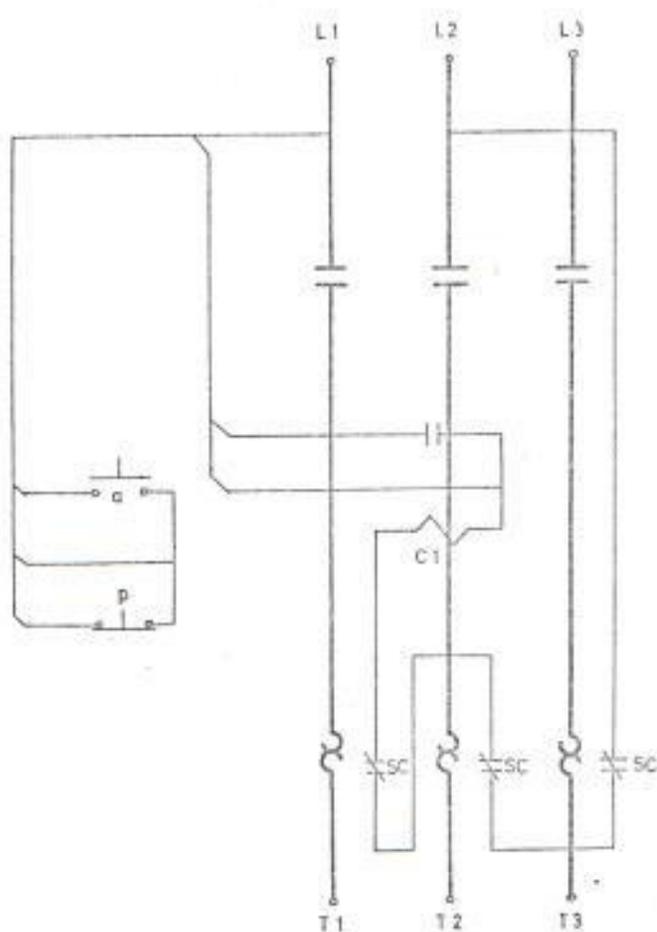


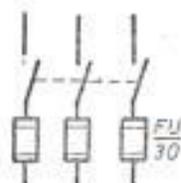
Figura II-5 Diagrama de una línea.

Simbología Eléctrica.

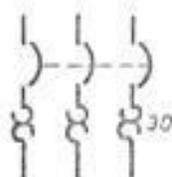
Interruptores.



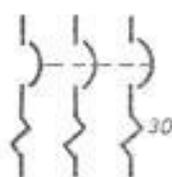
De Cuchillas.



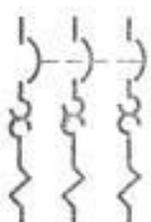
Fusibles.



Con elementos térmicos de sobrecarga.
El número adyacente indica la capacidad en amperios correspondiente,



Con elementos magnéticos de sobrecarga. Los números son el rango de graduación en amperios.



Con elementos térmicos y magnéticos de sobrecarga.

Pulsadores



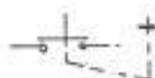
De contacto momentáneo normalmente abierto.



De contacto momentáneo normalmente cerrado.

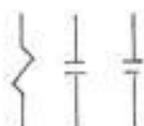


De contacto momentáneo, con bloque de contactos normalmente abierto i normalmente cerrado.

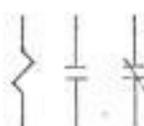


De contacto mantenido normalmente abierto.

Contactores Magnéticos.



De contactos normalmente abiertos.

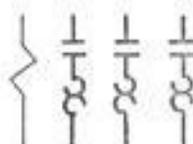


De contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.

Arrancadores.



Operado manualmente, con protección térmica para sobrecargas

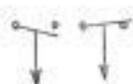


Operado magnéticamente con protección térmica para sobrecargas.

Relés de Tiempo.



Accionado con retardo luego de que la bobina se energiza. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.

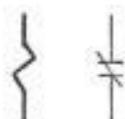


Accionado con retardo luego de que la bobina se desenergiza. Con contacto normalmente abierto y normalmente cerrado.

Relés de Sobrecarga.

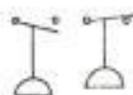


Con accionamiento térmico

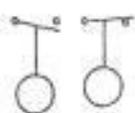


Con accionamiento magnético.

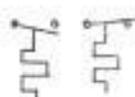
Dispositivos piloto.



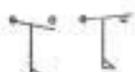
Interruptor de presión o vacío. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.



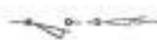
Interruptor de flotador. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.



Interruptor de temperatura. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.

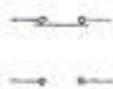


Interruptor de flujo (aire, agua). Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.



Interruptor de límite. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.

Interruptores de Selector.



De dos posiciones. Con contactos normalmente abierto y normalmente cerrado.



De tres posiciones. Con dos contactos normalmente abiertos.

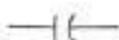
Varios.



Luz piloto; la letra es la inicial que indica el color.



Bobina.



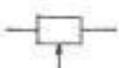
Capacitor.



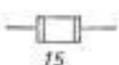
Resistencia fija.



Resistencia fija con derivaciones.

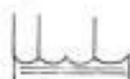


Resistencia variable.



Fusible de control o de fuerza. El número es su capacidad en amperios.

Transformadores.



Autotransformador.



Núcleo de hierro.



De corriente.

Motores de corriente alterna.



Monofásico.



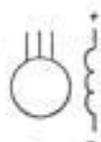
Trifásico, en jaula de ardilla.



Bifásico, 4 alambres.

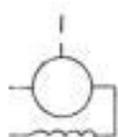


Rotor devanado. Velocidad variable.



Motor sincrónico, generador o condensador.

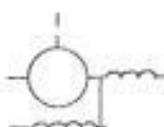
Motores de corriente continua



Motor o generador con campo en derivación.



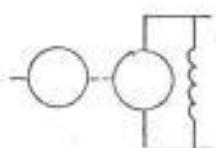
Motor o generador con campo en serie.



Motor o generador con campo compuesto o compensado.



Armadura o inducido.



Grupo motor generador. Mostrado con el motor de inducción y el generador en paralelo.



Generador.

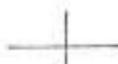


Motor.



Instrumento. La letra indica el tipo de instrumento.

Alambrado



No conectado.



Conectado.



Línea de energía.



Línea de control.



Terminal de alambrado.



Bloque de conexiones.



Tierra.

Terminología Eléctrica

| | |
|------------|--|
| c. a. | Corriente alterna. |
| c. c. | Corriente continua. |
| L1, L2, L3 | Líneas principales. |
| T1, T2, T3 | Terminales del motor. |
| L1A, L2A | Secundario de transformador de control. |
| C1 | Contactador N° 1 |
| RC1 | Relé de control N° 1 |
| RT1 | Relé de tiempo N° 1 |
| RN1 | Relé de nivel de líquidos N° 1 |
| RFCP | Relé de frecuencia de campo polarizado. |
| RFP | Relé de fuera de paso. |
| Ca | Contactador de " avance ". |
| Cr | Contactador de " retroceso ". |
| SC | Relé de sobrecarga. |
| BT | Bloque terminal o de conexiones. |
| RTDE | Relé de tiempo con retardo después de energizado. |
| RTDD | Relé de tiempo con retardo después de desenergizado. |
| IL | Interruptor de límite. |
| IF | " " flotador. |
| IP | " " presión. |
| IT | " " temperatura |
| IS | " " selector |
| IA | " " automático. |
| T | Transformador. |
| a | Pulsador de avance. |

| | |
|-------|-------------------------------|
| r | Pulsador de retroceso. |
| p | " " paro. |
| vl | " " velocidad inicial. |
| N. A. | Contacto normalmente abierto. |
| N. C. | Contacto normalmente cerrado. |
| A. | Amperímetro. |
| V. | Voltímetro. |
| W. | Vatímetro. |
| F. | Frecuencímetro. |
| FU | Fusible. |
| F.D. | Freno Dinámico. |

E. Desarrollo de los Circuitos de Control

Los diagramas de alambrado se los desarrolla mostrando los dispositivos integrantes del circuito de fuerza, tales como: contactos y bobina del contactor, relés de sobrecarga, elementos térmicos, el motor, etc.

El circuito de control puede constar de: Botoneras, dispositivos piloto, relés de control, interruptores de selector, etc.

Estos componentes son colocados de tal manera que haya una relación entre sus posiciones en el diagrama y las reales en la práctica.

NEMA ha establecido la denominación de las conexiones de los circuitos de control y de fuerza. Da una posición definida a las bobinas de los contactores y a los contactos de los relés de sobrecarga. Indica las conexiones a tierra y las que se efectúan para invertir la rotación en un motor trifásico. Esto se muestra en la Tabla 3.

Los diagramas elementales también se basan en las normas de la Tabla 3 y su desarrollo se efectúa de la siguiente manera:

Se dibujan dos líneas horizontales o verticales, para representar las líneas de alimentación del control. Cuando se las alimenta directamente de las líneas de fuerza, se las denomina L1, L2 y si se las alimenta a través de un transformador de control, la notación es L1A, L2A.

Entre estas líneas se colocan sucesivamente los componentes del control, siguiendo un orden que se ha establecido como norma. Considerando el diagrama de la Figura (II-6.a), tenemos que su desarrollo es el siguiente: se inicia con el contacto del pulsador de paro unido con un puente

te permanente al contacto del pulsador de avance, en paralelo con éste está el contacto de retención perteneciente al contactor principal, a continuación se encuentra la bobina del contactor y finalmente los contactos de protección contra sobrecargas.

Este es un diagrama tipo para el control manual o semiautomático de un sistema eléctrico.

Los dispositivos piloto y relés que intervienen en sistemas automáticos, no tienen una posición definida en un diagrama, ella varía de acuerdo a las secuencias de funcionamiento de la maquinaria.

El circuito se inicia en la línea L1 y se procede a continuación a enumerar cada uno de los cables como se indica a continuación: con el 1 el extremo de la línea que parte de L1 al extremo del contacto normalmente cerrado, con el 2 el otro extremo del contacto cerrado, éste se prolonga hasta el extremo del contacto normalmente abierto. El contacto abierto está en paralelo con el contacto de retención cuyos extremos son los puntos 6 y 7. El otro extremo del contacto de avance se denomina 3, se une al punto 4 de la bobina del contactor, sigue con 5 hacia los contactos normalmente cerrados del relé de sobrecarga, los mismos que se unen finalmente a L2.

Para desarrollar los diversos circuitos de control, es necesario dividirlos en dos grupos básicos:

1. Control de 2 alambres.- El diagrama correspondiente se muestra en la Figura (II-6.b). Su desarrollo es el siguiente: de L1 se inicia una línea hasta un contacto que puede ser un interruptor, un dispositivo piloto, etc. El extremo de este contacto continúa con una línea a la bobina

na del contactor, se continúa por los contactos de sobrecarga y se llega a L2.

Si en un circuito de control de 2 alambres, se desea conectar más de un dispositivo de operación, se lo debe efectuar en serie.

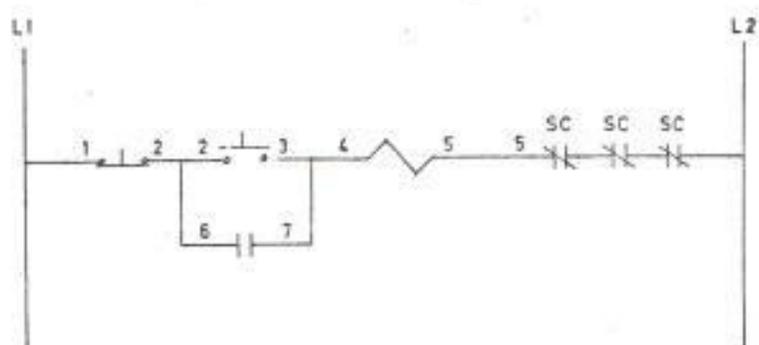
Estos circuitos de control operan únicamente si el o los contactos de operación permanecen cerrados.

2. Control de 3 alambres.- El diagrama correspondiente se muestra en la Figura (II- 6.a). Consta de una botonera con pulsadores de arranque y paro la cual es el dispositivo piloto apropiado para formar un control de 3 alambres.

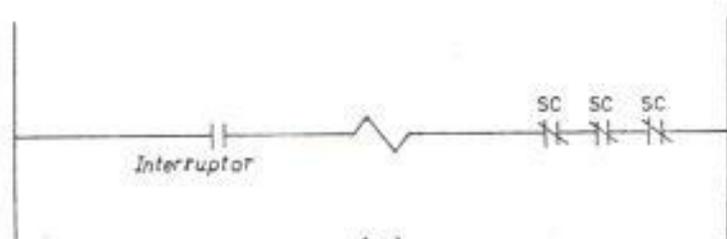
En estos circuitos de 3 alambres, pueden conectarse botoneras adicionales cuyos contactos de paro irán en serie y los contactos de arranque en paralelo.

Tabla 3. Conexiones para control y fuerza en circuitos de 600 V. o menos (tomadas de las normas NEMA)

| | 1 FASE | 3 FASES | CORRIENTE CONTINUA |
|---|--------|------------|--------------------|
| Marcas de línea | L1, L2 | L1, L2, L3 | L1, L2 |
| Conexión a tierra cuando se use | L2 | L2 | L2 |
| Calentadores del relé de sobrecarga | L1 | L1 - L3 | L1 |
| Circuito de Control | L1 | L1 - L2 | L1 - L2 |
| Interruptor del circuito de Control | L1 | L1 | L1 |
| Bobina del contactor conectada a : | L2 | L2 | L2 |
| Para invertir la rotación intercambiando las líneas | | L1 - L3 | |
| Contactos de control del relé de sobrecarga | L2 | L2 | L2 |



(a)



(b)

Figura II-6. Circuitos de control

- a) Control de 3 alambres.
- b) Control de 2 alambres.

F. Análisis de Circuitos de Control.

El análisis de los circuitos de control, es muy importante puesto que en base a este estudio y conocimiento, se tendrá una idea precisa de las funciones de todos y cada uno de los componentes del proceso que se controla, lo que es fundamental para instalaciones y mantenimiento de los circuitos de control.

Al hablar de análisis sabemos que comprende el estudio de todos y cada uno de los puntos de conexión, contactos abiertos y cerrados, bobinas, relés, dispositivos piloto, etc. Esto se lo hará paso a paso, siguiendo la secuencia de funcionamiento de los controles y de la máquina.

Comenzamos por L1 y terminamos en L2, que son las líneas que alimentan el circuito de control.

Como ejemplo analizaremos el circuito de la Figura (II-4.b.).

Asumiendo que C2 es la bobina del arrancador que controla el motor M2, el cual debe comenzar a trabajar una vez energizado L1 y L2. Para que esto suceda la corriente en el circuito tiene que pasar desde L1 por el contacto normalmente cerrado C1 correspondiente al contactor C1. C1 estará cerrado si la bobina C1 está desenergizada. Continuando por la bobina C2, luego por los contactos cerrados de seguridad, finalmente se cierra el circuito y la bobina C2 se energizará.

C2 dejará de trabajar cuando se energiza C1, esto sucederá así: de L1 la corriente pasa por el contacto cerrado del pulsador de paro, para que continúe cerraremos el pulsador de marcha, la corriente pasará a la bobina C1 y luego por los contactos de protección hasta llegar a L2.

El contactor C1 se cierra permitiendo que el contacto auxiliar de retención C1, reemplaze al contacto momentáneo del pulsador de marcha con lo cual el circuito continuará energizado hasta que se opere el pulsador de paro.

El otro contacto auxiliar C1 que estaba cerrado antes de que se energize la bobina C1, se abrirá desconectando la bobina C2, en este momento el contacto auxiliar C2 se cerrará permitiendo el paso de corriente hasta la bobina de un relé de control RC, a su vez se cerrará el contacto RC que energizará una válvula solenoide VS.

El análisis de este diagrama es sumamente sencillo, pero en la práctica se encuentran circuitos complejos, que presentan dificultad para su fácil entendimiento y para lograrlo se requiere de mucha experiencia.

G. Mantenimiento de los Controles.

Para el mantenimiento de los controles utilizados en la industria, es necesario organizar un programa periódico de inspección y arreglos, para lo cual debe disponerse de una tarjeta de registro para cada motor e inclusive una para la máquina misma. En ella se anotarán las características eléctricas del motor, sus controles y los datos mecánicos. Esto último es importante por que la mayoría de las fallas se deben a problemas mecánicos y además porque en máquinas modernas, el control electromecánico sintetiza una profunda afinidad entre la Electricidad y la Mecánica.

Es necesario por lo tanto controlar con especial interés detalles de operación y mantenimiento de la maquinaria y de los controles eléctricos.

En la página siguiente se presenta un modelo de la tarjeta de mantenimiento que debe emplearse.

La finalidad del Mantenimiento es prevenir las fallas antes de que éstas se presenten, por lo tanto es conveniente observar las siguientes normas:

1. Conocer perfectamente los circuitos eléctricos de fuerza y de control. Estudiar los diagramas.
2. Estudiar detenidamente las instrucciones del fabricante de la maquinaria, de tal manera que haya un conocimiento cabal del control electromecánico.
3. Lubricar adecuadamente las máquinas, de acuerdo a instrucciones del fabricante. Si se engrasa exageradamente sin ningún control, el motor corre peligro de quemarse por acumulación de grasa en sus bobinas.
4. Ajustar periódicamente los tornillos y pernos en

Departamento de Electricidad

Nombre de la Empresa:

Ciudad.

CONTROLES

N°..... Localización:

Fabricante: Clase:

H.P..... Voltaje:..... Fase:.. .. Ciclos:.....

Style N° Serial N°

Bobina de operación estilo N°.....

Resistencia (Tipo) N°.....

Transformador (Tipo) N°

Móviles:

Contactos N°

Fijos:

Datos del Control

Repuestos existentes, pedidos, fechas, cambios efectuados,
etc.

MOTOR

N°: Localización:.....

Uso:

Fabricante:..... Tipo:.....

H.P..... Voltaje:..... Fases:..... Ciclos:.....

Velocidad:.....RPM

Serial N°:..... Tamaño N°:..... Armazón N°:.....

Tipo de rulimanes (frente):.....(atrás):.....

Diám. Polea:..... Ancho:..... Diám. Interior:.....

Seguro de la Polea:.....

Tipo de las escobillas:..... Número de esc:.....

Datos del Motor

Arreglos efectuados, repuestos existentes, pedidos, etc.

las conexiones, arranques, bloques terminales, cajas fusibles, barras colectoras, etc.

5. Inspeccionar semanalmente todos los circuitos de tal manera que se descubran equipos defectuosos o con sobrecalentamiento, que deben ser arreglados o cambiados antes de que se produzcan las fallas.

6. Limpiar y proteger del agua y humedad las instalaciones completas.

7. Dimensionar correctamente los fusibles o interruptores automáticos que protegen los circuitos de fuerza de los motores.

El Código Eléctrico Nacional norteamericano (NEC), prescribe que los fusibles e interruptores automáticos deben proteger cada una de las líneas de fuerza de un motor, puesto que en casos de fallas entre fases o de fase a tierra, la corriente de falla puede circular por el conductor de una sola fase del motor. En motores trifásicos deben emplearse siempre tres fusibles de línea y los interruptores automáticos deberán poseer tres mecanismos de protección.

La selección de los fusibles y de los interruptores automáticos, está también supeditada a la capacidad del arrancador para soportar los efectos de la corriente de falla antes de que ésta sea interrumpida. Las partes más vulnerables en un arrancador de motor, son los elementos térmicos de los relés de sobrecarga, por este motivo es necesario seleccionar correctamente los fusibles e interruptores automáticos.

En las Tablas 4 y 5 se pueden seleccionar los fusibles e interruptores automáticos correctos, que nos permiti-

tirá proteger adecuadamente las líneas y que el motor arranque hasta alcanzar su máxima velocidad, sin que los fusibles se quemen o el interruptor automático se desconecte.

Observando debidamente estas normas, se obtendrá como resultado una máxima eficiencia en el rendimiento del sistema eléctrico y por consiguiente en la producción de la maquinaria.

Las observaciones generales citadas a continuación, son muy importantes en la práctica del mantenimiento de sistemas eléctricos.

Cuando las líneas están expuestas al medio ambiente o cruzan en largos recorridos por parrillas metálicas, es necesario inspeccionarlas periódicamente para hacer limpieza y porque pueden existir daños causados por roedores. Cuando las líneas van dentro de ductos y se desea evitar la introducción de suciedad, de agua o de animales, se puede sellar la entrada del ducto con " Dux-seal ", la cual es una pasta gelatinosa aislante que se usa para proteger las instalaciones eléctricas contra la humedad y suciedad del medio ambiente.

En los interruptores fusibles o bases portafusibles, los fusibles deben estar perfectamente ajustados en su soporte al igual que todos los terminales de conexiones. Los fusibles serán de la capacidad adecuada y cuando uno de ellos sea cambiado, el repuesto debe ser de igual capacidad que el anterior.

En los contactores magnéticos debe prestarse atención a todos sus componentes. Los contactos no deben tener un desgaste excesivo porque esto hará disminuir la presión normal entre ellos, lo que originará la formación de arcos vol

Tabla 4. Capacidad normal máxima de los dispositivos de protección para circuitos de motores designados con una letra de Código.

Por ciento de la corriente a plena carga.

Capacidad del fusible Graduación del interruptor automático, tipo límite de tiempo.

Tipo de motor

Todos los monofásicos, y polifásicos tipo jaula de ardilla y sincrónicos (arranque a pleno voltaje, con resistencias o con reactores).

| | | |
|---------------------|-----|-----|
| Código letra A | 150 | 150 |
| Código letras B a E | 250 | 200 |
| Código letras F a V | 300 | 250 |

Todos los jaula de ardilla y sincrónicos con arranque de autotransformador.

| | | |
|---------------------|-----|-----|
| Código letra A | 150 | 150 |
| Código letras B a E | 200 | 200 |
| Código letras F a V | 250 | 200 |

Magnetic Control of Industrial Motors. Part 2

Table 9

Gerhart W. Heumann

Tabla 5. Capacidad normal máxima de los dispositivos de protección para circuitos de motores no designados con una letra de Código.

| Tipo de motor | Por ciento de la corriente a plena carga. | |
|--|---|---|
| | Capacidad del fusible | Graduación del interruptor automático, tipo límite de tiempo. |
| Monofásicos, todos los tipos | 300 | 250 |
| Jaula de ardilla y <u>sin</u> crónicos (arranque a pleno voltaje con resistencia o con reacto <u>res</u>). | 300 | 250 |
| Jaula de ardilla y <u>sin</u> crónicos (arranque con autotransformador). | | |
| No más de 30 amp. | 250 | 200 |
| Más de 30 amp. | 200 | 200 |
| Jaula de ardilla de <u>al</u> ta reactancia. | | |
| No más de 30 amp. | 250 | 250 |
| Más de 30 amp. | 200 | 200 |
| Rotor devanado | 150 | 150 |

Magnetic Control of Industrial Motors. Part 2

Tabla 10

Gerhart W. Heumann

taicos peligrosos. Los contactos fijos deben estar bien ajustados mientras que los móviles, deben tener sus resortes en perfectas condiciones para garantizar un buen accionamiento.

La superficie de los contactos debe estar libre de polvo y suciedad para lo cual si es necesario se utilizará una lija suave, a fin de no provocar desgastes que impedirían la conexión y desconexión simultánea en todos los contactos.

Las superficies de las piezas polares, deben ser revisadas con frecuencia a fin de eliminar la suciedad o elementos extraños que podrían provocar zumbidos anormales, entorpeciendo el cierre o apertura del circuito magnético. Cuando existe oxidación, se usará una lija suave para no rayar las superficies ni provocar desgaste innecesario. Tener presente que no se puede usar aceite para limpiar las superficies polares.

Cuando existe un desgaste excesivo, el circuito magnético puede cerrarse permanentemente debido al magnetismo remanente. En este caso debe reemplazarse.

En los circuitos magnéticos de corriente continua, a diferencia de los de corriente alterna, no se presentan mayores problemas de mantenimiento, lo que los hace aptos para trabajos muy pesados y de gran precisión.

La bobina del contactor debe recibir el voltaje adecuado con variaciones permisibles entre el 80 y el 110 por ciento del voltaje nominal, cuando recibe un voltaje muy bajo, puede provocar el cierre defectuoso del contactor, ruido en el circuito magnético, soldadura de los contactos como resultado del cierre sin fuerza de los mismos, lo que

ocasionará su calentamiento excesivo y fundición final.

Cuando se controla un contactor desde una considerable distancia, debe tomarse en cuenta la corriente de arranque de la bobina, debido a que ésta provoca una gran caída de voltaje en la línea de control entre el contactor y el dispositivo de mando. Si la caída de voltaje es muy alta, la bobina del contactor no tendrá el suficiente voltaje para poder hacer que el contactor cierre. En tales instalaciones debe ser calculada la máxima resistencia permisible del circuito de control y el calibre del alambre para el circuito de control debe ser seleccionado de una resistencia menor a este valor.

Para calcular la máxima resistencia permisible en el circuito de control, se procede de la siguiente forma:

Se mide la resistencia de la bobina del contactor y la corriente de arranque de la misma.

Esta corriente de arranque se puede medir sujetando con la mano el contactor en la posición de abierto, al momento de energizarse la bobina.

En la Figura (II-7), la línea OA es igual a la caída de voltaje producida por la corriente de arranque multiplicada por la resistencia óhmica de la bobina.

La longitud de la línea AB representa un valor tal como el 90% del voltaje de línea, el cual se ha asumido como el mínimo voltaje promedio a través de la bobina, con el objeto de permitir una operación segura.

La línea OB representa la caída por reactancia en la bobina.

La longitud de la línea BD representa el voltaje total de línea y es 1,25 veces más larga que AB.

La línea AD representa la caída de voltaje producida por la resistencia óhmica de la línea de control.

Se divide el valor de AD para la corriente de arranque y se obtiene la resistencia permisible de la línea, lo que nos facilita su selección apropiada.

En casos en que la línea de control tenga una gran resistencia, la solución es emplear un pequeño relé auxiliar, el cual tendrá una corriente de arranque menor. Este relé a su vez, accionará la bobina del contactor que se desea operar.

Si la bobina de un contactor es alimentada con corrientes alternas de frecuencias diferentes a las nominales, se tomará en cuenta las siguientes observaciones:

Cuando una bobina se alimenta a una determinada tensión y la frecuencia varía entre ciertos límites, para efectos de conexión del contactor, un aumento en un tanto por ciento en la frecuencia origina el mismo efecto que una caída de tensión del mismo tanto por ciento y una disminución de un determinado tanto por ciento en la frecuencia, da lugar al mismo efecto que un incremento del mismo tanto por ciento en la tensión. Por tanto los límites de funcionamiento de un circuito magnético en lo que respecta a la frecuencia de alimentación serán $0,9 F_n / 1,2 F_n$, siendo F_n la frecuencia nominal.

Es decir, las características de trabajo de las bobinas no varían si la tensión de alimentación varía directamente en el mismo tanto por ciento que la frecuencia.

Como ejemplo: una bobina prevista para 115 Voltios a 50 ciclos puede utilizarse para 138 voltios a 60 ciclos.

Cuando una bobina se energiza, el mecanismo magnético

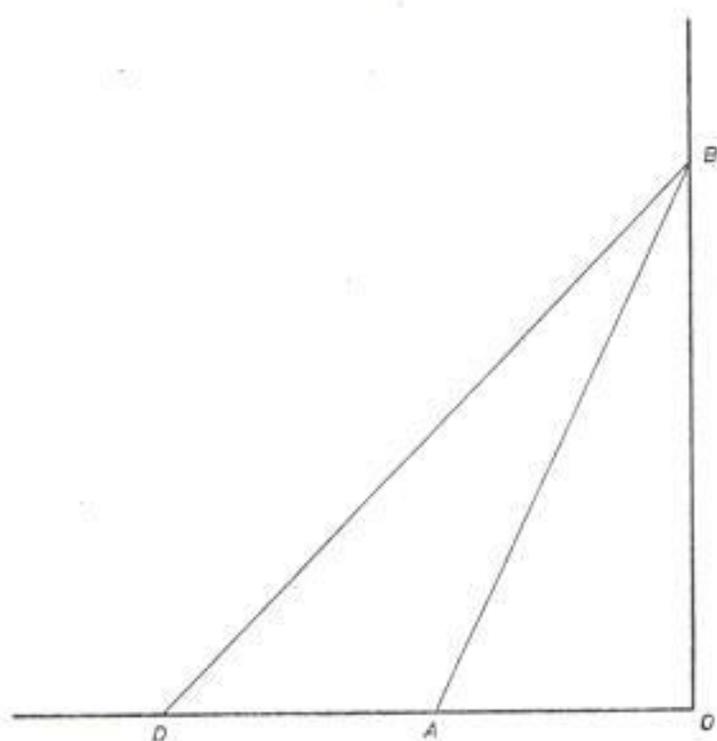


Figura II-7 Cálculo de la resistencia de líneas de control.

le exige un esfuerzo tal, que el amperaje se eleva a valores que se pueden apreciar en la Tabla 6.

