

11126
91



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DISEÑO, OPERACIÓN Y PROTECCIÓN DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES.
DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DE CENTRO DE CONTROL
PARA MOTORES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES".

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

HÉCTOR VENANCIO MARTÍNEZ

ASESOR: M. EN I. BENJAMÍN CONTRERAS SANTACRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

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

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

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño, operación y protección de instalaciones eléctricas
industriales.

Descripción y aplicación de centro de control para motores en
instalaciones eléctricas industriales.

que presenta el pasante. Héctor Venancio Martínez

con número de cuenta: 985118-1 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

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

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de Octubre de 2003

MODULO

PROFESOR

FIRMA

1

M. en I. Benjamín Contreras Santacruz

2

M. en C. Ricardo Joaquín Ramírez Verdeja

4

Ing. José Gustavo Orozco Hernández

2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

QUIERO AGRADECER A DIOS POR BENDECIRME PARA LLEGAR HASTA DONDE HE LLEGADO.

GRACIAS A MI MADRE PAULA, MI HERMANA SANDRA Y MI ABUELA ALICIA, POR COMPARTIR Y DEDICAR GRAN PARTE DE SUS VIDAS CONMIGO Y POR DARMEL ALIENTO PARA LA ARDUA TAREA DE CAMINAR HACIA LA PERSPECTIVA DE UN NUEVO DÍA; DE VERDAD SERÁN INOLVIDABLES. ME HAN APOYADO EN CADA DECISIÓN QUE HE TOMADO EN MI VIDA, SIEMPRE SIN HACER PREGUNTAS Y SIEMPRE CON UNA CONFIANZA CIEGA EN MÍ. A ELLAS VA DEDICADA ESTA TESIS.

MAMÁ:

ERES LA MUJER MÁS MARAVILLOSA DEL MUNDO, EL TENERTE EN MI VIDA HA SIDO LO MÁS GRANDE. ESTO NO ES SÓLO UN LOGRO MÍO, TAMBIÉN ES TUYO. MAMÁ, ERES UNA GRAN MUJER, A LA QUE ADMIRO POR SOBRE TODAS LAS COSAS, UNA MUJER DIGNA, PERO SOBRE TODO UNA MUJER CAPAZ, Y ES PARA MI UN GRAN RETO SER TÚ HIJO. HOY SÓLO PUEDO PONERME DE PIE, PARA AGRADECERTE TODO LO QUE HAS HECHO POR MÍ. ESTO VA POR TI.

QUIERO ENFATIZAR MI AGRADECIMIENTO A MI ASESOR DE TESIS ING. BENJAMÍN CONTRERAS SANTACRUZ, POR SU VALIOSA ASESORIA, POR TENER LA PACIENCIA ANTE MIS DUDAS DE NOVATO Y POR ESCUCHAR ATENTAMENTE LOS PROBLEMAS QUE A LO LARGO DE ESTA TESIS SURGIERON.

UN AGRADECIMIENTO PROFUNDO A LETY QUE DURANTE BASTANTE TIEMPO HA TENIDO LA PACIENCIA SUFICIENTE PARA APOYARME PROFUNDAMENTE, POR DARMEL SU COMPRENSIÓN, SU CARINO Y SU AMOR. GRACIAS POR HACER DE ESOS MOMENTOS UN VERDADERO VIVIR.

FINALMENTE, AGRADEZCO A TODAS LAS PERSONAS QUE ME HAN APOYADO, Y A TODAS ELLAS QUIERO EXPRESARLES MI GRATITUD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

CAPITULO 1 GENERALIDADES	PAG.
1.1 SIMBOLOGÍA	7
1.2 DIAGRAMAS DE CONTROL	8
1.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES	8
1.2.2 DIAGRAMA UNIFILAR	9
1.2.3 DIAGRAMA DE ALAMBRADO	9
1.2.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	10
1.3 NORMAS TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTROS DE CONTROL DE MOTORES	11
1.4 INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS	15
CAPITULO 2 SELECCIÓN Y TIPOS DE MOTORES PARA INSTALACIÓN INDUSTRIAL	
2.1 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS	19
2.2 MONTAJE MECÁNICO DE LOS MOTORES	23
CAPITULO 3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES	
3.1 CORRIENTE A PLENA CARGA	27
3.1.1 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA	27
3.1.2 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA	28
3.2 CORRIENTE DE ARRANQUE	32
3.3 CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR	33
3.3.1 ALIMENTADOR	34
3.3.2 PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR	34
3.3.3 PROTECCIÓN DEL CIRCUITO DERIVADO	35
3.3.4 CIRCUITO DERIVADO	35
3.3.5 DESCONECTOR	36
3.3.6 PROTECCIÓN DEL MOTOR	36
3.4 CALCULO DE CORRIENTE A PLENA CARGA, ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES ELECTRICOS	40
3.5 APENDICE DE TABLAS	43

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 4 CENTROS DE CONTROL PARA MOTORES	
4.1 CENTRO DE CONTROL PARA MOTORES -----	48
4.2 ESPECIFICACIONES PARA UN CENTRO DE CONTROL PARA MOTORES --	48
4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE -----	49
4.2.2 ARRANCADORES -----	50
4.2.3 INTERRUPTORES -----	52
4.2.4 BARRAS Y CONEXIONES -----	52
4.2.5 DISPOSITIVOS DE MANDO -----	53
4.2.5.1 BOTONES DE CONTROL -----	53
4.2.5.2 SELECTORES -----	55
4.2.5.3 LÁMPARAS PILOTOS -----	56
4.3 DISEÑO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES -----	57
CAPITULO 5 ARRANQUE Y OPERACIÓN DE MOTORES	
5.1 ARRANQUE DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA -----	75
5.2 ARRANQUE DIRECTO -----	76
5.3 ARRANQUE A VOLTAJE REDUCIDO -----	77
5.3.1 ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO -----	78
5.3.2 ARRANQUE POR RESISTENCIAS ESTATÓRICAS -----	79
5.3.3 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR -----	80
5.4 CIRCUITOS BÁSICOS DE CONTROL -----	82
5.4.1 CONTROL DE DOS ALAMBRES -----	83
5.4.2 CONTROL DE TRES ALAMBRES -----	85
5.4.3 CONTROL PARA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DE UN MOTOR -----	87
CAPITULO 6 CONCLUSIONES	
6.1 CONCLUSIONES -----	90
BIBLIOGRAFÍA -----	91

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

OBJETIVOS

Conocer la importancia del Centro de control para motores.
Conocer los elementos del circuito derivado de un motor.
Mostrar los principales circuitos para arranque y control de motores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas constituyen uno de los elementos importantes en las construcciones residenciales, comerciales e industriales. Es importante que, a partir de las necesidades de servicio, o bien, de las características de las cargas por alimentar, la información requerida en principio sea la siguiente:

a) El plano de la planta o factoría, mostrando las obras adyacentes. b) Punto de entrega o suministro de energía eléctrica por la compañía suministradora. c) Requerimiento de carga. d) Disponer del valor del cortocircuito en el punto de conexión y la red de suministro eléctrico de ésta a la instalación. e) Conocer las características de los dispositivos de protección de la compañía suministradora. f) El uso de diagramas que son de gran utilidad ya que representan un elemento básico para el diseño y estudio.

Los análisis en instalaciones industriales incluyen:

1. Estudios y cálculos de cortocircuito.
2. Selección de dispositivos de protección.
3. Coordinación de dispositivos de protección.
4. Instalación y Arranque de motores.
5. Estudios de caída de voltaje.
6. Corrección de factores de potencia.

El propósito de estos análisis es satisfacer aspectos de: Seguridad, confiabilidad de servicio, calidad en el suministro de energía, diseño de instalaciones fáciles de operar y mantener, facilidad en la ampliación cuando sea necesario y costos iniciales de operación mínimos. Las condiciones de operación anormales contra las que se deben proteger los sistemas eléctricos son el cortocircuito y las sobrecargas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El objetivo principal de este estudio se basa en la descripción, aplicación y selección de un centro de control para motores en la instalación y arranque de motores eléctricos de corriente alterna de baja y mediana potencia.

Un centro de control para motores (CCM) es un tablero que alimenta, controla y protege circuitos cuya carga esencialmente consiste en motores y que usa contactores o arrancadores como principales componentes de control, además se usa para montar los componentes del alimentador de los motores y de sus circuitos derivados.

Todo esto es debido a la gran tendencia de las instalaciones eléctricas a localizar los controles de motores en áreas remotas y concentrarlos en un solo gabinete.

Un centro de control de motores debe consistir de agrupamientos de unidades combinadas, unidades de alimentación en derivación, o para otras unidades y los dispositivos eléctricos se deben arreglar en un ambiente adecuado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 1

"GENERALIDADES"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1 SIMBOLOGÍA

Los símbolos proporcionan exactitud, porque cada uno está asociado de forma definida a una sola cosa. En las instalaciones eléctricas para motores de corriente alterna que cumplen con distintas funciones de control, para facilitar el diseño e instalación, se acostumbra elaborar diagramas de control, los cuales en algunos casos hacen uso de símbolos convencionales como los mostrados a continuación.

	CONDUCTORES QUE SE CRUZAN
	CONDUCTORES CONECTADOS
	BOBINA DE OPERACION
	CONTACTOR
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO
	DESCONECTOR
	ESTACION DE BOTONES NORMALMENTE ABIERTA (CIERRE MOMENTANEO)
	ESTACION DE BOTONES NORMALMENTE CERRADA (APERTURA MOMENTANEA)
	FUSIBLE
	ELEMENTO TERMICO
	MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA
	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO
	INTERRUPTOR
	TRANSFORMADOR
	BATERIA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
	DIODO
	TIRISTOR O RECTIFICADOR CON SEMICONDUCTOR

TABLA 1.1 SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA DIAGRAMAS ELÉCTRICOS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 DIAGRAMAS DE CONTROL

El diagrama es un dibujo esquemático que muestra un circuito eléctrico, con el propósito de resolver diferentes tipos de necesidades. Un sistema de control se puede representar por cuatro tipos de diagramas, dependiendo del grado de detalle que se quiera dar, estos son los siguientes:

- 1.- Diagrama de bloques
- 2.- Diagrama unifilar
- 3.- Diagrama de alambrado
- 4.- Diagrama esquemático

1.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Este diagrama está formado por un conjunto de rectángulos dentro de los cuales se describe en forma breve la función de cada uno de ellos. Los rectángulos se conectan por medio de flechas que indican la dirección de la circulación de la corriente o flujo de potencia.

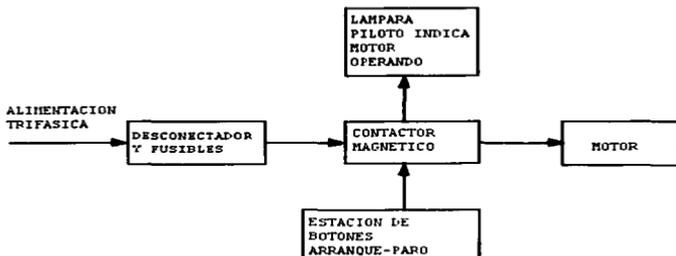


FIG. 1.1 DIAGRAMA A BLOQUES. SE MUESTRA EL QUE CORRESPONDE AL ARRANQUE DE UN MOTOR POR MEDIO DE ARRANCADOR Y ESTACION DE BOTONES DE ARRANQUE-PARO.

1.2.2 DIAGRAMA UNIFILAR

Este diagrama está formado por medio de líneas y símbolos, que indican la interconexión y partes que componen un sistema eléctrico.

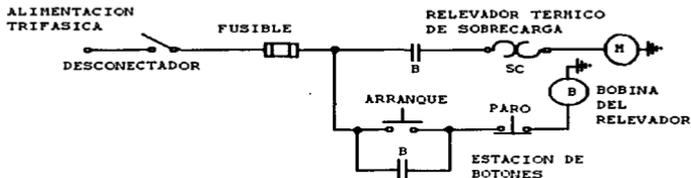


FIG. 1.2 DIAGRAMA UNIFILAR. PARA EL ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR MONOFASICO DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA.

1.2.3 DIAGRAMA DE ALAMBRADO

Este diagrama muestra la conexión entre los componentes de un circuito, tomando en consideración el número de conductores que usa y su color, si es necesario, también se considera la posición física de las terminales. En este tipo de diagrama existen dos tipos de líneas, una gruesa y una delgada. La línea gruesa representa el circuito de potencia, mientras que la línea delgada representa el circuito de control. Este diagrama es muy útil para la instalación y mantenimiento del equipo, ya que se localizan con mayor facilidad las averías.

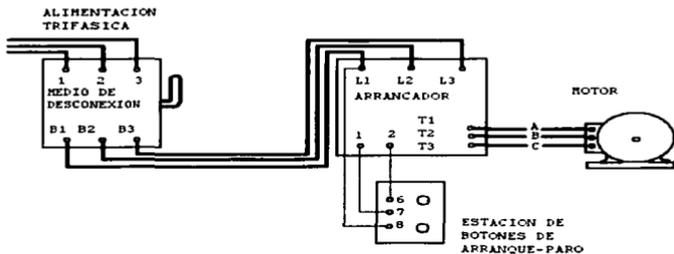


FIG. 1.3 DIAGRAMA DE ALAMBRADO DE UNA COMBINACIÓN DE ARRANCADOR.

1.2.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

Este diagrama es una variante entre el diagrama unifilar y el diagrama de alambrado, ya que muestra todas las conexiones entre los componentes, sin importar su localización física de sus componentes o el arreglo de sus terminales. Es muy útil para analizar la forma de operación o localizar fallas en la instalación.

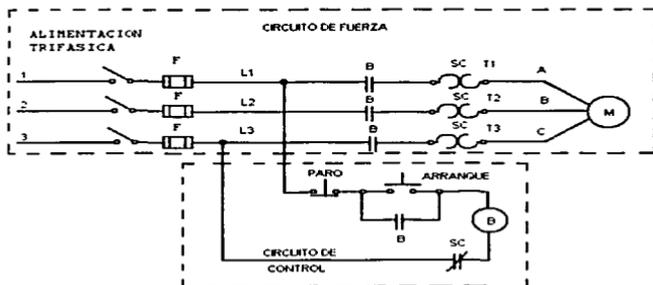


FIG. 1.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO, PARA EL ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR TRIFASICO DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA.

1.3 NORMAS TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE CENTROS DE CONTROL DE MOTORES

Los requerimientos para la instalación de centros de control de motores están cubiertos en los artículos 384-4 y 430-92 a 430-98 de la NOM-001-SEDE-1999.

384-4. Instalación. Los centros de control de motores deben estar ubicados en lugares específicos para este equipo y protegidos contra los daños de los que tratan los incisos a) y b) siguientes.

