

117
21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“SISTEMA DE CONTROL POR PLC, PARA
MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS UTILIZADOS
EN DIVERSOS PROCESOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A N :
**DANIEL ALBERTO MORA LOPEZ
RAUL CASTILLO ESCAMILLA**

ASESOR: -ING. JUAN ANTONIO PRECIADO VALTIERRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION VARIA

COMPLETA LA INFORMACION



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



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

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

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

"Sistema de control por RLC para motores eléctricos trifásicos utilizados en diversos procesos"

que presenta el pasante: Daniel Alberto Mora López
con número de cuenta: 9256648-2 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Eléctrico

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

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Agosto de 1997

PRESIDENTE Ing. Javier Hernández Vega
VOCAL Ing. Aquiles Reyes Flores
SECRETARIO Ing. Juan Antonio Preciado V.
PRIMER SUPLENTE Ing. Ricardo Ramírez Verdeja
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Nicolás Calva Tapia



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES F. E. S. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

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

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

"Sistema de Control por PLC para motores eléctricos trifásicos utilizados en diversos procesos".

que presenta el pasante: Raúl Castillo Escamilla
con número de cuenta: 8938523-0 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

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

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de agosto de 1997

PRESENTE	<u>Ing. Javier Hernández Vega</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. Aquiles Reyes Flores</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Juan Antonio Preciado V.</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Ricardo Ramírez Verdeja</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Nicolás Calva Tapia</u>	<u>[Firma]</u>

A César y María Atalia ...

**Por darme la oportunidad de lograr un sueño
que desde pequeño he tenido; ser Ingeniero.**

**Por enseñarme que, solamente con fuerza y
preparación se alcanzan las cosas que uno desea.**

A César Alejandro y Juan Carlos ...

**Porque al existir la lucha de tratar de ser el
mejor, me motivó para lograr una de las victorias
más anheladas. Pero aún no termina.**

A Lilia ...

**Por haberme enseñado cosas tan hermosas;
apoyarme y ayudarme en los momentos difíciles.
Y siempre regalarme sus sonrisas.**

Daniel Alberto.

A Julia y Raúl...

**Gracias a su esfuerzo apoyo y cariño,
con el cual finque la base de este objetivo
en mi vida.**

Raúl

Índice

Página

Introducción

Capítulo 1

GENERALIDADES

1.1. Controladores.	1
1.1.1 Manuales.	1
1.1.2 Semiautomáticos	1
1.1.3 Automáticos.	1
1.2. Selección del Controlador.	2
1.2.1 Arranque.	2
1.2.2 Paro.	2
1.2.3 Inversión de la Rotación.	2
1.2.4 Marcha.	3
1.2.5 Control de la velocidad.	3
1.3. Contactores.	3
1.3.1 Contactores Manuales.	3
1.3.2 Contactores Magnéticos.	3
1.3.3 Contactor de corriente alterna	3
1.3.4 Características de los Contactores.	4
1.4. Dispositivos auxiliares de mando.	5
1.4.1 Estación de botones.	5
1.4.2 Interruptores de límite.	5
1.4.3 Interruptores de presión.	6
1.4.4 Interruptores de flotador.	7
1.4.5 Interruptores de flujo.	7
1.4.6 Interruptores de temperatura.	8
1.4.7 Interruptores de proximidad.	8
1.4.8 Control por medio de palanca selectora.	9

	Página
1.5. Dispositivos de protección y maniobra.	9
1.5.1 Relevadores térmicos.	9
1.5.2 Relevador térmico bimetalico.	9
1.5.3 Relevador térmico diferencial.	10
1.5.4 Relevador térmico aleación fusible.	10
1.5.5 Relevadores magnéticos.	11
1.5.6 Relevador magnetotérmico.	11
1.5.7 Interruptor termomagnético.	12

Capítulo 2

MOTORES DE TRIFÁSICOS DE C.A.

2.1 Introducción.	13
2.2 Construcción.	13
2.2.1 Estator.	13
2.2.2 Rotor.	14
2.2.3 Rotor Jaula de Ardilla.	14
2.2.4 Rotor Devanado.	15
2.2.5 Tapas.	16
2.3 Funcionamiento del motor trifásico de C.A.	16
2.4 Conexiones de los motores trifásicos de C.A.	16
2.5 Clasificación de los motores de C.A.	17
2.5.1 Clase A.	17
2.5.2 Clase B.	18
2.5.3 Clase C.	18
2.5.4 Clase D.	19
2.5.5 Clase F.	19
2.5.6 Curvas características deslizamiento-par	20
2.6 Características de los motores comerciales de inducción de Jaula de ardilla de acuerdo a la clasificación en letras NEMA.	20

Capítulo 3**MÉTODOS DE ARRANQUE Y FRENO**

3.1 Métodos de arranque.	21
3.2 Arranque a tensión plena.	22
3.3 Arranque a tensión reducida.	22
3.3.1 Arranque con resistencias primarias.	22
3.3.2 Arranque con reactancias.	23
3.3.3 Arranque con autotransformador.	24
3.3.4 Arranque estrella - delta.	24
3.3.5 Arranque con devanado partido.	25
3.4 Frenado de motores	27
3.4.1 Frenos mecánicos.	27
3.4.2 Frenos de balata.	27
3.4.3 Frenos de disco.	27
3.4.4 Frenado por contracorriente.	27
3.4.5 Frenado dinámico.	28

Capítulo 4**DIAGRAMAS DE CONTROL**

4.1 Diagramas	31
4.1.1 Diagrama de bloques	31
4.1.2 Diagrama unifilar	32
4.1.3 Diagrama de alambrado	32
4.1.4 Diagrama esquemático	33
4.2 Circuitos de control	33
4.2.1 Control de dos hilos	33
4.2.2 Control de tres hilos	34
4.3 Desarrollo de los diagramas de control	35

	Página
4.3.1 Ejemplo de un diagrama de control, para el arranque y paro de tres motores	38
4.4 Control de operación	39
4.4.1 Control común	39
4.4.2 Control a través de un transformador	40
4.4.3 Control separado	40
4.5 Símbolos y convenciones estándar para diagramas lineales	41

Capítulo 5

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC

5.1 Tecnologías de mando	43
5.2 Conceptos para el desarrollo de un automatismo	44
5.3 Aplicaciones del PLC	44
5.3.1 Maniobra de máquinas	45
5.3.2 Maniobra de instalaciones	45
5.3.3 Señalización de control	45
5.4 Ventajas en la utilización del PLC	45
5.5 Desventajas de utilizar PLC's	46
5.6 Definición de "Controlador Lógico Programable"	46
5.7 Sistema básico de control	47
5.8 Control de procesos	47
5.9 Componentes de un PLC	48
5.9.1 Hardware	48
5.9.2 Ejecución de una instrucción	51

	Página
5.9.3 Ejemplo de activación	52
5.9.4 Tipos de memoria de un PLC	54
5.9.5 Módulo E/S	55
5.9.6 Software	56
5.9.7 Sensores	57
5.9.8 Equipo programador	57

Capítulo 6

Programación de un PLC

6.1 Direccionamiento	59
6.2 Funciones	60
6.2.1 Función Y	60
6.2.2 Función O	62
6.2.3 Función NO	63
6.2.4 Temporizadores	65
6.2.5 Contadores	66
6.2.6 Banderas	66
6.3 Combinación de enlaces	67
6.4 Lenguaje de programación AWL (Lista de instrucciones)	68
6.5 Lenguaje de programación KOP (Diagrama de contactos)	69
6.5.1 Ejemplo de programación	71
6.6 Lenguaje de programación FUP (Diagrama de funciones)	72
6.6.1 Flip-flop	72
6.6.2 Controles secuenciales	73
6.6.3 Tipos de instrucciones en campo A)	74
6.6.4 Ejemplo de programación en FUP	75

Capítulo 7

CONTROL SEMIAUMÁTICO DE GRÚA VIAJERA

7.1 Descripción	77
7.2 Etapas de control	77
7.2.1 Control manual	77
7.2.2 Control automático avance-descarga	78
7.2.3 Control automático regreso	79
7.3 Condiciones para el circuito de control	79
7.4 Diagrama de bloques	83
7.5 Diagrama de flujo	84
7.6 Diagrama de escalera	85
7.8 Diagrama eléctrico	
Apéndice A. PLC FPC101B	99
Apéndice B. ALTVAR 66	100
Apéndice C. CORRIENTES ARMÓNICAS	105
Apéndice D. NORMAS DIN Y GRADOS DE PROTECCIÓN	108
Apéndice E. TABLAS DE PAR	110
Apéndice F. SÍMBOLOS ESTÁNDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES	135
CONCLUSIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	138

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los motores eléctricos de corriente alterna son los más utilizados en las instalaciones comerciales e industriales; por lo cual es necesario tener un control de sus funciones.

Existen diversos sistemas de control, de los cuales se debe elegir el que más convenga, acorde a los requerimientos del proceso. Algunos factores que ayudan en la selección del equipo y sistema, son la seguridad, tamaño, costo y sobre todo la eficiencia que este nos brinde.

La necesidad de contar con un mecanismo de automatización para los procesos de manufactura, sin que existan grandes cambios en la estructura física, que no tome una gran cantidad de tiempo en su implementación y que sustituya la lógica de relevadores, conduce al uso de los Controladores Lógicos Programables (PLC).