Una vez que se cierra el circuito, la corriente en la bobina baja a su valor normal. Si algún elemento extraño aumenta la reluctancia del circuito magnético, este amperaje no bajará a su valor nominal, lo que provocaría que la bobina se quemara.

En los relés de sobrecarga, el mantenimiento consiste en proteger el contacto de trabajo contra el polvo y la suciedad. Esto es importante cuando se trata de fábricas en las que se elaboran harinas, cemento, molinos de alimentos balanceados, canteras, etc.

Cuando un relé de sobrecarga está operando frecuentemente el primer paso es medir el amperaje del motor para comprobar si hay sobrecarga. Si no la hay, se cambiará el relé o se procederá a probar el anterior con el fin de saber si está disparando en forma correcta.

El mantenimiento en relés de voltaje, es similar al de los contactores.

Los relés de nivel necesitan de una atención especial. Los electrodos deben mantener limpios sus extremos porque la suciedad puede aislarlos impidiendo la operación del equipo. Asimismo, la humedad excesiva puede provocar que los electrodos cierren el circuito de control en forma falsa, y pueden hacerlo en forma simultánea varios de ellos en un mismo sistema, transtornando en un momento dado la operación de la maquinaria.

Los relés de tiempo neumáticos, requieren de un engrase periódico del eje de la bomba y comprobación del muelle de la bomba neumática, ya que están expuestos a deterioro

Tabla 6. Corriente de las bobinas en los arrancadores
Allen Bradley.

| Tamaño del arrancador | Corriente de arranque en amperios a 60 Ciclos | | Corriente nominal en amperios a 60 C. | |
|--------------------------|--|--------|--|--------|
| | 120 V. | 240 V. | 120 V. | 240 V. |
| 00 | 0.50 | 0.25 | 0.12 | 0.06 |
| 0 | 0.88 | 0.44 | 0.14 | 0.07 |
| 1 | 1.54 | 0.77 | 0.18 | 0.09 |
| 2 | 1.80 | 0.90 | 0.25 | 0.13 |
| 3 | 4.82 | 2.41 | 0.36 | 0.18 |
| | 5.34 | 2.67 | 0.39 | 0.20 |
| 4 | 8.30 | 4.15 | 0.54 | 0.27 |
| | 9.90 | 4.95 | 0.61 | 0.31 |
| 5 | 16.23 | 8.11 | 0.81 | 0.41 |

por oxidación.

El mantenimiento de interruptores o dispositivos piloto, es de suma importancia. En los interruptores de flotador, hay que comprobar que su calibración sea perfecta. Nada debe interrumpir ni detener el libre desplazamiento de la varilla del flotador. El mecanismo de conexión y desconexión debe trabajar correctamente, no deben haber daños en la boya ni en la varilla, y los topes en la varilla deben estar siempre fijos.

Los interruptores de límite por lo general son de gran seguridad, pero si se trata de aquellos que tienen palanca de operación, y si su trabajo es sumamente intenso en máquinas automáticas, puede suceder que haya desgaste en su mecanismo interior, lo que hace trabajar el interruptor. Esto podría provocar la destrucción de la maquinaria, por lo que cuando hay evidencias de esta falla, se debe cambiar inmediatamente el interruptor de límite.

Si se trata de microinterruptores, la duración de su delicado mecanismo depende de la presión que se aplique al tope accionador, si ésta es extremada puede destruirlo.

También hay que protegerlo de la humedad y suciedad.

Los interruptores de presión son los de mayor duración y seguridad, hay que cuidar de la conservación y ajuste de su mecanismo de resorte y pequeñas piezas, pues estos vienen calibradas desde la fábrica. Cuando hay algún inconveniente es necesario asegurarse de que los manómetros indicadores de la presión en el sistema están en perfectas condiciones.

Luego hay que sacarlo con las precauciones del caso y revisar alguna posible obstrucción interna con algún ele-

mento extraño como pedazos de soldadura, de óxido, etc.

En los interruptores de temperatura o termostatos, se tendrá cuidado de la conservación del bulbo y del elemento capilar. Su precisión se comprueba con un termómetro auxiliar.

Algo valioso para el conocimiento de un profesional, es lo relacionado con los equipos para quemadores de calderos y de hornos, pues, los problemas que se presentan en ellos son tan complejos y variados que el único resultado final es la falla del encendido del quemador.

Si se hace un paciente y periódico mantenimiento de los componentes, tales como: limpieza y ajuste de los electrodos, limpieza de la boquilla inyectora del combustible (si es diesel), regulación adecuada de la presión de descarga de la bomba inyectora del mismo, regulación de la entrada del aire para la combustión, esto dará una llama perfecta evitando la formación de hollín o de humo por efecto de una mala combustión, lo que repercutirá al evitar que se opaque el lente de la fotocelda que vigila la llama, y ésta enviará al control electrónico, una señal perfecta. Es conveniente leer las instrucciones de los fabricantes de esta fotocelda, para saber con exactitud los microamperios normales que debe enviar la misma al control, si se sospecha de esta comprobarla y si es necesario se la reemplaza.

El carbón acumulado en las puntas de los electrodos, y que a veces es imperceptible, impide la formación de la chispa de encendido. En quemadores para calderos grandes de empresas generadoras de electricidad, el circuito de alta tensión del transformador de encendido se cierra con la

armadura que lleva el electrodo, entonces, si alrededor de ésta se acumula carbón o suciedad, no habrá encendido.

En estos equipos es posible efectuar pruebas por separado de cada uno de sus componentes, siempre y cuando tomen las medidas de seguridad adecuadas.

H. Localización de Fallas.

Se entiende por fallas, todas las causas directas o indirectas que motivan la desconexión inoportuna de un circuito eléctrico.

La localización de fallas en un sistema eléctrico, es un asunto que requiere de estudio y razonamiento adecuados, aplicando los conocimientos adquiridos en el análisis de diversos circuitos de control y de sus complejos problemas prácticos.

Es recomendable para el ingeniero de mantenimiento, organizar un archivo de planos, diagramas y catálogos eléctricos de todas y cada una de las máquinas, con copias de los diagramas únicos para prevenir pérdidas o destrucción.

Estudiar cada uno de los diagramas, identificando los componentes y su función dentro del circuito, siendo además necesario colocar la denominación correspondiente en los tableros de control. Las líneas de fuerza y de control deben ser fácilmente identificables a lo largo de sus recorridos.

Suponer diferentes fallas y sus efectos en las secuencias de funcionamiento de la maquinaria, de tal manera que se constituya en una práctica para aprender a seccionalizar sin dificultad un problema y no tener que hacerlo en forma desordenada.

Las recomendaciones anteriores, nos permiten sacar como conclusión, que para dar un buen servicio y una rápida solución a los problemas, es indispensable tener como fundamento la preparación y estudio de los circuitos de control, efectuados con anticipación.

En el estudio de fallas, debe tenerse en cuenta que

pueden existir dos posibilidades, que son las siguientes:

1. Que se trate de circuitos nuevos que aún no han sido sometidos a prueba. En este caso pueden existir diferencias entre el alambrado y los diagramas correspondientes, conexiones flojas o componentes de control defectuosos.

2. Que se trate de circuitos que ya han trabajado anteriormente. En este caso, para ganar tiempo se pregunta al operador, en qué forma afecta la falla a la normal operación de la maquinaria, e inmediatamente relacionar el diagrama eléctrico al punto preciso de la falla mecánica. Este procedimiento en la mayoría de los casos permite ir directamente al punto de falla.

Al presentarse las fallas es necesario efectuar comprobaciones generales obligadas, de las tensiones de línea en los circuitos de fuerza y de control; revisar los fusibles y el relé de sobrecarga. Para casos más complejos, a continuación se exponen cuadros con las posibles soluciones, las cuales en su mayoría son datos prácticos adquiridos por el autor para poder escribir esta tesis.

FALLASCAUSAS PROBABLES

Fusibles de fuerza quemados.

1. Corto circuito en las líneas.

2. Fusibles de fusión instantánea.

3. Fusibles mal dimensionados.

4. Trabazón en la maquinaria.

5. Soportes de los fusibles flojos.

6. Líneas mal ajustadas.

Fusibles de control quemados.

1. Corto circuito en las líneas.

2. Fusibles mal ajustados.

3. Fusibles mal dimensionados.

4. Trabazón en los circuitos magnéticos de contactores o relés.

Contactador con control automático no trabaja.

1. Contactos abiertos en dispositivos piloto.

SOLUCIONES POSIBLES

Localizar el corto circuito.

Usar fusibles con retardo apropiados para circuitos de motores.

Seleccionarlos en base a las normas NEC.

Corregir el defecto mecánico.

Ajustarlos o cambiarlos si es necesario.

Ajustarlas debidamente.

Localizar el corto circuito.

Ajustarlos correctamente.

Dimensionarlos correctamente.

Corregir el defecto.

Arreglar o cambiar el dispositivo defectuoso.

FALLAS

CAUSAS PROBABLES

SOLUCIONES POSIBLES

2. Voltaje incorrecto en los terminales de la bobina. Comprobar el voltaje.
3. Bobina quemada. Ver falla de bobinas quemadas.
4. Disparo del relé de sobrecarga. Ver falla de relés de sobrecarga.
5. Conexiones flojas. Ajustarlas.
6. Líneas arrancadas. Cambiarlas.

El contactor se queda pegado. 1. Los contactos móviles y fijos Ver falla destrucción de los con-

tautos.

Corregir el defecto.

tico.

Cambiar el contactor.

3. Acción del magnetismo remanente debido al desgaste excesivo de las piezas polares.

Destrucción de los contactos. 1. Contactos fijos sueltos. Ajustarlos.

2. Insuficiente presión entre los contactos fijos y móviles. Cambiar los contactos y los resortes.

FAILAS

CAUSAS PROBABLES

3. Desgaste excesivo de las superficies.
4. Corto circuito en las líneas del motor.
5. Contactor mal dimensionado.

! Sobinas quemadas. !

1. Corto circuito interno debido a la humedad o a algún golpe.
2. Voltaje excesivo.
3. Vibración del circuito magnético

co

4. Calentamiento anormal debido a temperatura ambiente elevada, numerosas maniobras o conexiones flojas.
5. Bobina suelta.

SOLUCIONES POSIBLES

- Cambiar los contactos.
- Cambiar el motor.
- Dimensionar el contactor de acuerdo al número de maniobras y al tipo y potencia del motor.
- Seleccionar el dispositivo con caja a prueba de humedad.
- Proveer el voltaje adecuado.
- Limpiar las superficies polares.
- Dar ventilación al dispositivo y ajustar las conexiones.
- Ajustarla.

FALLAS

CAUSAS PROBABLES

6. Bobinas diseñadas para energiamiento momentáneo.

Relé Térmico.

1. Mal regulado, no desconecta oportunamente o lo hace en condiciones normales de carga.

2. Mal dimensionado.

3. Contacto de desconexión abierto.

4. Falta de una fase en las líneas de fuerza.

5. Falla de una de las bobinas del motor.

6. Voltaje de línea muy bajo. Esto equivale a una sobrecarga mecánica.

SOLUCIONES POSIBLES

Utilizarla para ese fin o cambiarla con otra para servicio continuo.

Regularlo de acuerdo al amperaje nominal del motor.

Cambiarlo por el apropiado.

Corregir el defecto y limpiar los contactos.

Revisar los fusibles.

Cambiar el motor.

Consultar con la empresa proveedora de la energía eléctrica.

FALLAS

CAUSAS PROBABLES

7. Deteriorados los elementos térmicos bimetálicos.
8. Térmicos tipo aleación han perdido su contenido, quedando suelta la rueda de sujeción del contacto de protección.
9. Cargas mecánicas que retardan la aceleración del motor o impiden que alcance su velocidad nominal.
10. Arranques y paros sucesivos, con elevadas corrientes de arranque.

Relés Magnéticos de Sobrecarga.

1. Falta de aceite para el retardo en la desconexión.

SOLUCIONES POSIBLES

- Cambiar el relé.
- Cambiar los elementos térmicos.
- Arreglar la falla mecánica.
- Aplicar uno de los métodos de arranque a voltaje reducido, para disminuir la corriente de arranque.
- Agregar aceite fino (3 en 1) al reservorio y regular el retardo en la desconexión.

FALLAS

CAUSAS PROBABLES

SOLUCIONES POSIBLES

Relés de tiempo.

1. Si tiene mecanismo de relojera, puede estar sucio, sin lubricar o deteriorado.
2. Si es neumático, puede tener oxidados los resortes, ejes o piezas giratorias.
3. Si tiene motor, este puede estar dañado.

Limpiar, lubricar o cambiar el relé.

Limpiar, lubricar o cambiar el relé.

Cambiarlo.

Motor quemado.

1. Humedad excesiva, aceite o grasa en las bobinas.
2. Fusibles sobredimensionados.
3. No hay protección contra sobrecargas.
4. Rulimanes o bocines dañados.
5. Cambio de poleas con otras de mayor diámetro en el eje del motor.

Cambiarlo y tomar las precauciones debidas.

Seleccionarlos correctamente.

Conectar un relé de sobrecarga bien dimensionado.

Cambiarlos o arreglarlos.

No exceder el torque del motor.

I. Control de arranque de motores de Corriente Alterna

Para seleccionar los equipos de arranque de los motores tipo jaula de ardilla, se toman en consideración los siguientes puntos importantes:

1. Características de torque y arranque de la carga.
2. Efecto del torque de arranque en la carga impulsada.
3. Características del motor: Potencia, Fases, Voltaje, Ciclaje, Factor de servicio.
4. Características del circuito eléctrico: Voltios, Ciclos, Potencia.
5. Corriente del motor con rotor bloqueado.
6. Número de maniobras de paro y arranque.

Las condiciones anotadas, han impuesto la adopción de dos métodos fundamentales para el arranque de los motores de inducción tipo jaula de ardilla:

a. Arranque a pleno voltaje.- Se fundamenta en que el mismo voltaje de las líneas, es aplicado al motor a través de los contactores y su protección respectiva, mediante circuitos de control manuales o automáticos. El arranque a pleno voltaje está generalizado para motores de baja potencia, en motores grandes hay que tener en cuenta el efecto que producen en el sistema eléctrico, sus corrientes de arranque. Si provocan caídas exageradas de tensión y perturbaciones generales, no se puede emplear este método de arranque. En arranques sucesivos, debe tomarse en cuenta el sobrecalentamiento de las bobinas del motor.

Al aplicar un arranque a pleno voltaje, se asume que el torque de arranque del motor es suficiente para que ven

za la inercia de la carga y el torque de la misma.

Con el objeto de satisfacer la gran demanda de motores de inducción de simple construcción y de arranque a voltaje de línea, que no produzcan fluctuaciones mayores en la línea, se han construido los motores de doble jaula de ardilla.

Las curvas torque-deslizamiento para los motores de inducción ordinarios, indican que las características de trabajo son excelentes (velocidad casi constante con carga) pero, las características de arranque son diferentes (elevadas corrientes a un bajo factor de potencia).

Con el fin de facilitar la selección apropiada del motor de inducción sencilla o del motor de inducción de doble jaula de ardilla, los fabricantes han desarrollado numerosas variaciones del motor de rotor normal. Estas variaciones resultan en torques de arranques mayores o menores que el diseño normal.

Para distinguir entre los varios tipos disponibles la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) ha desarrollado un sistema de código de letras en el cual cada tipo de motor es fabricado de acuerdo a un diseño particular estandarizado y es clasificado con una letra. Cada letra especifica una diferencia en la estructura rotórica, la siguiente descripción servirá para clasificar la selección de motores de inducción para varios tipos de servicio.

El motor clase A, tiene un torque de arranque 1.5 a 1.75 veces el torque a plena carga, la corriente de arranque varia de 5 a 7 veces el valor nominal, lo que hace inaplicable el arranque a pleno voltaje en motores de más de

5 H.P.

El efecto indeseable de esta alta corriente de arranque, se compensa con la rápida aceleración hasta la velocidad nominal.

Este tiene una buena regulación de velocidad sobre los 3 al 5%.

El motor clase B, se usa para propósitos generales. La corriente de arranque varia de 4.5 a 5 veces el valor nominal. A causa de que sus características de torque-deslizamiento son similares, los motores clase B son generalmente preferidos a los motores de clase A.

El motor clase C, es de doble jaula de ardilla. Este desarrolla un torque de arranque de 2 a 2.5 veces el torque normal, y una corriente de arranque de 3.5 a 5 veces el valor nominal. A causa de su alto torque de arranque, éste acelera rápidamente. Cuando es usado con cargas pesadas de gran inercia, la disipación térmica del motor es limitada, ya que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado rotórico superior.

Bajo condiciones de frecuentes arranques, el rotor tendrá tendencia a sobrecalentarse.

El motor incrementa su torque al aumentar el deslizamiento, hasta llegar a un valor estable máximo correspondiente al máximo deslizamiento.

Por este motivo son empleados con cargas grandes repentinas, pero de baja inercia.

El motor clase D, es un motor de alto torque de arranque aproximadamente 3 veces el valor nominal, con corriente de arranque de 3 a 8 veces el valor nominal. Este motor es diseñado para arranque de servicio pesado, pero, al

igual que el motor de clase C, no es recomendado para arranques frecuentes a causa de que el rotor tiene barras de gran resistencia que no disipan el calor con facilidad.

Su mejor aplicación se la encuentra en prensas punzonadoras o cortadoras, en las cuales se aplican cargas repentinas y de gran torque.

El motor clase F, es de doble jaula de ardilla y de bajo torque de arranque que llega a 1.25 veces el valor nominal y baja corriente de arranque de 2 a 4 veces el valor nominal.

Tiene una muy alta resistencia rotórica tanto en el bobinado de arranque como en el de trabajo, a causa de esto tiene una regulación más pobre que la del motor clase B, baja capacidad para sobrecarga, y una eficiencia de trabajo mas baja.

Los motores clase F, son fabricados generalmente en tamaño sobre los 25 H.P. para arranques a pleno voltaje. Las bajas corrientes de arranque de estos motores, eliminan la necesidad de equipos de voltaje reducido.

El motor clase F fue diseñado para reemplazar el motor clase B usado para propósitos generales. Ver experimento N° 1.

b. Arranque a voltaje reducido.- Este método es utilizado para motores polifásicos de inducción de gran potencia, con el objeto de reducir las elevadas corrientes de arranque a pleno voltaje. De esta manera se evitan caídas bruscas de tensión que afectarían a otros motores y a los circuitos de alumbrado.

Al reducir el voltaje en el arranque de un motor, se obtiene una disminución en el torque de arranque, lo cual

es favorable para el buen funcionamiento de determinadas maquinarias.

El torque de un motor de inducción es una función del cuadrado de la corriente del rotor o aproximadamente el cuadrado de la corriente de línea.

Si el voltaje de arranque es reducido en un 50 %, la corriente se reducirá a un 50 % de la normal y el torque disminuirá a un 25 % del valor normal.

Esto nos indica claramente, que si un motor que arranca a pleno voltaje, no puede mover satisfactoriamente una carga, menos podrá hacerlo arrancando a voltaje reducido.

Existen varias formas de arranque a voltaje reducido y son las siguientes:

1. Conexión de resistencias primarias en serie con las líneas del estator del motor.

2. Mediante el uso de un autotransformador o compensador, que tiene derivaciones apropiadas para el voltaje mínimo que se va a aplicar al motor.

3. Conexión de reactores en serie con las líneas del motor.

4. Conexión en Y del bobinado del motor al momento de arrancar, luego, conexión en Delta cuando el motor ha alcanzado una velocidad cercana a la de marcha.

5. Conexión de motores de bobinas parciales, con dos o más bobinas independientes. Una de ellas queda abierta en el arranque, el torque producido por la primera bobina acelerará la carga de tal manera que no producirá un exceso de demanda de corriente cuando el segundo bobinado es conectado.

CONTROL DE LA ACELERACION

Los motores de inducción tipo jaula de ardilla desarrollan una velocidad constante y pueden ser diseñados para funcionar a diversas velocidades fijas. Esto lo consigue el fabricante variando el número de pares de polos en el estator.

El principio del motor jaula de ardilla consiste en un rotor que gira dentro de un estator por la acción de un campo magnético rotatorio. La velocidad resulta de la siguiente manera:

En el devanado del estator se aplica un voltaje V_1 a la frecuencia f_1 ; el flujo por polos se distribuye sinusoidalmente en el espacio alrededor del entrehierro y gira a velocidad de sincronismo. Si p representa el número de polos existentes tanto en el rotor como en el estator, el flujo girará a una velocidad de n_1 rpm tal que:

$$\frac{p}{2} \frac{n_1}{60} = \frac{pn_1}{120} = f_1$$

Pero, el rotor gira a n_2 rpm, correspondiente a una frecuencia f_2 que es:

$$f_2 = \frac{pn_2}{120}$$

El rotor se está deslizando con respecto al campo giratorio a la frecuencia:

$$f_s = f_1 - f_2 = Sf_1$$

$$S = \frac{(f_1 - f_2)}{f_1} = 1 - \frac{(n_2)}{n_1}$$

Donde S es el deslizamiento expresado como fracción de la velocidad de sincronismo n_1 .

Con esto se demuestra que el rotor siempre girará a una velocidad menor que la del campo magnético giratorio

del estator.

La velocidad del motor será menor mientras mayor número de pares de polos tenga.

Los métodos empleados para controlar la aceleración de un motor jaula de ardilla, se los puede clasificar así:

Control de Límite de Tiempo.- Consiste en hacer funcionar al motor en etapas sucesivas de aceleración, dando a cada una de ellas una duración definida. En este caso no influye la carga que pueda soportar ni su variación.

Control de Límite de Corriente.- Consiste en acelerar el motor en base a la variación del amperaje en las distintas etapas de aceleración. Se aplica en motores con cargas de gran inercia, en las que no se obtiene el máximo torque al momento de arrancar, sino cuando la máquina ya ha adquirido cierta velocidad, las sucesivas etapas de aceleración no actúan si la corriente de carga no ha bajado a un límite de seguridad y para el cual ha sido graduado el relé de corriente que accionará la siguiente etapa y así sucesivamente.

Control de la Frecuencia en el Secundario del Motor.- Es otro sistema para el control de la aceleración.

Cuando un motor de rotor devanado de 60 ciclos, es acelerado, la frecuencia en el secundario varía de 60 ciclos a la velocidad cero hasta 2 o 3 ciclos a plena velocidad y el voltaje entre las fases también decrece en la misma proporción.

Este tipo de motor, a diferencia de los motores de inducción con rotor de jaula de ardilla, tienen el rotor bobinado de tal manera que las tres puntas del circuito del

devanado, se conectan a anillos colectores o deslizantes localizados en el extremo del rotor. Sobre estos anillos se deslizan unas escobillas de carbón conectadas a un circuito externo de resistencias. Variando estas resistencias, controlamos la aceleración y la velocidad del motor de rotor devanado. Esta variación se la puede efectuar manual o automáticamente. Ver experimento N° 6.

ARRANQUE DE MOTORES SINCRONICOS

Como su nombre lo indica, son motores que giran a la velocidad de sincronismo, sin deslizamiento, es decir que, el rotor gira a igual velocidad que el campo magnético producido por las bobinas del estator, el cual es idéntico que en los motores tipo jaula de ardilla.

Las bobinas del rotor tienen igual número de polos que las del estator y son diseñadas para trabajar con corriente continua. El funcionamiento se logra mediante la aplicación del campo magnético de las bobinas del estator y un campo independiente establecido por las bobinas del rotor excitadas con una fuente externa de corriente continua. Estas se energizan cuando el motor ha alcanzado una velocidad aproximada al 95 % de la velocidad de sincronismo y producen polos alternos norte y sur, que son atraídos por los polos respectivos del estator, de esta manera el rotor gira a velocidad sincrónica o en fase de tiempo con el campo magnético rotatorio del estator.

Los devanados de campo del rotor se alimentan a través de anillos deslizantes mediante carbones, desde una fuente externa, que puede ser un generador acoplado al mismo motor sincrónico. Esta descripción corresponde exclu-

sivamente a la conexión final de arranque en el motor sin crono. Si se tratara de arrancar de la manera descrita an teriormente, no lo conseguiríamos, porque los polos del rotor de corriente continua en reposo, serían atraídos y repelidos alternativamente por el campo giratorio del es tator. Para evitar esto, se dispone de un devanado de in ducción o de arranque en las caras polares del rotor. Este devanado semeja al de uno de jaula de ardilla, se lo conoce como devanado amortiguador y tiene el objetivo de dar el torque de arranque y de aceleración necesarios, al momento de inducirse en ellos la corriente del campo rota torio del estator.

Es importante destacar el hecho de que el motor sin crono no puede trabajar como un motor de jaula de ardilla por mucho tiempo, si se lo hace trabajar como tal, el devanado de amortiguación que es de poca sección, se sobre calentaría.

El campo del rotor no puede estar abierto en ningún instante, porque el campo rotatorio del estator induciría voltajes elevados que dañarían el aislamiento de las bob inas de corriente continua. Por este motivo, se conecta en tre los terminales del campo del rotor una resistencia de descarga, durante el arranque, la corriente resultante producirá una caída opuesta al voltaje generado, esto reduce el voltaje inducido en los terminales del campo.

El torque requerido para arrancar un motor de este tipo, desde el reposo hasta alcanzar aproximadamente el 95 % de la velocidad sincrónica, es obtenido por medio de los devanados de amortiguación. Para alcanzar esta veloci dad no debe transcurrir mucho tiempo (5 o 7 seg.), para

evitar daños en las bobinas de campo, esta es la razón principal por la que es conveniente manipular la excitación del campo, en forma automática para obtener mayor seguridad en la operación. En el momento justo que alcanzó esta velocidad, se conecta la fuente de corriente continua a los terminales del campo, sus bobinas forman los polos norte y sur que son atraídos por los del estator, lo que hace que el rotor se acelere hasta adquirir la velocidad sincrónica. Ver experimento N° 7.

Comparado con el motor de inducción, el motor síncro no posee las siguientes ventajas:

1. El rendimiento es mayor.

2. Al regular la excitación de campo, se consigue variar su factor de potencia que puede ser de adelanto, lo cual nos permite utilizar un motor síncro como condensador, para corregir el factor de potencia del sistema en que se instala, al mismo tiempo puede mover la carga de un motor de inducción de igual capacidad. Si la carga varía, se puede variar igualmente la excitación de campo en función de la carga, así se obtendría un factor de potencia constante.

3. Su construcción mecánica es sencilla en lo relacionado al rotor, las bobinas del campo se excitan con 110 o 220 Voltios de c.c. a través de anillos deslizantes y se pueden instalar gran número de polos, esto permite obtener velocidades bajas imposibles de conseguir las en los motores de inducción.

4. Velocidad constante.

Las desventajas son las siguientes:

1. Si el motor sale de sincronismo, hay que arrancarlo nuevamente.

2. Requiere de una fuente adicional de c.c., para la excitación de las bobinas del rotor, y

3. Posee un bajo torque de arranque. En muchos casos cuando la carga es sumamente grande y el torque de arranque del motor no es suficiente, se arranca el motor en vacío y se le aplica la carga sólo cuando ha alcanzado la velocidad de sincronismo.

El equipo de arranque de los motores sincrónicos, está formado por los siguientes componentes:

1. Un arrancador de corriente alterna para las bobinas del estator.

2. Un contactor de campo que conecta la fuente de c. c. al bobinado de campo y desconecta simultáneamente la resistencia de corto-circuito de los extremos del mismo bobinado de campo.

3. Una resistencia de descarga, para reducir el voltaje inducido en los terminales del campo al momento de arrancar o cuando la excitación de campo es desconectada.