Excepción: El equipo de control que por su naturaleza o por otras especificaciones de esta NOM deba estar cerca o a la vista de la maquinaria que controla, podrá estar en esa ubicación.

a) En interiores. En instalaciones interiores, el espacio dedicado deberá incluir las siguientes zonas:

1) Ancho y profundidad. Se debe proporcionar para la instalación eléctrica un espacio exclusivamente dedicado, entre el piso y los elementos estructurales del techo, que tenga una altura de 7.5 m a partir del piso, con el mismo ancho y profundidad del equipo. No se permite la instalación de tubería, ductos, o equipo ajeno al equipo eléctrico o estructural, en, entre, o a través, de dichos espacios o cuartos. No se consideran elementos estructurales del techo los cielos falsos. Se permite la instalación de rociadores automáticos sobre estos espacios, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en esta sección.

Excepción: En las zonas que no tengan el espacio dedicado descrito en esta regla, en plantas industriales, se permite que haya instalado equipo separado de otro equipo ajeno por altura, por cubiertas físicas o por tapas que le proporcionen una protección mecánica adecuada contra el tráfico de vehículos, contra contacto accidental por personas no

autorizadas o por salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

2) Espacio de trabajo. El espacio de trabajo debe incluir una zona como la descrita en 110-16(a). En esta zona no debe haber elementos arquitectónicos ni otros equipos.

b) En exteriores. El equipo eléctrico en exteriores debe instalarse en envolventes adecuadas y estar protegidos contra el contacto accidental por personas no calificadas, contra el tráfico de vehículos y contra las salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

H. Centros de control de motores (CCM)

430-92. Disposiciones generales. La parte H se refiere a los centros de control de motores (CCM) instalados para controlar motores, sistemas de alumbrado y alimentadores a otros dispositivos eléctricos.

Un CCM es un ensamble de una o más secciones de gabinetes que cuentan con una barra común de alimentación y que están formados principalmente por unidades o secciones de controladores de motores.

430-94. Protección contra sobrecorriente. Los CCM deben contar con una protección de sobrecorriente de acuerdo con lo indicado en el artículo 240, basado en la capacidad total de las barras comunes de alimentación a todas las secciones.

Esta protección se debe proveer ya sea por: (1) un dispositivo de protección localizado fuera del CCM en el punto de suministro o (2) un dispositivo de protección contra sobrecorriente localizado dentro del CCM.

430-95. Equipo en la acometida. Cuando se use como equipo de acometida, cada CCM debe estar provisto de un medio de desconexión principal para desconectar todos los conductores de fase.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Excepción: Un segundo dispositivo desconectador podrá instalarse para alimentar al equipo adicional.

Cuando se use un conductor puesto a tierra el CCM debe llevar instalado un puente de unión principal dimensionado de acuerdo con lo indicado en la 250-79(d), dentro de una de las secciones, para conectar los conductores puestos a tierra en el lado de suministro, con la barra de puesta a tierra del CCM.

430-96. Puesta a tierra. Los CCM de varias secciones deben ser puenteados uno con otro por un conductor de puesta a tierra del equipo o mediante una barra de puesta a tierra cuyas dimensiones deben ser las establecidas en la tabla 250-95. Todas las terminales de puesta a tierra del equipo deben conectarse en la barra de puesta a tierra, que debe estar instalada a todo lo largo de las secciones o a una terminal de tierra en un punto situado en una sección de las que conforman el CCM.

430-97. Barras principales y conductores

a) **Soportes y arreglo.** Las barras conductoras deben protegerse contra daño físico y mecánico mediante un sistema de sujeción firme, distintos de los requeridos para interconexiones y cables de control. Sólo aquellos conductores que son instalados para terminar en una sección vertical deben estar localizados en esa sección del CCM.

Excepción: Los conductores pueden instalarse a lo largo del CCM y en sus secciones verticales cuando estos conductores se coloquen con barreras de aislamiento que lo separen de las barras conductoras.

b) **Arreglo de las fases.** En un sistema de tres hilos el arreglo de las fases debe ser A, B, C, visto del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha.

Excepción: Se permite un arreglo de fases de C, B, A, en los CCM de doble frente (montaje frontal y posterior), pero debe

identificarse y marcarse adecuadamente este arreglo en el gabinete.

c) **Espacios mínimos para cableados.** El espacio mínimo en las terminales del CCM debe estar de acuerdo con lo indicado en el artículo 373.

d) **Espaciamiento.** La distancia entre las barras espaciadores del CCM y sus partes metálicas no debe ser menor de las distancias indicadas en la tabla 1.2.

	Polaridad opuesta cuando sea montada en la misma superficie mm	Polaridad opuesta cuando sea suspendido en el aire mm	Partes vivas Puesta a tierra mm
No mayor a 127V	19	12	12
No mayor a 250V	31	19	12
No mayor a 600V	51	25	25

TABLA 1.2 DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE BARRAS Y PARTES METÁLICAS.

e) **Barreras.** En las alimentaciones a los CCM se deben colocar barreras que aislen las barras de servicio y sus terminales de los demás elementos del CCM.

430-98. Marcado

a) **CCM.** Los CCM deben estar marcados de acuerdo con lo señalado en 110-21. Dicho marcado debe ser plenamente visible después de la instalación, y debe incluir el, valor de la capacidad de las barras conductoras y el valor de la corriente de cortocircuito para lo que fue diseñado. Véase 110-2.

b) **Unidades de control de motores.** Cada controlador instalado en una sección del CCM debe cumplir con lo indicado en 430-8.

430-8. Marcado en controles. El equipo de control de motores debe estar debidamente identificado con: nombre del fabricante, tensión y corriente eléctrica y capacidad nominal en KW o HP proporcionando los datos para todos aquellos motores en los que puedan utilizarse. Un equipo de control

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

que incluya la protección de sobrecorriente para un motor o grupo de motores, debe tener la indicación completa de la protección de sobrecarga del motor, la máxima corriente eléctrica de cortocircuito y la protección contra falla a tierra para tales aplicaciones.

Los controladores combinados que usen interruptor automático de disparo instantáneo ajustable, deben contener claramente las indicaciones correspondientes a la corriente eléctrica de ajuste del elemento de disparo ajustable.

Cuando el control del motor forma parte integral del motor o de un grupo motorgenerador, no es necesario que se indique las características de éste, siempre y cuando estén incluidas en la placa del motor.

Las características de estos controles que forman parte integral de un equipo aprobado como unidad; pueden estar indicadas en la placa general del equipo.

1.4 INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS

Para la instalación de motores eléctricos hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- 1.-La carga, es decir la máquina o equipo que va a mover el motor. El motor a instalarse debe adaptarse a la característica de funcionamiento de la máquina.
- 2.-El motor, esto es cual de los motores conocidos desempeñará mejor su función.
- 3.-El control o sea de que medios valerse para que el motor arranque, regule su velocidad (si es necesario) y pare.
- 4.-El motor debe satisfacer la exigencia del ambiente en el cual va instalado, debe ser maniobrado fácilmente y sin peligro; debe producir poco ruido y tener rápida respuesta a los mandos.
- 5.-Siempre será bueno conectar sus armazones a tierra, sobre todo, tratándose de motores de alta tensión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.-Antes de efectuar el arranque del motor, es conveniente asegurarse de que tenga aceite en las chumaceras, el aceite necesario en aparatos de maniobra que se usen y que tienen recipiente para ello, como es el caso de reóstatos, interruptores, etc.

7.-Por último el costo. Si éste justifica el equipo elegido para el desempeño de su trabajo y si los costos de mantenimiento y conservación son adecuados para el lugar en que se instale el motor.

La instalación eléctrica para motores, se debe hacer siempre de acuerdo con las disposiciones de las "normas técnicas para instalaciones eléctricas", que se refieren no sólo a la instalación misma de los motores, sino también a los requisitos que deben llenar los elementos que la conforman.

De la NOM-001-SEDE-1999

Artículo 430-Motores, circuitos de motores y sus controladores.

A. Disposiciones generales

430-1. Alcance. Este artículo se refiere a motores, circuitos derivados para motores, sus alimentadores y sus protecciones de sobrecarga, circuitos de control, equipos de control y protección y centros de control de motores.

Como información de referencia en la siguiente figura se ilustra la organización de este artículo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

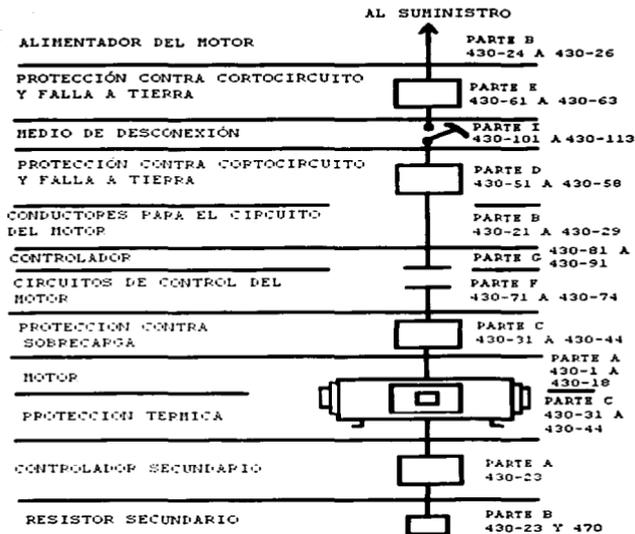


FIG. 1.5 ORGANIZACIÓN DEL ARTÍCULO 430-MOTORES.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 2

"SELECCIÓN Y TIPOS DE MOTORES PARA INSTALACIÓN INDUSTRIAL"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1 SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS

Como medida general para la selección de los motores eléctricos, se deben tomar en consideración los siguientes factores:

1. Potencia en la entrada o salida, expresada en HP o Kilowatts.
2. Características de la carga por accionar.
3. Velocidad nominal en RPM.
4. Tamaño de la carcasa.
5. Clasificación por velocidad.
6. Efecto del ciclo de trabajo.
7. Temperatura ambiente.
8. Elevación de temperatura en la máquina.
9. Voltaje nominal.
10. Tipo de carcasa y condiciones ambientales.
11. Requerimientos de mantenimiento y accesibilidad.
12. Frecuencia del sistema del cual se va a alimentar.
13. Número de fases.

Existe una gran variedad de motores que se utilizarán en una obra industrial. En seguida, se mencionan diferentes tipos de motores para que al hacer su selección para la obra que se va a ejecutar, solicite la clase y tipo que sea el apropiado, por dos razones.

Primera: se trata de comprar el motor adecuado, para que su precio sea también el que justamente merece su obra, ya que si usted compra, por ejemplo, un motor con aislamiento y tipo inadecuado, puede resultar más barato quizá, pero su funcionamiento quedará expuesto a constantes descomposturas, tal será el caso de la compra de un motor que va a trabajar en un lugar en que hay humedad o salpicaduras de agua y ahí, instala usted un motor común y corriente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Segunda: Hay que tener presente en la solicitud de compra, que la capacidad del motor sea exactamente la elevada por concepto de bajo factor de potencia que requiere la máquina, pues hay la mala costumbre de instalar motores con capacidades mayores que las necesarias, ocasionando, con esto, que el factor de potencia de la instalación se altere en forma perjudicial para el usuario, el cual tiene que pagar cuotas de consumo mucho más elevadas por concepto de bajo factor de potencia.

En la industria moderna, el tipo de motor más empleado es el de inducción, cuya clasificación se ha hecho atendiendo a la construcción de su rotor, de la manera siguiente:

.Motores de inducción tipo jaula de ardilla.

.Motores de inducción de rotor devanado.

CARACTERÍSTICAS y APLICACIONES DE MOTORES TIPO JAULA DE ARDILLA.

La Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico (NEMA), con el fin de tener uniformidad en la aplicación, ha clasificado este tipo de motores de acuerdo con: el par desarrollado a rotor bloqueado, el par máximo desarrollado, la corriente de arranque o algunos otros valores, y se han asignado letras a este tipo de motores. Las designaciones NEMA más comunes son: Clase B, Clase C, Clase D.

Designaciones NEMA clase "B". Este motor tiene las siguientes características: par de arranque normal y baja corriente de arranque. En este motor el más usado es el tipo jaula de ardilla, ya que tiene un par de arranque y un par a rotor bloqueado adecuado para el arranque de una gran variedad de máquinas industriales, además, toma una corriente aceptable a pleno voltaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Algunas de las aplicaciones generales de estos motores son:

.En máquinas-herramientas, como son: tornos, esmeriles, fresas, etc.

.Para accionar ventiladores, en sopladores para extracción de humos en chimeneas de tiro forzado extracción de gases, etc.

.Para accionar bombas centrífugas (para bombear agua y líquidos más densos que el agua hasta 10HP, con capacidades adecuadas).

.Para accionar prensas, trituradores, molinos de baja carga, compresores de arranque sin carga, etc.

El deslizamiento a plena carga de estos motores varía entre 1.5% y 3%, los motores de más de 200HP pueden tener deslizamientos menores del 1% pero requieren de métodos de arranque a voltaje reducido y sus aplicaciones son para casos específicos.

Designación NEMA clase "C". Este motor tiene las siguientes características principales: Alto par de arranque y baja corriente de arranque. Es decir que estos motores tienen un alto par a rotor bloqueado, baja corriente de arranque y relativamente un bajo deslizamiento a plena carga.

Algunas de las aplicaciones típicas de estos motores son:

.En compresoras de movimiento alternativo (bajo condiciones de carga), elevadores, transportes de material, trituradores, pulverizadores, etc.

Estos motores generalmente se diseñan con un par a rotor bloqueado arriba de 200%; éste se requiere al par a plena carga, cuyo valor es menor al 195%. El deslizamiento a plena carga de estos motores varía de 1.5% a 3%.

Designación NEMA clase "D". Las características principales de este tipo de motor son: Alto par de arranque, baja corriente de arranque y alto deslizamiento. Usan rotor con alta resistencia y se emplean comúnmente con carga que tiene muchas pérdidas intermitentes de altas y bajas.

Las máquinas impulsadas por estos motores generalmente están provistas de un volante que tiene una inercia considerable. En vacío, operan con un deslizamiento muy pequeño que crece cuando se aplica la carga máxima, permitiendo al sistema absorber la energía del volante. Cuando el motor opera con cargas no intermitentes, entonces no es necesario el uso de volante.

.Este tipo de motores se usa generalmente en punzadoras, bombas de movimiento alternativo, desmenuzadoras y cargas mecánicas con característica de operación alternativa.

Ventajas principales de los motores tipo Jaula de Ardilla:

1. Costo inicial bajo.
2. Su rotor es de construcción simple.
3. Es compacto y su instalación ocupa poco espacio.
4. No produce chispas que pudieran provocar incendios.
5. Lleva poco equipo de control, ya que no necesita control en el rotor.

Desventajas principales:

- .Su corriente de arranque es relativamente alta.
- .El par de arranque es fijo en un motor dado.

CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

Ventajas principales de los motores de rotor devanado:

Los motores de rotor devanado tienen dos ventajas notorias sobre los del tipo jaula de ardilla:

1. En ellos se puede desarrollar un alto par de arranque con corriente de arranque baja y además pueden operar a plena carga con pequeño deslizamiento y con eficiencia.
2. Se puede cambiar el deslizamiento, modificando la resistencia del rotor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2 MONTAJE MECÁNICO DE LOS MOTORES

La selección del tipo de motor debe responder a las exigencias de la máquina accionada, del uso y de las condiciones ambientales en particular.