A diferencia de las unidades de control numérico, que se enfocan a controlar posición, los PLC's están diseñados para controlar secuencias, y a diferencias de las computadoras, el PLC resiste el ambiente industrial. Además, al no tener partes móviles, los problemas de mantenimiento se reducen, y gracias a la fuerte competencia que existe entre los proveedores de estos equipos provoca una rápida evolución en la tecnología de fabricación lo que implica que cada vez se vuelvan más fáciles de manejar.

Este trabajo presenta la estructura de los sistemas de control en los motores de C.A.; gobernados por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC).

A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos del presente trabajo :

Capítulo 1. Indica las características físicas y de funcionamiento del equipo que interviene en un sistema de control. Se mencionan varios tipos de sensores que existen, pero solamente se utilizarán algunos de ellos, en este trabajo.

Capítulo 2. Define los tipos de motores de corriente alterna; de acuerdo a su construcción y/o funcionamiento. Además señala la clasificación de acuerdo a las normas NEMA, tomando las características de par, corriente de arranque y deslizamiento.

Capítulo 3. Explica los factores que se deben considerar en el arranque de un motor, los métodos y tipos de arranque.

Capítulo 4. Describe el desarrollo de un diagrama de control, identificando cada una de sus partes y funcionamiento. Menciona también los diferentes sistemas de control de operación.

Ilustra gráficamente los símbolos y convenciones estándar para diagramas de control, según normas NEMA. Esto se hace para adentrarnos en lo que es el control eléctrico siguiendo la lógica de los relevadores.

Capítulo 5. Da una definición del Controlador Lógico Programable (PLC), su estructura y lógica de funcionamiento.

Capítulo 6. Presenta las diferentes formas de programar un PLC

Capítulo 7. Se plantea un control para una grúa viajera, en el cual se considera la secuencia y tiempos de los motores, diseñándose el programa para el Controlador Lógico Programable.

Apendices. En estos se hace referencia a algunos temas mencionados en el desarrollo de este trabajo, pero que no se estudian a fondo.

Por último son presentadas una serie de conclusiones derivadas de la etapa de pruebas y análisis del programa diseñado para el Controlador Lógico Programable.

GENERALIDADES

1.1 CONTROLADORES

Los motores eléctricos proporcionan una de las fuentes principales de energía para impulsar las modernas máquinas herramientas u otro tipo de equipo industrial. El motor ha llegado a relacionarse tan íntimamente con la impulsión de los elementos de las máquinas que, en la mayoría de los casos, se incluye como parte integral del diseño de ellas.

El término "Control del motor", en la comunicación moderna, se refiere al control de la velocidad, inversión de la rotación, métodos de aceleración y desaceleración y muchas otras funciones de los controladores del motor, que se agregan a los conceptos más antiguos de simplemente arrancar y parar los motores.

"Control del motor" es un término muy general, significa desde un simple interruptor de volquete hasta un complejo sistema con componentes tales como relevadores, controles de tiempo, interruptores y los ahora conocidos como CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC), que sustituyen o integran las funciones que desempeñan casi todos estos elementos.

Dependiendo de su operación se pueden clasificar en : Manuales, Semiautomáticos y Automáticos.

1.1.1 Manuales.

El elemento humano interviene durante la operación del motor.

1.1.2 Semiautomáticos.

El operador interviene para iniciar un cambio en la condición de operación; por ejemplo, pulsando un botón que permita se energicen contactores y relevadores para realizar una secuencia predeterminada.

1.1.3 Automáticos.

El controlador cambia por si solo su estado de operación, sin que intervenga el elemento humano. Uno de los más conocidos ejemplos es el sistema de bombeo, en donde se puede iniciar una secuencia al accionarse un interruptor flotador, dependiendo directamente de un nivel determinado de líquido.

Otros dispositivos empleados para controlar automáticamente un motor, pueden ser: interruptores de presión, de flujo, de límite, termostatos y en la actualidad con un PLC.

Los dispositivos de botón que se usan para poner en marcha y controlar motores son los elementos de control remoto y comúnmente se les conoce como controles automáticos; son convenientes y en ellos se evita que el operador cometa errores que redunden en perjuicios para el equipo.

Se habla de **CONTROL REMOTO** cuando se controla un motor desde un punto alejado. Muchas de las veces el centro de control se encuentra alejado del local donde están instalados los motores.

1.2 Selección del controlador

Algunos de los factores a considerarse respecto al controlador, al seleccionarlo e instalarlo, pueden ser como sigue:

1.2.1 Arranque.

Muchos de los motores pueden ser conectados directamente a la línea, pero para seguridad del operador y de la carga que están moviendo, el arranque debe hacerse lenta y gradualmente, no solo para proteger la máquina, sino que la oleada de corriente durante el arranque puede ser demasiado grande y puede ocasionar daños a la mecánica asociada.

1.2.2 Paro.

Cuando se desconecta un motor de su alimentación no se imprime una acción de freno, esta acción la debe aplicar el controlador según sea necesario. La parada rápida es función vital del controlador para casos de emergencia. El controlador retarda el movimiento centrífugo de las máquinas. Esto depende del tipo de freno utilizado ya que lo puede realizar un freno mecánico, un freno dinámico o un freno por contracorriente.

1.2.3 Inversión de la rotación.

La acción de inversión de rotación es un proceso importante en muchas aplicaciones industriales.

1.2.4 Marcha.

Las velocidades y características de operación deseadas, son función y propósito directo de los controladores. Estos protegen a los motores, operadores, máquinas y materiales.

1.2.5 Control de velocidad.

En muchos procesos industriales se necesita mantener velocidades muy precisas o bien variables dentro de ciertos rangos inferiores a las velocidades nominales.

1.3 Contactores.

Dispositivos para establecer o interrumpir repetidamente un circuito de energía eléctrica. Su operación puede ser manual o magnética.

1.3.1 Contactores manuales.

Son dispositivos muy sencillos de operar, por medio de una palanca se controlan todas las operaciones de conexión y desconexión.

1.3.2 Contactores magnéticos.

Son dispositivos accionados mediante un electroimán, que proporcionan un medio seguro y conveniente para cerrar y abrir circuitos. La diferencia principal entre un contactor y un arrancador para motor, es que el primero no contiene relevadores de sobrecarga. Los contactores se emplean para interrumpir, con dispositivos piloto de control, cargas tales como alumbrado, calefacción y para controlar motores de c-a, cuando la protección contra sobrecarga se instala separadamente.

El contactor magnético está formado básicamente por dos partes: una fija en forma de E en cuya parte central se instala una bobina, y una parte móvil llamada armadura. Cuando se aplica voltaje en las terminales de la bobina, la corriente que circula por ella produce un campo magnético el cual hace que la parte fija atraiga la armadura. Al moverse ésta, cierra o abre los contactos.

1.3.3 Contactor de corriente alterna.

El núcleo y la armadura de construcción laminada, cuya finalidad es la de evitar el calentamiento producido por las corrientes generadas al variar el flujo.

Instalándose en las extremidades del primero espiras de cobre en corto, con el objeto de suministrar al circuito magnético un flujo, cuando el producido por la bobina se hace cero. Esta situación se presenta en un tiempo mínimo, sin embargo, si no se dotara al núcleo de estas espiras llamadas de sombra, se producirían vibraciones que dañarían al contactor.

Además de los contactores principales a través de los cuales se alimentan los circuitos de fuerza, los contactores van provistos de otros llamados auxiliares o de control. De menor ampacidad que los primeros, se emplean en las operaciones de control o de señalización del aparato.

Estos contactos pueden estar abiertos o cerrados y en ocasiones dotados de elementos de retardo. En la figura 1.1 se ilustra un contactor de C.A.

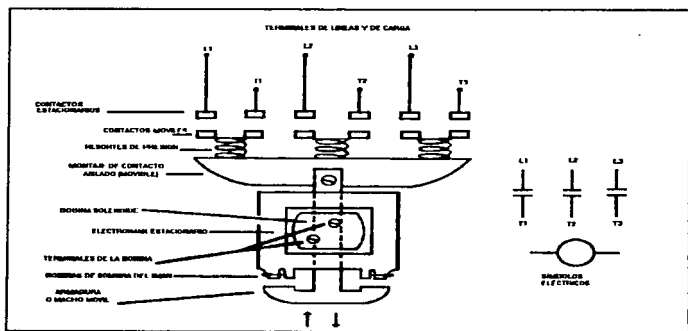


Fig. 1.1 Contactor de corriente alterna

1.3.4 Características de contactores

De acuerdo a la aplicación en la que se utilizarán contactores; se deben contemplar los siguientes puntos:

1. A causa del rango en medidas disponibles, se pueden usar pequeños contactores como dispositivos de control para controles largos mientras contactores grandes pueden controlar grandes cantidades de corriente donde la protección contra sobrecorriente es innecesaria o se puede conectar separada.

2. Contactores grandes pueden ser controlados por relevadores.
3. Un arrancador contiene relevadores de sobrecarga, un contactor no los tiene.
4. Conexiones paralelas para encendidos (on) y conexiones series para apagados (off).

1.4 Dispositivos auxiliares de mando.

Son llamados también dispositivos piloto o de mando, que accionados por un mecanismo proporcionan una señal eléctrica y son parte central en control de motores. Pueden ser accionados pulsando un botón con la mano o pie, por una presión de un líquido o gas, por el movimiento de una pieza de máquinas etc, se clasifican en: estación de botones e interruptores.