4. Un reóstato para el ajuste de la corriente de campo.

FRENO DINAMICO EN MOTORES DE C.A.

El freno dinámico aplicado a un motor de inducción en funcionamiento, consiste en que cuando el estator es desconectado de las líneas de alimentación, se lo excita inmediatamente con una fuente de c.c.

La c.c. unidireccional producirá polos electromagnéticos fijos en el estator. Los conductores del rotor jaula de ardilla tendrán una fuerza electromotriz alternativa inducida en ellos, conforme pasan por los polos fijos N y S del estator. Esta f.e.m. alternativa es cortocircuitada, produciendo altas corrientes rotóricas y flujos, los cuales reaccionan contra el campo magnético fijo de c.c. del estator, llevando al motor a detenerse.

Para una parada rápida, se ajusta la c.c. a un valor que sea 6 a 8 veces la corriente nominal del motor.

La elevada pérdida $I R$, provocada alternativamente en el rotor, disipa la energía rotacional en forma de calor.

Durante el periodo de frenado, entre la plena velocidad y el reposo, el torque de frenado puede variarse considerablemente. Depende de la magnitud de la c.c. de excitación, este puede ser el 50 % del torque nominal del motor en el momento en que el torque de frenado es iniciado, elevándose luego al 500 o 600 % hasta que el motor tenga el 3 o el 6 % de la velocidad, y luego desconectar la c.c. tan pronto como el motor llega al reposo. Ver experimento N^o .

El freno dinámico aplicado a un motor sincrónico en funcionamiento, consiste en que cuando el estator es des-

conectado de las líneas de c.a., este es cortocircuitado inmediatamente a través de resistencias. El campo magnético de c.c. genera un voltaje en las bobinas de c.a., el cual produce el flujo de una gran corriente, convirtiendo el motor en un generador y llevándolo a una rápida parada.

Pruebas efectuadas con muchos motores, han demostrado que la carga puede ser parada tan rápidamente con el freno dinámico, como con el uso del freno mecánico tipo solenoide.

Control de arranque de motores de Corriente Continua

En el estudio del arranque de los motores de Corriente Continua, es sumamente importante conocer su funcionamiento y características particulares.

Los motores de c.c. de hasta 2 H.P., pueden arrancarse directamente a través de la línea, sin que la corriente de arranque afecte a las bobinas del mismo o al circuito externo. En estos casos se emplean arranques magnéticos con la protección para sobrecargas correspondiente.

En los motores de c.c. de mayor potencia, es necesario colocar resistencias en serie con la armadura (inducido) durante el periodo de arranque, con el objeto de limitar la corriente de arranque. La fuerza contraelectromotriz y la resistencia de la armadura, son los factores que determinan la corriente que ésta toma de las líneas de alimentación.

Como no hay fuerza contraelectromotriz en el arranque, la corriente que toma la armadura será sumamente elevada a menos que se la limite con una resistencia en serie, como se muestra en la Figura (II-8).

La corriente que pasa por la armadura del motor de la figura, está dada por la siguiente ecuación:

$$I_a = \frac{E - E_c}{R_a}$$

En donde:

I_a es la corriente de la armadura.

E es el voltaje de la línea.

E_c es la fuerza contraelectromotriz.

R_a es la resistencia de la armadura.

La fuerza contraelectromotriz equivale al voltaje apli

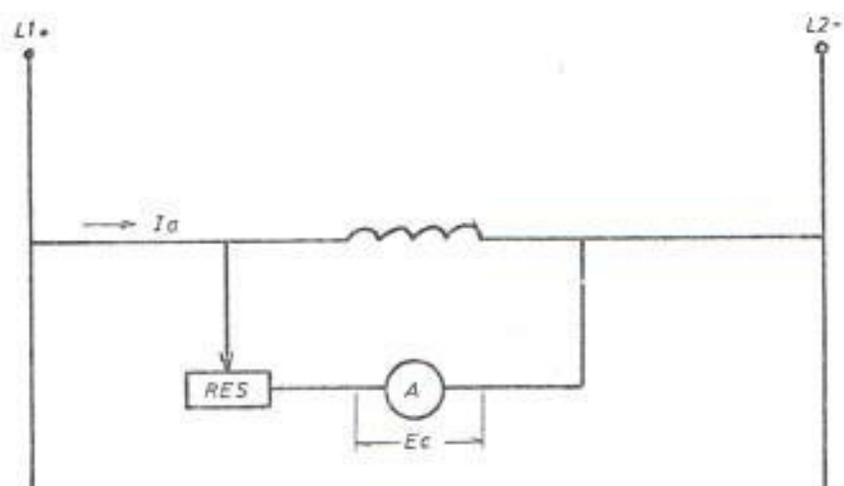


Figura II-8. Arranque de motores de c.c.

cado menos la caída de tensión en la armadura.

$$E_c = E - I_a \cdot R_a$$

Si la excitación de campo es constante, la fuerza contraelectromotriz será proporcional a la velocidad del motor. Esto permite calcular a diferentes velocidades, diversos valores de resistencias para ser conectadas en serie con la bobina de la armadura al momento de la aceleración.

La resistencia de arranque se conecta en serie solamente con las bobinas de la armadura y no con las bobinas de campo. Estas tienen una gran resistencia y la corriente que circula por ellas es pequeña y por consiguiente producirá campos relativamente bajos, por lo tanto no requieren resistencias adicionales.

Las resistencias en serie con la armadura, no pueden permanecer permanentemente conectadas porque afectan la relación par-velocidad, e impiden que el motor alcance la velocidad nominal a plena carga. Para lograr esta velocidad es necesario poner en corto circuito estas resistencias, de tal manera que el motor quede conectado directamente al voltaje de línea.

El circuito de campo no debe desconectarse en ninguna circunstancia debido a que el motor tendería a embalsarse.

SENTIDO DE ROTACIÓN

Cuando se trata de conseguir un cambio en el sentido de rotación en un motor de c.c., se cambia las conexiones o se invierte la polaridad del devanado de la armadura o del devanado de campo. Generalmente se invierten las líneas de la armadura.

En los motores con polos de conmutación debe cambiarse

la polaridad del devanado de conmutación conjuntamente con la de la armadura.

Si se invierten las polaridades tanto en la armadura como en el campo, no se obtendrá el cambio deseado en la rotación del motor.

Existen tres clases de motores de c.c., los mismos que son descritos a continuación:

1. Motor con excitación en Derivación

Conexión del motor en Derivación.- El circuito de campo se conecta directamente a la red de alimentación y en derivación con la armadura. El reóstato o la resistencia de arranque se colocan en serie con la armadura y en serie con el campo se coloca el reóstato de regulación de la excitación. Esto de acuerdo a la conexión que se va a realizar.

Comportamiento en servicio.- Cuando la excitación de campo permanece constante y se aplica una carga grande al motor en derivación, este tiende de inmediato a moderar levemente su velocidad y por consiguiente la fuerza contraelectromotriz. Cuando se elimina la carga y el motor trabaja en vacío, este no acelerará su marcha. El motor en derivación con excitación constante tiene por consiguiente una marcha estable, practicamente constante.

Cuando la fuerza contraelectromotriz decrece, aumenta la corriente en la armadura a un valor que le permite desarrollar un par suficiente para equilibrar la demanda correspondiente al aumento de la carga. Si el valor de la corriente nominal de la armadura se duplica en un momento dado, el par también se duplica y viceversa.

El par electromagnético variará casi en proporción di

recta con la intensidad de la corriente de la armadura.

Regulación de la velocidad.- Existen dos métodos para regular la velocidad de un motor en derivación y son:

a. Variación de la tensión aplicada a la armadura, manteniendo la excitación constante.

Este método no es usado en la práctica debido a que solamente permite regular la velocidad del motor a valores inferiores que la velocidad nominal. La velocidad del motor varía mas sensiblemente con las variaciones de carga que en funcionamiento normal, pues, el aumento de la corriente de la armadura con la carga, implica una caída de tensión mayor en el reóstato regulador y por lo tanto, una disminución de la tensión disponible en la armadura.

b. Variación de la corriente de excitación con tensión en la armadura constante.

Si se disminuye la corriente de excitación, disminuye el campo magnético y por consiguiente la fuerza contraelectromotriz. Con ello aumenta la corriente del inducido o armadura, hasta alcanzar un valor excesivo para el par requerido. Cuando aumenta la corriente de la armadura, también aumenta la velocidad del motor.

La velocidad de giro del motor en derivación, con tensión de inducido constante aumenta en relación inversa a la corriente de excitación.

Considerando el comportamiento del motor en derivación en estas condiciones, se concluye que no es conveniente disminuir la corriente de excitación de campo ni tampoco abrir este circuito en un momento dado del funcionamiento, puesto que el motor tendería a embalsarse y por consiguiente correría peligro de destruirse.

La regulación de la velocidad del motor solamente es posible por encima del valor nominal.

No hay ningún tipo de motor mejor que el de derivación para regular la velocidad. Se puede ajustar el valor de la velocidad y dejarla constante en el valor más conveniente y luego variar la carga a gusto.

El par motor es excelente y es directamente proporcional a la corriente del inducido y a la intensidad del campo magnético. El motor arranca con la corriente de excitación al máximo. Por consiguiente, en el arranque puede el motor desarrollar el par de plena carga y hasta el 150 % de éste, siempre que el reóstato de arranque pueda soportar la intensidad de corriente exigida.

Los motores en derivación se emplean para accionar herramientas en talleres, aspiradoras, máquinas de hilar, etc.

2. Motor con excitación en Serie

Conexión del motor Serie.- Los devanados del inducido y de excitación de campo, se conectan en serie permitiendo el paso de la misma corriente I_a para los dos.

Comportamiento en Servicio.- En estos motores, la corriente de excitación varía con la corriente de carga hasta llegar a la saturación magnética. Esto le da un comportamiento diferente al motor en derivación.

La velocidad de los motores serie, varía en relación inversa a la intensidad de corriente. A valores elevados de corriente, la velocidad es pequeña y para intensidades pequeñas la velocidad es grande.

La velocidad de los motores serie es directamente proporcional a la fuerza contraelectromotriz e inversamente proporcional al flujo. La fórmula es la siguiente:

$$S = K \frac{V - I_a (R_a + R_s)}{I_a}$$

Donde:

K es una constante.

I_a es la corriente en el motor.

V es la tensión entre los terminales.

R_a es la resistencia en el inducido.

R_s es la resistencia del inductor serie.

Φ es el flujo que penetra en el inducido desde un polo norte.

I_a y Φ varían con la carga.

Al crecer la carga, la caída de tensión en el inductor y en el inducido aumenta, siendo dicha caída proporcional a la corriente. Por lo tanto, la fuerza contraelectromotriz y el numerador de la fórmula disminuyen, con lo que la velocidad decrece. El flujo en el denominador aumenta por ser casi directamente proporcional a la corriente.

En consecuencia, un aumento de la carga implica una disminución de la velocidad.

La velocidad es inversamente proporcional al flujo.

Si se suprime totalmente la carga, el flujo se reduce extremadamente, con lo que la velocidad se hace muy grande.

Es peligroso dejar sin carga a los motores serie, porque es casi seguro que sus inducidos alcanzarán velocidades para las cuales la fuerza centrífuga puede llegar a hacerlos saltar en pedazos.

El par motor está dado por la siguiente fórmula:

$$T = K I_a$$

Donde:

K es una constante.

I es la corriente del inducido.

es el flujo que penetra en el inducido desde un polo norte.

Esta es una relación muy importante que debe recordarse, porque permite calcular rápidamente la variación del par con la carga en los distintos tipos de motores.

Esta fórmula también puede escribirse:

$$T = K' I^2$$

En la que se supone que el flujo es proporcional a la corriente, siendo K' una constante.

El par es proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente en el inducido.

Sin carga alguna el par motor se reduce y la fuerza contraelectromotriz es ligeramente inferior a la tensión de entrada. Para que se forme esta fuerza contraelectromotriz, es necesario una velocidad de giro inadmisibles.

Regulación de la velocidad.- Resulta difícil regular la velocidad de un motor serie, por depender estrechamente de la variación de la carga. La velocidad se regula limitándola a un valor inferior al nominal con un reóstato en serie con el inducido y con un regulador de campo conectado en paralelo con el devanado de excitación, pero sin que llegue a ponerlo en corto circuito, porque el motor podría embalsarse.

El motor serie desarrolla en el arranque un par relativamente mayor que cualquier otro tipo de motor. Por tanto, es adecuado para condiciones de arranque más difíciles y se utiliza en ferrocarriles, elevadores, motor de arranque de autos, etc.

3. Motor con excitación Compuesta

Conexión del motor de embobinado compuesto.- Se compone de un devanado en derivación y de un devanado en serie. Se conectan de tal manera que sus campos se refuercen. En este caso el motor es compuesto acumulativo.

También se pueden conectar con sus campos en oposición, y en este caso se denomina motor compuesto diferencial.

Comportamiento en Servicio.- Las características del sistema compuesto acumulativo son una combinación de los sistemas serie y derivación.

Cuando, por el dimensionado de los devanados, prevalece la influencia del devanado en derivación, el motor presenta la característica en derivación. Cuando predomina el devanado en serie, su comportamiento es principalmente de motor serie.

Cuando se aumenta la carga, las espiras serie producen un aumento del flujo, dando lugar a que el par motor para una intensidad de corriente dada, sea mayor que el que correspondería a un motor en derivación.

Tiene también una velocidad definida cuando funciona en vacío y no peligra que se desconecte cuando se suprime la carga. El devanado en derivación evita que se embale al funcionar en vacío.

En el motor compuesto, se hallan reunidas las características del motor en derivación y del motor en serie.

Este tipo de motor se utiliza cuando se tiene cargas de gran inercia o violentas y que son absorbidas por la energía cinética almacenada mediante volantes. Se usa en prensas, laminadoras, cizallas, punzonadoras, etc.

Las ventajas de los motores de c.c. con relación a los motores de c.a., son las siguientes:

- a. Al variar la excitación de campo, se varía con suma facilidad la velocidad del motor.
- b. Buen torque de arranque, y
- c. Rendimiento superior.

CONTROL DE LA ACELERACION

Los métodos principales empleados para controlar la aceleración de un motor de c.c., se los puede clasificar de la siguiente manera:

Aceleración por Límite de Tiempo.- Se emplean relés de tiempo para desconectar sucesivamente las resistencias de aceleración del motor, a intervalos escalonados de retardo de tiempo. Ver experimento N^o 2.

Aceleración por variación de la fuerza contraelectromotriz.- Cuando un motor de c.c. arranca, la fuerza contraelectromotriz en la armadura es muy baja. Cuando el motor acelera, su valor aumenta progresivamente, lo cual se aprovecha para operar relés de voltaje que desconectan las resistencias de aceleración. Ver experimento N^o 4.

Aceleración por caída de voltaje.- Se fundamenta en la caída de voltaje a través de las resistencias debido a la corriente de arranque, para accionar las bobinas de retención y obtener un retardo de tiempo en la aplicación de las resistencias de aceleración. Ver experimento N^o 5

Aceleración por variación de la corriente de arranque.- Se conectan relés de corriente de tal manera que operen en base a la corriente que circula en cada etapa de aplicación de las resistencias de aceleración. Ver exp. N^o 6

FRENO DINAMICO EN MOTORES DE C.C.

El freno dinámico es uno de los métodos principales de frenado, empleado para detener la marcha de un motor.

La importancia del freno dinámico se explica porque cuando se trata de motores de elevadas velocidades, no es deseable aplicar los frenos mecánicos inmediatamente después de desconectarlos de las líneas, debido a que se verían sometidos a un severo torque y podrían destruirse. La velocidad del motor puede ser disminuida gradualmente, aplicando el torque del freno dinámico. El freno mecánico se emplea en muchos casos al final del frenado dinámico.

El freno dinámico en los motores de c.c., se fundamenta en el aprovechamiento de la energía almacenada en sus sistemas rotatorios. El frenamiento no depende de una fuente externa de energía.

La operación consiste en conectar una carga resistiva inmediatamente después de desconectar únicamente la armadura, de la línea. Esta resistencia absorbe la energía almacenada en la armadura, obligando al motor a reaccionar como un generador lo que lo frena. Las resistencias en serie con la armadura, para fines de arranque, pueden ser aplicadas en parte como resistencias de frenado, para disipar la energía generada por el motor cuando su armadura es desconectada de la línea.

Esta acción de frenado se puede explicar de dos maneras :

a. La energía existente en la armadura, es la fuerza contraelectromotriz inducida por el campo del motor, el mismo que debe permanecer conectado a la línea al momento de aplicarse el freno dinámico. Cuando los termi-

nales de la armadura son transferidos de la línea a la resistencia, la fuerza contraelectromotriz existente invierte el sentido de la corriente en la armadura y hace que el motor trate de invertir su rotación, no llegando a suceder esto, debido a que la energía de la armadura desaparece rápidamente.

b. Cuando se conecta la resistencia, la fuerza contraelectromotriz origina una corriente en la misma, esto equivale a que la energía mecánica almacenada en el sistema rotatorio sea convertida en energía eléctrica. La rapidez de frenado depende de la rapidez de conversión de energía y esto depende del valor de la resistencia. Mientras menor es esta resistencia, la energía almacenada en la armadura se disipará rápidamente y el motor parará de inmediato.

El campo debe estar energizado tanto para la aceleración como para la desaceleración. Su inductancia es alta debido al gran número de vueltas que posee. Esta provoca que un voltaje extremadamente alto sea inducido en las bobinas de un campo que repentinamente es desconectado de la línea. Esto es porque la energía almacenada en el campo magnético, no puede ser disipada en forma instantánea cuando es cortada la fuente de alimentación.

Para limitar este alto voltaje a un valor menor, se conecta una resistencia de descarga en paralelo con el campo. Este método de protección de las bobinas del campo, es de necesaria aplicación en grandes motores, en los cuales el efecto de la inductancia es mayor que en los motores pequeños.

El frenado dinámico en motores serie, se obtiene conectando la armadura y el campo del motor, en serie con la resistencia de freno. Cuando el freno dinámico es aplicado, es fundamental que la polaridad del campo y de la armadura, permitan que la corriente de la armadura fluya en una dirección tal que refuerce el flujo residual en el campo del motor. Si esta precaución no es tomada, la corriente de la armadura reduce el flujo residual a cero, no se produce ninguna autoexcitación y ningún torque es desarrollado.

Cuando el motor es conectado a la línea con el terminal A1+, y la corriente fluye desde A1 a A2 a S1 y S2, se asume la velocidad como positiva. Ver Figura (II-9.a).

El torque de freno dinámico es obtenido sólo, cuando A2 es + , lo cual significa que tenemos que invertir la armadura y el motor girará en sentido contrario para obtener la polaridad correcta y la corriente fluirá en el campo en serie de S1 a S2. Ver Figura (II-9.b).

En el motor de la Figura (II-8), la resistencia del freno dinámico se calcula con la siguiente fórmula:

$$R.f.d. = \frac{E_c}{I_a \text{ máx.}} - R_a$$

En donde:

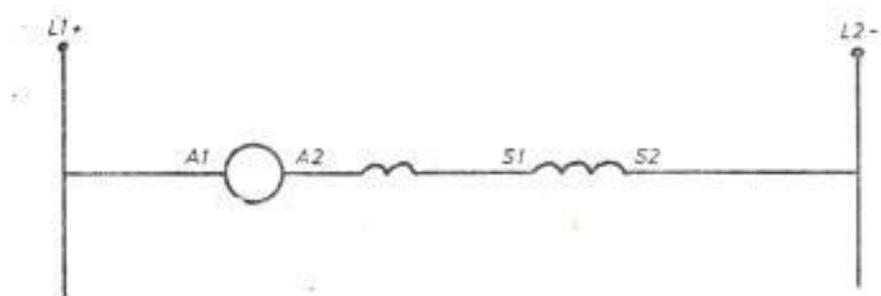
R.f.d. es la resistencia de frenado dinámico.

E_c es la fuerza contraelectromotriz.

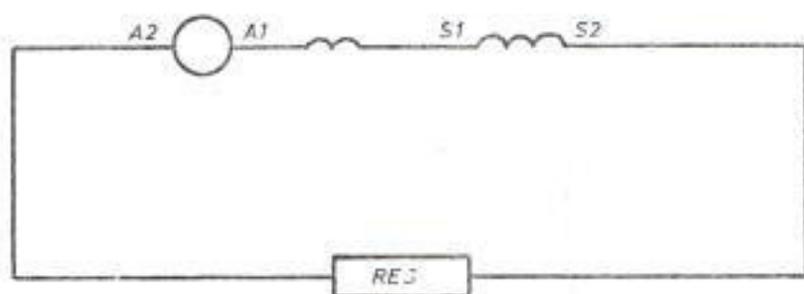
R_a es la resistencia de la armadura.

I_{a.Máx.} es la máxima corriente permisible por las bobinas del motor.

Ver el Experimento N° 7, para la aplicación del Freno Dinámico.



(a)



(b)

Figura II-9. Motor Serie

- a) Desplazamiento positivo.
- b) Frenado dinámico.

III. PLANIFICACION DE LAS PRACTICAS.

Antes de iniciar las prácticas, el alumno y el profesor, deben estar de acuerdo tanto en el ordenamiento adecuado de las actividades a desarrollar como en las normas de seguridad a emplearse.

Deben hacerse las siguientes consideraciones:

1. Disponer de un plan definido de práctica, mediante un folleto en que constarían los siguientes puntos:

a. Datos generales: Nombre de la Institución; Departamento de Ingeniería Eléctrica; fecha; nombre del profesor; nombre del alumno; Curso y semestre.

b. Título del folleto, que sería el nombre de la práctica.

c. Descripción de las características básicas de funcionamiento del motor, con el objeto de poder seleccionar el control eléctrico apropiado, de tal manera que no afecte el normal funcionamiento del motor y de la carga.

d. Observaciones técnicas tales como: cálculo de cargas, de resistencias, aplicación de fórmulas, gráficos de curvas de funcionamiento y finalmente discusión de algún inconveniente.

e. Diagramas de alambrado y elementales.

Este folleto de trabajo revestirá el carácter de obligatorio y ser entregado al profesor para fines de calificación.

2. Disponer de herramientas y materiales necesarios, así como de mesas de trabajo, para colocar los diagramas e implementos auxiliares.

3. Disponer de instrumentos de medición manual como

son: Voltio - amperímetro de gancho, óhmetro, tacómetro, etc.

4. Observar estrictamente normas de seguridad con el objeto de preservar la integridad personal y la seguridad de los equipos. Pueden ser los siguientes:

- a. Conectar a tierra los tableros de control.
- b. No ponerse en contacto directo con equipos energizados.
- c. Disponer de un equipo de primeros auxilios y de Oxígeno, que permita afrontar cualquier eventualidad.
- d. Un proyecto de control, debe tener previa autorización del profesor antes de ser efectuado.
- e. Conectar la energía, únicamente cuando el profesor conjuntamente con los alumnos, hayan comprobado la perfección de las conexiones.
- f. No utilizar instrumentos de medición eléctrica, si no se conoce su funcionamiento y modo correcto de empleo.

Las prácticas realizadas en esta tesis, tienen la finalidad de enseñar los Sistemas de Control Eléctrico fundamentales, necesarios para adquirir los conocimientos básicos que permitan el desarrollo posterior de cualquier tipo de problemas, con miras a prepararse para los exámenes correspondientes.

IV. DISEÑO DE LOS PANELES

Los paneles de corriente alterna y corriente continua tienen idéntico diseño. Figuras : (IV-1) y (IV-2).

La forma y tamaño de los paneles y la disposición de los equipos componentes de control, hace de ellos unidades prácticas y manuales que pueden movilizarse sin dificultad.

En cada uno de los paneles se colocan interruptores automáticos, fusibles de control, contactores, relés, pulsadores, luces piloto, bloques terminales, etc. El número de componentes de control instalados, es el mínimo previsto para poder llevar a cabo el mayor número posible de circuitos de control.

El estudiante tendrá la oportunidad de apreciar con claridad, el funcionamiento de todos y cada uno de los componentes de control, al mismo tiempo, puede efectuar las más variadas disposiciones de los mismos, en un sistema eléctrico de control.

Los puntos donde se efectuarán las conexiones, serán única y exclusivamente los bloques de terminales, puesto que, a estos concurren todos los puntos de conexión de los componentes de control. Estos bloques permiten cambiar fácilmente sus terminales en caso de que sufran daños o sea necesario aumentar terminales adicionales.

Construcción de los Paneles.- Los paneles se construirán con láminas metálicas de 1/16" de espesor, sostenidas en una armazón de ángulos de hierro y sobre una base también de ángulos de hierro y con 4 ruedas para la movilización.

Se protegerá la estructura metálica con pintura anti-

corrosiva de base y luego con pintura martillada azul.

Las dimensiones de los paneles son:

Altura 1.90 m.

Ancho 1.00 m.

Las dimensiones de la base son:

Largo 1.20 m.

Ancho 1.00 m.

El costo de cada panel incluyendo 10 % de imprevistos, es el siguiente:

1 plancha metálica de 1/16" x 4' x 8'

pintura, pernos, soldadura, ángulos

tipo L y tipo U \$ 2.500.00

Mano de obra 1.500.00

Total \$ 4.000.00

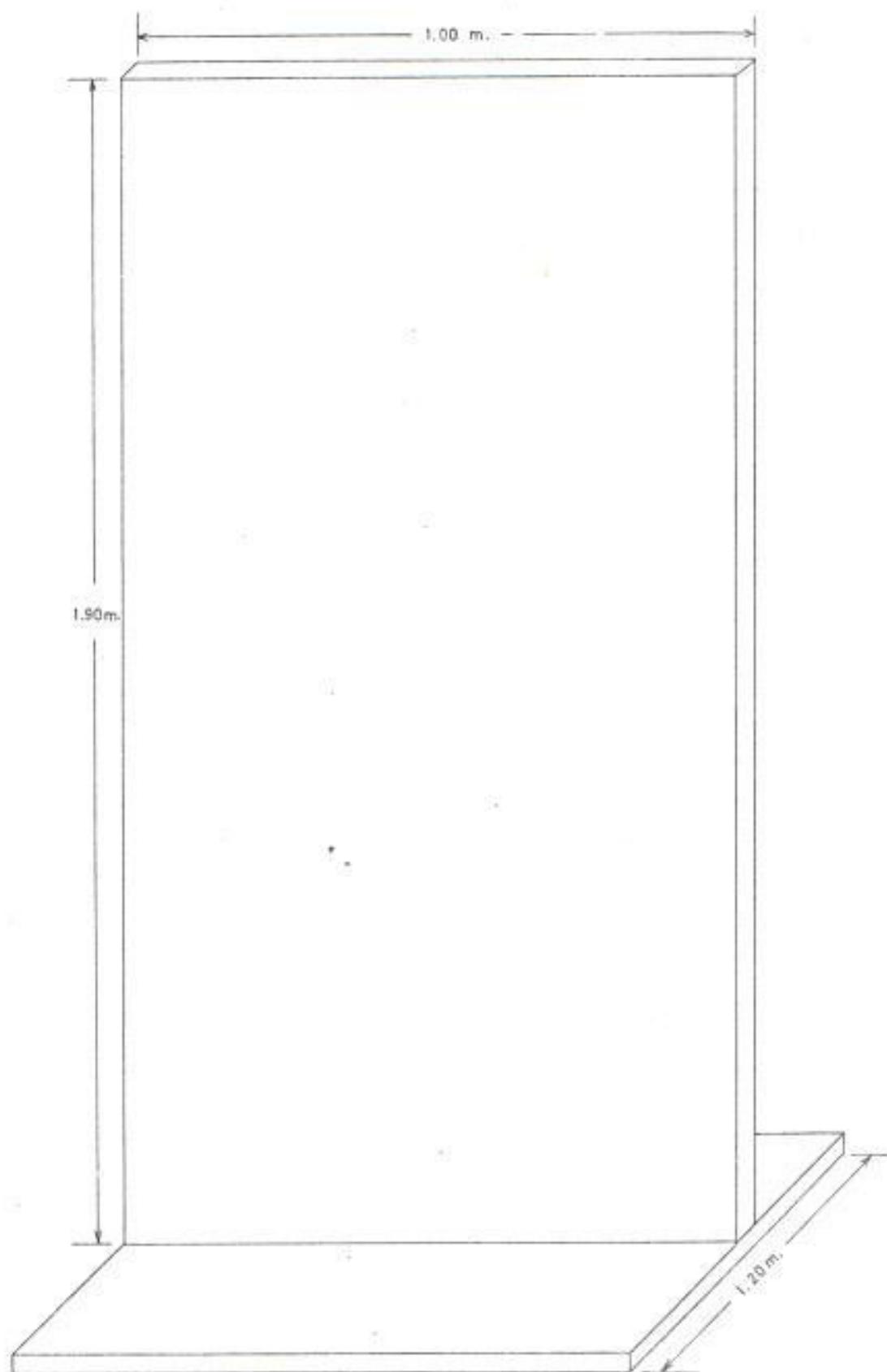


Figura IV-1 Características de los paneles.