Para los motores acoplados en forma directa, la velocidad debe ser la que requiere la máquina accionada. En el caso de accionamiento por polea y banda se pueden tener velocidades distintas. En estos casos conviene seleccionar motores de alta velocidad, es decir, con el menor número de polos posibles, ya que a igualdad de potencia, las dimensiones, el peso y el costo son menores, respetando los límites de conveniencia de la relación de transmisión (no mayor de 3 a 4 con banda plana, de 8 a 10 con banda para polea profunda y de 10 a 15 con bandas trapezoidales). Es necesario que las condiciones de las instalaciones no perjudiquen la eficiencia del sistema de enfriamiento previsto para la máquina, con el objeto de evitar sobrecalentamiento superior a los previstos. Entre otras consideraciones se deben tener esencialmente:

.Una fijación sólida a la base o cimentación, que debe estar oportunamente dimensionada y dispuesta con una nivelación previa.

.En los motores que accionan cargas por medio de polea, se debe regular bien la tensión de la banda, que no debe ser excesiva para no provocar cargas mecánicas anormales sobre los pernos y chumaceras y tampoco debe quedar muy suelta para que no exista deslizamiento de la banda sobre la polea.

.En los motores acoplados directamente en su eje a la carga, es necesario asegurar el exacto alineamiento de los ejes.

.Es conveniente hacer girar a mano el grupo máquina-elemento accionado, a fin de asegurarse que no se tenga una resistencia mecánica excesiva o anormal.

.Las máquinas y sus instrumentos o aparatos complementarios deben ser fácilmente accesibles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los motores eléctricos, para satisfacer las exigencias del montaje de la máquina para la cual se prevén, se construyen con diversas ejecuciones: motores con base de fijación, o con brida, cubierta o carcasa con brida, motores con base y brida para su acoplamiento a reductores y bombas, motores con tres superficies de fijación para ventiladores, motores para adosarlos directamente y, también, motores constituidos por estator y rotor, pero sin eje, para que este último pueda calarse sobre la máquina que debe accionar. El eje puede estar, en general, inclinado de cualquier modo.

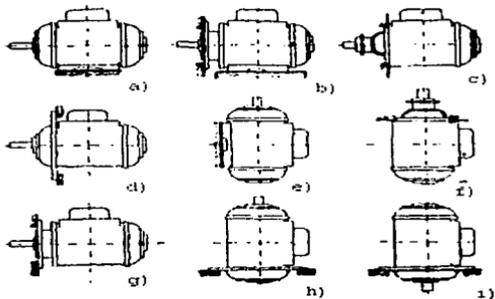


FIG. 2.1 POSIBILIDAD DE ADAPTACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS DE PEQUEÑA Y MEDIANA POTENCIA. A) HORIZONTAL CON PIES; B) HORIZONTAL CON PIES Y BRIDA; C) Y D) DOS TIPOS ANÁLOGOS CON CARCASA PROVISTA DE BRIDA; E) VERTICAL CON PIE; F) E I) VERTICALES CON CARCASA PROVISTA DE BRIDA; G) HORIZONTAL CON BRIDA; H) CON CARCASA Y BRIDA DEL LADO OPUESTO.

Para la instalación del motor, la base debe ser plana y de ser posible sin libraciones, por lo que se recomienda usar un cimiento de concreto con pernos de cimentación o una placa de base como se muestra en la figura 2.2. Cuando la transmisión

se hace por banda, el motor se debe montar sobre rieles tensores, de manera que se pueda ajustar la tensión de la banda. Por otra parte, las máquinas deben estar alineadas con gran precisión ya que en caso contrario se pueden presentar vibraciones, fallas en las chumaceras y hasta rotura en la flecha.

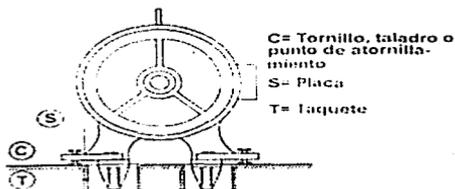


FIG. 2.2 SISTEMA PARA LA NIVELACIÓN DE UNA MÁQUINA ANTES DEL COLADO DE LA BASE.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 3

"SELECCIÓN DE CONDUCTORES"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 CORRIENTE A PLENA CARGA

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación eléctrica de un motor, se parte de un dato básico, que es la corriente a plena carga (corriente nominal), la cual se considera como la corriente que demanda un motor, cuando está trabajando a plena carga (potencia nominal) y se indica por lo general en su placa de características. Los valores de corriente a plena carga para motores monofásicos y trifásicos, se dan por lo general en tablas, para los fines de cálculo de las instalaciones eléctricas.

3.1.1 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Los siguientes valores de corriente a plena carga, son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par, pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad en estos casos, debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

HP	127V	220V
1/6	4.0 A	2.3 A
1/4	5.3 A	3.0 A
1/3	6.5 A	3.8 A
1/2	8.9 A	5.1 A
3/4	11.5 A	7.2 A
1	14.0 A	8.4 A
1 1/2	18.0 A	10.4 A
2	22.0 A	13.0 A
3	31.0 A	18.0 A
5	51.0 A	29.0 A
7 1/2	72.0 A	42.0 A
10	91.0 A	52.0 A

TABLA 3.1 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1.2 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par, pueden tener corrientes a plena carga mayores y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos, debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

HP	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (Amperes)			Motor síncrono con factor de potencia unitario (Amperes)		
	220V	440V	2400V	220V	440V	2400V
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35		158	29
200	502.0	251.0	47		210	38

TABLA 3.2 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Como ya se mencionó anteriormente, este valor representa la corriente que demanda un motor de su fuente de alimentación cuando desarrolla su potencia nominal. Debido a que las potencias de los motores (expresadas en Kilowatts o HP) se encuentran normalizadas, de acuerdo al número de fases y voltaje de alimentación, y considerando también que para las velocidades de operación más comunes a la frecuencia de la alimentación para un número de polos dado, estos valores se encuentran dentro de rangos típicos que aparecen en las normas técnicas para instalaciones eléctricas, en los catálogos de los fabricantes de motores y equipo de control, en reglas de cálculo diseñadas exprofeso, etcétera, estos valores son los que se usan para el cálculo de las componentes de una instalación eléctrica.

TABLA 3.3 CORRIENTES DE MOTORES A PLENA CARGA-VALORES APROXIMADOS.
MOTORES DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA MONOFASICOS.

HP	Velocidad síncrona	Corriente de carga plena Amperes	
		115V	230V
		3600	2.4
1/8	1800	2.8	1.4
	1200	3.4	1.7
	3600	2.8	1.4
1/6	1800	3.0	1.5
	1200	3.8	1.9
	900	4.6	2.3
1/4	3600	3.6	1.8
	1800	4.2	2.1
	1200	5.0	2.5
1/3	900	6.4	3.2
	3600	4.4	2.2
	1800	4.0	2.0
1/2	1200	6.0	3.0
	900	7.2	3.6
	3600	6.4	3.2
3/4	1800	7.2	3.6
	1200	8.4	4.2
	900	10.4	5.2
3/4	3600	8.8	4.4
	1800	10.0	5.0
	1200	12.0	6.0
	900	13.6	6.8

1	3600	11.6	5.8
	1800	12.4	6.2
	1200	14.0	7.0
	900	14.8	7.4
1 1/2	3600	17.6	8.8
	1800	18.2	9.1
	1200	20.6	10.3
	900	24.6	12.3
2	3600	22.4	11.2
	1800	23.4	11.7
	1200	26.0	13.0
	900	30.0	15.0
3	3600	32.0	16.0
	1800	33.6	16.8
	1200	36.0	20.0
	900	40.0	20.0
5	3600	50.0	25.0
	1800	52.0	26.0
	1200	56.0	28.0
	900	66.0	33.0
7 1/2	3600	74.0	37.0
	1800	76.0	38.0
	1200	80.0	40.0
	900	92.0	46.0
10	3600	88.0	44.0
	1800	90.0	45.0
	1200	94.0	47.0
	900	100.0	50.0

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 3.3

TABLA 3.4 CORRIENTES DE MOTORES A PLENA CARGA-VALORES APROXIMADOS.
MOTORES DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICOS.

HP	Velocidad síncrona	Corriente de carga plena Amperes		
		110V	220V	230V
1/6	1800	1.2	0.62	0.31
	1200	1.6	0.80	0.40
	900	1.6	0.78	0.39
1/4	1200	2.2	1.10	0.54
	1800	2.3	1.1	0.57
1/3	1200	2.8	1.4	0.70
	3600	3.2	1.6	0.8
1/2	1800	3.6	1.8	0.9
	1200	4.0	2.0	1.0
	900	4.4	2.2	1.1
3/4	3600	4.6	2.3	1.1
	1800	4.8	2.4	1.2
	1200	3.8	2.4	1.2
	900	5.0	2.5	1.2
1	3600	6.0	3.0	1.5
	1800	6.0	3.0	1.5
	1200	6.8	3.4	1.7
	900	6.8	3.4	1.7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1 1/2	3600	8.4	4.2	2.1
	1800	9.0	4.5	2.25
	1200	9.6	4.8	2.4
2	900	11.2	5.6	2.8
	3600	11.6	5.8	2.9
	1800	11.4	5.7	2.85
3	1200	11.4	5.7	2.85
	900	13.6	6.8	3.4
	3600	16.8	8.4	4.2
5	1800	16.4	8.2	4.1
	1200	16.1	8.2	4.1
	900	19.0	9.5	4.75
7 1/2	3600	0	13.0	6.5
	1800	0	13.0	6.5
	1200	0	14.0	7.0
10	900	0	15.2	7.6
	3600	0	19.0	9.5
	1800	0	19.0	9.5
15	1200	0	20.2	10.1
	900	0	22.0	11.0
	1800	0	25.0	12.5
20	1200	0	26.5	13.3
	900	0	28.0	14.0
	600	0	32.0	16.0
25	1800	0	37.0	18.5
	1200	0	38.0	19.3
	900	0	41.0	20.5
30	600	0	46.0	23.0
	1800	0	49.0	24.5
	1200	0	50.0	25.0
40	900	0	53.0	26.5
	600	0	59.0	29.5
	1800	0	60.0	30.0
50	1200	0	62.5	31.2
	900	0	65.5	33.0
	600	0	73.5	36.7
60	1800	0	71.0	35.0
	1200	0	75.0	38.0
	900	0	75.0	38.0
75	600	0	89.0	45.0
	1800	0	96.0	48.0
	1200	0	97.5	49.0
100	900	0	103.00	52.0
	800	0	111.0	56.0
	1800	0	116.0	58.0
150	1200	0	116.0	60.0
	900	0	125.0	63.0
	1800	0	141.0	71.0
200	1200	0	144.0	72.0
	900	0	149.0	75.0
	1800	0	175.0	88.0
250	1200	0	180.0	90.0
	900	0	183.0	92.0
	1800	0	232.0	116.0
300	1200	0	236.0	118.0
	900	0	241.0	120.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

125	1800	0	0	145.0
	1200	0	0	145.0
	900	0	0	147.0
150	1800	0	0	170.0
	1200	0	0	170.0
	900	0	0	177.0
200	1800	0	0	229.0
	1200	0	0	229.0
	900	0	0	230.0

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 3.4

3.2 CORRIENTE DE ARRANQUE

Es la corriente que demanda un motor cuando se pone en operación y su valor es considerablemente mayor que la corriente nominal. La corriente depende de la reactancia del motor (inductiva), y se designa en algunos motores por medio de una letra correspondiendo las primeras letras del abecedario a motores de alta reactancia y las últimas a motores de baja reactancia. Estas cantidades se expresan como KVA/HP a rotor frenado y se dan también en tablas.

Cuando se requiere conocer la máxima y la mínima corriente de arranque, entonces es posible hacer uso de la información relacionada con las letras de código. Es común que las letras de código se expresen en unidades de KiloVolt-Amperes/Caballo de potencia (KVA/HP) como se muestra en la tabla 3.5.

TABLA 3.5 LETRAS DE CLAVE PARA INDICAR LOS KVA POR HP DE LOS MOTORES CON ROTOR BLOQUEADO.

LETRA DE CLAVE NEMA	KVA/HP CON ROTOR BLOQUEADO	PROTECCION DE CIRCUITO DERIVADO EN PORCENTAJE DE CORRIENTE DE MOTOR A PLENA CARGA			
		ARRANQUE A PLENO VOLTAJE		ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR	
		CAP. MAX. DE FUSIBLE ↓	AJUSTE + MAX. DEL INTERRUP. ↓	CAP. MAXIMA ↓	AJUSTE MAX. DEL INTERRUP. ↓
A	0 - 3.14	150	150	150	150
B	3.15 - 3.54	250	200	200	200
C	3.55 - 3.99	250	200	200	200
D	4.0 - 4.49	250	200	200	200
E	4.5 - 4.99	250	200	200	200

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

F	5.0-5.59	300	250	250	200
G	5.6-6.29	300	250	250	250
H	6.3-7.09	300	250	250	200
J	7.1-7.99	300	250	250	200
K	8.0-8.99	300	250	250	200
L	9.0-9.99	300	250	250	200
M	10.0-11.19	300	250	250	200
N	11.2-12.49	300	250	250	200
P	12.5-13.99	300	250	250	200
R	14.0-15.99	300	250	250	200
S	16.0-17.99	300	250	250	200
T	18.0-19.99	300	250	250	200
U	20.0-22.39	300	250	250	200
V	22.4 y más	300	250	250	200
*Motor rotor devanado		150	150		

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 3.5

- *No tiene letra clave.
- *Tipo límite de tiempo.

En consecuencia si la potencia de un motor es HP y su letra de código se lee de sus datos de placa se pueden calcular en forma muy sencilla los KVA de arranque y la corriente máxima de arranque.

3.3 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR

La instalación eléctrica de los motores requiere llevar la energía hasta ellos, también requiere de elementos de conexión y desconexión así como el control de los mismos.

En la figura siguiente, se muestran los elementos principales de la instalación eléctrica de uno o varios motores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

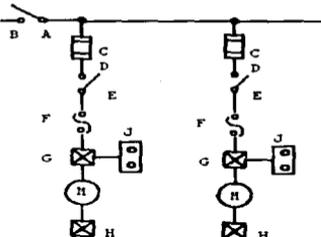


Fig. 3.1 MOTORES, ALIMENTADORES, CIRCUITOS DERIVADOS, PROTECCIONES CONTRA SOBRECARGAS Y EQUIPOS DE CONTROL.

3.3.1 ALIMENTADOR

Es el conductor que alimenta a un grupo de motores y se indica con la letra A en la figura 3.1, el calibre del alimentador para dos o más motores, se calcula de la siguiente manera:

$$I_A = 1.25 \times I_{PC} \text{ motor mayor} + \sum I_{PC} \text{ (otros motores);}$$

$$I_A = 1.25 \times I_{PC} \text{ motor mayor} + I_{PC} \text{ otros motores} + I_{\text{otras cargas}}$$

Donde:

I_{PC} = Corriente a plena carga.