1.4.1 Estación de botones.

Es un dispositivo que proporciona el control de un motor al oprimir un botón. Usando más de uno de estos dispositivos, es posible controlar un motor desde tantos lugares como estaciones se conecten, a través del mismo controlador magnético. Los contactos de las estaciones de botones son usualmente para doble interrupción accionados por botones de plástico. Normalmente se proporcionan dos juegos de contactos, de manera que cuando se oprime el botón, se abre un juego y cierra el otro. Así conectando el juego de contactos indicado, se obtiene un sistema normalmente abierto o normalmente cerrado.

Pueden conectarse luces indicadoras montadas en la envolvente. Usualmente son de colores rojo y verde, indican si la línea se encuentra energizada, el motor funcionando, o señal de alarma.

1.4.2 Interruptores de límite.

Es un dispositivo de control que convierte el movimiento mecánico en una señal de control eléctrico. Su función principal es limitar el movimiento, usualmente interrumpiendo un circuito de control cuando el límite de su carrera haya sido cubierto. Los interruptores de límite pueden ser contacto momentáneo o contacto sostenido; en otras aplicaciones los interruptores pueden ser usados para arrancar, parar, invertir el movimiento, bajar o subir la velocidad o volver a repetir las operaciones de la máquina.

Los interruptores de límite son de los dispositivos más usados en los circuitos de control moderno de motores. Existen básicamente cuatro tipos de interruptores de límite:

- a) Normalmente abierto.
- b) Normalmente cerrado.
- c) Normalmente abierto, mantenido cerrado.
- d) Normalmente cerrado, mantenido abierto.

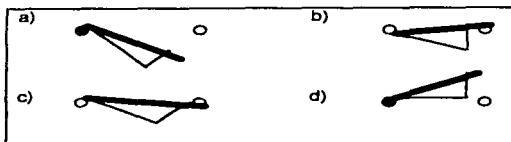


Fig. 1.2 Interruptores de límite

Existen diferentes interruptores de límite, y la diferencia entre ellos es básicamente el tipo de actuador para activar los contactos. Se pueden además realizar combinaciones entre estos tipos de interruptores de acuerdo a las necesidades que se tengan.

1.4.3 Interruptores de presión.

Son dispositivos de control que responde a la presión de un medio, como el agua, aceite, o cualquier otro fluido que se este utilizando. Tiene un juego de contactos que son operados por el movimiento de un pistón, fuelle o diafragma que a su vez actúan un juego de resortes. La presión en el resorte determina la presión a la cual el interruptor cierra y abre sus contactos. Se emplea por lo general en el control de bombas, compresores de aire, máquinas soldadoras, sistemas de lubricación y máquinas herramientas, etc.

Existen solamente dos tipos de interruptores de presión:

- a) Normalmente abierto
- b) Normalmente cerrado

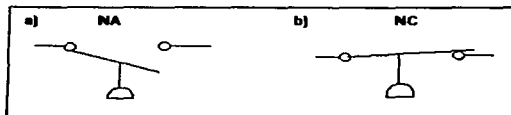


fig. 1.3 Interruptores de presión

Los interruptores de presión como ya se mencionó tiene una gran variedad de aplicaciones. Estas aplicaciones son detectar presiones altas, presiones bajas, diferencias de presión, y vacíos.

1.4.4 Interruptores de flotador.

Estos interruptores son utilizados cuando el motor de una bomba debe ser arrancado y parado de acuerdo a los cambios del nivel de agua (o cualquier otro fluido) de un tanque o depósito. Este es un dispositivo de control cuyos contactos son controlados por el movimiento de una vanilla o cadena y un contrapeso como un flotador. Para aplicaciones en tanques cerrados, el movimiento de un brazo flotador se transmite a través de un sello de fuelle al mecanismo de contacto. Su simbología es igual a la del interruptor de presión, es decir normalmente abierto y normalmente cerrado. También son llamados interruptores de nivel.

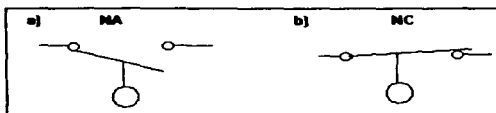


Fig. 1.4 Interruptores de flotador

1.4.5 Interruptores de flujo.

Los interruptores de flujo son usados en aplicaciones para indicar la presencia o ausencia de flujo. Este tipo de dispositivo piloto puede ser usado para detectar el flujo de agua, aire, y otros fluidos. Su simbología es la siguiente:

- a) Normalmente cerrado
- b) Normalmente abierto

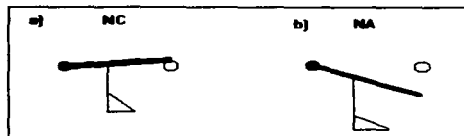


Fig. 1.5 Interruptor de flujo

1.4.6 Interruptor de temperatura.

El control de la temperatura es usado ampliamente en las aplicaciones de control industrial. Estos dispositivos básicamente son transductores, que reciben una señal térmica para convertirla en una señal de control, su funcionamiento es similar al de un termostato, o a los termistores que generan señales lógicas para poder utilizarlas. Su simbología es la siguiente:

- a) Normalmente cerrado
- b) Normalmente abierto

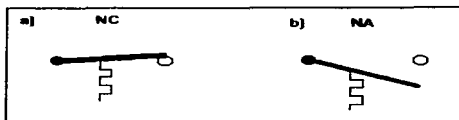


Fig. 1.6 Interruptor de temperatura

1.4.7 Interruptor de proximidad.

Los interruptores de proximidad son usados en una gran variedad de aplicaciones para sensar la presencia de partes y localizar cierres. Estas aplicaciones incluye sensar la presencia o ausencia de partes a altas velocidades. Los interruptores de proximidad son actualmente una amplia familia de interruptores que son utilizados como sensores en los sistemas de control industrial. Los interruptores de proximidad actualmente son usados en el control industrial para detectar movimientos de maquinaria y robots de trabajo. También son usadas para detectar partes en aplicaciones de automatización

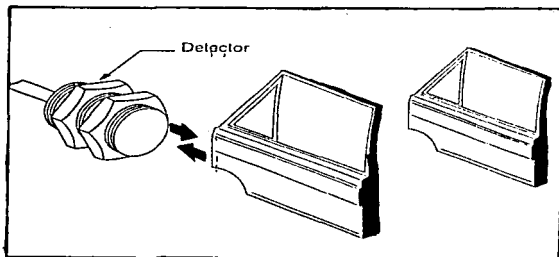


Fig. 1.7 Sensores de proximidad.

1.4.8 Control por medio de palanca selectora.

La función de este dispositivo es la de permitir al operador accionar de forma manual el circuito de control, o bien darle la oportunidad de que este actúe de forma automática.

1.5 Dispositivos de protección y maniobra

Son dispositivos cuya finalidad es proteger una carga, los aparatos de maniobra y la instalación en sí, contra posibles daños producidos por el paso de corrientes inadecuadas que pueden ser de origen mecánico, como bloqueos, sobrecargas momentáneas o prolongadas, excesivas puestas en marcha, etc, o de origen eléctrico, como sobretensiones, caídas de tensión, desequilibrio de fases, falta de alguna fase, cortocircuitos.

Todo circuito ya sea de potencia o de mando, debe protegerse contra posibles cortocircuitos con fusibles o interruptores termomagnéticos y de sobrecargas con relevadores, de tal forma que los equipos estén protegidos. Existen diferentes tipos de relés de sobrecarga, pero ordinariamente están formados por dos elementos: Una unidad sensora, conectada directamente a la línea de alimentación o indirectamente a ella, a través de transformadores de corriente y un mecanismo actuado por esa unidad que opera desconectando el motor de la fuente de alimentación.

Los relevadores de sobrecarga se construyen para disparo instantáneo o con características de tiempo inverso. En éstos últimos, una mayor intensidad de corriente origina un menor tiempo en el disparo.

Dependiendo de la tecnología en que basan su funcionamiento, los relevadores de sobrecarga se dividen en: térmicos, magnéticos y magnetotérmicos.

1.5.1 Relevadores térmicos.

En los relevadores térmicos, la elevación de temperatura causada por la corriente de sobrecarga, hace operar el mecanismo de disparo. Estos relevadores se construyen de diferentes tipos, entre los más usuales están los bimetálicos y los de aleación fusible.

1.5.2 Relevador térmico bimetálico.

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

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

Una vez que los relés térmicos hayan actuado, se rearmen en forma manual o en forma automática. El rearme manual debe emplearse siempre que se tengan circuitos de contacto permanente con presostatos, termostatos, interruptores de posición o elementos similares, con el objeto de evitar reconexiones automáticas al bajar nuevamente la temperatura del bimetal. En forma automática se emplea exclusivamente en casos en que se usan pulsadores para la maniobra, de manera que la reconexión del contactor solo podrá realizarse accionado nuevamente el pulsador.

1.5.3 Relevador térmico diferencial.

En un sistema trifásico, cuando falla una fase o hay desequilibrio apreciable en la red, el motor seguirá funcionando, pero con el peligro de que se quemen las bobinas por circular corrientes superiores a la nominal por las otras dos fases. En este caso la protección del relé térmico, aunque esté bien elegido y regulado, no es suficiente, por lo que es necesario recurrir a un dispositivo denominado relé térmico diferencial.