V. COMPONENTES Y COSTO DEL TABLERO DE CORRIENTE ALTERNA.

| Item | Cant. | Descripción | Costo \$ |
|------|-------|---|----------|
| 1 | 1 | Interruptor automático Termo-magnético. Westinghouse. Catálogo EHB3030 220 Voltios, 60 Ciclos, 3 polos | 78.00 |
| | 1 | Un paquete con tres terminales de línea. Estilo 624B100G10 | |
| 2 | 1 | Arrancador reversible a pleno voltaje. Allen Bradley. Catálogo 705-BOD103. Size 1. Bobina de 120 voltios, 60 Ciclos. | 174.00 |
| 3 | 2 | Contactores magnéticos Allen Bradley. Catálogo 702-BOA93 Bobina de 120 Voltios, 60 Ciclos. | 136.00 |
| 4 | 3 | Elementos calentadores N-25 | 9.00 |
| 5 | 3 | Elementos calentadores N-27 | 9.00 |
| 6 | 6 | Contactos auxiliares N.A. Allen Bradley. Catálogo 1495-F1 | 72.00 |
| 7 | 6 | Contactos auxiliares N.C. Allen Bradley. Catálogo 1495-G1 | 72.00 |
| | | Suman | 550.00 |

| | | | |
|----|---|---|----------|
| | | Pasan | 550.00 |
| 8 | 1 | Contactador magnético Westinghouse para Corriente Directa. Clase 15801. Tipo M121. Estilo 1406-548 Bobina de 110 Voltios c.c. | 120.00 |
| 9 | 1 | Relé magnético de sobrecarga. Allen Bradley Catálogo 810-J06A | 44.00 |
| 10 | 2 | Relés de control. Allen Bradley Catálogo 700-C220-A1 Bobina de 120 Voltios, 60 Ciclos. | 80.00 |
| 11 | 2 | Relés neumáticos de tiempo Allen Bradley. Retardo en la desconexión. Catálogo 849-ZOD122-2 Bobina de 120 Voltios, 60 Ciclos. | 468.00 |
| 12 | 2 | Relés neumáticos de tiempo Allen Bradley. Retardo en la conexión. Catálogo 849-ZOD123-2 Bobina de 120 Voltios, 60 Ciclos. | 468.00 |
| 13 | 1 | Transformador de control. Allen Bradley. Catálogo 1497-N39 | 168.00 |
| 14 | 1 | Paquete de canales para montaje de terminales. Allen Bradley Catálogo 1492-N1 | 6.00 |
| | | Suman | 1.904.00 |

| | | | |
|----|----|--|----------|
| | | Pasan | 1.904.00 |
| 15 | 10 | Paquetes de terminales Allen Bradley. Catálogo 1492-CA1 | 9.00 |
| 16 | 2 | Paquetes de retenedores Allen Bradley Catálogo 1492-N16 | 0.48 |
| 17 | 2 | Paquetes de grapas retenedoras Allen Bradley. Catálogo 1492-N2 | 0.20 |
| 18 | 1 | Paquetes de grapas para fusibles Allen Bradley. Catálogo 1492-CE6 | 3.00 |
| 19 | 10 | Paquetes de tiras de fibra para marcar. Allen Bradley. Catálogo 1492-N8 | 7.00 |
| 20 | 1 | Luz piloto. Allen Bradley. Catálogo 800T-P16R 120 Voltios, 60 Ciclos. | 22.00 |
| 21 | 1 | Luz piloto. Allen Bradley. Catálogo 800T-P16G 120 Voltios, 60 Ciclos. | 22.00 |
| 22 | 3 | Luces piloto. Allen Bradley. Catálogo 800T-P16B 120 Voltios, 60 Ciclos. | 66.00 |
| | | Suman | 2.033.58 |

| | | | |
|----|---|--|-------------|
| | | Pasan | \$ 2.033.68 |
| 23 | 1 | Luz piloto Allen Bradley Catálogo 800T-PF164. | 22.00 |
| 24 | 2 | Pulsadores Allen Bradley Catálogo 800T-B6B. | 36.00 |
| 25 | 4 | Pulsadores Allen Bradley Catálogo 800T-B1B. | 72.00 |
| 26 | 2 | Placas de identidad "avance". | |
| | 2 | Placas de identidad "retro- ceso". | |
| | 1 | Placa de identidad "paro". | |
| | 1 | Placa de identidad "velocidad baja". | |
| | 1 | Placa de identidad "segunda velocidad". | |
| | 1 | Placa de identidad "tercera velocidad". | |
| | 1 | Placa de identidad "alarma". | |
| 27 | 1 | Interruptor selector Allen Bradley. Catálogo 8J0H-JL2A | 20.00 |
| 28 | 1 | Placa de identidad "auto-off- manual". | |
| 29 | 2 | Relés de inducción Líquido controlado: agua Tipo D The B W Controller Corp. | 36.30 |
| | | Suman | \$ 2.219.98 |

| | | | |
|----|---|---|----------|
| | | Pasan | 2.219.98 |
| 30 | 2 | Retenedores de electrodos de hierro fundido de 3" con rosca. Tipo E-4. The B.W. Controller Corp. | 70.40 |
| 31 | 6 | Tapones para asegurar los electrodos al retenedor. Tipo 04-126400. The B.W. Controller Corp. | 27.00 |
| 32 | 6 | Electrodos de varilla macisa aislados con teflon. # 316 Inoxidable de 1/4" The B.W. Controller Corp. | 93.00 |
| 33 | 3 | Collares para sostener los electrodos aislados de 1/4" Tipo 12-570. The B.W. Controller Corp. | 60.00 |
| 34 | 1 | Relé de frecuencia polarizado | 250.00 |

Suman

\$ 2.720.38

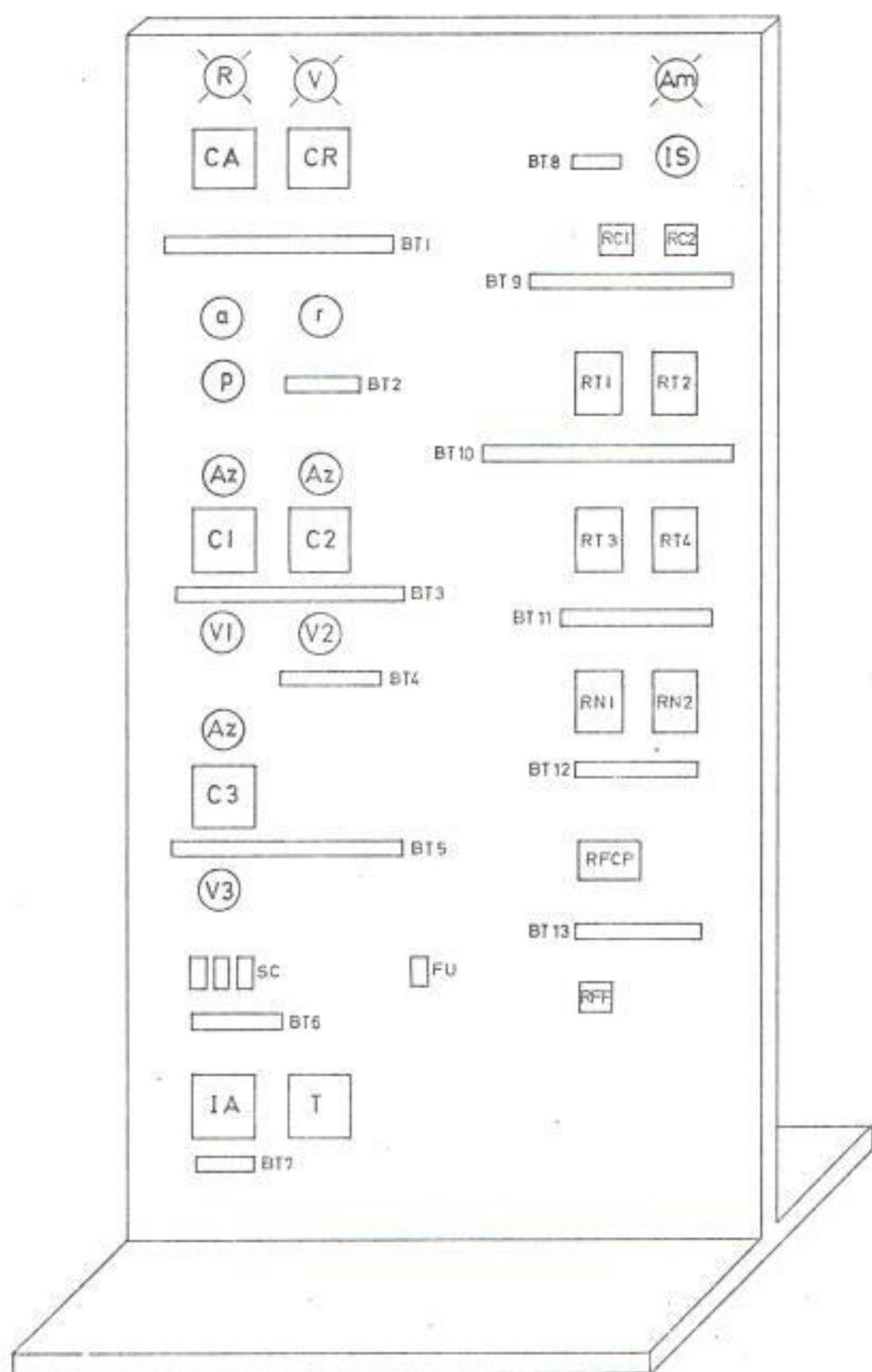


Figura V-1 Disposición de los equipos en el panel de corriente alterna.

IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES EN EL TABLERO DE C.A.

| <u>Item</u> | <u>Denominación</u> | <u>Nombre del Componente</u> |
|-----------------|---------------------|---|
| 1 | IA | Interrupctor automático. |
| 2,6,7 | CA | Contactador magnético de " Avance " |
| 2,6,7 | CR | Contactador magnético de " Retroceso " |
| 3,6,7 | C1 | Contactador magnético. |
| 3,6,7 | C2 | Contactador magnético. |
| 8 | C3 | Contactador magnético de c.c. |
| 2,4,5 | SC | Relé de sobrecarga y elementos calentadores. |
| 9 | RFP | Relé de fuera de paso. |
| 10 | RC1 | Relé de control. |
| 10 | RC2 | Relé de control. |
| 11 | RT1 | Relé de tiempo con retardo después de la conexión. |
| 11 | RT2 | Relé de tiempo con retardo después de la conexión. |
| 12 | RT3 | Relé de tiempo con retardo después de la desconexión. |
| 12 | RT4 | Relé de tiempo con retardo después de la desconexión. |
| 13 | T | Transformador de control. |
| 14,15, 16,17 | BT | Bloques terminales. |
| 18 | FU | Fusible de control. |
| 20,21, 22,23 | R,V,Az,Amb | Luces piloto: roja, verde, azul, ambar |
| 24,25,26 | a,p,r | Pulsadores de avance, paro y retroceso |
| 25,26 | v,v2,v3 | Pulsadores de primera, segunda y tercera velocidad. |

| | | |
|-------|------|--|
| 27,28 | IS | Interruptor selector. |
| 29 | RN1 | Relé de nivel. |
| 29 | RN2 | Relé de nivel. |
| 34 | RFCP | Relé de frecuencia de acmpo polariza- do. |

COMPONENTES Y COSTO DEL TABLERO DE CORRIEN
TE CONTINUA.

| Item | Cant. | Descripción | Costo \$ |
|------|-------|--|----------|
| 1 | 1 | Interruptor automático termo-magnético. 2 Polos. Westinghouse. Catálogo EHB2030Z. | 61.00 |
| | 1 | Paquete con 3 terminales de línea. Estilo 624B100G10. | |
| 2 | 2 | Contactores magnéticos Westinghouse. Clase 15-801. 3 Polos. Tipo M-121. Estilo 1406548 Bobina de 110 Voltios de c.c. | 240.00 |
| | 1 | Contacto auxiliar montado en cada contactor anterior. Tipo L46. Contacto NC-RC-1 Estilo 1399-075 | 22.00 |
| 3 | 2 | Contactores magnéticos Allen Bradley. Size 1. 2 Polos. Catálogo 202-BGG92. Bobina de 110 Voltios de c.c. | 300.00 |
| | 1 | Contacto auxiliar adicional, M.C. montado en cada uno de los contactores anteriores. | 36.00 |
| | | Suman | 659.00 |

| | | | |
|----|---|---|--------|
| | | Pasan | 659.00 |
| 4 | 1 | Relé de sobrecarga Allen Bradley. Catálogo 815-BOV4 | 9.00 |
| 5 | 1 | Elemento calentador N-31 Allen Bradley. | 3.00 |
| 6 | 1 | Elemento calentador N-32 Allen Bradley. | 3.00 |
| 7 | 1 | Relé de Control Allen Bradley. Catálogo 200-EX220-Z64 2 Polos. | 46.00 |
| 8 | 1 | Relé de Control Allen Bradley. Catálogo 200-EX220-Z32 2 Polos. | 46.00 |
| 9 | 1 | Relé de Corriente de operación instantánea Allen Bradley. Catálogo 809-J01E | 50.00 |
| 10 | 2 | Relés de Corriente de operación instantánea Allen Bradley. Catálogo 809-J06E | 100.00 |
| 11 | 1 | Relé de Control Allen Bradley. Catálogo 700-EX220-A64 2 Polos. | 36.00 |
| | | Suman | 952.00 |

| | | | |
|----|---|--|----------|
| | | Tasan | 952.00 |
| 12 | 1 | Relé de Control Allen Bradley. Catálogo 700-BX220-A32 2 Polos. | 36.00 |
| 13 | 2 | Relés neumáticos de tiempo Allen Bradley. Retardo en la conexión. Catálogo 849DC-ZOG322 Bobina de 115 Voltios de c.c. Con 2 unidades de tiempo. | 532.00 |
| 14 | 2 | Relés neumáticos de tiempo Allen Bradley. Retardo en la desconexión. Catálogo 849DC-ZOG33 Bobina de 115 Voltios de c.c. Con 2 unidades de tiempo. | 532.00 |
| 15 | 1 | Luz piloto Allen Bradley. Catálogo 800T-Q10R 115 Voltios de c.c. | 18.00 |
| 16 | 1 | Luz piloto Allen Bradley. Catálogo 800T-Q10G 115 Voltios de c.c. | 18.00 |
| 17 | 1 | Estación de 3 pulsadores Allen Bradley. Catálogo 800T-3AT | 50.00 |
| | | Suman | 2.138.00 |

| | | | |
|----|---|--------------------------------------|----------|
| | | Pasan | 2.138.00 |
| 18 | 2 | Placas de identidad " avance " | |
| | 2 | Placas de identidad " retroceso " | |
| | 1 | Placa de identidad " Paro " | |

Suman \$ 2.138.00

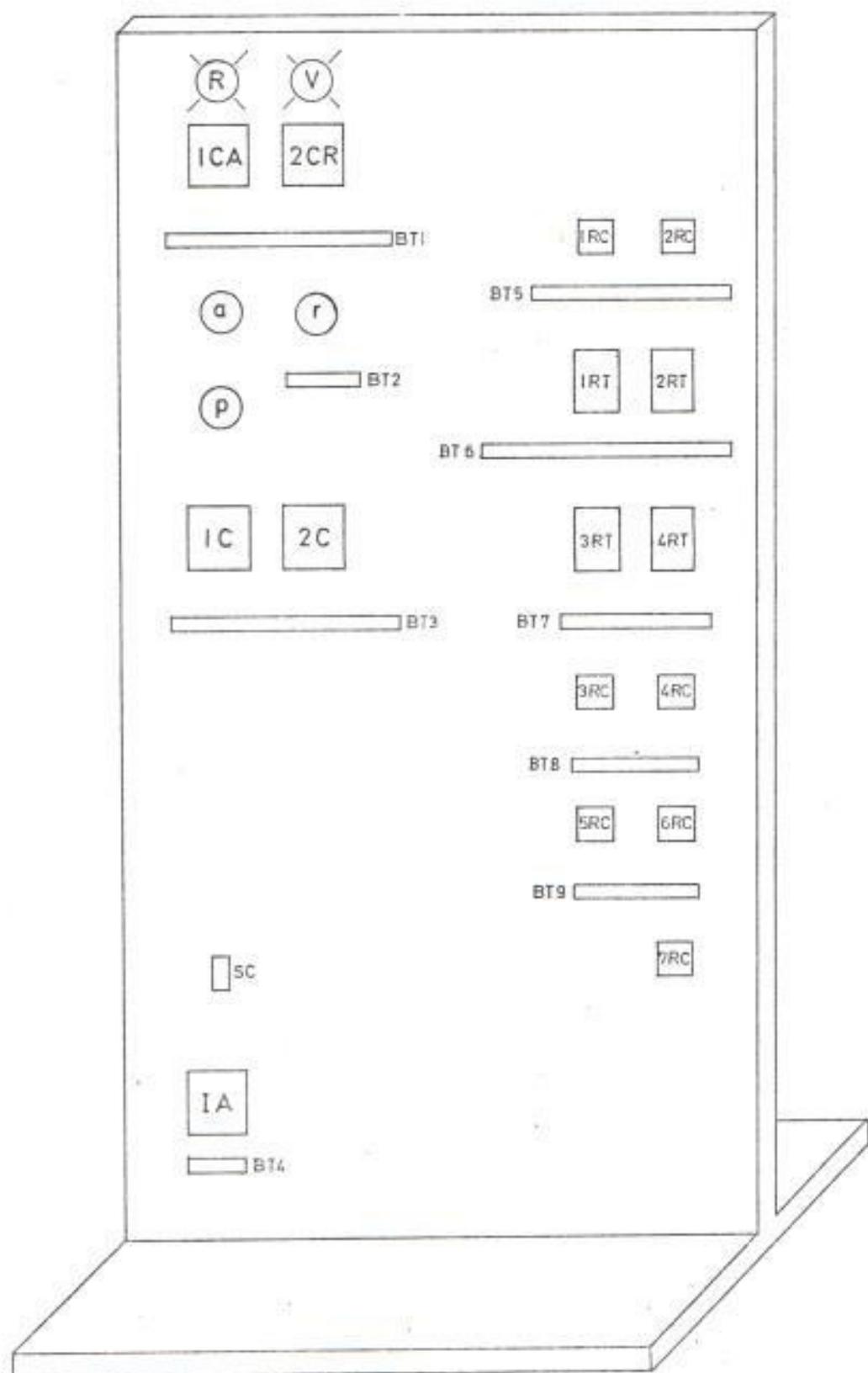


Figura V-3 Disposición de los equipos en el panel de corriente continua.

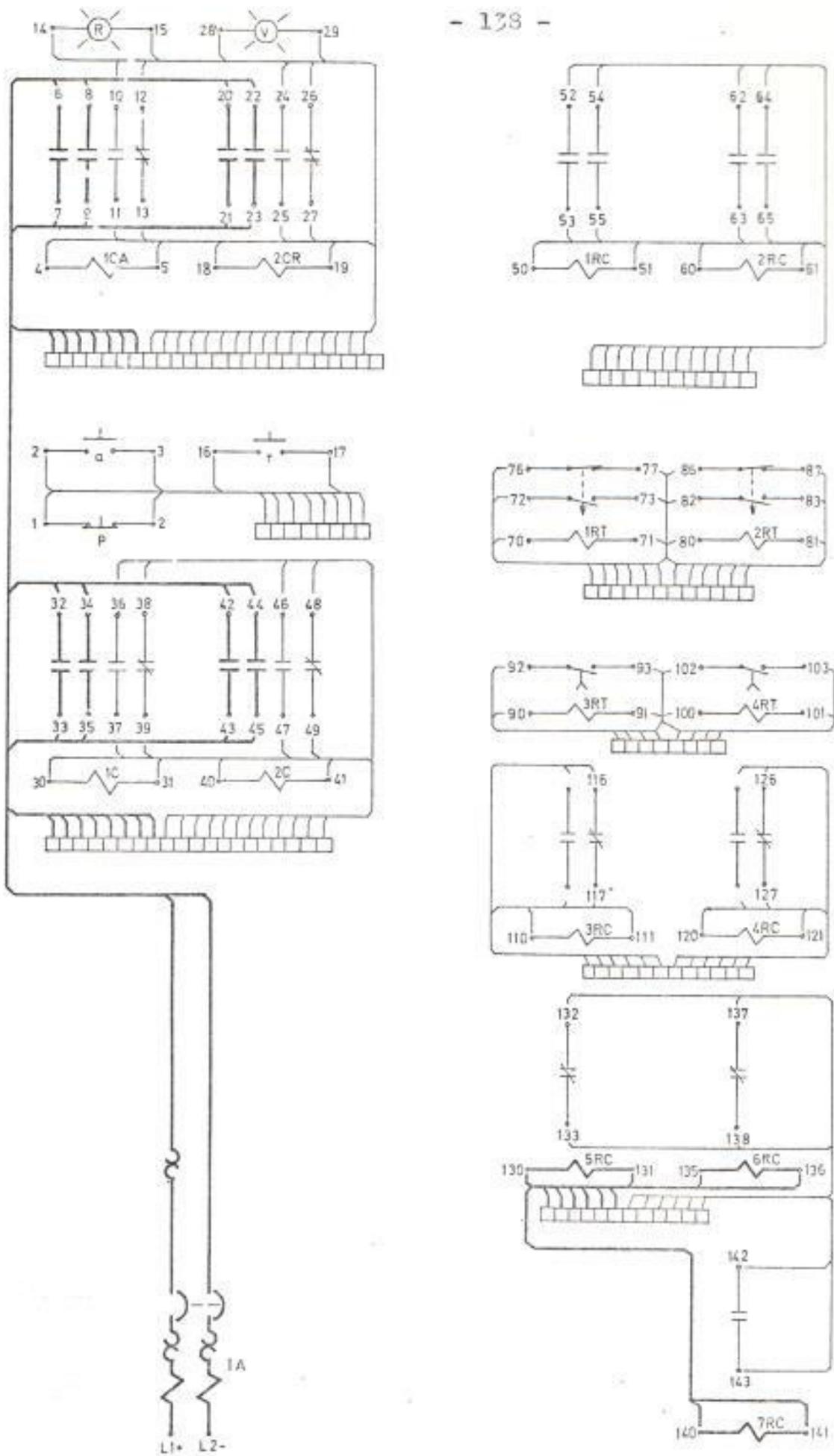


Figura V-4

Diagrama de una línea del panel de c.c.

IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES EN EL TABLERO DE C.C.

| <u>Item</u> | <u>Denominación</u> | <u>Nombre del Componente</u> |
|-------------|---------------------|---|
| 1 | IA | Interruptor automático. |
| 2 | 1CA | Contactador magnético de " Avance " |
| 2 | 1CR | Contactador magnético de " Retroceso " |
| 3 | 1C | Contactador magnético. |
| 3 | 2C | Contactador magnético. |
| 4,5,6 | SC | Relé de sobrecarga y elementos calentadores. |
| 7 | 3RC | Relé de Voltaje. |
| 8 | 4RC | Relé de Voltaje. |
| 9 | 7RC | Relé de Corriente. |
| 10 | 5RC | Relé de Corriente. |
| 10 | 6RC | Relé de Corriente. |
| 11 | 1RC | Relé de Voltaje de c.a. |
| 12 | 2RC | Relé de Voltaje de c.a. |
| 13 | 1RT | Relé de tiempo con retardo después de la conexión. |
| 13 | 2RT | Relé de tiempo con retardo después de la conexión. |
| 14 | 3RT | Relé de tiempo con retardo después de la desconexión. |
| 14 | 4RT | Relé de tiempo con retardo después de la desconexión. |
| 15,16 | R,V | Luces piloto, roja y verde. |
| 17,18 | a,r,p | Pulsadores de avance, retroceso y paro. |

HOJA DE PRACTICA
Y EXPERIMENTOS

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Laboratorio de Controles eléctricos

Nombre del alumno:

Curso:

Práctica N°

Experimento:

.

1. Características del motor:

Marca

H.P. Fases

Ciclos

Voltios Amperios

R.P.M. F.S.

Código letra

Observaciones:

.

2. Esquemas de las conexiones internas y externas del motor.

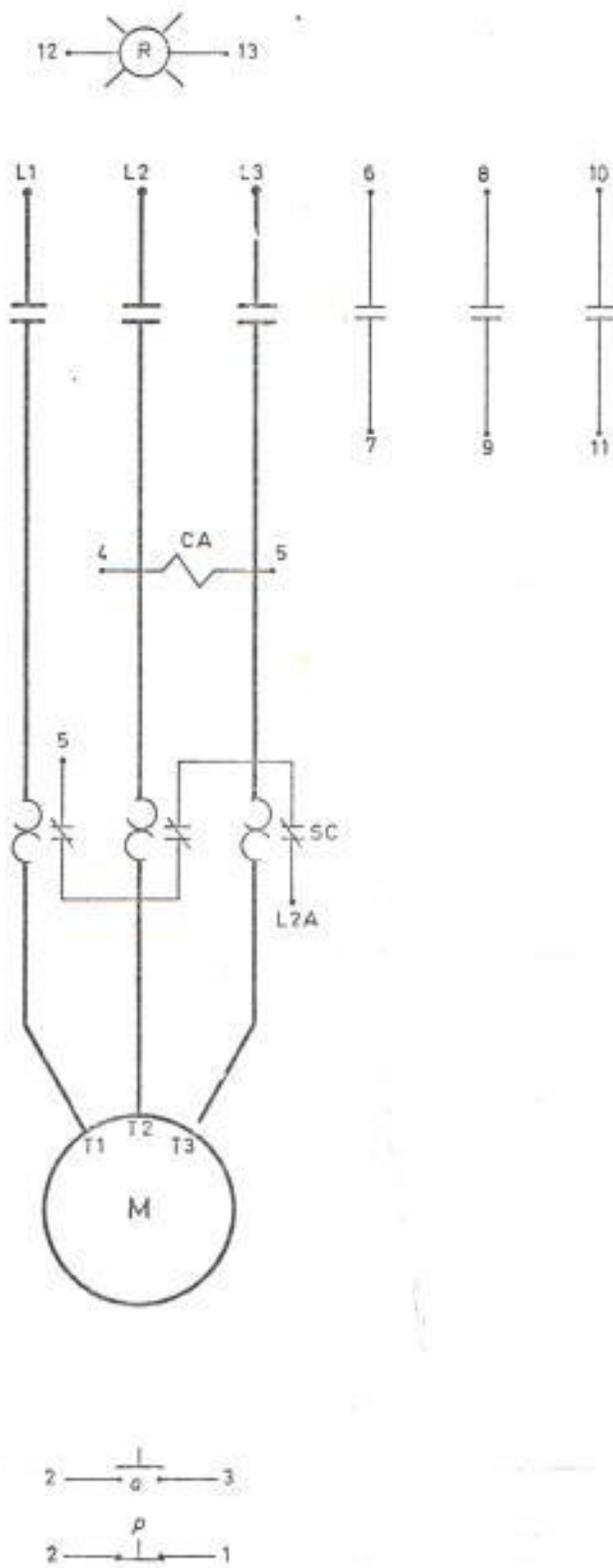
3. Diagramas del circuito de control:

Diagrama de alambrado.