$\sum I_{PC}$ = Suma de las corrientes a plena carga de varios motores.

1.25 = Capacidad de conducción de corriente (art. 430-24, excepción 1)

3.3.2 PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR

Tiene por objeto, la protección del alimentador ya sea por medio de fusibles, interruptores automáticos (termomagnéticos o electromagnéticos) o cualquier otro tipo de interruptores para protegerlo contra cortocircuito y fallas a tierra, se indica con la letra B en la figura 3.1.

Se debe calcular para una corriente que tome en consideración la corriente máxima (corriente de arranque) del motor mayor más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores conectados al mismo circuito; es decir:

$$I = I_{\text{Arranque máx. (Motor mayor)}} + \sum I_{\text{PC (otros motores)}};$$

Como ya se menciona anteriormente, la corriente de arranque es la que toma un motor justamente durante el período de arranque y es considerablemente mayor que su corriente nominal, esto significa que los conductores que alimentan a los motores deben estar protegidos por un elemento contra sobrecarga, con una capacidad suficientemente grande como para soportar la corriente de arranque por un tiempo corto.

3.3.3 PROTECCIÓN DEL CIRCUITO DERIVADO

Esta protección se puede hacer en los casos más simples por medio de fusibles, o bien, por medio de interruptores automáticos (termomagnéticos por ejemplo). Este dispositivo se indica por la letra C en la figura 3.1 y tiene como objetivo proteger a los conductores del circuito derivado contra cortocircuito y debe tener una capacidad tal que permita el arranque del motor, sin que se desconecte (abra) el circuito.

3.3.4 CIRCUITO DERIVADO

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, un circuito derivado se define como el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hacia las salidas de las cargas. Este elemento se indica con la letra D en la figura 3.1.

A los conductores que conectan el motor con el tablero de distribución o con el alimentador, se les denomina "el circuito derivado del motor". A estos conductores, para su cálculo, se les considera una sobrecarga del 25%, es decir, para su cálculo se considera la siguiente expresión:

$$I = 1.25 \times I_{PC}$$

Donde:

I_{PC} = Corriente a plena carga del motor.

3.3.5 DESCONECTADOR

El propósito del desconectador, es aislar el motor mediante un control del circuito derivado, para que, en caso necesario se puedan hacer trabajos de mantenimiento o ajustes en el motor, sin ningún peligro para la persona que los efectúe. Este dispositivo se indica con la letra E en la figura 3.1.

El desconectador, es básicamente un interruptor de navajas que debe tener una capacidad mínima dada por la corriente:

$$I = 1.15 \times I_{PC}$$

3.3.6 PROTECCIÓN DEL MOTOR

Esta protección se indica con la letra F en la figura 3.1 y es una protección contra una sobrecarga, para evitar que el motor se sobrecaliente, para lo cual se calcula para un valor máximo permisible del 25%. Es decir, el elemento de protección se calcula para una corriente que es 25% mayor que la corriente nominal:

$$I = 1.25 \times I_{PC}$$

Por lo general, este elemento se encuentra dentro del control del motor, formando parte del mismo.

Control del motor (G). En el concepto elemental, este control se refiere al dispositivo que permite arrancar, poner en operación y parar un motor. Según el tamaño y tipo del motor, este dispositivo puede ser un simple interruptor de navajas, o bien, un desconectador manual o automático, o en ocasiones, otros elementos adicionales para arrancar a voltaje reducido o con resistencias en el rotor, como es el caso de los motores con rotor devanado, etc.

Selección del equipo de control de motores. Normalmente cuando se arranca un motor tipo jaula de ardilla, desarrolla un par de 125% del par a plena carga y toma una corriente de arranque durante este período, de 5 a 6 veces la corriente en plena carga. Es decir, durante el período de arranque un motor puede causar perturbaciones en las líneas de alimentación y en ocasiones hasta puede originar el paro de otros motores conectados a la misma línea. Debido a estas razones, en aquellos casos en que el arranque no se puede efectuar directamente porque la corriente alcanza un valor muy elevado, es necesario efectuarlo con un voltaje inferior al normal, reduciendo así la corriente de arranque y el par. La corriente se podrá reducir lo más que permite el par, es decir, que el valor mínimo de éste deberá determinar el voltaje que puede aplicarse.

Existen fundamentalmente cuatro métodos de arranque que se emplean de acuerdo con el tipo de motor, las características de la carga y las condiciones de operación de la industria de que se trate:

Arranque directo. Se efectúa directamente sobre la línea mediante, arrancadores de línea (de cuchillas o magnéticos). Es el método de control más usado y económico, pero está limitado, por las compañías que suministran la energía

eléctrica, a los motores de mediana capacidad (hasta 75HP como máximo en condiciones especiales de voltaje de alimentación).

Arranque con autotransformadores. Este constituye uno de los medios para arrancar un motor a tensión reducida. El autotransformador está constituido por tres bobinas o devanados conectados en estrella. Cuando el motor ha alcanzado cerca del 80% de su velocidad normal, las conexiones se cambian de manera que los transformadores queden desconectados y el motor quede conectado a voltaje pleno. Los cambios pueden hacerse en forma manual o en forma automática por medio de relevadores de tiempo.

Los autotransformadores están provistos de protección contra sobrevoltaje y sobrecarga con equipo de acción retardada, y la mayoría de ellos cuentan con tres secciones de derivaciones, de tal manera que se puede aplicar 85%, 65% ó 50% del voltaje normal del rotor. (Se arrancan motores con más de 75HP).

Arranque en Estrella Delta. Es el método más simple para arrancar a tensión reducida y consiste en conectar en estrella el arrollamiento del estator durante el arranque, y en delta durante la operación al alcanzar el motor cierta velocidad; con ello se reduce la tensión a un 50% aproximadamente. Tiene la desventaja que sólo es aplicable a motores de seis terminales y de pequeña capacidad (10HP A 20HP).

Arranque con resistencia en el primario. Este método consiste en conectar el estator del motor a través de una resistencia en serie trifásica regulable, de tal manera que conforme el motor se va acelerando, la resistencia se pone en corto circuito en una o varias etapas y el motor queda conectado a pleno voltaje. Para un determinado par de arranque, la corriente de arranque requerida es más intensa comparada con

los otros métodos. Este método significa una inversión inicial baja cuando se emplea en motores de alto par, pero tiene la desventaja de que su equipo ocupa mucho espacio.

Control secundario (H). Cuando se tienen motores eléctricos con rotor devanado, su control se efectúa mediante un reóstato que se conecta al devanado del rotor a través de los anillos rozantes.

El procedimiento consiste en arrancar el motor con toda la resistencia adentro (en serie), disminuyéndola gradualmente hasta que se adquiera la velocidad normal, con esto se logra que la corriente durante el arranque sea relativamente baja.

Estación De Botones Para Control Remoto (J). Cuando los motores están controlados por medio de dispositivos electromagnéticos o termomagnéticos, se puede accionar la operación de arranque o paro por medio de una estación de botones que normalmente no se encuentra cercana al motor, (de aquí que se le denomine de control remoto).

3.4 CALCULO DE CORRIENTE A PLENA CARGA, ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES ELECTRICOS

Cálculo de corriente a plena carga y corriente de arranque para un motor:

DATOS:

Motor trifásico de inducción de 5HP, 220V a 60HZ, 900RPM, con letra de código H.

CALCULAR:

- La corriente normal de operación a plena carga.
- La mínima y máxima corriente de arranque posible.
- La máxima corriente de arranque como una relación de la corriente normal.

SOLUCIÓN

a) La corriente normal de operación a plena carga, se obtiene de la tabla 3.2. De manera que, para 5HP a 220V,

$$I_{PC} = 15.9A$$

b) De la tabla 3.5 para la letra de código H, el motor tiene de 6.3KVA/HP a 7.09KVA/HP, por lo tanto:

Los KVA mínimos que demanda son:

$$KVA_{MIN} = (6.3KVA/HP) \times 5HP = 31.5KVA$$

Los KVA máximos que demanda son:

$$KVA_{MAX} = (7.09KVA/HP) \times 5HP = 35.45KVA$$

Como se trata de un motor trifásico, entonces su potencia se puede expresar como:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I_L \text{ [VA]}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De donde, para el caso de la mínima corriente de línea:

$$I_{MIN} = \frac{VA_{MIN}}{3 \times V} = \frac{31.5KVA \times 1000}{3 \times 220V} = 82.66A$$

$$I_{MAX} = \frac{VA_{MAX}}{3 \times V} = \frac{35.45KVA \times 1000}{3 \times 220V} = 93.03A$$

C) La máxima corriente de arranque, como una relación de la corriente nominal, es:

$$\begin{aligned} I_{MAX} &= 93.03A \\ I_{NOM} &= 15.9A = 5.85 \end{aligned}$$

Es decir, aproximadamente 5.85 veces mayor que la corriente de operación.

Cálculo del calibre del alimentador para un motor.

DATOS:

En la instalación eléctrica de un motor de inducción de 3HP a 220V, 60HZ, 900RPM.

CALCULAR:

El calibre del conductor requerido para el alimentador si se usan conductores THW.

SOLUCIÓN

1. Corriente a plena carga.

De tabla 3.2 para motor de 3HP a 220V,

$$I_{FC} = 10A$$

2. La corriente para calcular el calibre del alimentador es:

$$I_A = 1.25 \times I_{FC} (\text{motor mayor}) + \Sigma I_{FC} (\text{otros motores});$$

$$I_A = 1.25 \times 10A = 12.5A$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Para una corriente de 12.5A (tres conductores)

De tabla 3.6

Conductor No. 14AWG (THW).

Cálculo del calibre del alimentador para dos motores.

DATOS:

Al motor de 3HP, 220V, trifásico del cálculo anterior, se le agregan a su circuito derivado otro motor trifásico 2HP, 220V, 60HZ, 900RPM.

CALCULAR:

El calibre del conductor THW requerido.

SOLUCIÓN

El motor más grande es el de 3HP, que como se determino:

$$I_{FC} = 10A$$

1. Corriente a plena carga.

De tabla 3.2, para motor de 2HP a 220V,

$$I_{FC} = 7.1A$$

2. La corriente para calcular el calibre del alimentador es:

$$I_A = 1.25 \times I_{FC} \text{ (motor mayor)} + \sum I_{FC} \text{ (otros motores);}$$

$$I_A = 1.25 \times 10A + 7.1A = 19.6A$$

3. Para una corriente de 19.6A (tres conductores)

De tabla 3.6,

Conductor No. 12AWG (THW).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.5 APENDICE DE TABLAS

	60°C	75°C	90°C	110°C	125°C	200°C	250°C
	140°F	1670°F	194°F	230°F	257°F	392°F	482°F
TIPOS							
Calibre Del Conductor AWC MCM	T TW	RH RHW RUH THW THWN	TA TBS RBS RHH THHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18	-	-	21	-	-	-	-
16	-	-	22	-	-	-	-
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	65	70	83	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	245	270	315	315	-	-
100	240	285	300	345	380	-	-
350	260	310	325	390	420	-	-
400	280	335	360	420	450	-	-
500	320	380	405	470	500	-	-
600	350	420	455	525	545	-	-
700	385	460	490	560	600	-	-
750	400	475	500	580	620	-	-
800	410	490	515	600	640	-	-
900	435	520	555	60	-	-	-
1000	455	545	585	680	730	-	-
1250	495	590	645	-	-	-	-
1500	520	625	700	785	-	-	-
2000	560	665	775	840	-	-	-

TABLA 3.6 AMPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN CONDUIT. (BASADO EN UNA TEMP. AMBIENTE DE 30°C).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CALIBRE ANG Y KCM	VINANEL NYLON KH RVH										VINANEL 900 Y TW T TWH									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	"	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	"
	13	19	25	32	38	52	63	76	102	mm	13	19	25	32	38	52	63	76	102	mm
14	16	26	42								11	18	30							
12	12	20	31	53							9	14	23	39						
10	8	12	20	34	46						6	11	17	30	40					
8	4	7	11	20	27	44					3	6	9	16	21	34				
6	3	4	7	12	16	27	40				1	3	5	8	11	18	27			
4	1	2	4	7	10	16	25	38			1	3	6	8	14	20	32			
2		1	3	5	7	12	17	37	46		1	2	4	6	10	15	23	28		
1/0			1	3	4	7	11	17	29		1	2	3	6	9	14	17			
2/0				1	2	3	6	9	14	24		1	3	5	8	12	15			
3/0					1	3	5	7	12	20			1	2	4	6	10	12		
4/0						1	2	4	6	10	16		1	1	3	5	8	10		
250					1	1	3	5	8	13			1	3	4	7	8			
300						1	3	4	7	11				1	2	4	6	7		
400							1	3	5	9					1	3	4	6		
500								1	3	4	7					1	2	4	5	

TABLA 3.7 CANTIDAD DE CONDUCTORES EN TUBERIA CONDUIT DE ACERO DE PARED GRUESA Y TIPO COMERCIAL.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TIPO DE MOTOR	PORCIENTO DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	FUSIBLE SIN RETRASO DE TIEMPO	ELEMENTO DUAL (FUSIBLE CON RETRASO)	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CON DISPARO INSTANTANEO	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE TIEMPO INVERSO
MONOFÁSICOS, TODOS LOS TIPOS. SIN LETRA DE CÓDIGO.	100	175	70 0	250
TODOS LOS MOTORES MONOFÁSICOS Y POLIFÁSICOS JAULA DE ARDILLA CON ARRANQUE A VOLTAJE FIJO, O ARRANQUE POR REACTOR O RESISTOR. SIN LETRA DE CÓDIGO.	100	175	700	250
LETRAS DE CÓDIGO F + V	100	175	700	250
LETRAS DE CÓDIGO B + E	150	175	700	200
LETRAS DE CÓDIGO A.	150	150	700	150
TODOS LOS MOTORES DE JAULA DE ARDILLA Y SINCRONOS CON ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR NO MAYORES DE 10A. SIN LETRA DE CÓDIGO.	250	175	700	200
MAYORES DE 10A. SIN LETRA DE CÓDIGO.	200	175	700	200
LETRAS DE CÓDIGO F + V	250	175	700	200
LETRAS DE CÓDIGO B + E	200	175	700	200
LETRAS DE CÓDIGO A.	150	150	700	150
JAULA DE ARDILLA CON ALTA REACTANCIA NO MAYORES DE 10A. SIN LETRA DE CÓDIGO.	250	175	700	250
MAYORES DE 10A. SIN LETRA DE CÓDIGO.	200	175	700	200
MOTOR DEVANADO SIN LETRA DE CÓDIGO.	150	150	250	150

TABLA 1.16 CAPACIDAD MÁXIMA O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA PARA EL CIRCUITO DERIVADO DE MOTORES.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TIPO DE UNIDAD	CAPACIDAD EN AMPERES	MARCO DEL INTERRUPTOR	ESPACIO EN CM (PULG.)
M6BF15	15	FA	31 (12)
M6BF30	30	FA	31 (12)
M6BF50	50	FA	31 (12)
M6BF70	70	FA	31 (12)
M6BF100	100	FA	31 (12)
M6BF125	125	KA	38 (15)
M6BF150	150	KA	38 (15)
M6BF225	225	KA	38 (15)
M6BF250	250*	LA	69 (27)
M6BF300	300*	LA	69 (27)
M6BF400	400*	LA	69 (27)

TABLA 3.9 INTERRUPTOR AUTOMATICO DERIVADO.
CORRESPONDIENTES A UN CCM MODELO 6 CLASE 8998 DE SQUARE D

* Solo se puede instalar una unidad en cada sección de CCM.