Su funcionamiento se basa en la diferencia de curvatura, de los tres bimetales en un relé térmico normal al fallar una fase, para lo cual se emplean dos regletas que detectan esa diferencia de curvatura de los bimetales y actúan sobre los contactos auxiliares del relé, interrumpiendo el circuito de mando. La desconexión será más rápida, cuanto mayor diferencia de curvatura exista entre los bimetales.

1.5.4 Relevador térmico aleación fusible.

Formado por un bloque portaelemento, un juego de contactos normalmente cerrado, un mecanismo de disparo y un botón de restablecer. En el relevador de sobrecarga se monta el protector de sobrecarga que se conecta en serie a la línea, mientras que los contactos son alambrados en serie con la bobina del contactor.

Bajo condiciones de sobrecarga se calientan los elementos térmicos ocasionando se funda la soldadura especial de aleación fusible, alojada en el centro del mismo, ésto hace girar libremente la rueda dentada y operar el mecanismo de disparo, abriendo en este momento sus contactos que desenergizan la bobina del contactor y a su vez desconectan al motor de la línea, se dice que el relevador se ha disparado.

Para restablecerlo se espera unos minutos, se retira la causa de la sobrecarga y se opera manualmente el botón restablecer.

1.5.5 Relevadores magnéticos.

Al igual que los relés térmicos, son dispositivos destinados a proteger los motores contra posibles sobrecargas.

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

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

Unidos a la armadura están los contactos del circuito de mando, dando lugar, por tanto, a la apertura del circuito cuando la armadura se mueve. Al interrumpirse el circuito de alimentación, el relé vuelve a su posición de reposo por acción del muelle.

El relé magnético diferencial es una modalidad del anterior. Se llama así porque en realidad actúa en función de la diferencia de corrientes entre fases, la cual se presentará siempre que existan fugas a tierra en cualesquiera de las fases.

Este relé dispone de un circuito magnético en forma toroidal, sobre el que se bobinan en el mismo sentido los conductores de las tres fases, en condiciones normales la suma geométrica de las corrientes de las fases es nula no hay flujo restante. Solamente cuando se presenta una corriente de falla a tierra, y ésta alcanza un valor de sensibilidad el aparato, se producirá un flujo restante. Este flujo induce en la bobina una corriente que anula el efecto del imán, y hace que se abra un contacto; desenergizando el circuito de mando, por consiguiente el circuito total.

1.5.6 Relevador magnetotérmico.

Al igual que los relés térmicos, son dispositivos destinados a proteger los motores contra posibles sobrecargas.

Está conformado por un núcleo horizontal, sobre el cual se han bobinado dos arrollamientos de alambre: un primario por el que circula la corriente de control, y un secundario, cuyos extremos están unidos a un bimetal.

Cuando la corriente a controlar pasa por el bobinado primario, crea un campo magnético que, por una parte, tiende a traer una lámina flexible hacia el núcleo, y por otra induce hacia el secundario una corriente que la recorre y calienta el bimetal.

El relé tiene dos modalidades para actuar, una que es por disparo diferido (por acción del térmico), si la corriente sobrepasa el valor ajustado el bimetálico se calienta y se deforma, dejando libre, después de cierto tiempo, un tope (unido a la lámina que bloquea el bimetálico). La unión tope lámina se flexiona, y una palanca actúa sobre el eje de transmisión provocando la apertura de un contacto colocado en el interior de una cámara. El rearme se puede realizar solamente cuando el bimetálico se enfría suficientemente.

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

1.5.7 Interruptor termomagnético.

Para la protección de las corrientes de cortocircuito, el dispositivo más versátil es el interruptor termomagnético, dispositivo eléctrico cuyas funciones principales son las de cierre y apertura de un circuito eléctrico, así como protección contra sobrecorrientes (corrientes de sobrecarga y corriente de cortocircuito). Se utiliza para proteger sistemas de distribución de energía y motores.

MOTORES TRIFÁSICOS DE C.A.

2.1 Introducción

El motor eléctrico comúnmente utilizado es el de inducción trifásico, considerado como el caballo de batalla en la industria.

Decimos que es un motor de excitación doble, debido a que se aplica corriente alterna polifásica a su estator por lo tanto, se induce un voltaje de corriente alterna de frecuencia variable en su rotor.

El voltaje que se aplica en la armadura de estator es un voltaje de excitación de frecuencia constante y potencial constante.

De los dos tipos que existen, el de jaula de ardilla es el de construcción más simple. No cuenta con conmutador, ni anillos rozantes, ni contactos móviles entre el rotor y el estator. Esta máquina está constituida por un rotor y un estator, el rotor se encuentra montado sobre baleros y separado del estator por un entrehierro.

Una de las grandes ventajas es su desempeño libre de mantenimiento, sus aplicaciones a lugares aislados y su buen trabajo en lugares con polvo y materiales abrasivos.

2.2 Construcción

Estos motores se caracterizan por recibir tres voltajes, con un desfaseamiento entre cada uno de 120° , generalmente se les construye para diversas tensiones y capacidades en caballos de fuerza.

2.2.1 Estator

La armadura del estator es idéntica a la de la máquina síncrona de corriente alterna. En general el estator consiste en un núcleo formado por laminaciones que contienen conductores ubicados en ranuras. Estos conectores se interconectan en forma determinada y constituyen así el devanado de la armadura, empleándose devanados ímbricos, o imbricados, debido a que se necesitan conexiones extremas más cortas, o puentes, entre las bobinas.

Tanto los devanados ondulados como los ímbricos producen el mismo voltaje para el mismo número de bobinas.

construir una máquina trifásica, el constructor desplaza las tres fases entre sí, cada una de las ranuras contiene dos lados de espira. Se le conoce como doble capa.

El estator alberga al devanado de la armadura o carga, la armadura de esta máquina tiene un devanado que se distribuye alrededor de su periferia y se compone de conductores ubicados dentro de la ranura, los cuales cubren la superficie completa de la armadura y están conectados de una manera predeterminada

2.2.2 Rotor.

El rotor se encuentra montado sobre baleros y separado del estator por un entrehierro.

El núcleo del rotor es un cilindro de acero laminado en el cual se vacían o se devanan los conductores de cobre en forma total, o aproximadamente paralela al eje longitudinal en ranuras o agujeros en el núcleo.

Los conductores no necesitan aislarse del núcleo, porque las corrientes que se inducen siguen la trayectoria de resistencia mínima, es decir circulará por estos.

El rotor de la máquina de inducción es de forma cilíndrica y contiene :

1. Barras conductoras en cortocircuito en ambos extremos, como en una máquina tipo jaula.
2. Un devanado polifásico con terminales salientes hacia los anillos contactores para conexiones externas, como es en la máquina de rotor devanado.

Las espiras de un rotor devanado son parecidas a las del estator. En algunas ocasiones al tipo jaula de ardilla se le denomina máquina sin escobillas, y la máquina de rotor devanado conocida como de anillos contactores o rozantes.

2.2.3 Rotor Jaula de Ardilla.

Los conductores están conectados en corto circuito en ambos extremos mediante anillos continuos. En los rotores más grandes, los anillos se sueldan con los conductores, en lugar de ser vaciados.

Las barras de rotor de jaula de ardilla no siempre son paralelas a la longitud axial del rotor. Pueden estar desviadas cierto ángulo con el eje del rotor, evitando los saltos y produciendo un par más uniforme, así como para reducir el "zumbido" magnético durante el funcionamiento.

2.2.4 Rotor Devanado.

Se fabrican con conductores de cobre, en general aislados del núcleo de hierro y se conectan en estrella en las máquinas trifásicas. Cada extremo del devanado de fase se saca a anillos rozantes que están aislados del eje del rotor.

En general, una resistencia variable balanceada trifásica se conecta a las escobillas de los anillos rozantes con el fin de hacer variar la resistencia total del rotor por fase.

Los motores de rotor devanado tienen un costo inicial muy alto y mayores costos de mantenimiento, por esta razón solo se usan en aplicaciones donde :

1. Se necesitan altos pares de arranque.
2. Se desea controlar la velocidad.
3. Se introducen voltajes externos al rotor, ya sea de corriente directa o de corriente alterna, para lograr una máquina universal o una de concatenación.

La figura 2.1 y 2.2 ilustran los dos tipos de rotores mencionados.

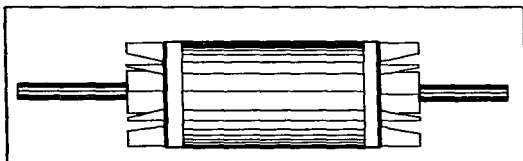


Fig. 2.1 Rotor jaula de ardilla



Fig. 2.2 Rotor devanado

2.2.5 Tapas

Las dos tapas se afianzan firmemente al estator mediante pernos, cada tapa posee una cavidad en su centro donde van alojados los cojinetes que sostienen al eje del rotor.

2.3 Funcionamiento del motor trifásico.

El bobinado alojado dentro de las ranuras del estator se caracteriza por estar formado por tres arrollamientos independientes entre sí, y que corresponden respectivamente a las fases A, B, C. Estos arrollamientos, están dispuestos de tal forma que se pueden conectar para diferentes voltajes de operación.

Al conectarse a una red trifásica ya sea a 220 volts ó 440 volts a dichos arrollamientos, forman un campo magnético giratorio que obligan al rotor a girar a determinada velocidad.

2.4 Conexiones de los motores trifásicos.

Los motores trifásicos de inducción poseen en la parte superior de su carcasa una caja de conexiones en la cual se encuentran alojados generalmente 9 terminales numeradas del 1 al 9 y las terminales 10,11 y 12, se encuentran conectados en el interior del embobinado.