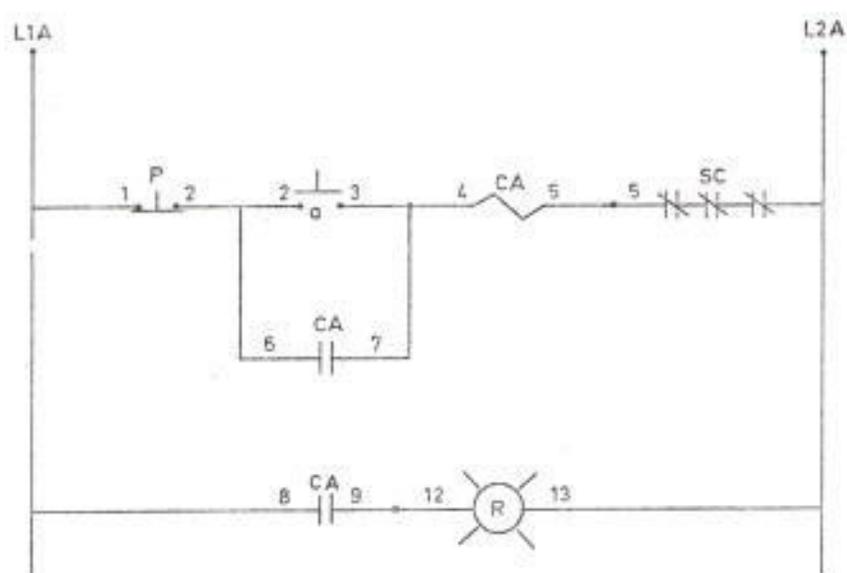
Diagrama elemental

4. Análisis del circuito de control.-

5. Conclusiones.-



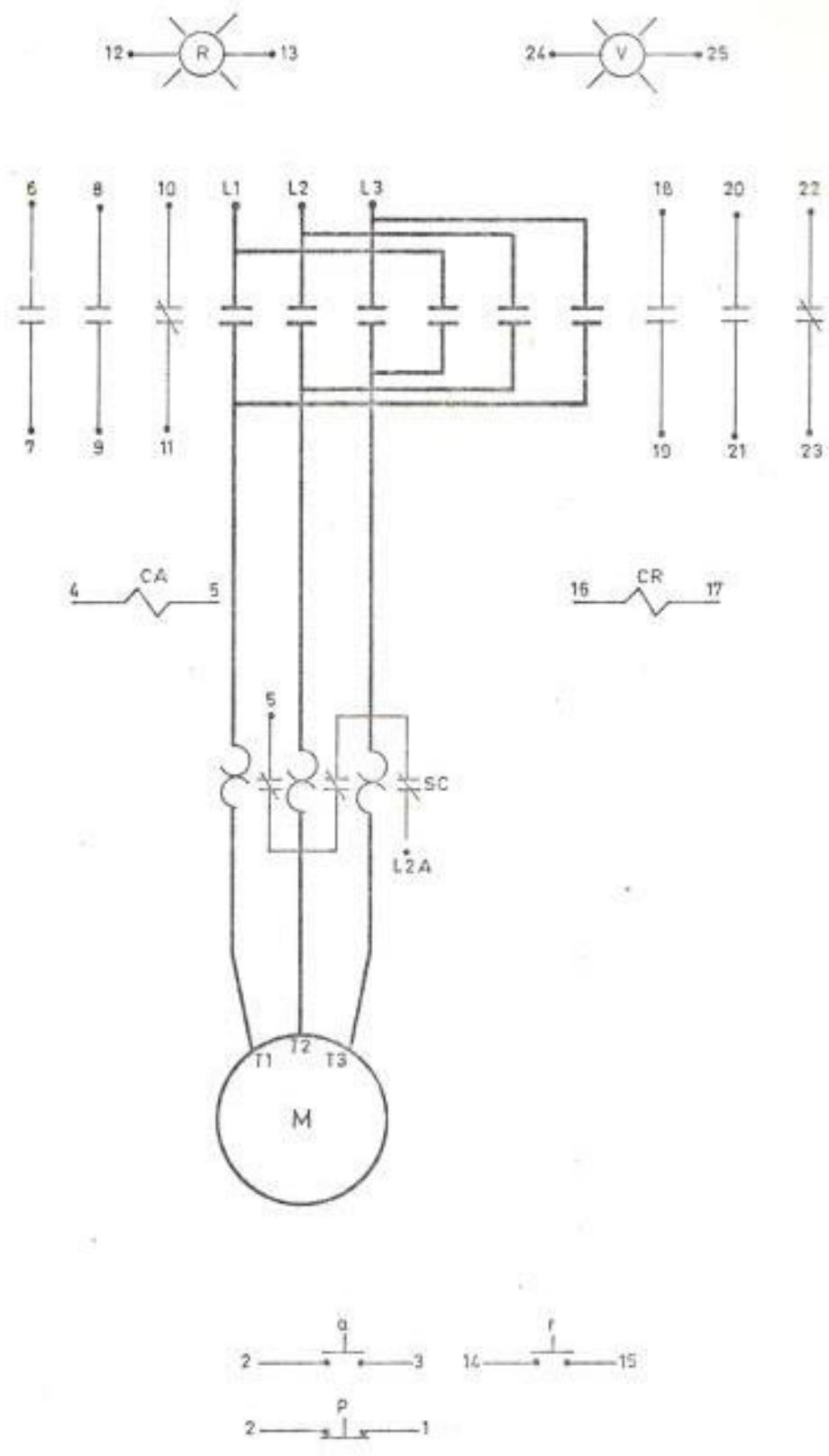
Nº 1.- Diagrama de alumbrado.



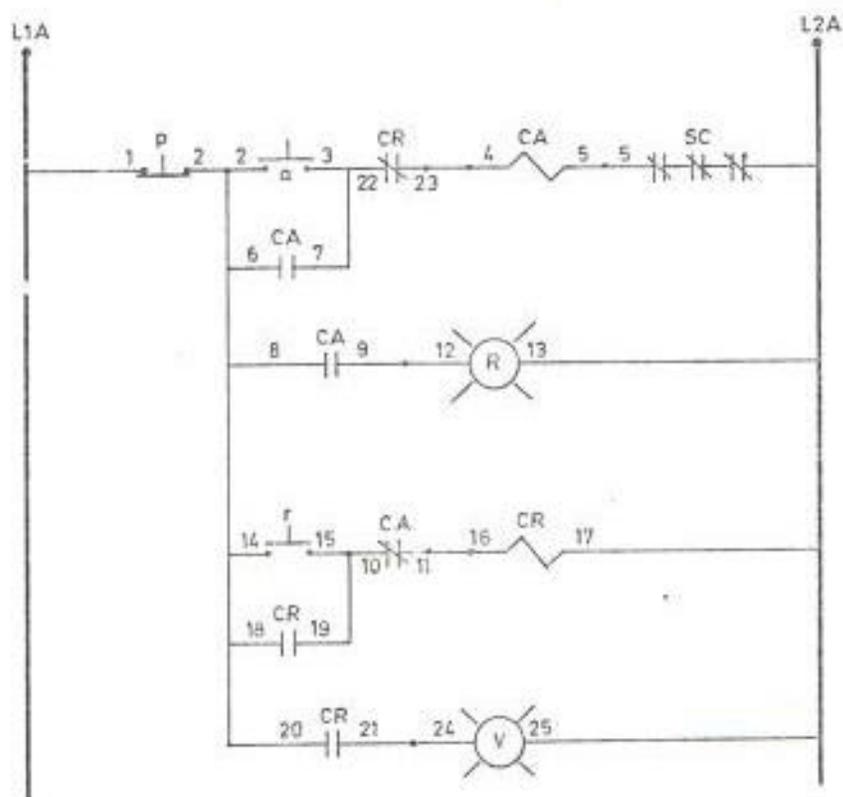
Nº 1.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 1.- Para arrancar el motor M, se pulsa el botón de avance (a), la corriente de L1A pasará por los terminales 1, 2 hacia el 3 y de aquí al extremo 4 de la bobina (CA), que corresponde al contactor de avance, el otro extremo de la bobina es el (5) que cierra el circuito en L2A a través de los contactos normalmente cerrados (SC), del relé para protección contra sobrecargas. El contactor (CA) se energiza, cerrando sus contactos principales normalmente abiertos para llevar la corriente que consumirá el motor al recibir la tensión de las líneas de fuerza. El contacto auxiliar (6-7) se cierra y reemplaza inmediatamente al contacto del pulsador de avance, el mismo que se vuelve a abrir una vez que se retira la presión de la mano, este es el llamado contacto de retención. El contacto (8-9) se cierra y energiza la luz piloto roja que nos indica que el motor comenzó a trabajar.

Al pulsar el botón de paro (p), se interrumpe el paso de la corriente y se desconecta el contactor (CA) que abre sus contactos principales y auxiliares, apagándose el motor y la luz piloto roja.



NA 2.- Diagrama de alambrado.



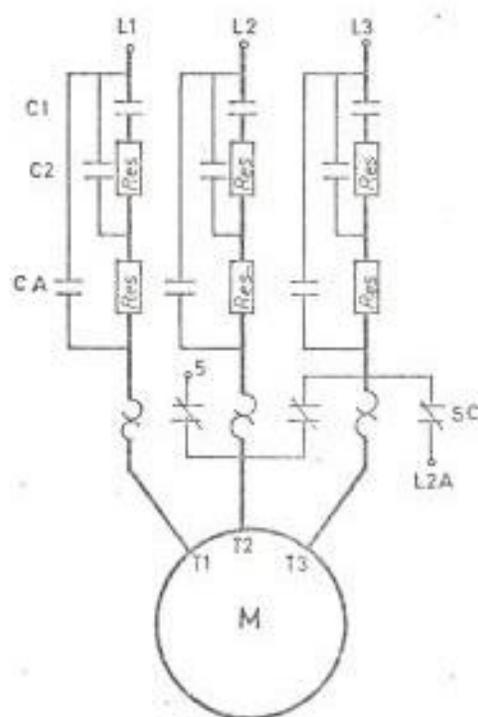
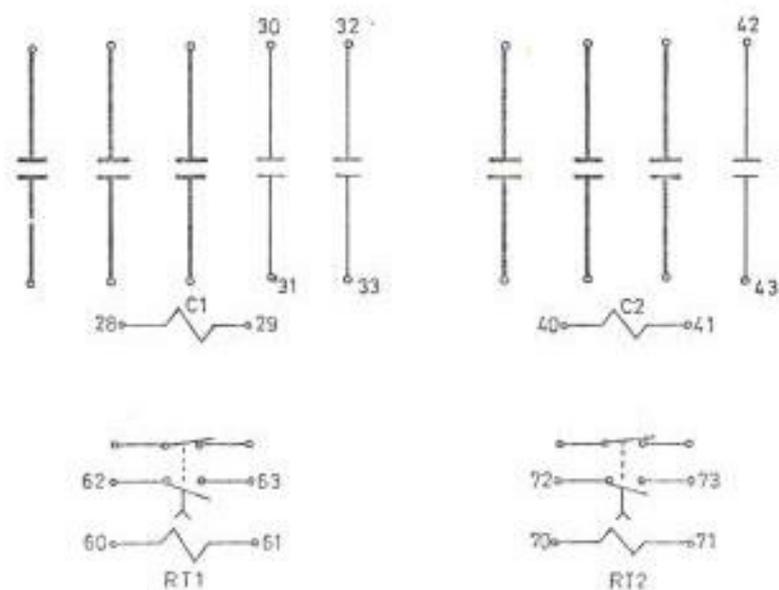
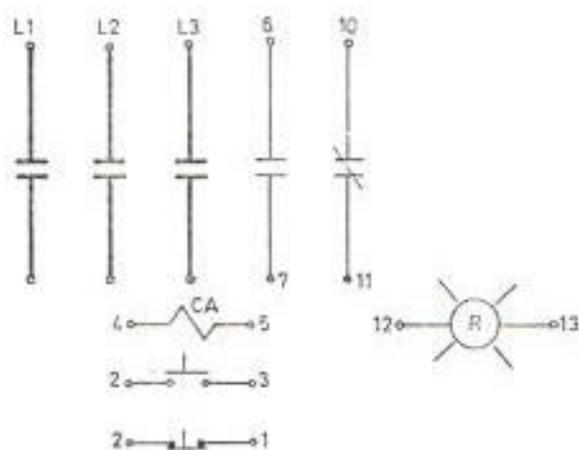
Nº 2.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 2.- Cuando se pulsa el botón de avance (a), la corriente de L1A circula desde el terminal 1 pasando por el contacto normalmente cerrado (CA) (22,23), llega al extremo (4) de la bobina (CA) del contactor de avance, continúa por el terminal (5) hasta cerrar el circuito en L2A a través de los contactos cerrados del relé para protección contra sobrecargas. Los 3 contactos principales del contactor de avance, arrancan al motor (M). El contacto (6,7) se cierra para mantener energizada la bobina (CA). El contacto (8,9) se cierra y enciende la luz piloto roja que indica que el motor está rotando en un sentido.

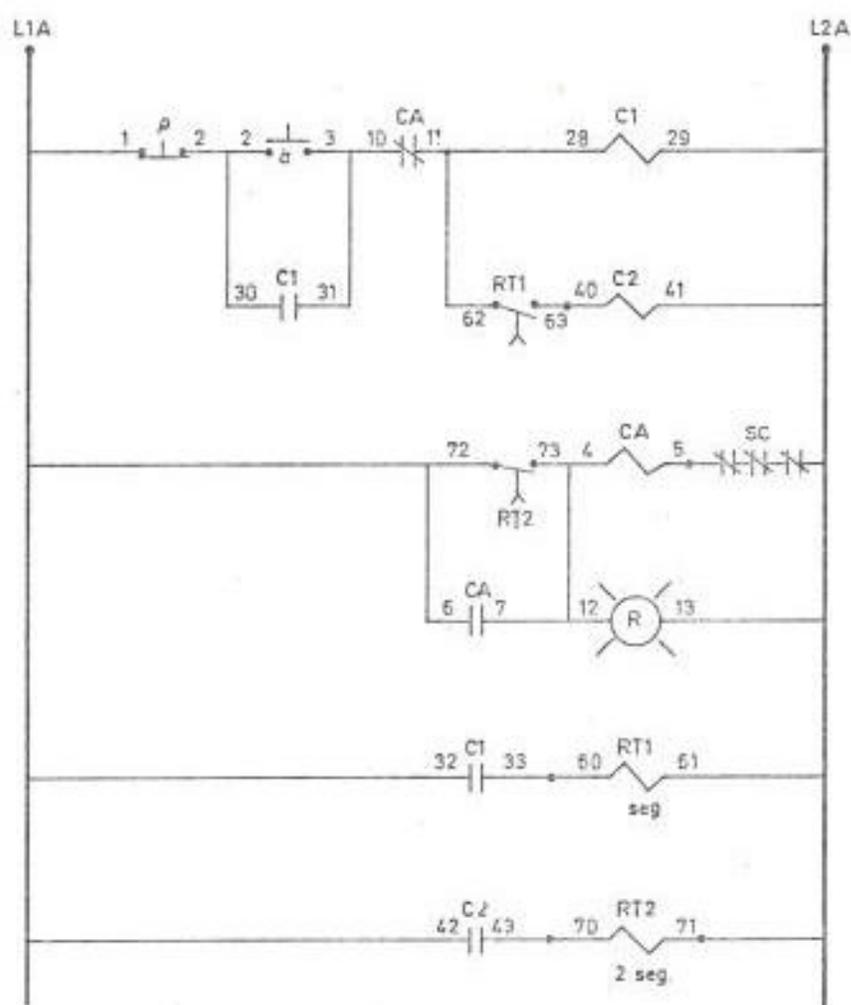
Cuando se pulsa el botón de retroceso (r), la corriente circula por el contacto (CA) (10,11), pero, para que este se encuentre cerrado el contactor (CA) debe estar desconectado, por lo tanto los contactos (CA) y (CR) N.A. (10,11) y (22,23) respectivamente, son contactos de bloqueo cuya misión es la de evitar que los contactores CA y CR puedan cerrarse eléctricamente al mismo tiempo.

Se energiza la bobina (CR) correspondiente al contactor de retroceso el mismo que cierra sus contactos principales y conecta al motor invirtiendo su rotación. El contacto (18,19) mantiene conectada la bobina (CR) y el (20, 21) enciende la luz piloto verde para indicar que el motor está girando en sentido contrario.

El botón de paro una vez accionado desconecta todo el circuito de control.



Nº 3.- Diagrama de alambrado.

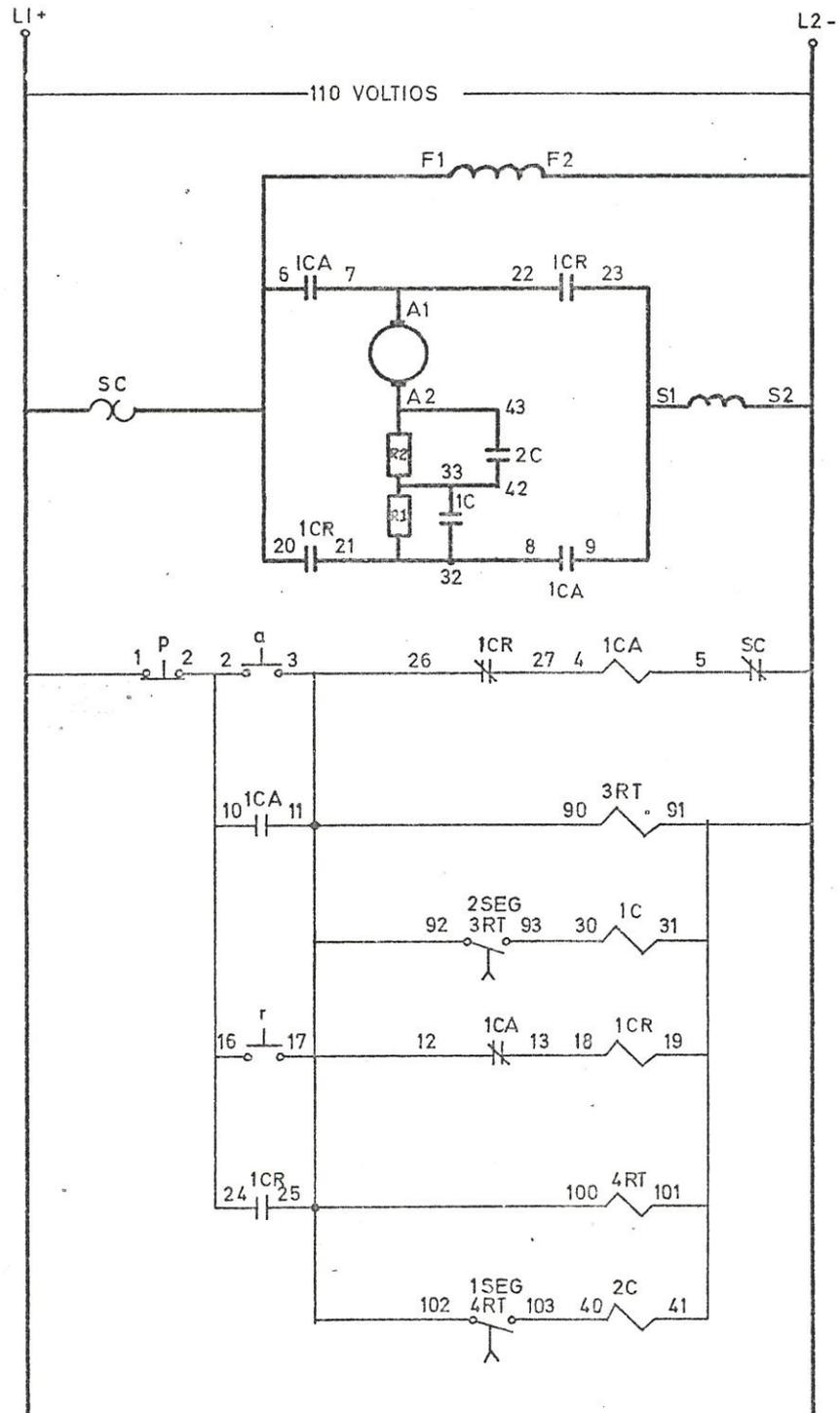


Nº 3.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 3.- Al pulsar el botón de avance (a), circula la corriente desde la línea L1A por los terminales (1,2,3 y 10,11 del contacto N.C. CA) y llega al 28 que es el extremo de la bobina (C1) del contactor (C1), por el extremo 29 se cierra el circuito en L2A, energizándose C1 que cierra sus contactos principales para conectar al motor (M) con dos juegos de resistencias en cada una de sus bobinas primarias. Estas resistencias producen una caída en el voltaje que entra al motor, reduciendo su torque y corriente de arranque, siendo esta última la finalidad que se persigue al emplear este método de arranque.

Al mismo tiempo se cierra el contacto (30,31) que es el de retención para energizar permanentemente (C1). Se cierra también el contacto (32,33) para energizar el relé de tiempo (RT1), éste luego de 2 segundos cierra su contacto (62,63), para energizar la bobina (C2) del contactor (C2), el mismo que cierra sus contactos de fuerza para desconectar uno de los juegos de resistencias conectados al motor, permitiendo que un voltaje mayor entre a las bobinas del motor lo cual aumenta su aceleración.

También se cierra el contacto (42,43) para energizar el relé de tiempo (RT2), el mismo que luego de 2 segundos cierra el contacto (72,73), lo cual produce la energización de la bobina (CA) del contactor (CA), la misma que al cerrar sus contactos principales conecta directamente las líneas de fuerza al motor eliminando las resistencias, para hacer que este alcance su máxima aceleración. Al mismo tiempo se cierra el contacto de retención (6,7), se prende la luz piloto roja, y se abre el contacto (10,11) para desconectar los contactores (C1) y (C2)



Nº 3.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control Nº 4.- Cuando se pulsa el botón de avance, se energizan los contactores (CA) y (C1), también el relé de tiempo (RT1) que accionará sus contactos después de 4 segundos. El contacto (6,7) se cierra y mantiene cerrado el circuito de control.

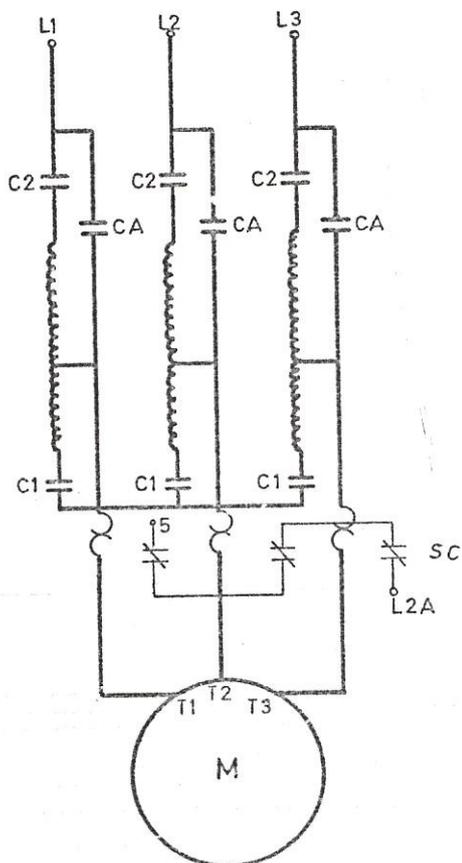
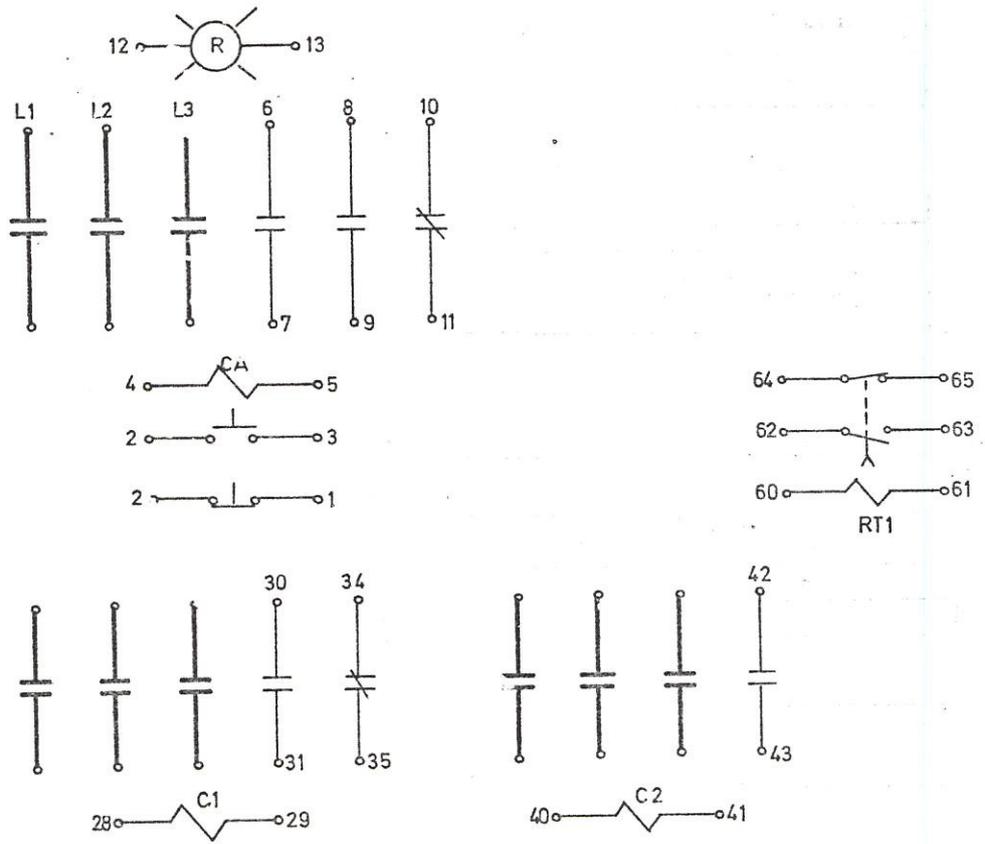
Los contactos principales (CA) y (C1), conectan en estrella las bobinas del motor directamente a las líneas de alimentación que deben tener un voltaje igual a la mitad del valor que soportarían las bobinas del motor conectadas en estrella. Esta es la primera etapa de arranque y aceleración del motor. El contacto (30,31) de (C1), se cierra y enciende la luz piloto roja.

Transcurridos 4 segundos, el contacto (RT1)(64,65) se abre desconectando el contactor (C1) y por consiguiente al motor y la luz piloto roja. Se cierra el contacto (RT1) (62,63), la corriente pasa por el contacto (C1) (34,35) N.C., el mismo que se cerró cuando se desconectó la bobina (C1), se energiza entonces la bobina (C2) del contactor (C2). Los contactos principales de (C2) conjuntamente con los contactos (CA) que permanecen conectados, disponen las bobinas del motor en delta y las conectan a las líneas. Esto es la segunda etapa de arranque y aceleración.

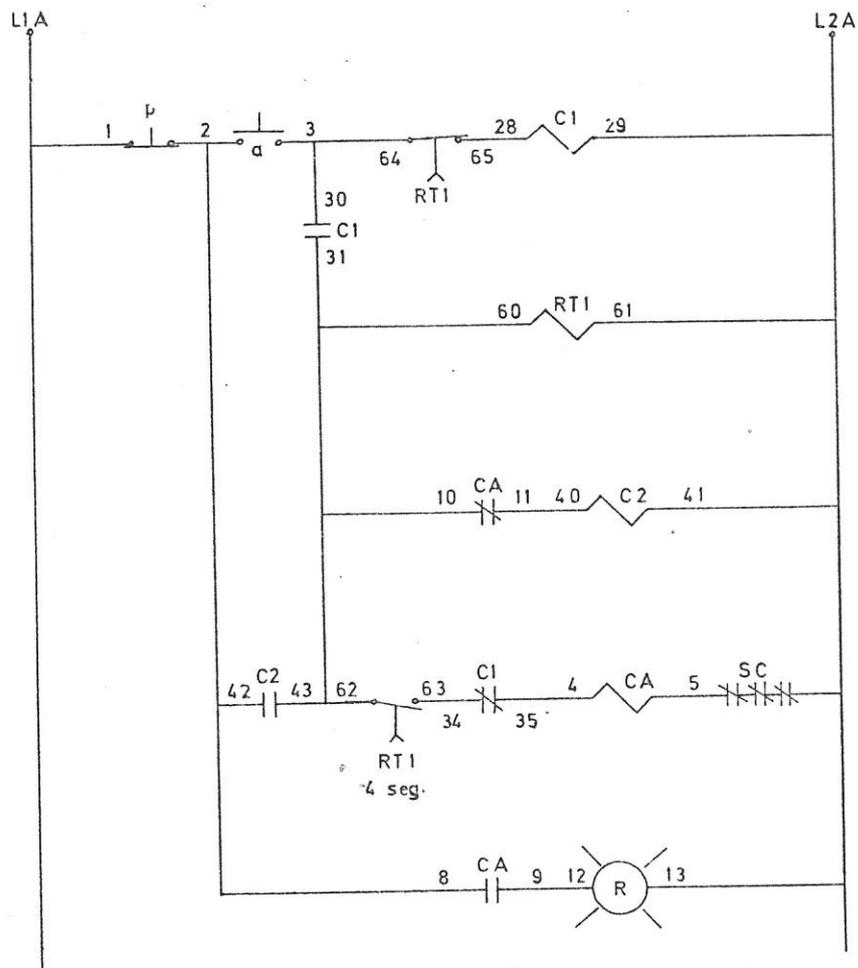
El contacto (C2) (44,45) se cierra conectando la luz piloto de color verde, la cual nos indica que el motor está trabajando a pleno voltaje.