TIPO DE UNIDAD	CAPACIDAD EN AMPERES	MARCO DEL INTERRUPTOR	ESPACIO EN CM (PULG.)
M6MBT125	125	KH	38 (15)
M6MBT150	150	KH	38 (15)
M6MBT200	200	KH	38 (15)
M6MBT225	225	KH	38 (15)
M6MBT250	250	LH	53.4 (21)
M6MBT300	300	LH	53.4 (21)
M6MBT400	400	LH	53.4 (21)
M6MBT500	500	MH	53.4 (21)
M6MBT600	600	MH	53.4 (21)
M6MBT800	800	MH	183x76 (72x30)
M6MBT1000	1000	MH	183x76 (72x30)
M6MBT1200	1200	MH	183x76 (72x30)
M6MBT1600	1600	MH	183x76 (72x30)
M6MBT2000	2000	MH	183x76 (72x30)

TABLA 3.10 INTERRUPTOR AUTOMATICO PRINCIPAL.
CORRESPONDIENTES A UN CCM MODELO 6 CLASE 8998 DE SQUARE D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 4

"CENTROS DE CONTROL PARA MOTORES"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1 CENTRO DE CONTROL PARA MOTORES (CCM)

Un centro de control de motores (CCM) es esencialmente un tablero, que se usa en primer término para montar las componentes del alimentador de los motores y de sus circuitos derivados; desde luego que no necesariamente todas las componentes se deben incluir en el centro de control, por ejemplo, la protección del alimentador se puede instalar en el tablero principal, o bien, otro ejemplo, la estación de botones se puede localizar en algún lugar más conveniente. El número de secciones en un centro de control de motores depende del espacio que tome cada una de sus componentes, de manera que si el diseñador sabe qué componentes se incluirán, se puede diseñar el centro de control de motores. El centro de control de motores ofrece las siguientes ventajas:

Permite que los aparatos de control se alejen de lugares peligrosos.

Permite centralizar al equipo en el lugar más apropiado.

Facilita el mantenimiento y el costo de la instalación es menor.

4.2 ESPECIFICACIONES PARA UN CENTRO DE CONTROL PARA MOTORES

La selección de un centro de control para motores no debe ser una decisión tomada sólo con base a ciertas características individuales de un gabinete autosportado. Uno necesita considerar el funcionamiento a largo plazo, flexibilidad para modificaciones a futuro, equipo de acuerdo con el avance de la tecnología, seguridad de operación, facilidad de instalación y mantenimiento, así como una rápida respuesta en tiempo de entrega y servicio.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE

Los gabinetes son las cajas metálicas que tienen por objeto montar los aparatos de control y protección de varios motores, guardarlo contra golpes accidentales, de su uso indebido y del medio ambiente. Son éstos gabinetes de dos tipos: para uso interior de edificios protegidos de la lluvia, la humedad o cualquier agente físico que lo perjudique; para uso exterior o a la intemperie, expuestos a la lluvia, al sol, al polvo y a golpes ocasionales. Los gabinetes se construyen en secciones modulares para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidos entre sí al montarse en obra forman un solo conjunto. Las dimensiones normales de cada sección son: 235cm. de alto por 55cm. de ancho y 235cm. de alto por 75cm. de ancho. Cada sección tiene un máximo de seis compartimentos para controlar motores de 15HP a 220V o de 25HP a 440V (Ver Figura. 4.1). Cada uno de estos compartimentos o módulos son cajas que pueden enchufarse y extraerse independientemente para modificar o reparar los aparatos.

Generalmente son del tipo auto-soportado de frente muerto para montaje en piso, con puertas al frente para permitir el acceso al equipo. Por seguridad se recomienda que la puerta de los compartimentos no se pueda abrir con el interruptor energizado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

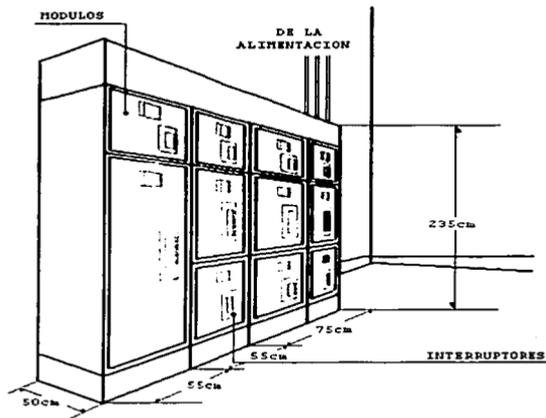


FIG. 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CCM.

4.2.2 ARRANCADORES (Componente de Control)

Un arrancador es un aparato que conecta y desconecta eléctricamente repetidas veces un motor eléctrico y además lo protege de sobrecargas o de una falla en las líneas que lo perjudiquen. Normalmente son del tipo magnético, y elementos térmicos para protección de los motores. El arrancador se compone de dos partes principales: un contactor y un relevador. El contactor magnético es la parte que efectúa la conexión o desconexión por medios electromagnéticos, y el relevador, que generalmente es térmico, es la parte que protege al motor de sobrecargas o falla en la continuidad eléctrica de las líneas. Los arrancadores están diseñados para efectuar su operación de conectar y desconectar, muchas veces durante el día y millones de veces durante su vida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El arrancador magnético ofrece varias ventajas sobre el arrancador manual, neumático y otros. El arrancador magnético es mas fácil de colocar cerca o lejos del motor, es mas seguro, ofrece menos peligros y mas fácil de operar. También otra ventaja que ofrece el arrancador magnético, es la posibilidad que sea actuado automáticamente por determinadas señales como son: nivel de líquidos, presión, velocidad, luz, temperatura etc.

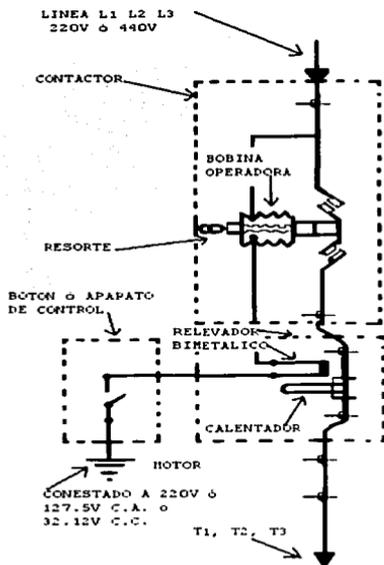


FIG. 4.2 PARTES QUE CONFORMAN UN ARRANCADOR.

4.2.3 INTERRUPTORES (Componente de Control)

El interruptor tiene como función dar energía al circuito o retirarla en caso de avería en el arrancador o en el motor por sobre corriente y corto circuito. Por lo general, son del tipo termomagnético en caja moldeada de plástico, con operación manual y disparo automático y que pueden ser accionados exteriormente por medio de palancas. Este tipo de interruptores son los más usuales, tanto por su alta capacidad interruptiva y su pequeño tamaño.

Frecuentemente se instala para cada motor una combinación de interruptor y arrancador, que en combinación constituyen un conjunto completo de control y protección de un motor. Un interruptor debe estar preparado para interrumpir altas corrientes de corto circuito unas cuantas veces y conectar y desconectar cargas, solo miles de veces en su vida.

4.2.4 BARRAS Y CONEXIONES

Los centros de control se suministran con barras alimentadoras. Cada centro de control de motores tiene sus barras alimentadoras que son normalmente de cobre electrolítico. Estas barras se encuentran en la parte superior y las conexiones se hacen en la parte inferior. El alambrado se suministra en tres tipos:

TIPO A. Alambrado de las barras al interruptor y de éste al arrancador.

TIPO B. Igual al anterior pero alambrados además los hilos de control del arrancador a tabletillas terminales en el mismo compartimiento.

TIPO C. Igual al anterior, pero además, alambrado total de fuerza y control a grupos de tabletillas terminales agrupadas en la parte superior o inferior según se prefiera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.5 DISPOSITIVOS DE MANDO (Dispositivos Pilotos)

Son los que tienen por objeto controlar o modular a los componentes de control (arrancadores e interruptores) a través de los circuitos que generalmente son de tensión y corrientes bajas para preservar los mismos aparatos y las personas que los operan. Los aparatos de control pueden ser operados manualmente o automáticamente por diferentes condiciones prefijadas de nivel de líquidos, presión, temperatura, posición, velocidad u otras muchas indicaciones mecánicas, eléctricas, químicas, etc. Con el advenimiento de la automatización de procesos industriales, los aparatos de control se han complicado cada vez mas interviniendo inclusive programadores con tarjetas, cintas magnéticas, computadoras y otros aparatos electrónicos bastante complicados. Aquí solamente trataremos los aparatos de control más sencillos, de más uso en la industria mexicana.

4.2.5.1 BOTONES DE CONTROL (Pulsadores)

Estos pequeños aparatos son indispensables para el control magnético manual de los motores. Pueden clasificarse de una manera general por su función, su capacidad y su comodidad de manejo. Por su función son: contacto momentáneo cuando al pulsarlos hacen contacto pero al soltarlos un resorte se encarga de abrir los contactos; de contacto permanente cuando al pulsarlos, los contactos permanecen cerrados, hasta que se pulsa otro botón para abrirlos. Por su capacidad hay de dos clases: para uso normal, hasta de 30A y uso rudo hasta de 60A. Por su comodidad de manejo hay varios tipos: normal sin aditamento ni forma especial; los de cabeza de hongo, tienen una prolongación ancha que se asemeja a un hongo para facilitar con un movimiento rápido de la mano su localización (usados principalmente para paro, son de color rojo); los de llave que permiten cerrar o abrir el circuito, por personas

autorizadas poseedoras de la llave; los de piloto que tienen una luz piloto para su localización o indicación de conexión o desconexión.

La Tabla 4.1 muestra la capacidad de los botones operadores manuales, donde se incluyen el tipo miniaturizado que se usan en máquinas o aparatos, en que el ahorro de espacio es vital.

Tipo	Volts (Máx.)	AMPERES			
		Continuos	Contacto Moment.	Apertura	
				C.A.	C.C.
Miniaturizado	130	5	30	30	1.10
Uso Normal	130	10	30	30	1.10
	250	10	20	20	0.55
	480	10	7.5	7.5	0.20
Uso Rudo	130	10	60	60	2.20
	250	10	30	30	1.10
	480	10	15	15	0.40

TABLA 4.1 CAPACIDAD DE LOS BOTONES OPERADORES MANUALES.

Los botones se fabrican de varios colores y combinados con los arillos de sujeción del propio botón, puede dar un código de colores muy variado. Los colores normales son: negro, rojo amarillo, verde y blanco.

Para el control de un motor, se usan dos botones, uno de arranque y otro de paro. Además debe haber dos protecciones: por sobrecarga y bajo voltaje. La primera protección es directamente al motor, que impide que éste se queme por exceso de carga. La segunda protección es para la máquina que mueve el motor y el obrero que maneja la máquina. En este último caso, si la energía eléctrica falla la máquina se detiene, pero si se restablece el voltaje súbitamente puede perjudicar la máquina o al obrero.

El esquema presentado en la Figura 4.3, se explica como operan los botones de contacto momentáneo para lograr las protecciones arriba descritas. Para arrancar el motor, el obrero oprime el botón A, luego lo suelta; la corriente pasa por la bobina operadora B del contactor, accionando el

contacto de sello C. El motor se pone en marcha, aún cuando el operador suelte el botón de contacto momentáneo A. Si se desea parar el motor se aprieta el botón P, la corriente deja de pasar por la bobina B, provocando la apertura del contactor. Si el motor en marcha sufre una sobrecarga, el circuito de control se abre en S.C., deja de pasar corriente y el motor se para. Si hay una falla en el voltaje V, la bobina abre el contactor y el contacto auxiliar C, no pudiéndose arrancar al restablecerse el voltaje, hasta que el operario oprima nuevamente el botón A.

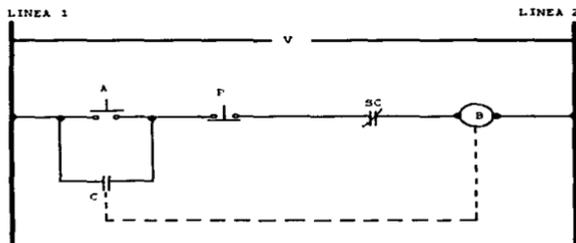


FIG. 4.3 CIRCUITO DE CONTROL. OPERACIÓN DE LOS BOTONES DE CONTACTO MOMENTANEO.

4.2.5.2 SELECTORES (Conmutadores)

Los selectores tienen una apariencia exterior diferente a los botones, pero muy frecuentemente los blocks de contactos son los mismos. Se usan para seleccionar un circuito de control previamente a la operación del motor, por ejemplo operación manual (por botones) u operación automática (por acción de un flotador) o para interrumpir cualquiera de los circuitos anteriores. En la Figura 4.4 aparece esquemáticamente el circuito de control de un selector. Los selectores, como los botones, pueden clasificarse por su función, su capacidad y

comodidad de manejo. Por su función, también hay de contacto momentáneo, en que un resorte se encarga de regresar la palanca a su posición original una vez que se suelta; de contacto sostenido, en el que la palanca se queda en la posición en que se deja, oprimiendo o liberando el contacto según el caso. Por su capacidad, son iguales a los botones y puede utilizarse la Tabla 4.1 para su selección. Por su comodidad o uso especial de manejo hay: normales, con una manija pequeña, con una flecha indicadora; los de llave, operados solo por persona autorizada que se le dé la llave; los de manija grande para facilitar su operación rápida o su manejo por un obrero con guantes de cuero.

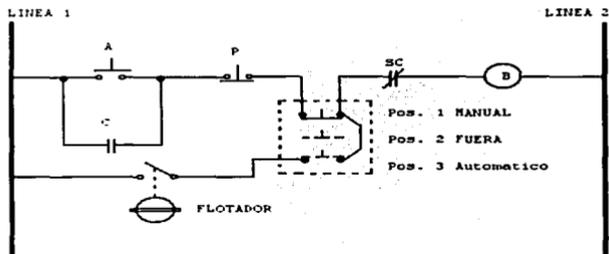


FIG. 4.4 CIRCUITO DE CONTROL A TRAVÉS DE UN SELECTOR.

4.2.5.3 LÁMPARAS PILOTOS

Los pilotos son focos luminosos que se encienden para indicar en un centro de control, tablero de control o en algún otro lugar, la marcha de un motor, proceso, nivel, presión o cualquier otra situación que convenga ser conocida por el operador. Son normalmente de 6Watts para ser utilizados en circuitos de control de c.c. a 6V, 12V, 24V y con c.a. a

127.5V para conexión directa a la línea. Cuando se usen con circuitos de control a 220V ó 440V C.A., los pilotos tienen un transformador y el foco es de 1Watt.