Aunque también existen motores que en la caja de conexiones traen 12 terminales numeradas del 1 al 12 con lo cual en estos casos podemos conectar a estos motores en delta-serie o delta-paralelo. Aunque lo más usual son motores de inducción que en la caja de conexiones tengan 9 terminales.

Existen 4 tipos de conexiones esenciales :

- a) **Conexión estrella-serie:** Se le conoce como tensión mayor y se utiliza cuando el usuario requiere conectar el motor a una red de alimentación trifásica de 440 volts.
- b) **Conexión estrella-paralelo:** Se le conoce como tensión menor. Se realiza cuando el usuario requiere conectar su motor a una red de alimentación trifásica de 220 volts.
- c) **Delta-serie:** Para realizar esta conexión se requieren de las 12 terminales y se utiliza para alimentar a un motor trifásico a tensión mayor.
- d) **Conexión Delta-paralelo:** Se utiliza para alimentar a un motor trifásico a tensión menor. Se requieren también de las 12 terminales

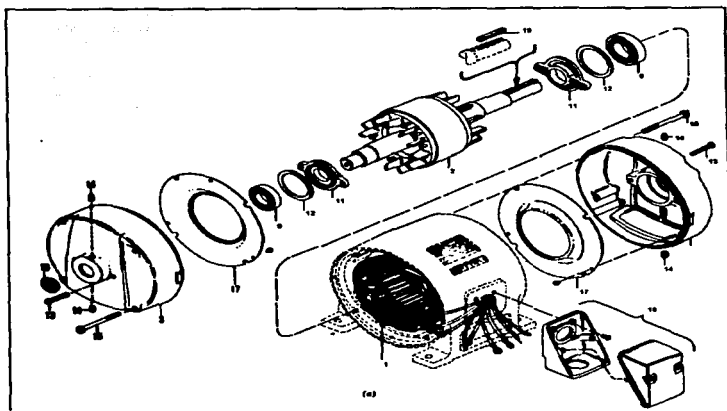


Fig. 2.3 Motor jaula de ardilla.

2.5 Clasificación de los motores de C.A.

Para distinguir entre los diversos tipos disponibles, la National Electric Manufacturates Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en el cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra.

2.5.1 Clase A:

El motor de clase A es un motor de inducción de jaula de ardilla normal o estándar, fabricado para uso a velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras, para una buena capacidad de disipación de calor, y barras con ranuras bastante hondas en el rotor.

Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de marcha, esta densidad se distribuye con bastante uniformidad.

Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactividad al arranque, con lo cual se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal. El par de arranque relativamente alto y la baja resistencia del rotor producen una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal.

Un motor normal comercial de inducción de jaula de ardilla, clase A, tiene la mejor regulación de velocidad, entre 2 y 4 %. Pero desafortunadamente su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con la línea, en especial en los tamaños grandes. Sin embargo, en tamaños menores de 5 HP, no produce efectos demasiado grandes de corriente que sean indeseables.

Sus aplicaciones son generales: bombas centrífugas, ventiladores, grupo motor-generador.

2.5.2 Clase B:

A los motores de inducción de jaula de ardilla clase B se les llama a veces motores de propósito general. Su curva de deslizamiento-par se asemeja bastante a la del motor de clase A. Las ranuras de su rotor están embebidas algo más profundamente que en los normales clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y marcha del rotor. El aumento de reactancia en el arranque reduce un poco el par de arranque, pero reduce también la corriente de arranque.

También se emplea un valor ligeramente más bajo de excitación de campo en este motor, para producir la menor corriente de arranque y la curva característica deslizamiento-par. Las corrientes de arranque varían entre 4.5 y 5 veces la corriente nominal. En los tamaños mayores de 5 HP, se sigue empleando arranque a voltaje reducido con estos motores. Debido a su corriente de arranque algo menor y a sus características casi equivalentes, los motores clase B se prefieren en general sobre los de clase A para tamaños mayores.

La mayor parte de los motores de inducción de jaula de ardilla que se fabrican pertenecen a la clase B. Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramienta y los sopladores.

2.5.3 Clase C:

Estos motores tienen un rotor de doble jaula, el cual desarrolla un alto par de arranque, entre 2 y 2.5 veces el par nominal en comparación con las clases A y B, y una menor corriente de arranque, de 3.5 a 5 veces la corriente nominal. Debido a su alto par de arranque acelera rápidamente.

Sin embargo, cuando se emplea con cargas de alta inercia, pesadas se limita la disipación térmica del motor porque la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor puede tener tendencia a sobrecarga. Se adecúa mejor a grandes cargas repentinas, pero de tipo de baja inercia. La curva característica de esta clase de motor, muestra que continúa desarrollando par mayor a desplazamientos mayores hasta llegar al par máximo con rotor parado. Sin embargo, la regulación de velocidad de los motores clase C es menos buena que la de las clases A y B.

Las aplicaciones de los motores clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque, como en bombas, máquinas trituradoras, transportadores y compresores de pistón.

2.5.4 Clase D:

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia. Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor al arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores. El par de arranque de estos motores se acerca a 3 veces el par nominal, dependiendo del diseño.

Este motor está diseñado para servicio pesado de arranque. Pero, como el motor de inducción clase C, tampoco se lo recomienda para arranques frecuentes debido a su pequeña sección transversal y a su deficiente capacidad de disipación de calor. Encuentra su mejor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan del alto par con aplicación de carga repentina. La regulación de velocidad de esta clase de motores es la peor entre todas las clases.

2.5.5 Clase F:

A esta clase de motores se la conoce como motores de doble jaula y bajo par. Están diseñados principalmente como motores de baja corriente de arranque, porque necesita la menor corriente de arranque de todas las clases. Esta clase F de motores comerciales de inducción de jaula de ardilla tiene una resistencia muy alta del rotor tanto en su devanado de arranque como en el de marcha y tiende a aumentar la impedancia de arranque y de marcha, y a reducir la corriente de arranque y de marcha.

El motor clase F se diseñó para reemplazar al motor clase B. El motor clase F produce pares de arranque aproximadamente 1,25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque, de 2 a 4 veces la nominal.

Los motores de esta clase se fabrican en general en tamaños mayores de 25 HP para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de velocidad que los de la clase B, baja capacidad de sobrecarga y en general baja eficiencia de funcionamiento. Sin embargo, cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para voltaje reducido, aun en los tamaños grandes

2.5.6 Curvas deslizamiento-par de los motores jaula de ardilla

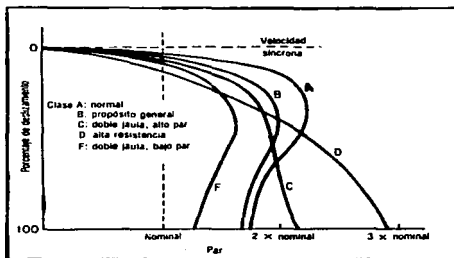


Fig. 2.4 Curvas características deslizamiento-par de motores jaula de ardilla normas NEMA.

2.6 Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

Clase NEMA	Par de arranque (Núm de veces al nominal)	Corriente de arranque (Núm de veces al nominal)	Regulación de velocidad (por ciento)	Nombre de clase del motor
A	1.5 - 1.75	5 - 7	2 - 4	Normal
B	1.4 - 1.6	4.5 - 5	3 - 5	De propósito general
C	2 - 2.5	3.5 - 5	4 - 5	De doble jaula, alto par
D	2.5 - 3.0	3 - 8	5 - 8, 8 - 13	De alto par, alta resistencia
F	1.25	2 - 4	Mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque

MÉTODOS DE ARRANQUE Y PARO.

3.1 Métodos de arranque.

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estático, que permite su conexión directa a la red, sin el peligro de destruir sus devanados. La corriente demandada si bien no perjudica al motor, si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación, tanto por su intensidad como por el bajo factor de potencia con que es absorbida.

Esta situación y el hecho de que el par pueda no ser el deseado en la carga accionada, trae como consecuencia, el empleo de métodos de arranque, en los cuales la conexión del motor ya no se hace de manera directa, sino a través de resistencias, reactancias, autotransformadores, etc. que constituyen los métodos de arranque a tensión reducida, sobre todo en máquinas de 10 H.P y mayores.

Existen varios factores que se deben considerar respecto al equipo de arranque para una instalación eléctrica impulsora accionada por un motor en jaula de ardilla. Los más importantes de aquéllos son :

1. Los requisitos de torque y arranque de la carga.
2. Las características del motor que se ajustarán más a estos requisitos.
3. La fuente de energía y el efecto que la corriente de arranque del motor tendrá en el voltaje de la línea.
4. El efecto del torque de arranque del motor en la carga impulsada

Los motores en jaula de ardilla, a causa de su sencillez, fortaleza y confiabilidad, prácticamente se han convertido en el tipo estándar aceptado para las aplicaciones de corriente alterna, como motor para toda clase de propósitos, para velocidad constante.

En algunos casos funcionan alimentados de líneas de energía industriales o locales; en otras ocasiones, de sistemas de distribución, altamente desarrolladas, de luz y fuerza.

Esencialmente el tipo de arranque depende de:

- a) Corriente permitida al arranque.
- b) Necesidades del par al arranque.

Y se puede agregar el tiempo de aceleración.

Así como existen métodos de arranque a tensión reducida, también los hay a tensión plena.