Los contactos N.C. (C2) (46,47) y (C1) (34,35), son de bloqueo eléctrico, impiden que los contactores (C1) y (C2) respectivamente, se conecten simultáneamente lo cual provocaría un corto-circuito.

Al pulsar el botón de paro (p), se desconecta todo el circuito de control y se apaga el motor.



Nº 5.- Diagrama de alambrado.



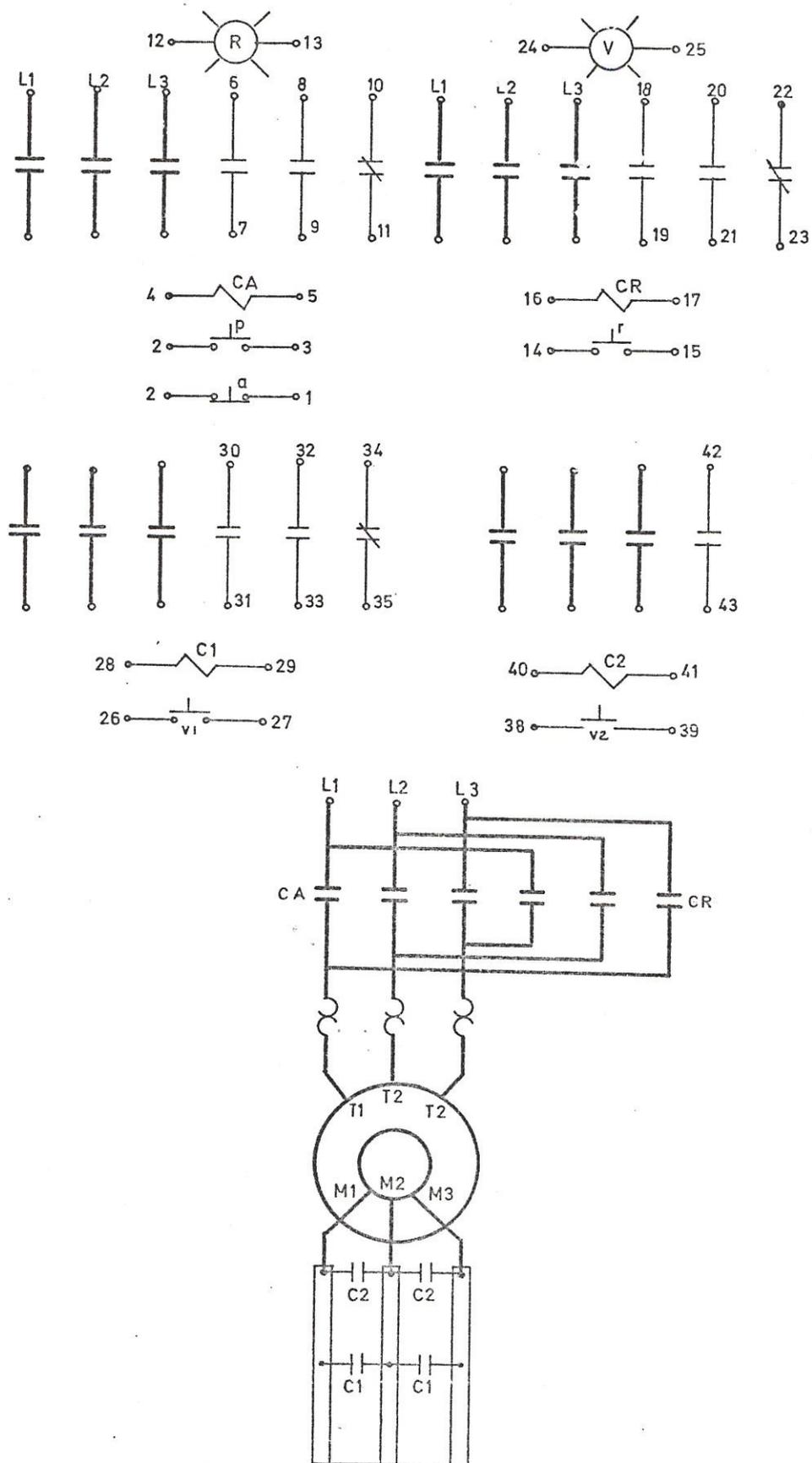
Nº 5.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 5.- Al pulsar el botón de avance, la corriente pasa por el contacto N.C. de (RT1) (64,65) y energiza el contactor (C1), este cierra con sus contactos de fuerza, el neutro del autotransformador y con el contacto N.A. (30,31), al cerrarlo energiza el relé de tiempo RT1, este accionará sus contactos luego de 4 segundos. También se energiza el contactor (C2) a través del contacto N.C. del contactor (CA) (10,11) que al mismo tiempo es un contacto de bloqueo, evita el accionamiento simultáneo de los contactores (C2) y(CA). Los contactos de fuerza de (C2), aplican a las bobinas del motor un voltaje parcial a partir del autotransformador, siendo esta la primera etapa de arranque y aceleración en el motor. El contacto (42,43) es de retención.

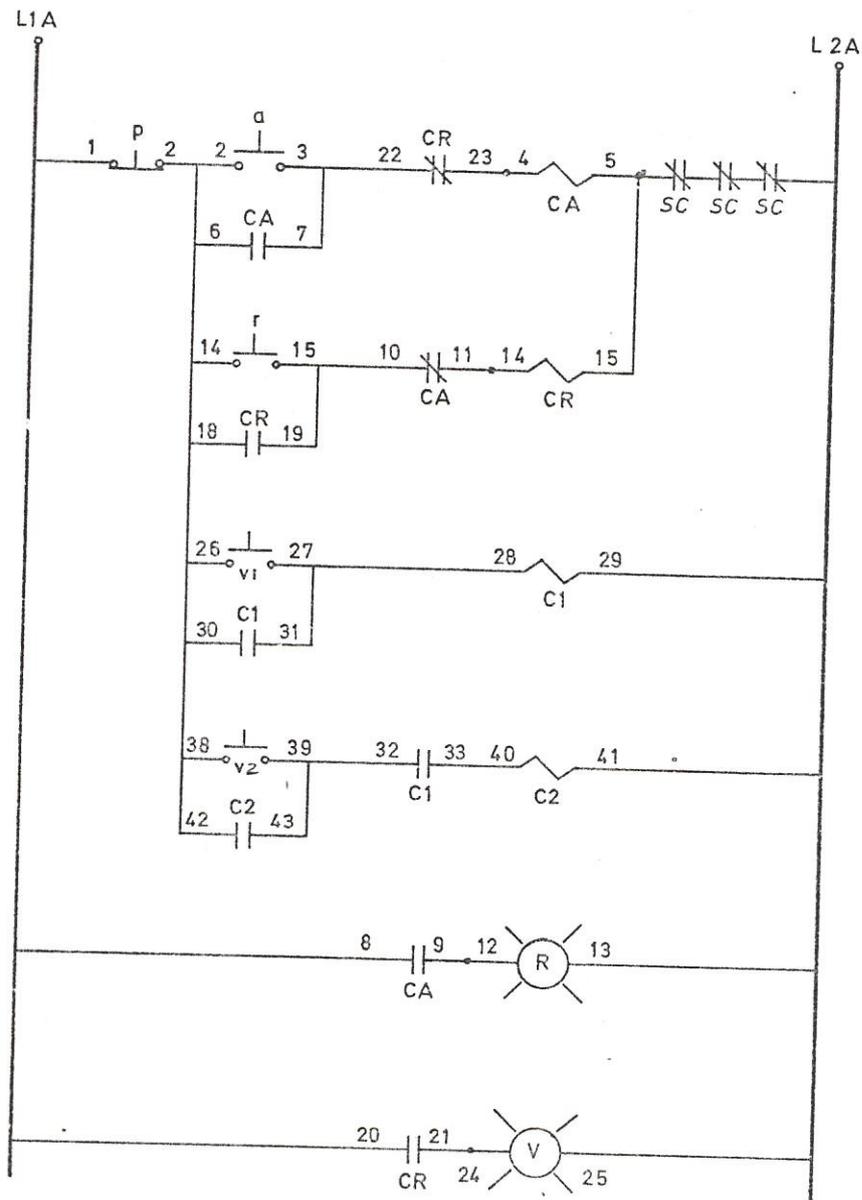
Transcurridos 4 segundos, el relé (RT1) abre su contacto (64,65) para desconectar el contactor C1, al mismo tiempo cierra el (62,63) a través del cual y pasando por el contacto de bloqueo(C1) (34,35) N.C., se energiza el contactor (CA). Los contactos (CA) de fuerza aplican directamente a las bobinas del motor, el voltaje de línea, el contacto (CA) (10,11) N.C. desconecta al mismo tiempo el contactor (C2).

El contacto auxiliar (CA) (8,9), se cierra para encender la luz piloto de color roja, que indica que el motor está trabajando normalmente a plena velocidad y a pleno voltaje.

Para desconectar el circuito de control, es suficiente pulsar el botón de paro (p).



Nº 6.- Diagrama de alambrado.



Nº 6.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 6.- En el diagrama elemental tanto la bobina (CA) como la (CR), tienen los contactos de bloque eléctrico N.C. (CR) y (CA) respectivamente.

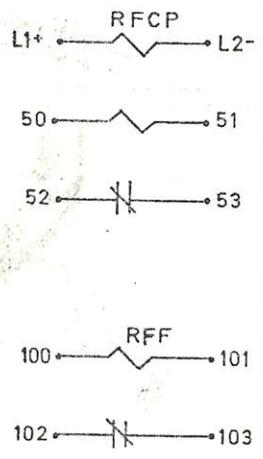
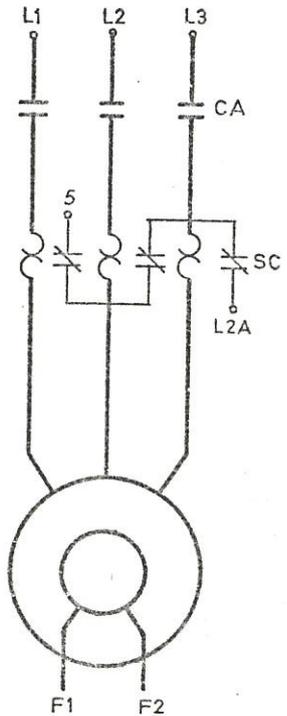
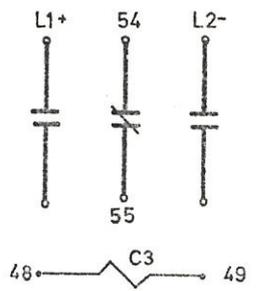
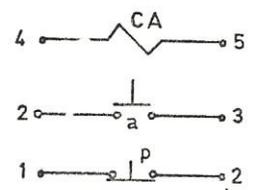
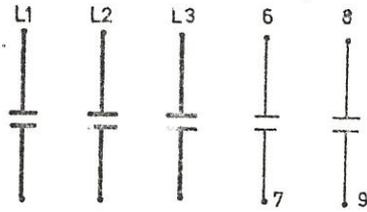
Cuando se pulsa el botón de avance, la corriente pasa por el terminal (1) hasta llegar y energizar la bobina del contactor (CA). El contacto de retención (6,7) se cierra y el (10,11) se abre. El contacto (8,9) se cierra para encender el foco rojo, el mismo que nos indica que se cerraron los contactos principales de (C1) y el motor arrancó en el sentido de avance y a la mínima velocidad, debido a que se está aplicando la máxima resistencia rotórica.

Para aumentar la velocidad, se pulsa el botón (v1) y se energiza el contactor (C1), el mismo que cierra sus contactos principales para disminuir la resistencia rotórica, cierra el contacto (30,31) de retención y cierra el (32,33) que es de bloqueo eléctrico para evitar que trabaje la etapa de máxima velocidad antes que la de v1.

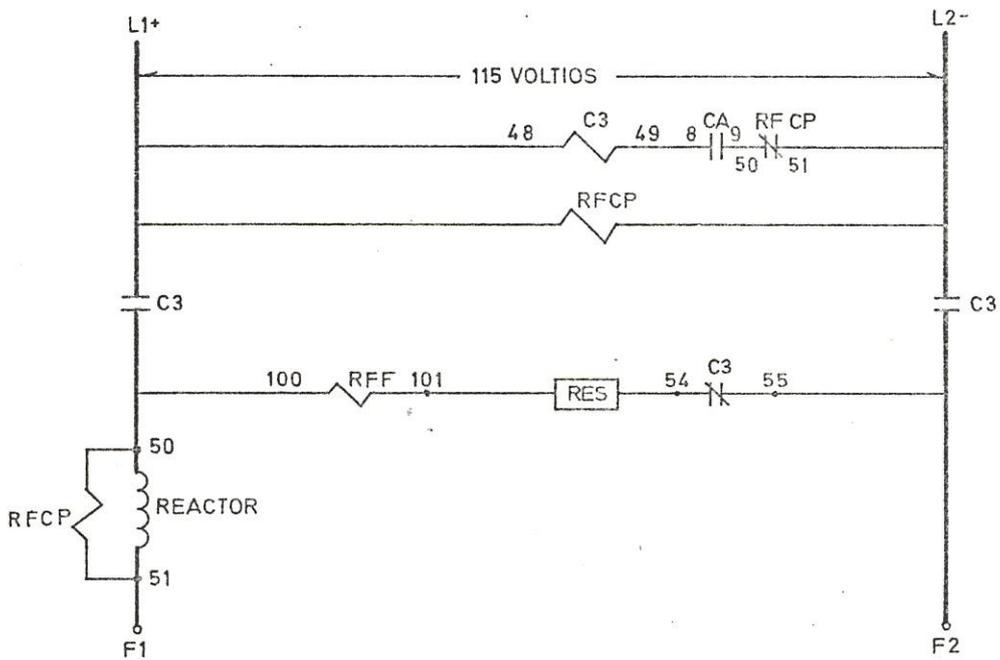
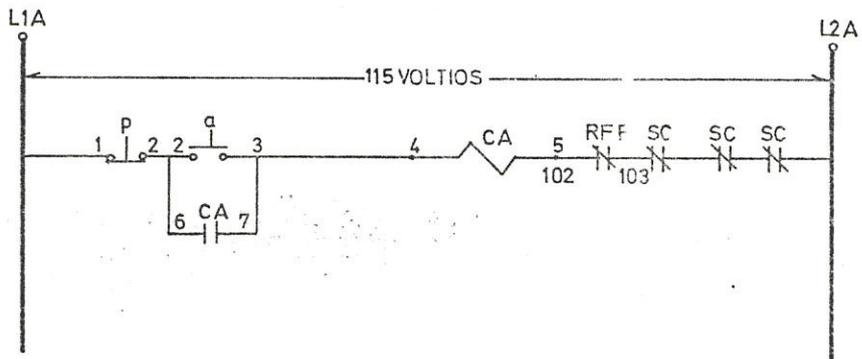
Para alcanzar la máxima velocidad, se pulsa el botón (v2), se cierra el contactor (C2) el mismo que con sus contactos principales elimina toda la resistencia adicional en el rotor y con el (42,43) mantiene conectado el circuito de C2.

Para hacer girar el motor en sentido reverso, primeramente se pulsa el botón de paro (p) y luego se pulsa el botón (r) para energizar el contactor (CR), el cual conecta el motor con las fases L1 y L3 invertidas.

El proceso de aceleración se lo hace paso a paso en forma idéntica a la descrita para el avance.



Nº 7.- Diagrama de alambrado.



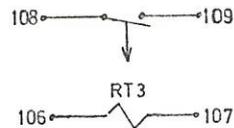
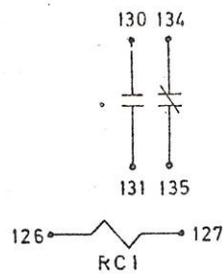
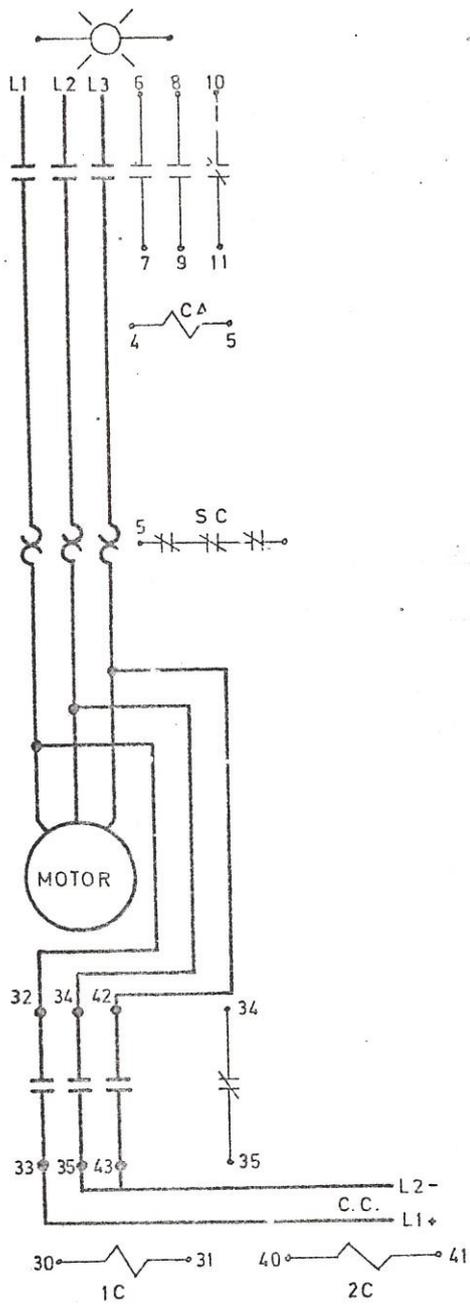
Nº 7.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 7.- Al pulsar el botón de avance (a), la bobina del contactor (CA) se energiza a través del contacto N.C. del (RFF) relé fuera de fase, el cual tiene la finalidad de proteger el devanado de campo del motor, en caso de que no entre en sincronismo y si la cantidad de corriente inducida excede el valor para el que está calibrado el relé, este abre su contacto (102,103) y desconecta el contactor (CA) y por lo tanto desconectará las bobinas del estator antes de que el motor se sobrecaliente. En serie con el contacto (RFF) están también los contactos (SC) de protección contra sobrecargas en las bobinas del estator. El contactor (CA) se mantendrá energizado a través del contacto (6,7) de retención. Al momento de cerrarse los contactos principales de (CA), se induce en el rotor tanto en los devanados de arranque como en los de campo corrientes de la frecuencia de línea. Esta corriente fluye por el reactor e induce una corriente alterna en la bobina de c.a. (RFCP) (Relé de frecuencia de campo polarizado), el flujo magnético producido en esta bobina acciona el relé (RFCP) abriéndose el contacto (52,53), el cual impide la conexión del contactor (C3).

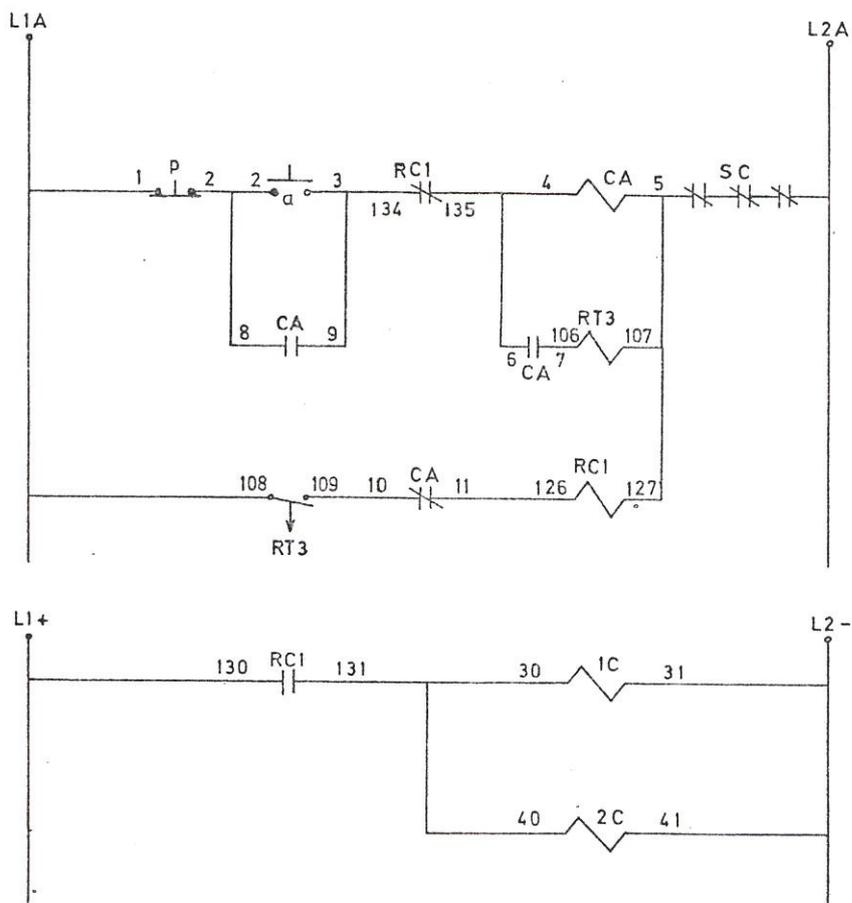
La corriente de campo fluye por la bobina del relé de fuera de fase, por la resistencia de descarga de campo y por el contacto N.C. (54,55) del contactor (C3). Cuando el motor alcanza una velocidad cercana a la de sincronismo, disminuye la frecuencia de la corriente de campo inducida a un valor muy bajo, la corriente inducida en (RFCP) es muy pequeña y su flujo magnético débil hace que se desconecte el relé (RFCP). Se cierra el contacto (52,53) y junto con (8,9), energizan (C3). Este desconecta la resisten-

cia de descarga del campo y conecta con sus contactos principales la fuente de c.c. que proporciona la excitación para el campo del motor sincrónico, formando los polos norte y sur que son atraídos por los del estator hasta que el rotor alcanza la velocidad de sincronismo.

Es necesario hacer notar que la bobina del contactor (C3) es de c.c., y que la bobina principal del (RFCP) está permanentemente conectada a las líneas de c.c. manteniendo una excitación constante.



Nº 8.- Diagrama de alambrado.



Nº 8.- Diagrama elemental.

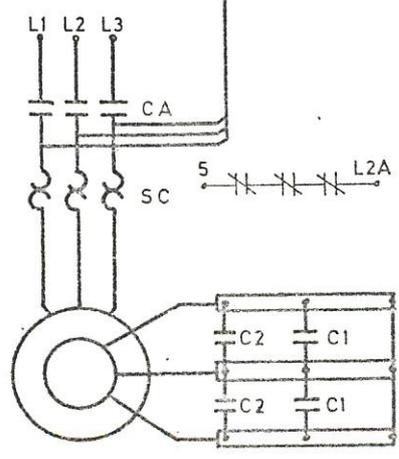
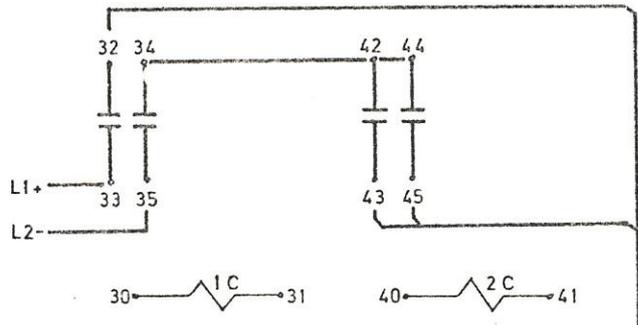
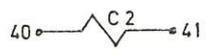
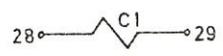
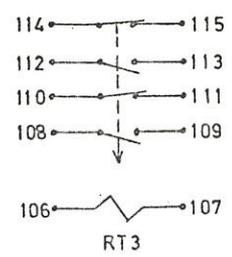
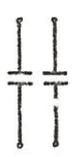
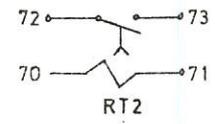
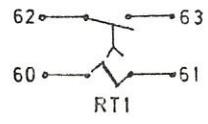
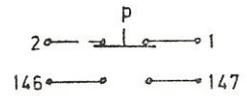
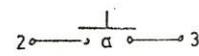
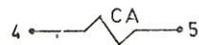
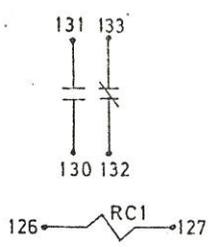
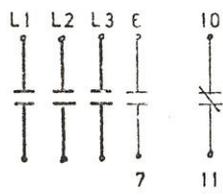
4. Análisis del circuito de control N° 8.- Cuando se pulsa el botón de avance (a), la corriente pasa por el contacto N.C. (RC1) (134,135) para energizar el contactor de avance, el cual con sus contactos principales hace arrancar el motor. Se cierra el contacto de retención (8,9) y el (6,7), este último hace energizar el relé de tiempo (RT3) el cual cierra el contacto (108,109). También se abre el contacto (CA) (10,11) que es de bloqueo eléctrico para que no se energice el relé de control (RC1).

Cuando se pulsa el botón de paro (p), se desconecta el contactor (CA) y el relé (RT3), este último abrirá su contacto (108,109) luego de 4 segundos. Se cierra el contacto (10,11) y se energiza (RC1). Se cierra el contacto (RC1) (130,131) en el circuito de c.c. y energiza las bobinas de los contactores (1C) y (2C).

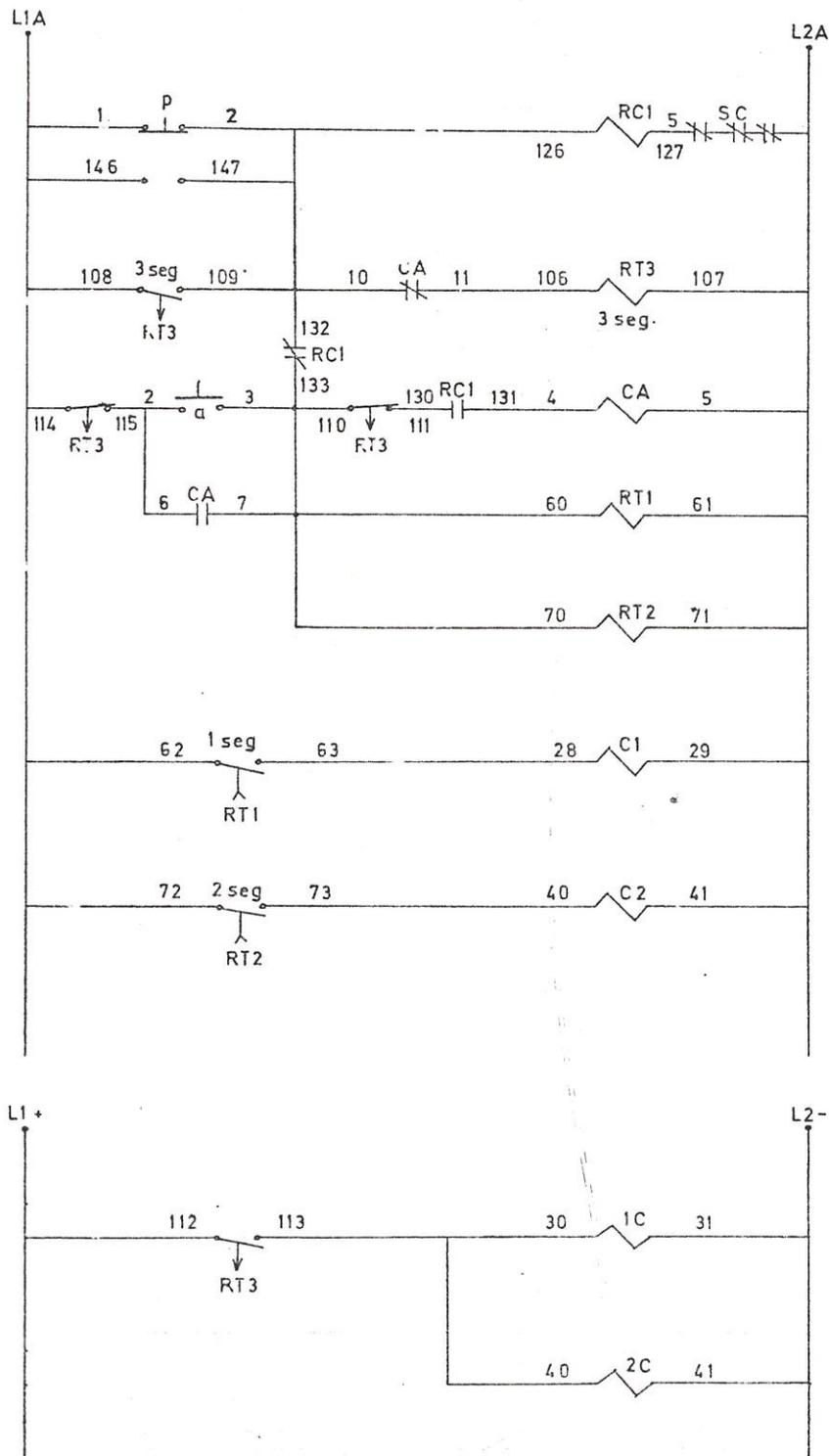
Los contactos principales (1C) y (2C), conectan la fuente de c.c. a las bobinas del estator y al mismo tiempo bloquean el circuito del contactor (CA), con el contacto (134,135) que se abre.