El capuchón o cubierta del foco es de varios colores: rojo, verde, ámbar, azul, blanco y claro (transparente).

4.3 DISEÑO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Para diseñar el centro de control de motores, se debe tomar en consideración la siguiente información:

1. Elaborar una lista de los motores (tabla 4.2), que estarán contenidos en el CCM, indicando para cada motor:

Potencia en HP.

Voltaje de operación (V).

Corriente nominal a plena carga (A).

Forma de arranque.

- Tensión Completa (TC)

- Tensión Reducida (TR)

Si tiene movimiento.

- Reversible (R)

- No Reversible (NR)

Lámparas de control e indicadores.

- Control por Botones en el mismo (BC), ó Fuera de él (BF)

- Piloto (P)

- O sin el (SP)

Y otros datos convenientes para su identificación o control.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EJEMPLO CCM								
MOTOR	HP	V	A	TC/TR	R/NR	BC/BF	P/SP	OTROS
1	3	220	9	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
2	3	220	9	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
3	3	220	9	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
4	7 ½	220	22	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
5	10	220	27	TC	R	BC	SP	Int. Gral. 1
6	15	220	40	TC	R	BC	SP	Int. Gral. 1
7	1 ½	220	5	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
8	2	220	6.5	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
9	30	220	52	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
10	30	220	78	TC	NR	BC	P	Int. Gral. 1
11	25	440	52	TR	NR	BF	SP	Int. Gral. 1
12	60	440	75	TR	NR	BF	SP	Int. Gral. 1
13	15	220	40	TC	NR	BF	SP	Reserva
14	7 ½	220	22	TC	NR	BF	SP	Reserva

TABLA 4.2

2. Elaborar un diagrama unifilar simplificado de las conexiones de los motores, indicando la información principal referente a cada uno.
3. Con ayuda del dibujo del tamaño de los gabinetes que aparecen en la tabla 4.3 y figura 4.5, acomódense los interruptores generales, que normalmente quedan arriba a la izquierda donde se hace la acometida al CCM; después cada una de las combinaciones (interruptor-arrancador), procurando que las más pequeñas queden arriba y las más grandes abajo. Procúrese también dejar espacios vacíos para prevenir ampliaciones futuras.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

EQUIPO	TAMANO	ESPACIOS NECESARIOS CCM C. E.				
		CAPACIDADES MAXIMAS		ESPACIOS FRONTALES		
		220V	440V	ANCHO	ESPACIO	ALTO
INTERRUPTOR T.M.	-	100 A	100 A	55 cm.	1	32 cm.
	-	225 A	225 A	55 cm.	2	64 cm.
	-X	400 A	400 A	55 cm.	2	64 cm.
	-X	600 A	600 A	55 cm.	2	64 cm.
	-X	800 A	800 A	55 cm.	2	64 cm.
-X	1000 A	1000 A	55 cm.	2	64 cm.	
COMBINACIÓN TENSIONCOMPLETA	1	7 ½ HP	10 HP	55 cm.	1	32 cm.
ARRANCADOR INTERRUPTOR	2	15 HP	25 HP	55 cm.	1	32 cm.
	3	30 HP	50 HP	55 cm.	2	64 cm.
	4	50 HP	100 HP	55 cm.	3	96 cm.
	5X	100 HP	200 HP	55 cm.	4	128 cm.
COMBINACIÓN REVERSIBLE	1	7 ½ HP	10 HP	55 cm.	2	64 cm.
ARRANCADOR INTERRUPTOR	2	15 HP	25 HP	55 cm.	3	96 cm.
	3	30 HP	50 HP	55 cm.	4	128 cm.
	4	50 HP	100 HP	55 cm.	4	128 cm.
	5X	100 HP	200 HP	55 cm.	6	192 cm.
COMBINACIÓN TENSION REDUCIDA	2X	15 HP	25 HP	55 cm.	4	128 cm.
ARRANCADOR INTERRUPTOR	3X	30 HP	50 HP	55 cm.	5	160 cm.
	4X	50 HP	100 HP	55 cm.	6	192 cm.
	5X	100 HP	200 HP	75 cm.	6	192 cm.

TABLA 4.3 ESPACIOS NECESARIOS CCM.

X Estas unidades son de montaje fijo.

La unidad modular es de 32cm. de alto por 55cm. de ancho y cabe en ella una combinación interruptor-arrancador, hasta de 15HP a Tensión Completa (TC) de 220V o 25HP a 440V.

En el siguiente diagrama se indica el número de unidades modulares o dimensiones necesarias para las diferentes combinaciones. Por ejemplo una combinación para 100HP a Tensión Reducida (TR) de 440V, ocupara seis unidades (según Tabla 4.3) o sea 192cm. de alto por 55cm. de ancho.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

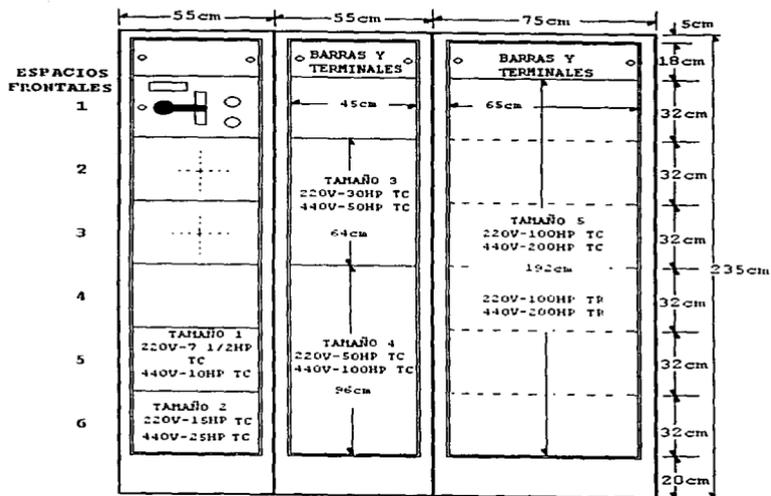


FIG. 4.5 ESPACIOS NECESARIOS CCM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De tal manera que para los motores de la tabla 4.2 se obtiene el esquema de la figura siguiente, que ya se aproxima mucho a lo que será el CCM en la realidad.

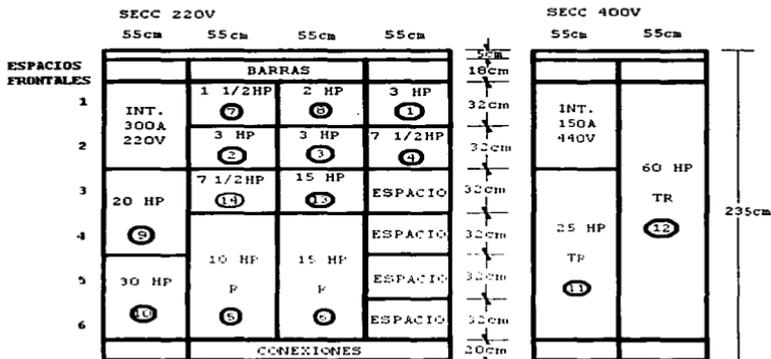


FIG. 4.6 CCM.

Para dar la información más precisa para el diseño de un CCM, es conveniente tener una idea de los datos que se manejan para sus componentes, como es el caso de los arrancadores y los interruptores termomagnéticos, por mencionar dos de los más representativos.

En el caso de información para arrancadores, normalmente se hace referencia a normas nacionales, aún cuando se deben satisfacer condiciones establecidas por normas internacionales, como las de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) de Estados Unidos, en donde se establecen las capacidades máximas que se dan a continuación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TAMAÑO NEMA	CORRIENTE POR 8 HORAS (A)	HP MÁXIMOS PARA 220V	MOTORES TRIFÁSICOS 440V
00		1 ½	2
0	15	3	5
1	25	7 ½	10
2	50	15	25
3	100	30	50
4	150	50	100
5	300	100	200

TABLA 4.4 CAPACIDADES MÁXIMAS PARA ARRANCADORES A VOLTAJE PLENO (TC) Y PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS. CLASE #502 DE CATALOGO NO. 26 DE SQUARE D.

La tabla 4.4 es aplicable a motores trifásicos de inducción de una sola velocidad, con jaula de ardilla.

HP MÁXIMOS PARA 220V	TAMAÑO NEMA	HP MÁXIMOS PARA 440V	TAMAÑO NEMA
10	1	15	1
25	2	40	2
50	3	75	3
75	4	150	4
150	5	300	5
300	6	600	6
50	7	1000	7

TABLA 4.5 CAPACIDADES MÁXIMAS PARA ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA TIPO ESTRELLA-DELTA (TR). CLASE #630 DE CATALOGO NO. 26 DE SQUARE D.

HP MÁXIMOS PARA 220V	HP MÁXIMOS PARA 440V	TAMAÑO NEMA
10		2
20	40	3
25	50	3
30	60	4
50	100	4
75	150	5
100	200	5
150	300	6
200	400	6

TABLA 4.6 CAPACIDADES MÁXIMAS PARA ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA TIPO AUTOTRANSFORMADOR (TR). CLASE #606 DE CATALOGO NO. 26 DE SQUARE D.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diseño de un centro de control de motores.

Instalación de fuerza para un local.

DATOS:

Para el local industrial mostrado en el siguiente plano, se instalarán los siguientes motores:

NÚMERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FABRICANTE	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG
VOLTAJE DE OPERACIÓN	220V	220V	220V	220V	220V	220V	220V	220V	220V	220V
FRECUENCIA	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ	60HZ
POTENCIA EI HP	1HP	1HP	1HP	1HP	5HP	10HP	15HP	25HP	10HP	3HP
VELOCIDAD RPM	900	1800	1800	1800	900	900	600	600	900	900
CORRIENTE A PLENA CARGA (TABLA 1.2)	10A	3.8A	3.8A	3.8A	15.9A	29A	44A	71A	29A	10A
LETRA DE CODIGO	G	G	G	G	G	S/L	G	S/L	S/L	G
ARRANQUE	TC	TC	TC	TC	TR Y-A	TR Y-A	TR AT	TR AT	TR Y-A	TC
TIPO DE ROTOR	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	RD	RD	JA
TIPO DE MOVIMIENTO	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NOTAS: Letra de código sólo si el motor es de c.a. y de potencia mayor a 1/2HP. En motores polifásicos de rotor devanado, se omite la letra de código.

AT = AUTOTRANSFORMADOR

JA = JAULA DE ARDILLA

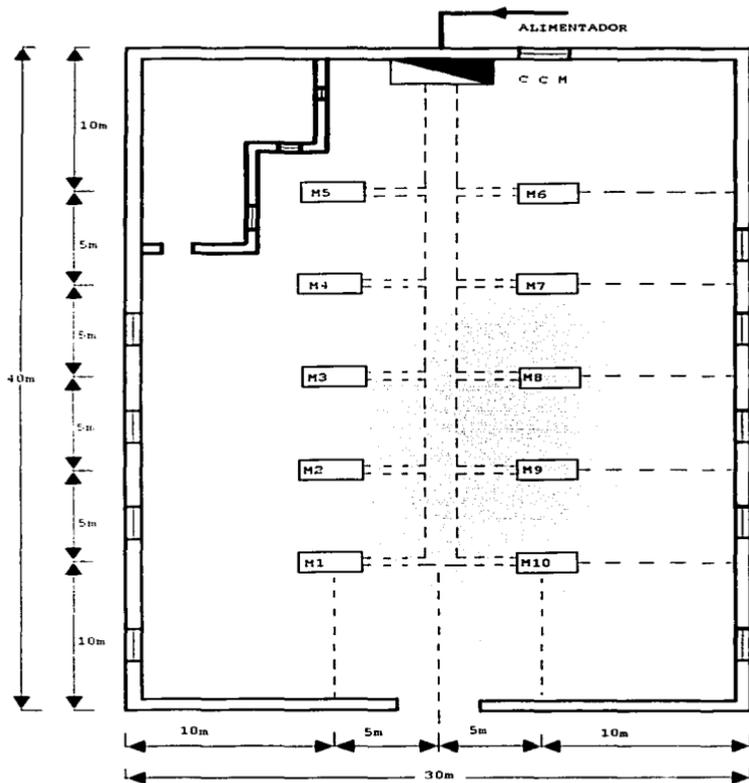
RD = ROTOR DEVANADO

NR = NO REVERSIBLE

CALCULAR:

Los conductores, circuitos derivados, alimentadores, tubo conduit, interruptores, y protecciones. Dar las características generales que debe tener el CCM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SOLUCIÓN

Circuito derivado para el motor 1 y 10 (3HP, 220V, 60HZ, 900RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{PC} = 10A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 10A = 12.5A$$

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 12.5A (tres conductores)

Conductor No. 12 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7,

Para tres conductores No. 12 AWG: 13mm (1/2")

5. Protección del circuito derivado.

De tabla 3.8, para un motor con rotor jaula de ardilla, y letra de código G y para uso de interruptor termomagnético de tiempo inverso; la capacidad máxima es de 250% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 250\% \text{ de } I_{PC} = 2.5 \times 10A = 25A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 30A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 10A = 12.5A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 15A, según tabla 3.9.

Circuito derivado para el motor 2, 3 y 4 (1HP, 220V, 60HZ, 1800RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{PC} = 3.8A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 3.8A = 4.75A$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 4.75A (tres conductores)
Conductor No. 12 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7.

Para tres conductores No. 12 AWG: 13mm (1/2")

5. Protección del circuito derivado.

De tabla 3.8, para un motor con rotor jaula de ardilla, y letra de código G y para uso de interruptor termomagnético de tiempo inverso; la capacidad máxima es de 250% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 250\% \text{ de } I_{FC} = 2.5 \times 3.8A = 9.5A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 15A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{FC} = 1.25 \times 3.8A = 4.75A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 15A, según tabla 3.9.

Circuito derivado para el motor 5 (5HP, 220V, 60HZ, 900RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{FC} = 15.9A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{FC} = 1.25 \times 15.9A = 19.8A$$

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 19.8A (tres conductores)
Conductor No. 12 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7.

Para tres conductores No. 12 AWG: 13mm (1/2")

5. Protección del circuito derivado.

De tabla 3.8, para un motor con rotor jaula de ardilla, y letra de código G y para uso de interruptor termomagnético de

tiempo inverso; la capacidad máxima es de 250% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 250\% \text{ de } I_{PC} = 2.5 \times 15.9A = 39.75A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 50A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 15.9A = 19.8A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 30A, según tabla 3.9.

Circuito derivado para el motor 6 y 9 (10HP, 220V, 60HZ, 900RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{PC} = 29A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 29A = 36.2A$$

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 36.2A (tres conductores)

Conductor No. 8 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7,

Para tres conductores No. 8 AWG: 13mm (1/2")

5. Protección del circuito.

Motor 6. De tabla 3.8, para un motor con rotor jaula de ardilla, sin letra de código y para uso de interruptor termomagnético de tiempo inverso; la capacidad máxima es de 250% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 250\% \text{ de } I_{PC} = 2.5 \times 29A = 72.5A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 100A, según tabla 3.9.