3.2 Arranque a tensión plena

El método de arranque más sencillo para el motor polifásico de inducción en jaula de ardilla, es conectando la máquina directamente a la línea. Para esto se pueden emplear dispositivos de arranque manuales o magnéticos. Estos son empleados cuando la corriente demandada, no produce perturbaciones en la red y cuando la carga puede soportar el par de arranque.

La figura 3.1 muestra el diagrama lineal de un arrancador a tensión plena magnética de un motor tipo jaula de ardilla trifásico.

El cierre de los contactos, es realizado mediante la energización de una bobina, lo cual puede hacerse con una estación de botones de contacto momentáneo o con algún dispositivo piloto, como interruptores de límite, de flotador, termostatos, etc..

Notese la protección contra cortocircuito, dada por los fusibles y contra sobrecarga dada por el relevador de sobrecarga.

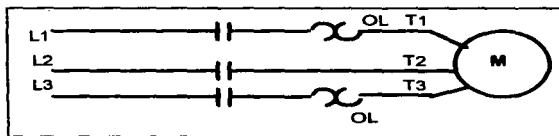


Fig. 3.1 Arranque a tensión plena

3.3 Arranque a tensión reducida.

Existen varias formas o métodos para lograr esta manera de arranque, que consiste en disminuir la corriente de arranque demandada por el motor, o bien, acelerar suavemente la carga, ésto es disminuir el par:

3.3.1 Arranque con Resistencias Primarias.

En este método el motor se conecta a la línea a través de un grupo o banco de resistencias, produciendo una caída de tensión en ellas. Esta caída disminuye la tensión aplicada a las terminales del motor reduciendo la corriente y el par durante el arranque.

Una vez que el motor alcanza una velocidad superior al 70% de la nominal, se desconectan las resistencias, dejando el motor funcionando con la tensión plena de alimentación.

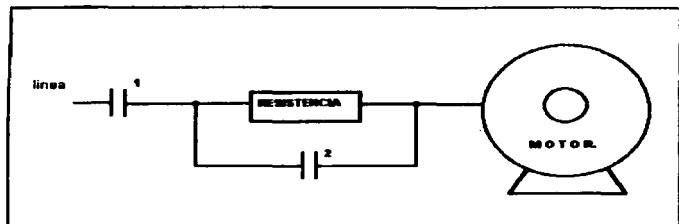


Fig. 3.2 Arranque con resistencias primarias

Existen arrancadores en los cuales se utilizan resistencias fijas que consisten en alambre de resistencia enrollado alrededor de bases de porcelana y ahogado en cemento refractario.

La operación del arranque se reduce a la conexión de las resistencias durante el período de arranque, desconectándolas al acelerarse el motor.

3.3.2 Arranque con Reactancias.

Consiste en conectar el motor a la línea a través de reactores colocados en cada una de las fases, es raramente empleado. El par en el arranque es muy bajo, además el empleo de reactores disminuye el factor de potencia durante la operación de arranque, estas características que desfavorecen el funcionamiento del motor y su alto costo, hacen que el tipo de arranque por medio de resistencias sea preferido en lugar de este.

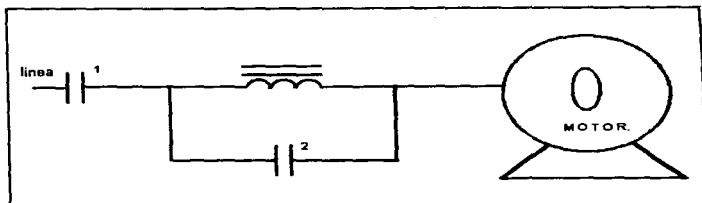


Fig. 3.3 Arranque por reactancias.

3.3.3 Arranque con autotransformador.

También conocido como Compensador, tiene los mismos propósitos que los arrancadores con resistencias y reactores, a pesar de su alto costo es muy preferido en la industria.

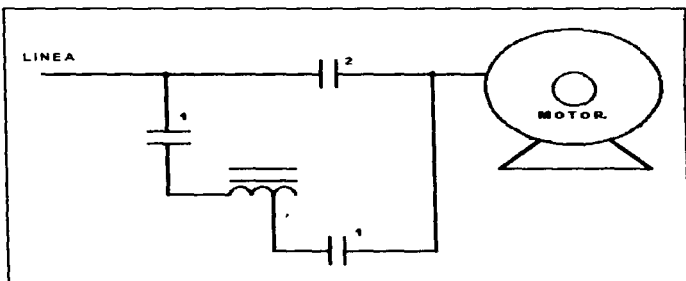


Fig. 3.4 Arranque con autotransformador

3.2.4. Arranque Estrella- Delta.

Consiste en conectar los devanados del motor en estrella durante el arranque y luego pasarlos a conexión delta al terminar de acelerarse la máquina.

Evidentemente este método es realizable en motores que funcionan normalmente con conexión delta.

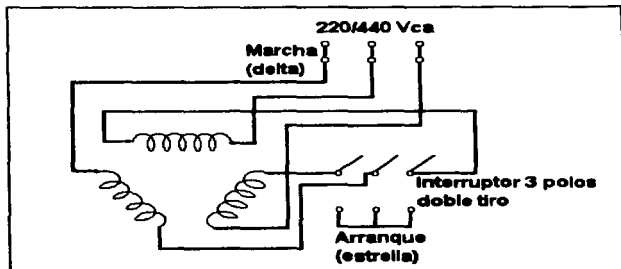


Fig. 3.5 Arranque estrella/delta

3.3.5 Arranque con Devanado Partido.

La mayor parte de las veces los motores trifásicos jaula de ardilla, son construidos para operar a dos tensiones, un ejemplo sería un motor de 25 H.P. que puede trabajar en tensión baja de 220 volts y en tensión alta de 440 volts.

En estos casos los embobinados del estator son dos secciones idénticas. Cuando estas dos secciones son dos estrellas, se conectan en paralelo durante la operación del motor.

Este tipo de arranque se emplea para limitar la corriente y el par de arranque.

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

Este tipo de arranque se puede realizar también en motores conectados en delta, siempre y cuando ninguna de las terminales de la conexión se abra durante la operación.

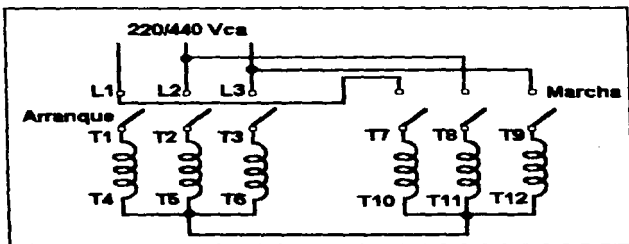


Fig. 3.6 Arranque devanado partido

A continuación en la Tabla 3.1 se observan los diferentes valores que pueden tener la corriente, el voltaje y el par durante el arranque en los diferentes tipos que existen en los motores tipo jaula de ardilla.

Tipo de arranque	% tensión en el motor	% corriente en el motor	% corriente en la línea	% par	Ventajas desventajas
Tensión plena	100	100	100	100	Máximo par de arranque. Relativamente simple. La corriente demandada puede ocasionar disturbios en la red.
Resistencias	80 65 50	80 65 50	80 65 50	64 42 25	Disponibilidad de varios pasos para un arranque suave. Transición en circuito cerrado. Bajo par de arranque por amper desahogado.
Reactancias	80 65 50	80 65 50	80 65 50	64 42 25	De menor tamaño que el de resistencias para potencias elevadas. Transición cerrada. Volumen en rangos pequeños de potencia. Bajo factor de potencia en el arranque.
Auto transformador	80 65 50	80 65 50	64 42 25	64 42 25	Mejor par por amper desahogado. En algunos modelos magnéticos y en los manuales, de transición asistida.
Estrato-delta	100	33	33	33	Año par de arranque/amp. Aunque este es relativamente bajo. No necesita equipo extra para reducir la corriente. En algunos modelos, transición abierta.
Devanado partido (2 pasos)	100 100	70 55	70 55	50 50	El tipo más barato. Transición cerrada. El tiempo de arranque es limitado. Requiere protección en cada punta del motor.

Tabla 3.1 Arranque de los motores tipo jaula de ardilla

3.4 Frenado de motores.

En los casos más comunes donde se requiere y aplica un método de frenado son: los elevadores, montacargas, gruas, máquinas herramientas, impresoras, transportadoras, etc., Aplicaciones en las cuales la necesidad de disponer de controladores que permitan la parada del motor suave y lo más rápido posible después de su desconexión de la red de alimentación.

3.4.1 Frenos mecánicos.

Conocidos como de fricción o magnéticos pueden ser de dos tipos:

1. de balata.
2. de disco.

3.4.2 Frenos de balata.

Formados por un par de éstas, que presionan, debido a la acción de un juego de resortes a una rueda que se monta en la flecha del motor. Dotados de una bobina o solenoide la cual al ser excitada, abre las balatas, permitiendo el movimiento de la rueda. Algunos frenos de balatas van provistos de un motorcito, el cual acciona un mecanismo que libera el freno.

3.4.3 Frenos de Disco.

Su operación consiste en la liberación por una bobina de la presión de un resorte, aplicada sobre los lados de un disco o discos que actúan sobre la flecha del motor.

Las puntas de las bobinas de estos frenos mecánicos se conectan directamente a las terminales del motor.

Los frenos mecánicos accionados electromagnéticamente suelen emplearse en combinación con el frenado eléctrico.