Transcurridos 4 segundos, se abre el contacto (RT3) (108,109) se desconecta (RC1), se abre el contacto (130,131) y se desconectan las bobinas (1C) y (2C) que cortan la entrada de la c.c. a las bobinas del estator.

En esta forma se ha aplicado el freno dinámico al motor que en 4 segundos estará completamente parado.



Nº 9.- Diagrama de alambrado.



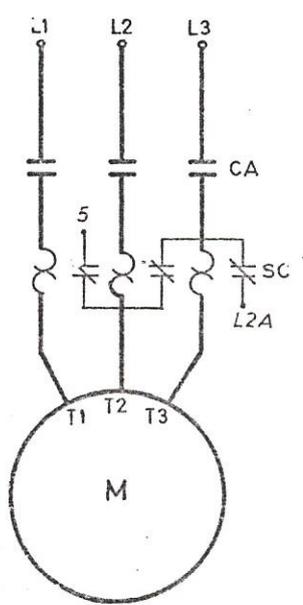
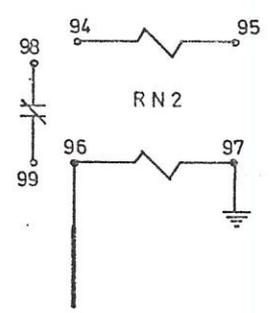
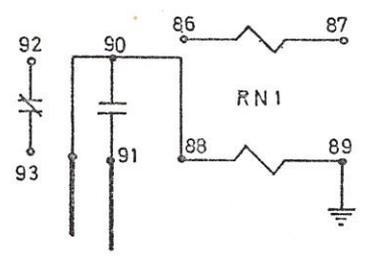
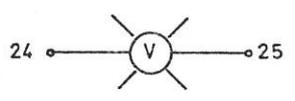
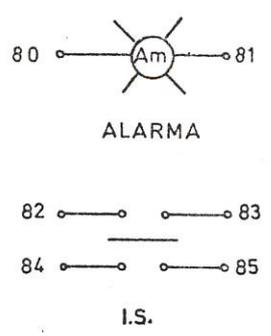
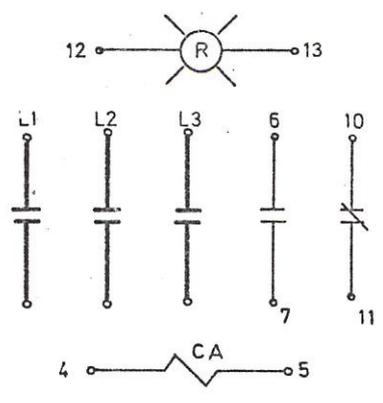
Nº 9.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 9.- Cuando se energiza el circuito de control de c.a., inmediatamente se cierra el relé (RC1), abre su contacto (132,133) y cierra el (130,131). El primer contacto bloquea el circuito del relé de tiempo (RT3).

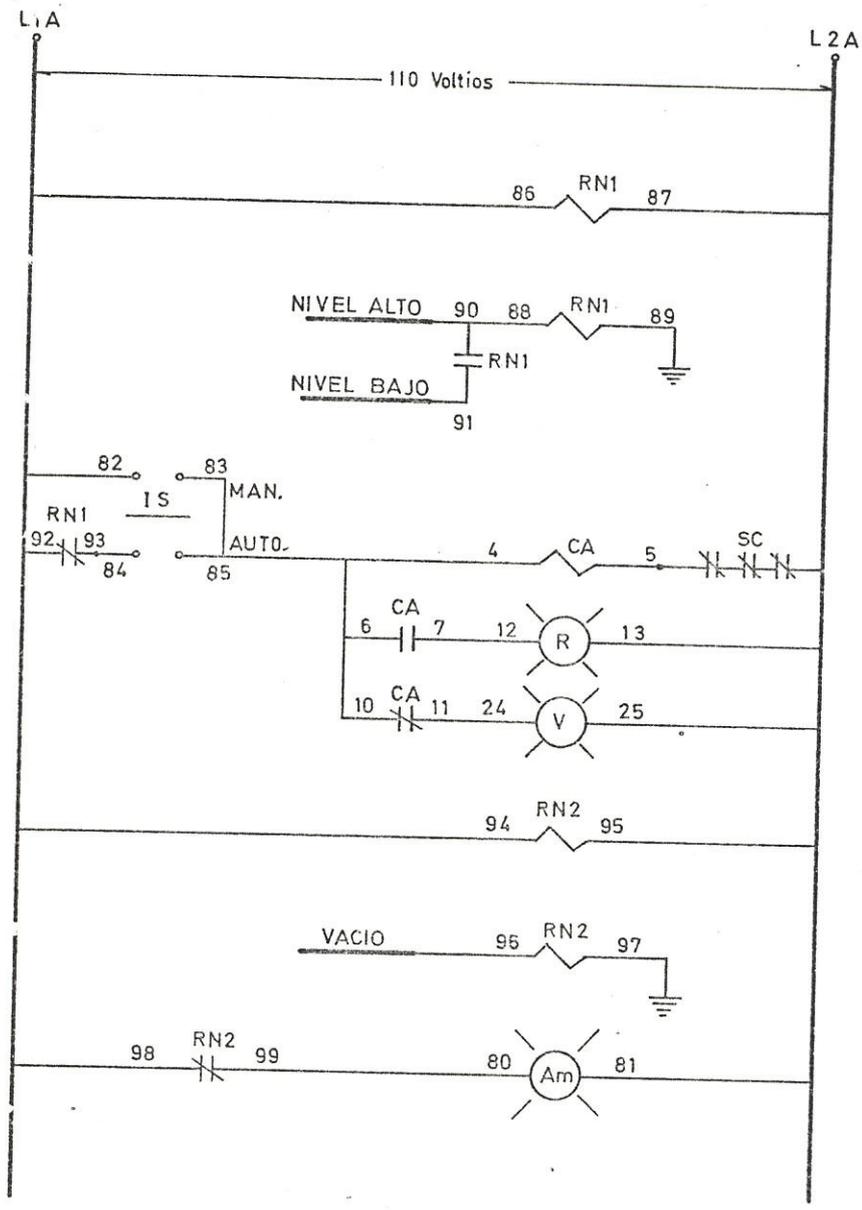
Cuando se pulsa el botón de avance (a), se energiza el contactor de avance (CA) que con sus contactos principales hace girar el motor, el contacto de retención (6,7) también se cierra. Junto a(CA), se energizan los relés de tiempo (RT1) y(RT2) que son los encargados de accionar en forma retardada las dos etapas de aceleración del motor de inducción con rotor devanado, cerrando sus contactos (62,63) y (72,73), después de 1 y 2 segundos respectivamente.

Al pulsar el botón de paro (p), se desconecta (RC1), cierra su contacto (132,133) y bloquea la bobina (CA) abriendo el (130,131). Se cierra el contacto inferior del pulsador (146,147) y la corriente pasará por el contacto N.C. (10,11) para energizar el relé de tiempo (RT3), el cual inmediatamente cierra sus contactos abiertos y abre los cerrados. El contacto (108,109) es de retención. El (112,113) está intercalado en el circuito de las bobinas de los contactores de c.c. (1C) y (2C), a los cuales los energiza inmediatamente para que con sus conatactos principales conecten las bobinas del estator del motor a la fuente de c.c.

Transcurridos 3 segundos, el relé (RT3) acciona sus contactos y abre el (112,113), desconectando la fuente de cc. de las bobinas del estator. De esta manera ha finalizado el proceso de frenado dinámico de este motor.



Nº 10.- Diagrama de alambrado.



Nº 10.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 10.- Las bobinas de los relés de nivel (RN1) y (RN2), (86,87) y (96,97) respectivamente, son las llamadas de excitación, por lo tanto están conectadas permanentemente al circuito de 110 voltios. Estas inducen un pequeño voltaje en las bobinas correspondientes (RN1) (88,89) y (RN2) (96,97).

Se asume que el presente circuito es para controlar una bomba de agua que alimenta un reservorio, se la controla con electrodos de bajo y alto nivel que pertenecen al circuito del relé (RN1). El otro electrodo pertenece al relé (RN2) , su función consiste en accionar el contacto N.C. (98,99) cuando no hay agua, para encender una luz indicadora de color amarilla.

El interruptor selector tiene dos posiciones de trabajo, manual y automático. En manual, la bomba trabajará indefinidamente. En automático, el paro y arranque de la bomba estará supeditado al relé de nivel (RN1), en función del alto y bajo nivel de agua.

Las luces piloto roja y verde, indican la posición de trabajo y de reposo de la bomba, respectivamente.

En automático, la bomba arranca hasta que el nivel del agua llega al nivel superior máximo y toca el electrodo , se cierra así el circuito de la bobina (88,89) entre el agua y tierra. Se abre el contacto (92,93) y para la bomba. Al mismo tiempo se cierra el de retención (90,91). Cuando el líquido baja al nivel inferior y deja de tocar el electrodo respectivo, la bomba vuelve a arrancar debido a que se desconectó la bobina (RN1) (88,89), que vuelve a cerrar el contacto (92,93).

Este proceso se repite sucesivamente.

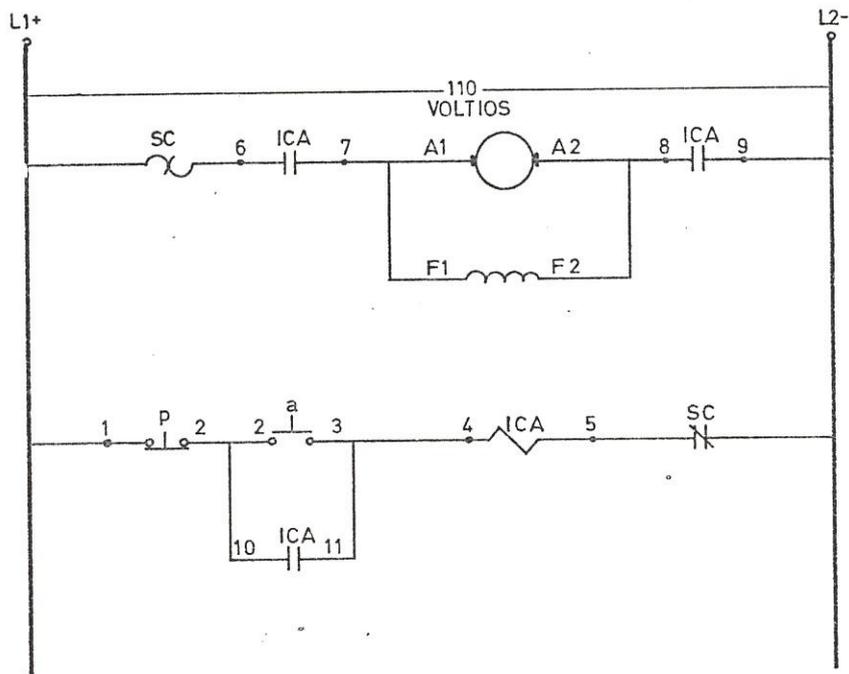
LISTA DE EXPERIMENTOS CON CONTROLES DE C.C.

- Nº 1 .- Arranque a pleno voltaje de un motor en derivación.
- Nº 2 .- Arranque a voltaje reducido, de un motor compuesto, mediante la aplicación de resistencias por lapsos de tiempo limitados.
- Nº 3 .- Arranque reversible a voltaje reducido, de un motor compuesto, mediante la aplicación de resistencias por lapsos de tiempo limitados.
- Nº 4 .- Arranque a voltaje reducido de un motor compuesto, mediante la conexión de resistencias en función de la fuerza contraelectromotriz.
- Nº 5 .- Arranque a voltaje reducido de un motor compuesto, mediante la conexión de resistencias en función de las caídas de voltaje. Aplicación del relé de falla de campo.
- Nº 6 .- Arranque a voltaje reducido de un motor compuesto, empleando relés de corriente en serie, para aplicar resistencias.
- Nº 7 .- Aplicación del freno dinámico a un motor compuesto con arranque a voltaje reducido, mediante la aplicación de resistencias por lapsos de tiempo definidos.

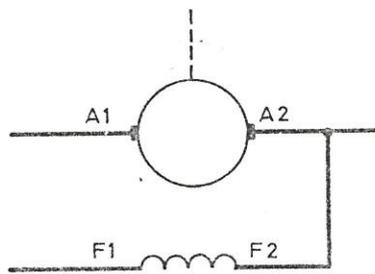
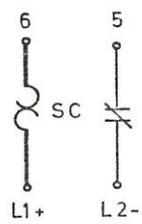
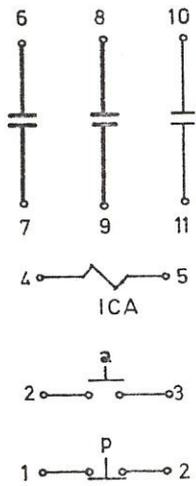
4. Análisis del circuito de control N° 1.- Se asume que el motor de c.c. controlado es relativamente pequeño para poder arrancarlo a pleno voltaje sin ningún riesgo.

Cuando se pulsa el botón de avance (a), la corriente pasa desde (1) hasta energizar la bobina del contactor (1CA), con sus contactos (6,7) y (8,9), cierra el circuito de fuerza y alimenta al motor con las líneas L1 + y L2 - . También se cierra (10,11) que es el de retención.

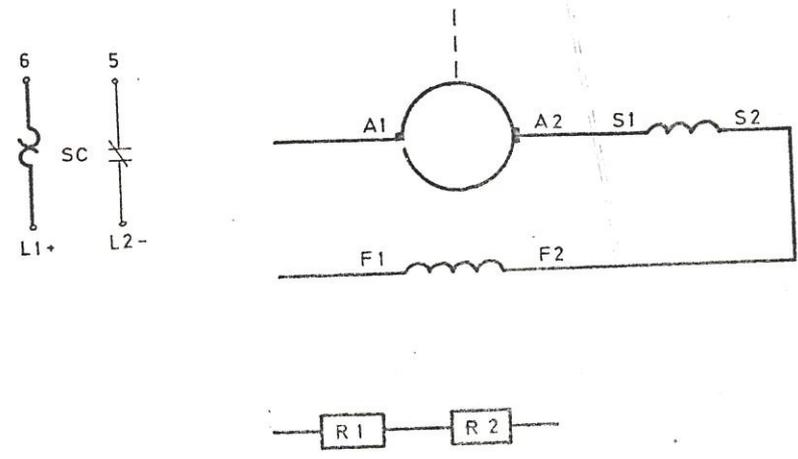
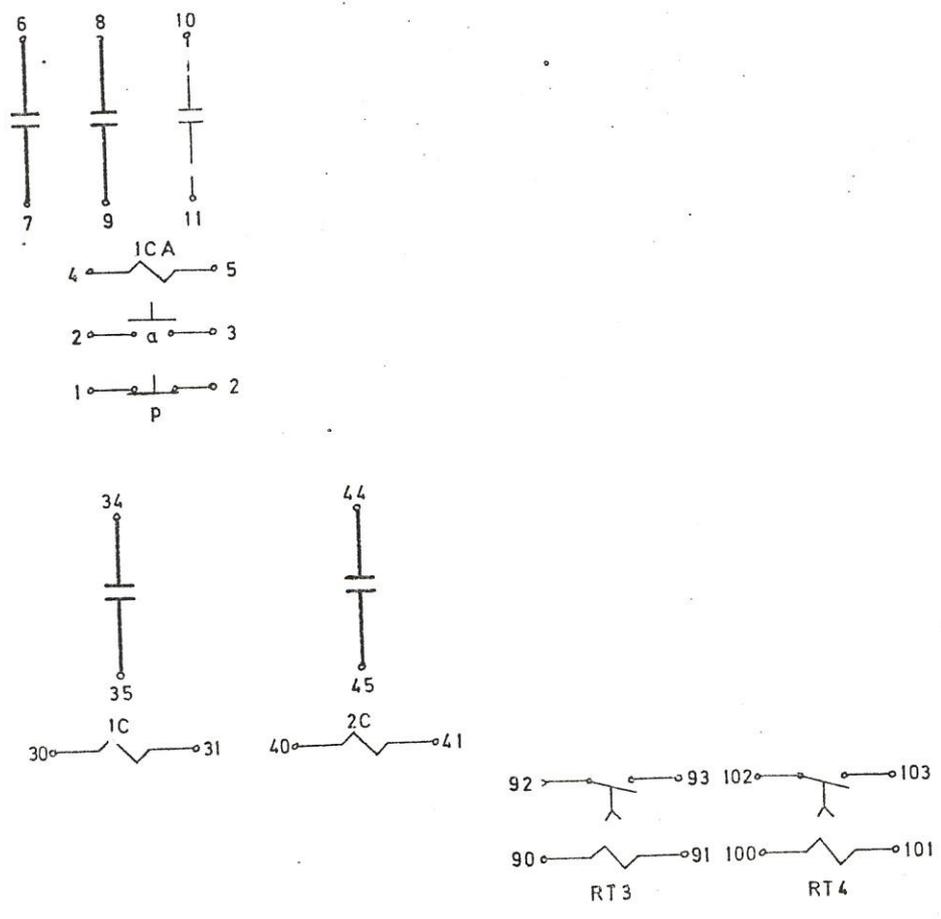
Cuando se pulsa el botón de paro (p), se desconecta la bobina (1CA) y se apaga el motor.



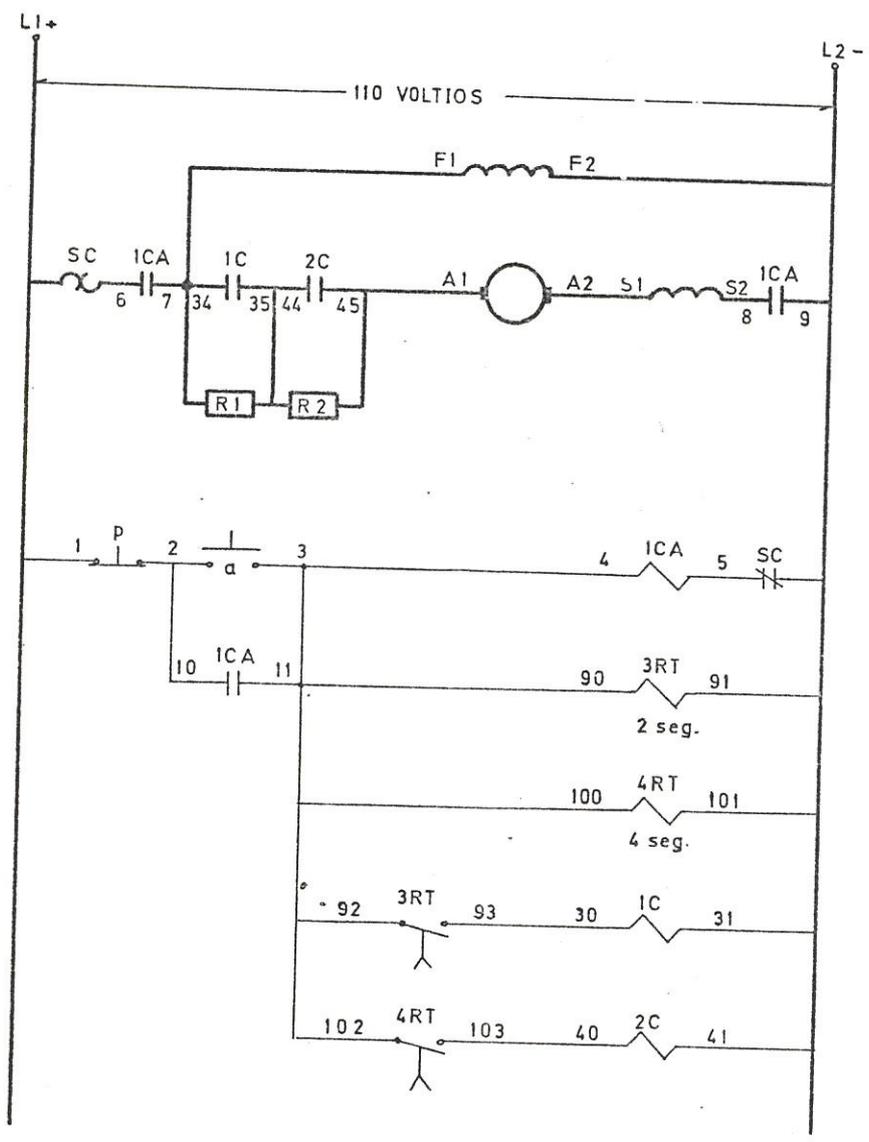
Nº 1.- Diagrama elemental.



Nº 1.- Diagrama de alambrado.



Nº 2.- Diagrama de alambrado.

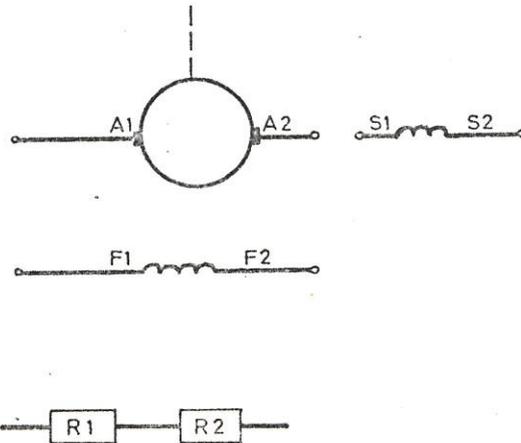
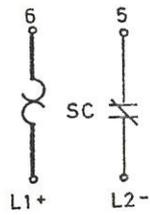
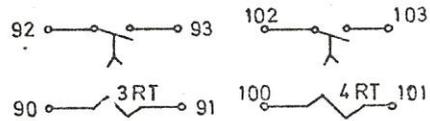
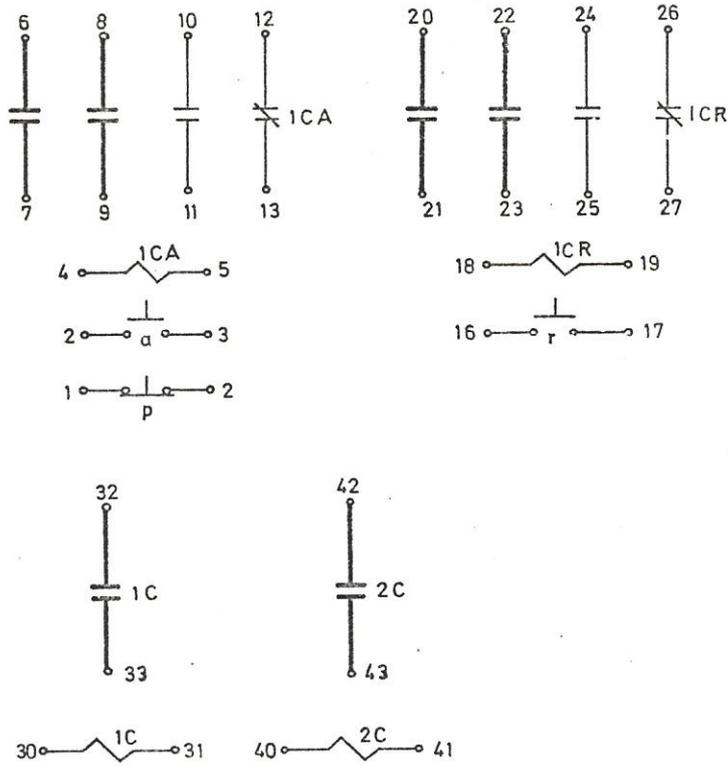


Nº 2.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control Nº 2.- Pulsando el botón de avance (a), se energiza el contactor de avance (1CA), al cerrar sus contactos principales (6,7) y (8,9), el motor arranca a voltaje reducido debido a la intervención de las resistencias (R1 y R2). Con el contacto (10,11) de retención se mantiene conectado el circuito.

También se conectan los relés de tiempo (3RT) y (4RT), los mismos que cierran sus contactos con un retardo de 2 segundos y 4 segundos respectivamente. Luego del primer intervalo se cierra el contacto (92,93) para energizar el contactor (1C) este cierra su contacto (34,35) y elimina la resistencia (R1) para aumentar el voltaje en los terminales del motor y aumentar sus aceleración. En el segundo lapso de tiempo se cierra el contacto (102, 103) para energizar el contactor (2C), este cierra su contacto (44,45) y elimina la resistencia (R2), con lo cual aplica el voltaje total de línea al motor que ahora alcanzará su plena velocidad.

Este circuito de control consta de tres etapas de aceleración.

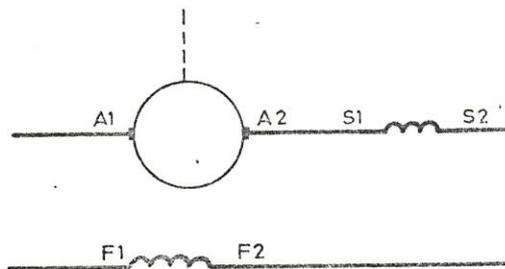
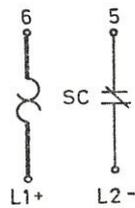
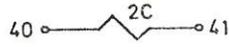
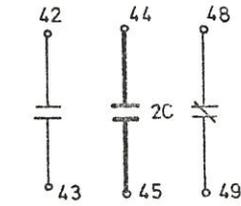
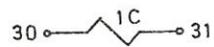
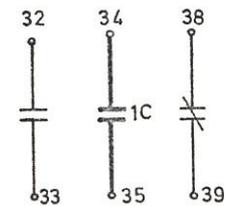
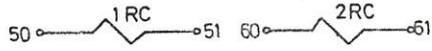
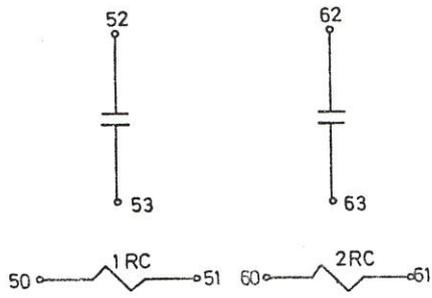
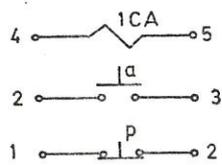
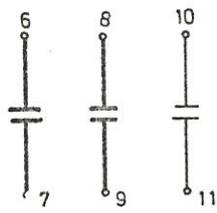


Nº 3.- Diagrama de alambrado.