Motor 9. De tabla 3.8, para un motor con rotor devanado, sin letra de código y para uso de interruptor termomagnético de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tiempo inverso; la capacidad máxima es de 150% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 \times 29A = 43.5A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 50A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 29A = 36.2A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 50A, según tabla 3.9.

Circuito derivado para el motor 7 (15HP, 220V, 60HZ, 900RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{PC} = 44A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 44A = 55A$$

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 55A (tres conductores)

Conductor No. 6 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7.

Para tres conductores No. 6 AWG: 19mm (3/4")

5. Protección del circuito derivado.

De tabla 3.8, para un motor con rotor jaula de ardilla, y letra de código G y para uso de interruptor termomagnético de tiempo inverso; la capacidad máxima es de 250% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 250\% \text{ de } I_{PC} = 2.5 \times 44A = 110A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 125A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 44A = 55A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 70A, según tabla 3.9.

Circuito derivado para el motor 8 (25HP, 220V, 60HZ, 600RPM).

1. Corriente a plena carga.

$$I_{PC} = 71A$$

2. La corriente para calcular el calibre del conductor del circuito derivado es:

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 71A = 88.7A$$

3. Calibre del conductor.

De tabla 3.6, para una corriente de 88.7A (tres conductores)
Conductor No. 2 AWG (TW = a prueba de goteo)

4. Tubo conduit.

De tabla 3.7,

Para tres conductores No. 2 AWG: 32mm (1 1/4")

5. Protección del circuito derivado.

De tabla 3.8, para un motor con rotor devanado, sin letra de código y para uso de interruptor termomagnético de tiempo inverso; la capacidad máxima es de 150% de la corriente a plena carga, es decir:

$$I = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 \times 71A = 106.5A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 125A, según tabla 3.9.

6. Protección del motor.

$$I = 1.25 \times I_{PC} = 1.25 \times 71A = 88.7A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 100A, según tabla 3.9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL.

1. La corriente para calcular el calibre del alimentador es:

$$I_A = 1.25 \times I_{PC} \text{ (motor mayor)} + \sum I_{PC} \text{ (otros motores);}$$

$$I_A = 1.25 \times 71A + 44A + 29A + 29A + 15.9A + 10A + 10A + 3.8A + 3.8A + 3.8A = 238A$$

2. Para una corriente de 238A (tres conductores)

De tabla 3.6,

Conductor No. 300AWG (TW).

3. Tubo conduit.

De tabla 3.7,

Para tres conductores No. 300 AWG: 63mm (2^{1/2}")

4. Protección del alimentador.

$$I = I_{arranque \text{ máx.}} \text{ (Motor mayor)} + \sum I_{PC} \text{ (otros motores)}$$

$$I = 71A + 44A + 29A + 29A + 15.9A + 10A + 10A + 3.8A + 3.8A + 3.8A = 220.3A$$

Por lo que se puede usar un interruptor automático termomagnético de 225A, según tabla 3.10.

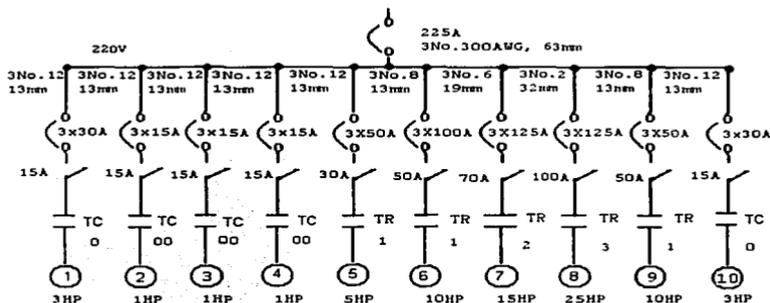
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS DE LOS CALCULOS

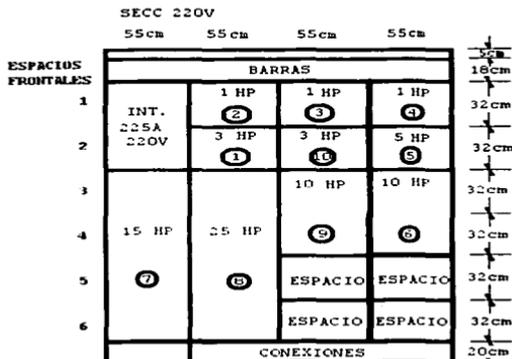
CONCEPTO		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
POTENCIA. HP		3	1	1	1	5	10	15	25	10	3
CORRIENTE A PLENA CARGA. AMPERES (TABLA 3.2)		10	3.8	3.8	3.8	15.9	29	44	71	29	10
PROTECCION DEL CTO. DERIVADO. 1 I _{sc}		250	250	250	250	250	250	250	150	150	250
PROTECCION DEL CTO. DERIVADO. (INT. TERMOMAGNETICO) AMPERES		30	15	15	15	50	100	125	125	50	30
PROTECCION DEL MOTOR CONTRA SOBRECARGA. 1.25 I _{sc} AMPERES		15	15	15	15	30	50	70	100	50	15
ARRANCADOR NEMA.		0 TC	00 TC	00 TC	00 TC	1 TR Y-A	1 TR Y-A	2 TR AT	3 TR AT	1 TR Y-A	0 TC
		TAB 4.4)	(TAB 4.4)	(TAB 4.4)	(TAB 4.4)	(TAB 4.5)	(TAB 4.5)	(TAB 4.6)	(TAB 4.6)	(TAB 4.5)	(TAB 4.4)
CIRCUITO DERIVADO	CONDUCTOR AWG	3No. 12	3No. 12	3No. 12	3No. 12	3No. 12	3No. 8	3No. 6	3No. 2	3No. 8	3No. 12
	TUBO CONDUIT	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm	19mm	32mm	13mm	13mm
LONGITUD DEL CONDUCTOR. Metros		35 (40)	30 (35)	25 (30)	20 (25)	15 (20)	15 (20)	20 (25)	25 (30)	30 (35)	35 (40)
CALIBRE DEL ALIMENTADOR.		3No. 300AWG									
TUBO CONDUIT		6.3mm									
PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR.		INT. 225A									

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DIAGRAMA UNIFILAR



El arreglo preliminar de los elementos del CCM de acuerdo a la tabla 4.3, puede ser el siguiente:



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El cual sería un CCM modelo 6, clase 8998 de la marca SQUARE D, el cual tiene las siguientes características técnicas:

Gabinete NEMA 1 servicio interior.
Gabinete NEMA 1A con empaques en puertas.
Gabinete NEMA 12 a prueba de polvo.
Gabinete NEMA 3R servicio intemperie.
Color gris ANSI49.

Tensión de diseño 600V-

Tensión de operación 220-240 ó 440-480V-

Sistema 3F-3H ó 3F-4H (3Fases-3Hilos ó 3Fases-4 Hilos).

Frecuencia 50/60HZ.

Buses de cobre estañado.

Buses de cobre plateado (especial).

Barras principales hasta 2000A.

Barras derivadas de 300A (600A como especial).

Capacidad interruptiva de 42KA.

Barra de tierra horizontal en cada sección y a todo lo largo del CCM.

Ducto de alambrado horizontal de 31cm (12") de altura en la parte superior.

Ducto de alambrado vertical de 10.2cm (4") y 23cm (9") de ancho.

Palanca de operación de metal fundido de las unidades.

La palanca puede asegurarse en la posición fuera hasta c/3 candados.

Panel de control abatible en las unidades.

Tensión de control 120V ~ con transformador de control en cada unidad.

El CCM modelo 6 ha sido diseñado y es fabricado para cumplir y exceder las normas vigentes:

NOM-001-SEDE-1999

NMX-J-353

NMX-J-118

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 5

"ARRANQUE Y OPERACIÓN DE MOTORES"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.1 ARRANQUE DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

La máquina acoplada al motor ofrece, durante el arranque, un par resistente y una inercia. Para un par de arranque dado, el par resistente y la inercia determinan la duración del período de arranque; el valor de la corriente de arranque debe permanecer aceptable para la red, durante todo este período.

Por lo tanto, el par resistente, la inercia y la red son los elementos básicos para la elección del motor y la forma de arranque. Constituyen los tres elementos propios de la máquina y de la instalación que, por lo general, no se pueden modificar.

Las diferentes formas de arranque hacen variar el par de arranque (por lo tanto, también la duración de la puesta en velocidad) y la corriente de arranque.

Un arrancador debe elegirse de forma que se pueda obtener una aceptable puesta en velocidad para el motor (par de arranque suficiente) y para la máquina accionada, y esto con una corriente de arranque admisible para la red.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MOTOR		METODO DE ARRANQUE	TIPO DE ARRANCADOR	OPERACIÓN	VOLTAJE		
TIPO	No. DE FASES						
INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA	MONOFÁSICOS	A TENSIÓN PLENA	-	MANUAL	BAJA TENSIÓN		
				MAGNÉTICO	BAJA TENSIÓN		
	TRIFÁSICOS	A TENSIÓN PLENA	-	MANUAL		MAGNÉTICO	
				COMB. CON INT. DE FUSIBLES			
				COMB. CON INT. TERMOMAGNÉTICO			
				REVERSIBLE			
				A TENSIÓN REDUCIDA	POR RESISTENCIA PRIMARIA	MAGNÉTICO	BAJA TENSIÓN
					AUTOTRANSFORMADOR	MANUAL	
			MAGNÉTICO	A.T. EN EL AIRE			
		ESTRELLA DELTA	POR REACTOR	MAGNÉTICO	A.T. EN EL AIRE		
	DEVANADO BIPARTIDO	CAMBIO DE CONEXIONES DE LOS DEVANADOS DEL MOTOR	MAGNÉTICO	BAJA TENSIÓN			
	DOS VELOCIDADES						
RÓTOR DEVANADO	TRIFÁSICO	CONTROL SECUNDARIO	POR RESISTENCIA PRIMARIA	MAGNÉTICO	A.T. EN EL AIRE		
SÍNCRONO	TRIFÁSICO	A TENSIÓN PLENA	-	MAGNÉTICO	A.T. EN EL AIRE		

TABLA 5.1 METODOS DE ARRANQUE PARA MOTORES DE C.A.

En los motores con rotor en cortocircuito (jaula de ardilla) se adoptan estos cuatro sistemas de arranque:

- 1) Arranque directo. (Tensión plena)
- 2) Arranque estrella/ triángulo. (Tensión reducida)
- 3) Arranque por resistencias estáticas. (Tensión reducida)
- 4) Arranque por autotransformador. (Tensión reducida)

5.2 ARRANQUE DIRECTO (A VOLTAJE PLENO)

a) Características

Consiste en conectar directamente el motor a la red, sin ningún dispositivo de arranque. De esta forma, el motor absorbe una corriente de arranque 5-7 veces la nominal, con un par de arranque aproximadamente el doble del par nominal.

b) Ventajas

Simplicidad del equipo empleado. Par de arranque muy enérgico.

c) Inconvenientes

Corriente de arranque muy elevada.

d) Campos de aplicación

Para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red.

Para máquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

e) Precauciones

La elevada corriente de arranque puede provocar una importante caída de tensión; por lo tanto, debe tenerse en cuenta en el proyecto de la caseta de transformación y de la línea de alimentación del equipo y de su circuito de mando.

Esta caída de tensión debe limitarse a un 5% con objeto de obtener el cierre franco de los elementos de conexión (interruptores, contactores, etc.) y para no disminuir el par de arranque del motor.

El sistema de protección contra cortocircuitos, sobrecargas, etc., debe poder soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor a su régimen normal.

5.3 ARRANQUE A VOLTAJE REDUCIDO

Algunas cargas industriales se deben arrancar en forma gradual, como es el caso de máquinas que procesan productos frágiles, en otras aplicaciones industriales no se pueden conectar los motores directamente a la línea, debido a que la corriente de arranque es muy elevada, en este tipo de casos, el voltaje de arranque aplicado al motor se debe reducir, ya sea conectando resistencias (también reactancias) en serie

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con la línea de alimentación al motor, o bien empleando un autotransformador.

En el arranque a voltaje reducido se debe tener en consideración que:

A) La corriente a rotor bloqueado es proporcional al voltaje, es decir, si se reduce el voltaje a la mitad, la corriente se reduce a la mitad.

B) El par a rotor bloqueado es proporcional al cuadrado del voltaje, es decir, si se reduce el voltaje a la mitad, el par se reduce a una cuarta parte.

5.3.1 ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO

a) Características

Este procedimiento de arranque se aplica cuando el motor está proyectado para funcionar normalmente en triángulo. Se conecta a la red el motor acoplado en estrella y, al cabo de unos segundos, se conecta el motor en triángulo para su régimen normal de funcionamiento. De esta forma, se consigue que la corriente de arranque sea solamente de 2+3 veces el valor de la corriente nominal aunque se reduce proporcionalmente el par de arranque.

b) Ventajas

Valor de la corriente de arranque reducido a 1/3 parte de su valor respecto al arranque directo.

c) Inconvenientes

Par de arranque reducido a 1/3 parte de su valor respecto al arranque directo.

Importantes corrientes transitorias en el momento de paso de la conexión estrella a la conexión triángulo.

d) Campo de aplicación

Este procedimiento de arranque está limitado a las máquinas que arrancan en vacío, como son:

-máquinas-herramienta

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- compresores centrífugos
- máquina para trabajar la madera
- grupos convertidores
- máquinas agrícolas

e) Precauciones

Como se ha dicho anteriormente, el motor deberá proveerse con sus devanados acoplados en triángulo para marcha normal, y con 6 bornes de salida. Por ejemplo: un motor destinado al arranque estrella/triángulo a 220V, deberá bobinarse para 220/380V.

5.3.2 ARRANQUE POR RESISTENCIAS ESTATÓRICAS

a) Características

Este procedimiento de arranque consiste en intercalar, durante el período de arranque, una resistencia en serie entre la línea y el estator del motor, con objeto de limitar el valor de la corriente de arranque a un valor previamente fijado.

La eliminación de esta resistencia se realiza manual o automáticamente en uno o dos puntos, según la potencia del motor y las características de la máquina accionada. Su característica más interesante es la reducción del par motor durante el período de arranque, teniendo un interés secundario la reducción de la corriente de arranque.

b) Ventajas

Posibilidad de elegir el par de arranque. Posibilidad de elegir el número de escalones de arranque (en la práctica, este número de escalones se reduce a 2).

Paso de los diversos escalones sin cortes.

c) Inconvenientes

La corriente de arranque sólo disminuye proporcionalmente a la raíz cuadrada del par motor.

Consumo de energía activa durante el período de arranque.

d) Campo de aplicación

Accionamiento de máquina centrífuga y cuyo par resistente es bajo durante el período de arranque, aunque después puede aumentar durante el período de puesta en velocidad.

-compresores centrífugos

-bombas

-ventiladores

e) Precauciones

Debe dimensionarse correctamente la resistencia de arranque.