3.4.4 Frenado por contracorriente.

Conocido como por Inversión de Fases, consiste en intercambiar dos fases de la alimentación del motor, con el objeto de desarrollar un par contrario al giro de la máquina; es necesaria la desconexión del motor al alcanzar la velocidad cero ya que de no ser así el motor seguiría girando, pero en sentido inverso; se puede utilizar un relevador de velocidad cero para que sea automático.

Un aspecto muy importante que se debe considerar al seleccionar este tipo de frenado, es la generación del calor en el motor que es a veces el doble o el triple de la correspondiente al arranque.

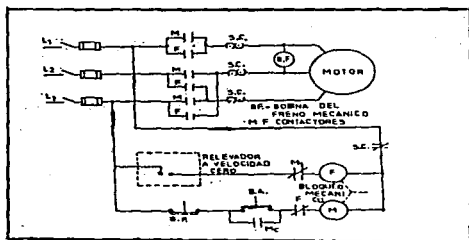


Fig. 3.7 Diagrama simplificado de un arrancador a tensión plena de un motor en jaula provisto de frenado por inversión de fases y mecánico.

Cuando se pulsa el botón de arranque, se energiza la bobina del contactor M, el cual cierra sus contactos M en el circuito de carga y Mc de enclave en el circuito de control. También se abre el contacto M1, el cual impide que la bobina F se energice, ya que al comenzar a girar el motor, el relevador de velocidad cero o contacto centrifugo, se cierra. Para parar basta pulsar el botón de paro, desexcitando la bobina M, regresando todos los contactos M a su posición original. Cuando se cierra M1, se energiza la bobina del contactor F que al cerrar sus contactos F, cambia dos fases de la alimentación del motor, produciéndose un par que se opone al del trabajo normal. Cuando el motor se detiene el contacto de relevador de velocidad cero se abre interrumpiendo el circuito que alimenta la bobina F.

La bobina del freno mecánico se encuentra conectada en las terminales del motor; así al energizarse abre las zapatas, permitiendo el movimiento de la flecha del motor, que se encuentra aprisionada por éstas.

3.4.5 Frenado dinámico.

Este tipo de frenado puede obtenerse si durante la rotación del motor se desconecta el estator de la red de corriente trifásica y se suministra a su devanado corriente continua.

Formandose un campo inmóvil en el estator, el cual al ser cortado por los devanados del rotor, induce en éstos corrientes que al circular por ellos, transforman la energía de rotación en calor (I^2R). Estas corrientes interactúan con el campo que las produjo, creando un par que se opone al del motor.

Este tipo de frenado utilizado en motores con rotor en jaula o con rotor de anillos rozantes emplea usualmente, las siguientes conexiones en el estator

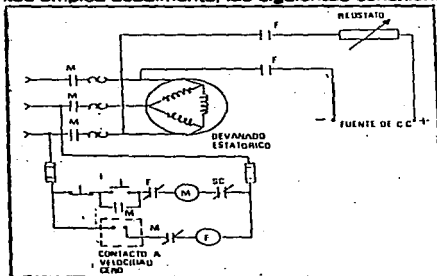


Fig. 2.8 Conexiones de Frenado Dinámico de motor con rotor en jaula o con rotor devanado, y diagrama lineal de un arrancador para un motor jaula de ardilla con frenado dinámico.

La resistencia R, permite ajustar la corriente continua, con la que se excita el estator y de esta manera ajustar el tiempo de frenado.

Cuando se pulsa el botón de arranque, se energiza la bobina del contactor M, operan conectando el motor a la línea, manteniendo el enclave en el circuito de control e impidiendo que la bobina F se energice, esto, con un contacto normalmente cerrado que se conecta en serie con F.

Cuando se pulsa el botón de paro, la bobina M se desenergiza y el motor se desconecta de la red. El contacto M en serie con F, regresa a su posición original, esto es, cierra y como el contacto de velocidad cero está cerrado, se energiza la bobina del contactor F. Al operar F. Conecta a los bornes del estator de la máquina, la tensión continua produciéndose el frenado. En el instante en que la máquina se detiene, el contacto centrífugo se abre, se desconecta el circuito de freno.

Capítulo 4

DIAGRAMAS DE CONTROL

4.1 Diagramas

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, pudiendo tomar diferentes formas para resolver distintos tipos de necesidades.

Los diagramas de control eléctrico indican cualquier tipo de operación en los motores, como el arranque y el paro en forma manual, hasta secuencias de operación complejas que enlacen coordinadamente la operación de un grupo de máquinas.

En general, cualquier sistema de control se puede representar para su desarrollo y fácil comprensión por cuatro tipos de diagramas:

4.1.1 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 corriente o flujo de potencia. Como se indica en la fig. 4.1

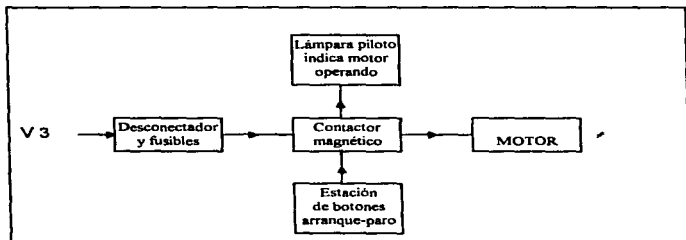


Fig. 4.1 Arranque de un motor por medio de arrancador y estación de botones de arranque-paro.

4.1.2 Diagrama unifilar:

Es similar a un diagrama de bloques, sólo que en lugar de representar a las componentes por un bloque con su descripción, se hace uso de los símbolos de cada componente.

El fin de este diagrama es que se tenga una idea de sus componentes, de manera que se obtenga más información con el diagrama unifilar que con un diagrama de bloques.

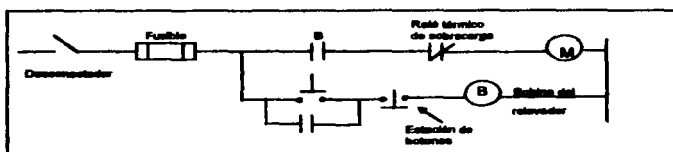


Fig. 4.2 Diagrama unifilar, para el arranque de un motor de inducción tipo jaula de ardilla.

4.1.3 Diagrama de alambrado:

En un diagrama de alambrado se muestra la conexión entre las componentes de un circuito, tomando en consideración el número de conductores que usa y su color, además se considera la posición física de las terminales.

Este tipo de diagramas es muy útil para la instalación del equipo y para mantenimiento, ya que se localizan con mayor facilidad las averías o fallas, por lo que se recomiendan en construcción.

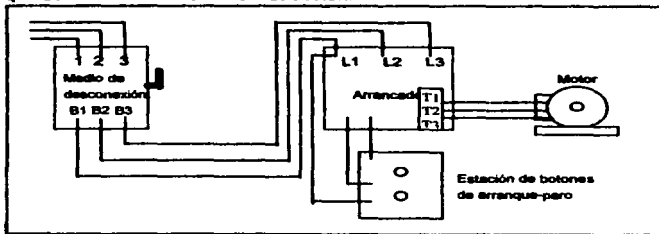


Fig. 4.3 Diagrama de alambrado de una combinación de arrancador

4.1.4 Diagrama esquemático:

El diagrama esquemático es una variante entre el diagrama unifilar y el diagrama de alambreado, ya que muestra todas las conexiones eléctricas entre los componentes, sin que se ponga interés en la localización física de sus componentes o al arreglo de sus terminales, con este tipo de diagrama se puede alambrear fácilmente, también es útil para analizar la forma de operación o localizar fallas en las instalaciones.

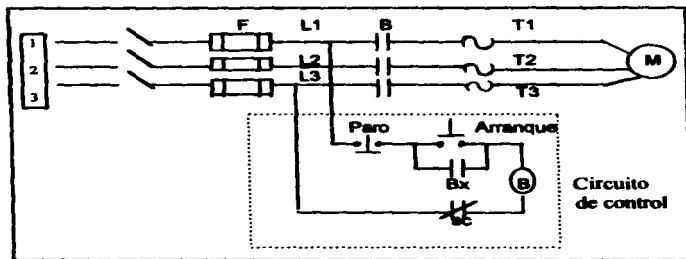


Fig. 4.4 Diagrama esquemático

El diagrama esquemático es el que se usa generalmente cuando se diseñan los circuitos. Cuando se tiene el diagrama esquemático deseado, entonces se realiza el diagrama de alambreado.

4.2 Circuitos de control

Existe una gran variedad de diagramas, y por muy complicados o sencillos que estos sean son variantes de dos tipos básicos, conocidos como control de dos o de tres hilos.

4.2.1 Control de dos hilos:

Conecta mediante dos hilos un dispositivo auxiliar de control de contacto sostenido, como interruptor de flotador, de límite, etc. El control de dos hilos provee disparo por bajo voltaje pero no protección por bajo voltaje. Este tipo de control se utiliza en el control de equipos de bombeo, de presión, de compresores, etc., sin embargo hay otros procesos en donde un arranque inesperado al regresar la tensión a la línea puede presentar la posibilidad de dañar el equipo, al proceso o al mismo operador.

La fig. 4.5 ilustra el control por dos hilos de un motor trifásico tipo jaula de ardilla.

Cuando se cierran los contactos del dispositivo de control, se energiza la bobina y se cierran los contactos de energía conectando el motor a la línea. Cuando los contactos del dispositivo de control se abren, la bobina se desenergiza y para el motor.