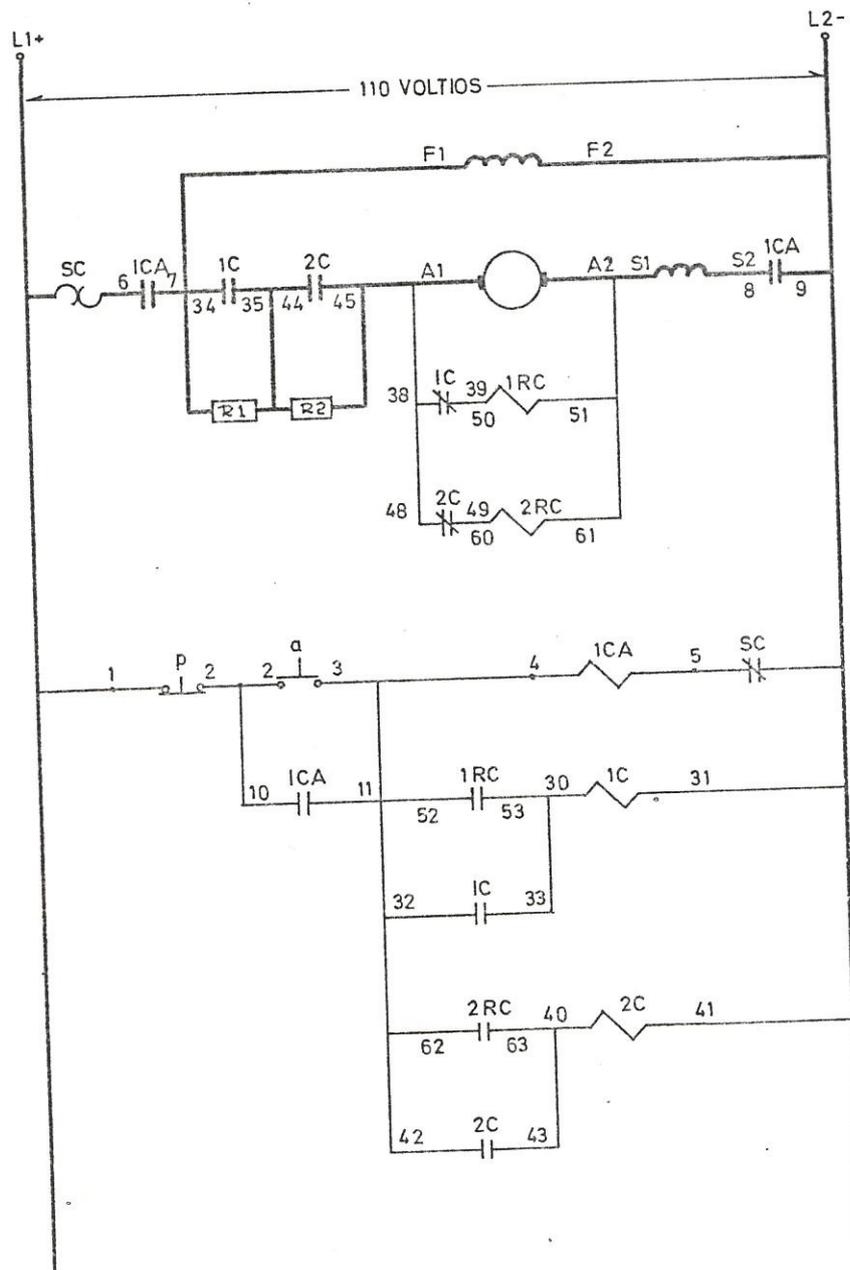
4. Análisis del circuito de control N° 3.- Cuando se pulsa el botón de avance (a), se energiza la bobina del contactor (1CA), a través del contacto de bloqueo eléctrico (26,27) cuya función es evitar que el contactor (1CA) arranque mientras trabaje el contactor (1CR).

Se cierra el contacto (10,11) de bloqueo eléctrico, y los contactos principales de (1CA), los mismos que hacen arrancar al motor a voltaje reducido, a través de las resistencias (R1 y R2). Al mismo tiempo se energizan los relés de tiempo (3RT y 4RT), los cuales cerrarán sus contactos después de lapsos de tiempo de 2 y 1 segundos respectivamente. En el primer intervalo, se cierra (102,103) para energizar el contactor (2C) que cierra su contacto (42,43) para eliminar la resistencia (R2) y aumentar así la entrada de voltaje al motor y aumentar al mismo tiempo su aceleración. Después de 2 segundos, se cierra (92,93) para energizar el contactor (1C), este elimina la resistencia (R1) y aplica pleno voltaje al motor, llevándolo a su máxima velocidad.

P Para invertir la rotación, primeramente es necesario pulsar el botón de paro (p), luego se pulsa el botón de retroceso (r) para que se cierre el contactor (1CR) a través del contacto de bloqueo eléctrico (12,13), el mismo que impide que este contactor se cierre mientras está trabajando el (1CA). El proceso de aceleración es idéntico al descrito anteriormente para el avance.



Nº 4.- Diagrama de alambrado.

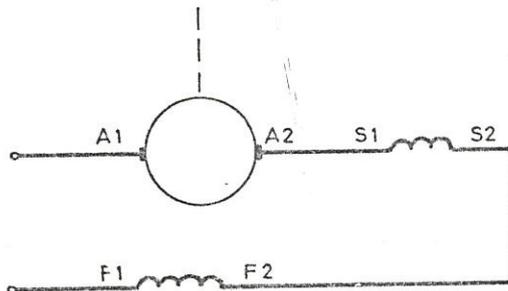
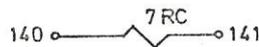
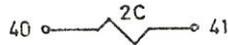
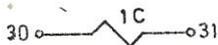
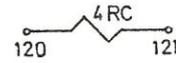
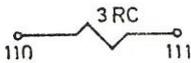
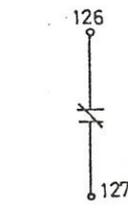
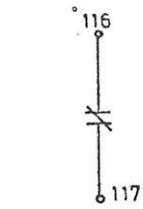
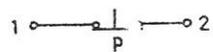
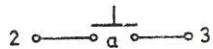
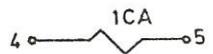
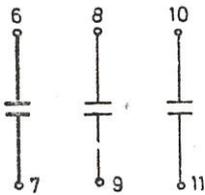
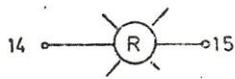


Nº 4.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 4.- Cuando se pulsa el botón de avance, se energiza la bobina del contactor (1CA), se cierra el contacto de retención (10,11), y los contactos principales (6,7 y 8,9), los mismos que energizan el motor a través de las resistencias (R1 y R2) a voltaje reducido. La fuerza contraelectromotriz del inducido va elevando su valor desde cero y cuando llega a 32 voltios, energiza la bobina del relé (2RC) el cual cierra el contacto (62,63) para accionar la bobina del contactor (2C), este cierra el contacto de retención (42,43), abre el (48,49) y desconecta el relé (2RC). Con el contacto principal (44,45) elimina la resistencia (R2) para aumentar el voltaje en los terminales del motor al mismo tiempo que su aceleración.

Cuando la fuerza contraelectromotriz alcanza el valor de 64 voltios, se energiza el relé (1RC) el mismo que cierra los contactos (52,53) para accionar el contactor (1C), este cierra el contacto de retención (32,33) y abre el (38,39), para desconectar el relé (1RC). Con su contacto principal (34,35) elimina la resistencia (R1), con lo que aplica el pleno voltaje a los terminales del motor y hace que alcance su máxima aceleración.

Si se desea detener la marcha del motor, es necesario solamente pulsar el botón de paro (p), para desconectar todo el circuito de control.

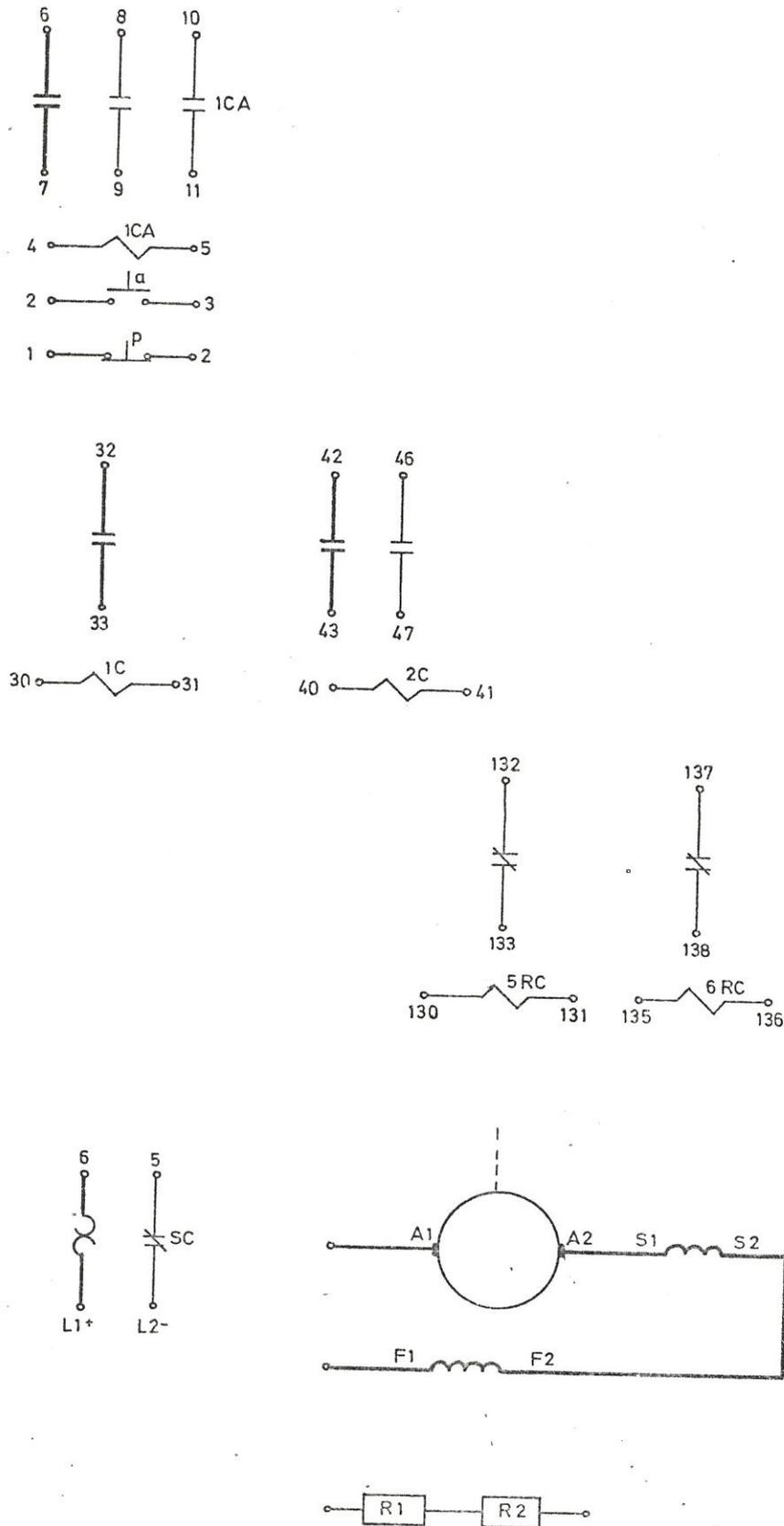


Nº 5.- Diagrama de alambrado.

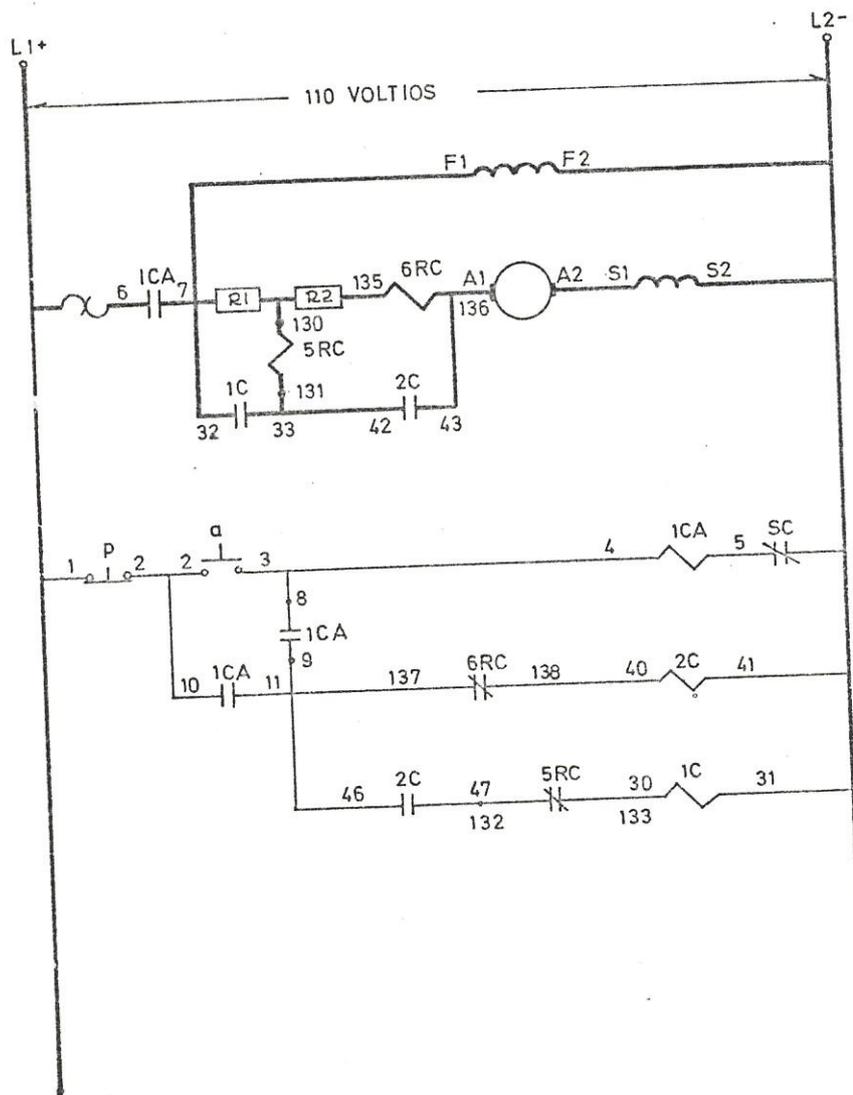
4. Análisis del circuito de control N° 5.- Cuando se pulsa el botón de avance (a), se energiza la bobina del contactor (1CA), se cierran los contactos (10,11) y (6,7) el motor arranca a través de las resistencias (R1 y R2) a bajo voltaje. También se cierra el contacto (8,9) y se conecta el relé de falla de campo (7RC) cuya función es desconectarse en el momento preciso que se abra el campo con peligro de que el motor vaya a embalsarse, se cierra el contacto (142,143) del circuito de retención principal.

Los relés de voltaje (3RC) y (4RC), se energizan simultáneamente con el arranque del motor, esto se debe a que la elevada corriente de arranque provoca una gran caída de voltaje en las resistencias (R1 y R2), siendo este voltaje el que energizará dichos relés de control. Mientras el motor sigue aumentando su aceleración, disminuye su corriente hasta un valor tal que la caída de voltaje en (R1) ya no puede sostener el relé (3RC), el cual se desconecta cerrando el contacto (116,117), este energiza la bobina del contactor (C1) para que a su vez cierre el (32,33) que desconectará la resistencia (R1), en este instante aumenta la corriente la misma que mantiene conectado el relé (4RC), el motor recibe mayor voltaje y aumenta su aceleración. Cuando disminuye la corriente igualmente, lo hace la caída de voltaje en (R2) lo cual hace que el relé (4RC) se desconecte para cerrar el (126,127) que energiza el contactor (2C), este cierra el (42,43) para desconectar la resistencia (R2), aplicando al motor el voltaje de línea y llevándolo a su máxima aceleración.

El circuito de control se desconecta al pulsar el botón de paro (p).



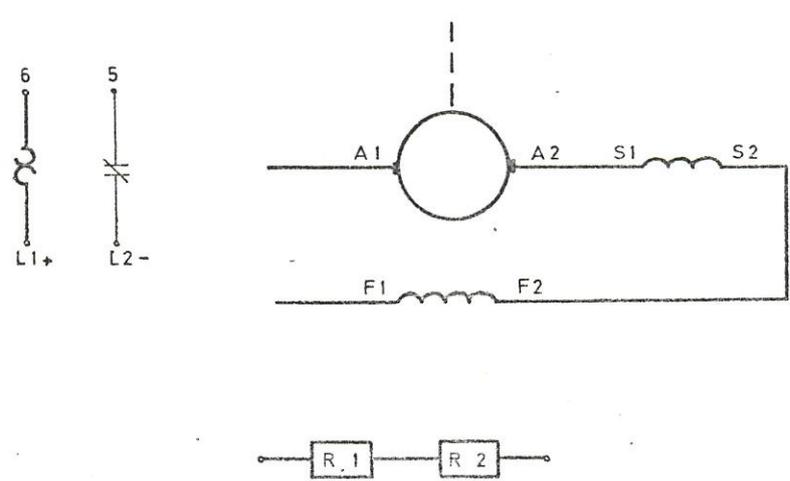
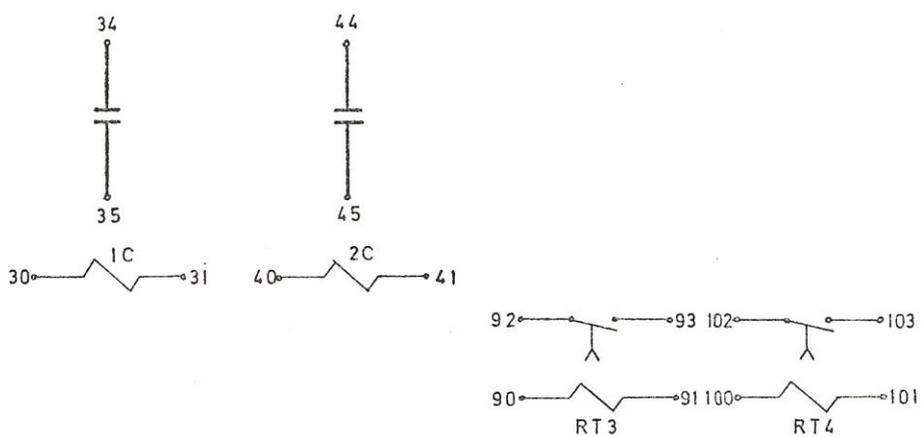
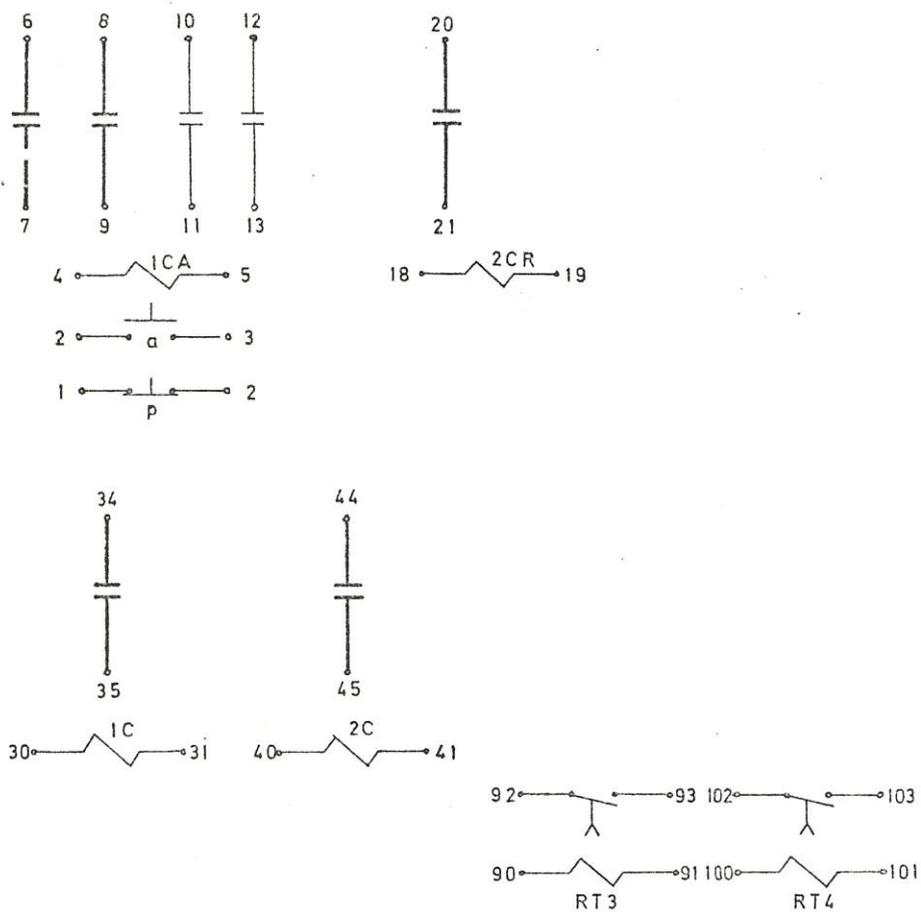
Nº 6.- Diagrama de alambrado.



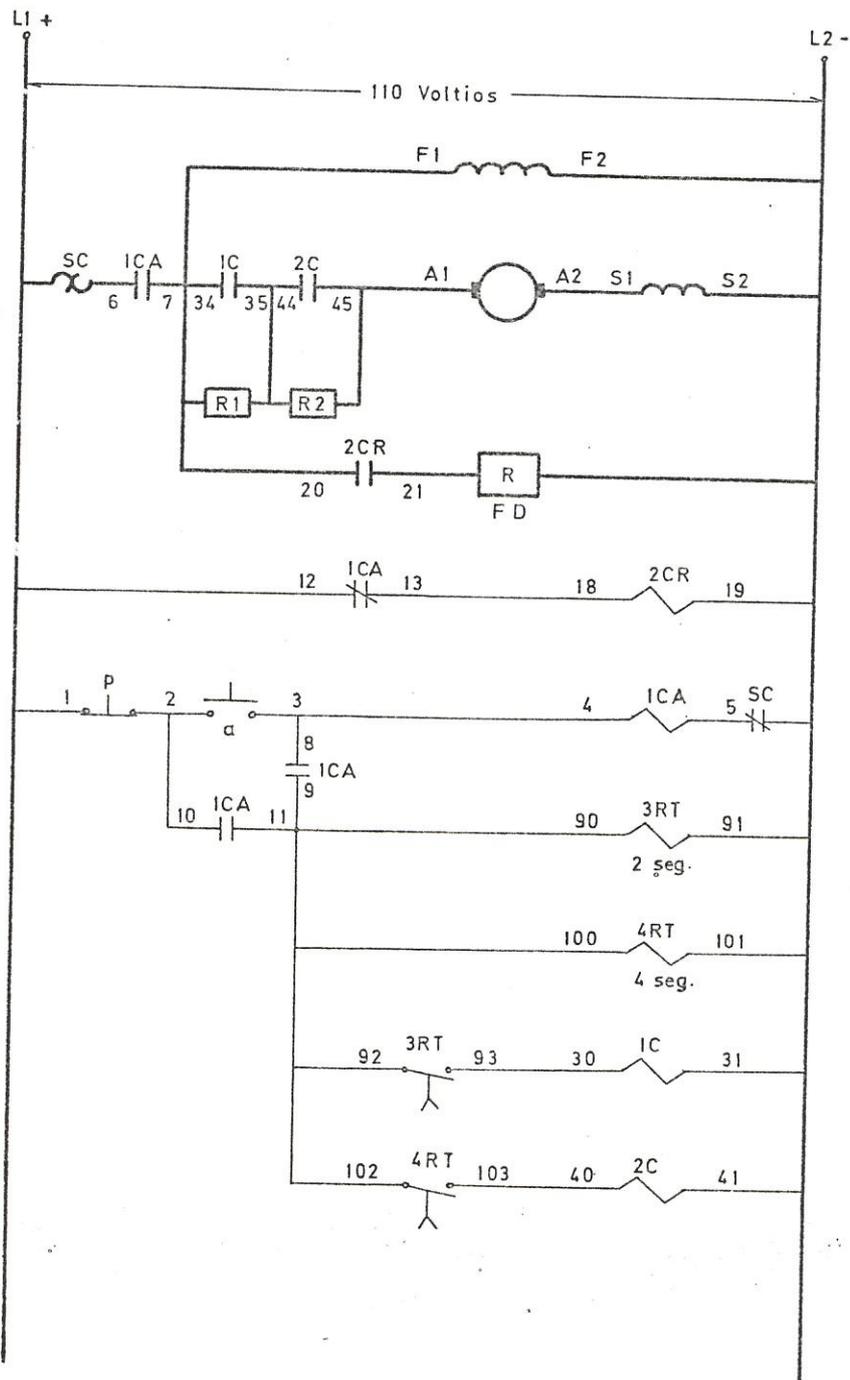
Nº 6.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 6.- Al cerrar el contacto de avance (2,3), se energiza la bobina del contactor (1CA), este con su contacto principal (6,7) arranca el motor a través de las resistencias (R1 y R2), cierra al mismo tiempo los contactos de retención (8,9 y 10,11). La elevada corriente inicial hace actuar al relé de corriente (6RC) graduable entre 5,7 y 17 amperios de c. c., este abre el contacto (137,138) para evitar la conexión inicial del relé (2C). Al aumentar la aceleración del motor, simultáneamente disminuye su corriente hasta un valor tal que ya no puede sostener el relé (6RC), el cual cierra su contacto (137,138) para energizar el contactor (2C) y desconectar la resistencia (R2) que produce un aumento en el voltaje de los terminales del motor al mismo tiempo que en su aceleración. También se cierra el contacto de bloqueo (46,47). La corriente del motor pasa por el relé (5RC) (130,131) y es suficiente para accionarlo y abrir el contacto (5RC) que evita la energización del contactor (1C). Conforme el motor acelera y disminuye la corriente que pasa por (R1) y (5RC), llega un instante en que se desconecta este último, cierra su contacto (132,133) para energizar el contactor (1C) el cual con su contacto principal (32,33), desconecta la resistencia (R1) para aplicar pleno voltaje de línea a los terminales del motor y hace que alcance su máxima aceleración.

Al pulsar el botón de paro (p), se desconecta todo el circuito de control y el motor parará.



Nº 7.- Diagrama de alambrado.



Nº 7.- Diagrama elemental.

4. Análisis del circuito de control N° 7.- Cuando se pulsa el botón de avance (a), se energiza el contactor de avance (1CA), este cierra sus contactos principales (6, 7 y 8,9) y el (10,11) de retención del circuito de control, también se abre el (12,13) para aislar la resistencia del freno dinámico. El motor arranca a través de las resistencias (R1) y (R2), a voltaje reducido.

Se conectan al mismo tiempo los relés de tiempo (3RT, y 4RT), los mismos que cerrarán sus contactos con un retraso de tiempo de 2 y 4 segundos respectivamente, para a su vez energizar los contactores (C1) y (C2) que son los que desconectan en dos etapas las resistencias (R1) y (R2), con lo que se obtiene la máxima y aceleración del motor y la aplicación del voltaje de línea a sus bornes.

Cuando se pulsa el botón de paro (p), se desconecta el circuito de control del motor, pero, al mismo tiempo que se cierra el contacto (1CA) (12,13), se energiza la bobina del contactor (2CR) que cierra su contacto principal (20,21), para conectar en serie con el inducido, la resistencia de frenado dinámico (R), con lo cual el motor se detendrá inmediatamente.

BIBLIOGRAFIA

- (1) McIntyre, R.L. "Electric Motor Control Fundamentals", McGraw-Hill Book Company, Inc., 1960.
- (2) Siskind, Charles S. "Electrical Control Systems in Industry", McGraw-Hill Book Company, Inc., 1963.
- (3) Merkle, Lewis E., and James, Henry D. "Controllers for Electric Motors", McGraw-Hill Book Company, Inc., 1952.
- (4) Heumann, Gerhart W. "Magnetic Control of Industrial Motors", Part 1 and Part 2, John Wiley & Sons, Inc., 1961.
- (5) Alerich, Walter. "Control de Motores Eléctricos", Delmar Publishers, Inc., Albany, New York. 1972.
- (6) Langsdorf, Alexander S. "Principios de Máquinas de Corriente Continúa", Capitulo 6, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1964.
- (7) Kosow, Irving L. "Electric Machinery and Control", Capítulos 9-21 y 13, Prentice Hall, Inc., 1964.
- (8) Allen Bradley Industrial Control. Handy Catalog N^o 101.
- (9) Westinghouse Electrical Equipment. Catalog 25-000.



A.F. 142116