5.3.3 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

a) Características

Este sistema de arranque consiste en alimentar el motor a tensión reducida, a través de un autotransformador, de forma que las sucesivas tensiones aplicadas en bornes del motor tengan un valor creciente durante el período de arranque, hasta alcanzar el valor de la tensión nominal de línea, obteniéndose de esta forma una reducción de la corriente de arranque y del par motor, en la misma proporción.

Por lo general los autotransformadores se equipan con tomas para el 55%, 65% y 80% de la tensión de línea. El número de puntos de arranque depende de la potencia del motor y de las características de la máquina accionada.

La característica más interesante de este sistema de arranque es la reducción de la corriente de arranque, aunque debe tenerse en cuenta también la reducción del par de arranque, ya que éste debe resultar suficiente para acelerar la máquina accionada, hasta la velocidad normal.

b) Ventajas

Posibilidad de elegir el valor del par de arranque. Reducción, en la misma proporción, del par y de la corriente de arranque.

Arranque en 2 ó 3 tiempos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Paso de uno a otro punto de arranque sin corte.

c) Inconvenientes

Excesivamente caro para potencias inferiores a unos 100KW.

d) Campo de aplicación

En los casos en que debe limitarse la punta de corriente de arranque, conservando un par de arranque aceptable:

-ventiladores

-bombas

-compresores rotativos y de pistones

e) Precauciones

En los casos de arranque en 3 tiempos, el autotransformador debe estar calculado para que el paso sobre la bobina de autoinducción no provoque un par de frenado. El constructor del autotransformador debe estar informado de este detalle.

CARACTERÍSTICA PREDOMINANTE	TIPO DE ARRANCADOR (EN ORDEN RECOMENDABLE)
ACELERACIÓN SUAVE	a) RESISTENCIA PRIMARIA b) ESTRELLA-DELTA c) AUTOTRANSFORMADOR d) EMBOBINADO DIVIDIDO
ALTO PAR DE ARRANQUE	a) AUTOTRANSFORMADOR b) RESISTENCIA PRIMARIA c) EMBOBINADO DIVIDIDO
BAJO COSTO	a) EMBOBINADO DIVIDIDO b) ESTRELLA-DELTA c) AUTOTRANSFORMADOR d) RESISTENCIA PRIMARIA
CONVENIENCIA POR FRECUENTES ARRANQUES	a) RESISTENCIA PRIMARIA b) AUTOTRANSFORMADOR c) ESTRELLA-DELTA
CONVENIENCIA POR LARGA ACELERACIÓN	a) AUTOTRANSFORMADOR b) ESTRELLA-DELTA c) RESISTENCIA PRIMARIA
PARA FÁCILES CARGAS DE ARRANQUE	a) EMBOBINADO DIVIDIDO b) ESTRELLA-DELTA c) RESISTENCIA PRIMARIA d) AUTOTRANSFORMADOR
MINIMA CORRIENTE DE LÍNEA	a) AUTOTRANSFORMADOR b) ESTRELLA DELTA c) EMBOBINADO DIVIDIDO d) RESISTENCIA PRIMARIA

TABLA 5.2 SELECCIÓN DE ARRANCADORES MAGNÉTICOS A TANSIÓN REDUCIDA C.A.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4 CIRCUITOS BÁSICOS DE CONTROL

Los circuitos de control eléctrico pueden gobernar desde operaciones sencillas, como arranque y paro de motores en forma manual, hasta secuencias de operación complejas que enlacen coordinadamente la operación de un grupo de máquinas. Algunos circuitos prácticos de control del motor trifásico pueden desempeñar muchas funciones.

Un circuito básico de control es el que se muestra a continuación.

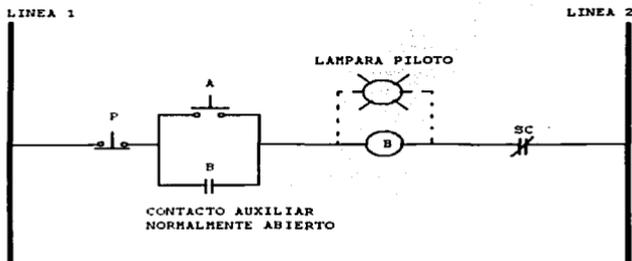


FIG. 5.1 DIAGRAMA DE CONTROL DE PARO-ARRANQUE PARA UN MOTOR.

El circuito del motor trifásico se controla por la bobina del contactor magnético (B) en la figura correspondiente al circuito de control, ya que energizando la bobina se cierran los contactos del motor.

Cuando el botón de arranque se oprime y se desoprime, la corriente por L1 y L2 circula a través de la bobina del contactor del motor B, entonces pasa a través del botón de paro normalmente cerrado y los contactos de los relevadores de sobrecarga que están normalmente cerrados. La bobina energizada del contactor del motor cierra los contactos

principales del motor y el motor arranca. La bobina del motor (B) cierra simultáneamente el contacto auxiliar B el cual se cierra a través del botón de arranque, de manera que el circuito permanece energizado.

El motor para únicamente con interrumpir momentáneamente el circuito de control, el cual desactiva la bobina (B) del contactor del motor y suelta los contactos B a través del botón de arranque. El motor se para y no vuelve a arrancar hasta que el botón de arranque se oprime y desoprime nuevamente.

El paro del motor se puede lograr por cualquiera de las formas siguientes:

-Desoprimiendo el botón de arranque.

-Por sobrecarga del motor, con lo cual se sobrecalientan los elementos térmicos localizados en las líneas de alimentación del motor y entonces abren al menos uno de los contactos normalmente cerrados, con lo que se deben interrumpir las tres fases.

-Cuando el voltaje baja suficientemente, aunque sea momentáneamente, la bobina del contacto del motor suelta el bloqueo (interlock) del botón de arranque. El motor no puede arrancar otra vez, aun cuando el voltaje sea normal, hasta que se oprima otra vez el botón de arranque.

5.4.1 CONTROL DE DOS ALAMBRES

Los Arrancadores a voltaje pleno para motores trifásicos pueden ser de distinto tipo, desde un simple desconectador de navajas, un interruptor de palanca, un interruptor de presión, un interruptor tipo flotador, un interruptor límite, un termostato, etc., y pueden ser de los llamados controles de dos o de tres alambres, ya que por muy complejos que sean los circuitos, éstos son variaciones de los controles de dos o de tres alambres. La mayoría de los mencionados

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

anteriormente, corresponden a los denominados controles de dos alambres, como se muestra en la figura 5.2.

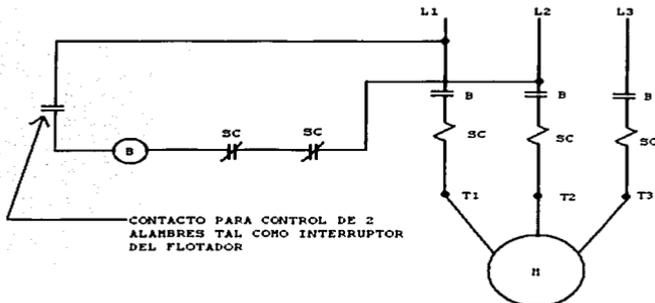


FIG. 5.2 CONTROL DE DOS ALAMBRES.

En el control de dos alambres se conecta mediante dos hilos un dispositivo auxiliar de control de contacto sostenido, como interruptor de flotador, de límite, etc., a la bobina del contactor. Cuando se cierran los contactos del dispositivo de control, se energiza la bobina, se cierran los contactos de energía y conectan el motor a la línea. Cuando los contactos del dispositivo de control se abren, la bobina se desenergiza y para el motor. Lo anterior permite que el arrancador funcione automáticamente sin la atención de un operador. El control de dos hilos provee disparo por bajo voltaje pero no protección por bajo voltaje. Este tipo de circuito se utiliza en el control de equipos de bombeo, de presión, compresores, etc., sin embargo hay otros procesos en donde un arranque inesperado al regresar la tensión a la línea, puede representar la posibilidad de dañar los equipos, al proceso o al mismo operador.

El control de dos alambres o dos conductores es común en circuitos en donde se usan motores trifásicos que no tienen gran potencia, el diagrama básico es el que se muestra a continuación:

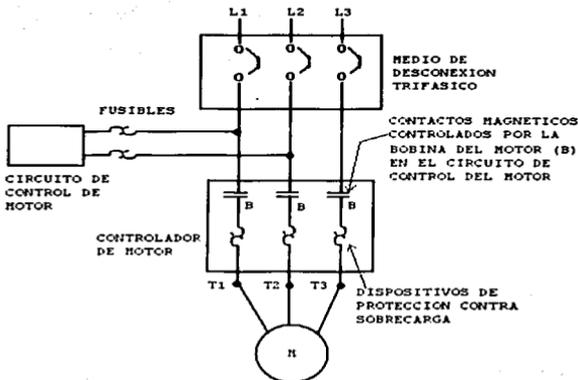


FIG. 5.3

5.4.2 CONTROL DE TRES ALAMBRES

Este tipo de circuitos de control se conoce como de protección contra falta de tensión y/o contra baja tensión. Conecta mediante tres hilos una estación de botones de paro-arranque de contactos momentáneos al arrancador en los puntos 1, 2 y 3, conectando a su vez el contacto de enclave en paralelo al botón de arranque en los puntos 2 y 3.

Al presionar el botón de arranque se energiza la bobina cerrando el contacto de enclave y los contactos de potencia conectando de esta manera el motor a la línea. Este circuito tiene la característica que al soltar el botón de arrancar,

la bobina se mantiene energizada por circular su corriente, a través del botón de enclave.

Si se presiona el botón de parar se abrirá el circuito de la bobina, desenergizándola y parando el motor.

Los controles de tres alambres o de tres conductores son específicamente cierto tipo de dispositivos como estaciones de botones del tipo "Arranque-Paro" y termostatos de doble acción. El circuito básico para este tipo de sistema de control es el que se muestra a continuación:

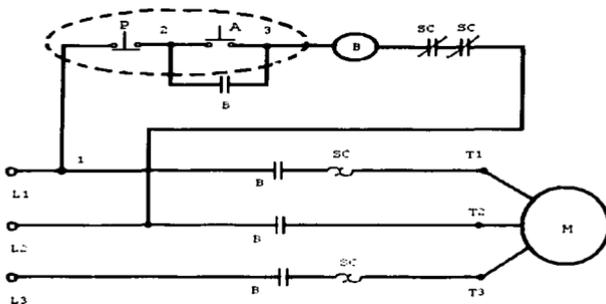


FIG. 5.4 DIAGRAMA DE TRES ALAMBRES PARA UN MOTOR TRIFÁSICO.

Al oprimir el botón de arranque, el circuito se cierra a través de la bobina (B) y entonces se cierran los contactos B en el circuito del motor.

Cuando se oprime el botón de parada, el circuito se abre, la bobina (B) pierde energía y se abren los contactos del motor, quedando desenergizado el circuito. En la figura anterior, lo que está encerrado por una línea discontinua es el diagrama de la estación de botones y es una representación física de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

los elementos internos y sus conexiones con el arrancador en los puntos numerados.

5.4.3 CONTROL PARA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DE UN MOTOR

En algunas aplicaciones industriales de los motores eléctricos, es necesario que se disponga de la posibilidad de invertir el sentido de rotación. En el estudio de los motores de corriente alterna, se sabe que para invertir el sentido de rotación es suficiente con intercambiar dos conductores de fase, lo cual se puede lograr mediante el uso de dos juegos de contactores magnéticos A y B y un switch manual de posición del tipo tambor, en la dirección de marcha de frente, el switch de tambor cierra los contactos 1, los cuales energizan a su vez la bobina A del relevador (ver figura 5.5), produciendo que el contactor A cierre. Para invertir el sentido de rotación, se mueve el switch a la posición 2, para lo cual se tiene que pasar por la posición de desconectado o fuera (posición 0), por lo que es prácticamente imposible energizar las bobinas A y B simultáneamente. Cuando ocasionalmente no ocurre esto por algún desperfecto en el switch de tambor, se puede presentar un corto circuito que dañe los contactos. Para eliminar este riesgo, los contactos se montan en lados opuestos y se bloquean mecánicamente de manera que sea físicamente imposible para ambos cerrar al mismo tiempo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

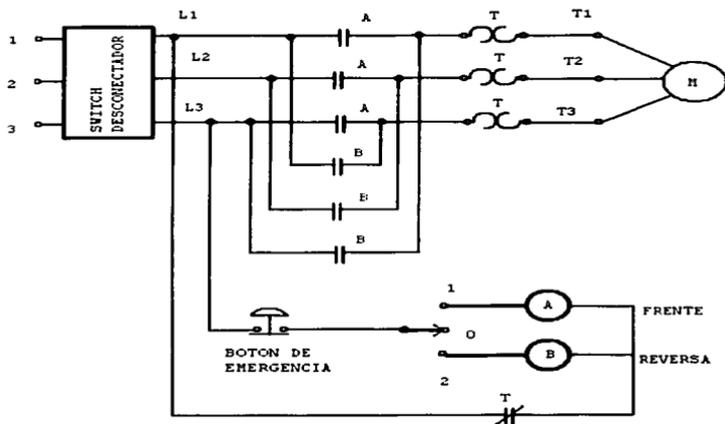


FIG. 5.5 DIAGRAMA PARA EL CAMBIO DE GIRO DE UN MOTOR.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 6

"CONCLUSIONES"

TESIS CON
FALTA DE CUBRIR

6.1 CONCLUSIONES

Como hemos visto, las instalaciones industriales son básicamente de dos tipos:

Instalación eléctrica para alumbrado e instalación eléctrica para fuerza, y en particular para motores eléctricos. Ahora sabemos que para poder describir los elementos de la instalación de un motor como son: alimentadores y circuitos derivados; es necesario tener en cuenta la corriente nominal y la corriente de arranque del motor. También se ha definido que la instalación eléctrica de los motores, no sólo involucra el tener que llevar la energía hasta ellos; también se requiere de medios de conexión y desconexión, así como el control de los mismos; dependiendo de la aplicación específica para la cual han sido seleccionados. Considerando lo antes mencionado, sabemos que es posible agrupar todos los dispositivos o elementos en un gabinete llamado centro de control para motores, el cual proporciona a la instalación eléctrica aspectos como; seguridad, flexibilidad, apariencia y economía; y también permite al usuario tener un mejor control y una buena organización.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

Libro: Equipos eléctricos modernos.
Autor: Ing. Jesús Garduño Fernández.
Editorial: Continental S.A. de México.

Libro: Protección de instalaciones eléctricas industriales.
Autor: Enriquez Harper.
Editorial: Limusa.

Libro: Instalaciones eléctricas industriales.
Autor: Pedro Camarena.
Editorial: Continental S.A. de México.

Libro: Instalaciones Eléctricas.
Autor: Gaudencio Zopetti.
Editorial: Gustavo Gili S.A.

Libro: 101 Esquemas de instalaciones industriales.
Autor: José Ramírez Vázquez.
Editorial: Ceac.

Libro: NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones Eléctricas (utilización).
Editorial: Alfaomega

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**