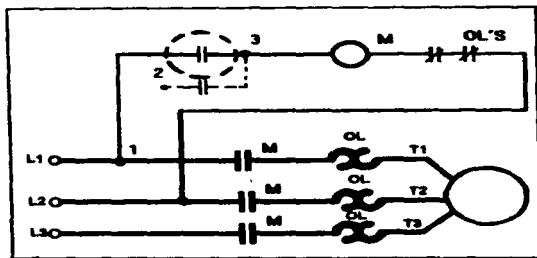


Fig. 4.5 Control a dos hilos

4.2.2 Control de tres hilos:

Este tipo de control se denomina como de protección contra falta de tensión y/o contra baja tensión.

La fig. 4.6 nos representa un control a tres hilos de un motor trifásico tipo jaula de ardilla.

Conecta mediante tres hilos una estación de botones de arrancar-para de contactos momentáneos al arrancador de 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.

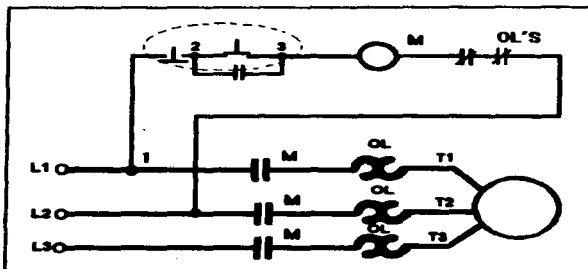


Fig. 4.6 Control a 3 hilos

4.3 Desarrollo de los diagramas de control

El circuito de control se comienza con el dispositivo inicial, es decir, con el botón de arranque, el interruptor de nivel y así sucesivamente, a partir de este punto se continúa con el diseño del circuito desarrollando un paso a la vez. En caso de que el circuito no desarrolle la secuencia de operación correcta, no se debe continuar con el diseño, es mejor localizar el error antes de continuar, recordando que:

- Los contactos abren o cierran para desenergizar o energizar bobinas.
- Las bobinas son energizadas o desenergizadas para abrir o cerrar contactos.
- Los botones de paro se conectan en serie.
- Los botones de arranque se conectan en paralelo.
- Las líneas del circuito de potencia son gruesas.
- Las líneas del circuito de control son delgadas.

Para comprender mejor la forma en que se desarrolla un diagrama de control, se realizará un circuito que controle el arranque de un motor tipo jaula de ardilla a través de un transformador de control. El circuito de fuerza se omitirá en todos los pasos y solamente se indicará cuando se requiera.

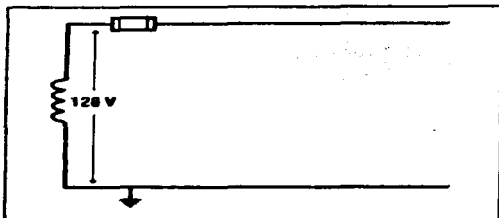


Fig. 4.7 Paso 1. Dibujar la barra de control.

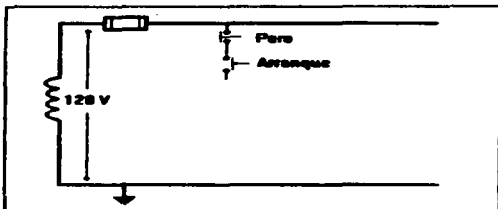


Fig. 4.8 Paso 2. Dibujar la estación de botones arranque y paro

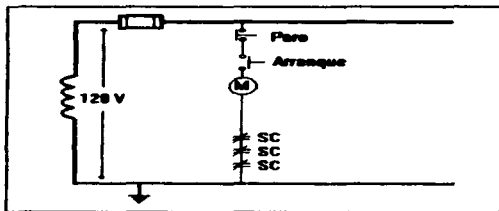


Fig. 4.9 Paso 3. Dibujar la bobina de arranque y conectarla a la barra de control a través de los contactos de sobrecarga

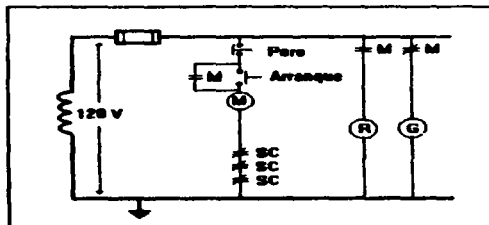


Fig. 4.10 Paso 4. Conectar el contacto de sello con el botón de arranque y agregar las lámparas indicadores

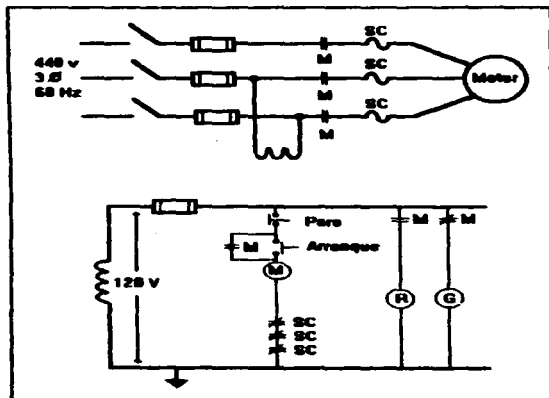


Fig. 4.11 Agregar el circuito de fuerza para completar el diagrama

4.3.1 Ejemplo de un diagrama de control, para el arranque y paro de 3 motores.

En ocasiones los diagramas de control, pueden ser demasiado extensos por lo que se realizan en cierta forma que se comprendan de manera sencilla poniendo marcas a un costado de cada línea de control, además de realizarlos en forma vertical; como se puede observar en el siguiente ejemplo:

Con una estación de botones se desea controlar la secuencia de operación de 3 motores (M1, M2 y M3).

- Al pulsar el botón de arranque M1, se conecta a la red debiendo accionar solamente durante 15 seg.
- Al fin de ese tiempo el M2 entra en operación.
- Transcurridos 30 seg. de la entrada en servicio del M2 el M3 entra en operación desconectándose el M2, el M3 se mantiene trabajando hasta que se pulse el botón de paro.

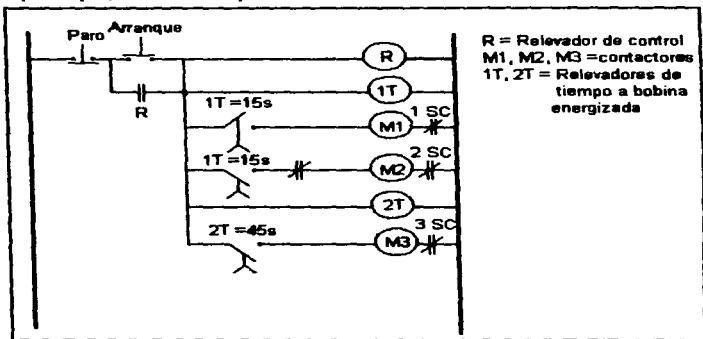


Fig. 4.12 Diagrama de control para el arranque de 3 motores a diferentes tiempos

Al pulsar el botón de arranque se energizan las bobinas del relevador de control R, los relevadores de tiempo 1T y 2T y el contactor M1, transcurridos 15 seg., el contacto 1T en serie con 1T en serie con M2 cierra, así se cumplen las condiciones A y B de el enunciado.

Transcurridos 45 seg. el contacto 2T, en serie con la bobina M3, cierra energizándola y de esta manera, conectando el motor M3 a la red.

Un contacto normalmente cerrado M_3 en serie con M_2 asegura la desconexión M_2 de la red, en el instante en que el motor M_3 entra en operación, si se desea parar basta solamente pulsar el botón de paro que desconecta el sistema.

4.4 Control de operación

Algunas veces es necesario operar el botón operador u otro dispositivo del circuito de control a cierto voltaje para que los contactores y arrancadores operen, por lo que se deben energizarse sus bobinas con la tensión y frecuencia requerida. Las bobinas se construyen para operar al voltaje de placa (120, 220, 440, 480 volts) por lo que de acuerdo a su construcción puede alimentarse directamente de una fuente de energía monofásica o por alguno de los siguientes métodos:

4.4.1. Control común:

El circuito de la bobina de un arrancador o contactor es distinto del circuito de energía. El circuito de la bobina podría ser conectado a cualquier fuente de energía monofásica, y el controlador podría funcionar, si la tensión y la frecuencia de la fuente corresponden a los datos de la placa.

Cuando el circuito de control está conectado a las líneas 1 y 2 del arrancador, el voltaje del circuito de control es siempre el mismo que el voltaje de circuito de potencia.

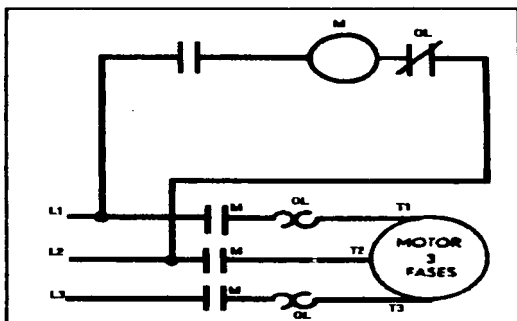


Fig. 4.13 Control común

4.4.2 Control a través de un transformador:

Cuando algún equipo tiene la necesidad de operar a un voltaje menor que el del motor, todo el circuito de control se conecta al secundario de un transformador de control. Normalmente el transformador es de voltaje dual, pudiendo alimentarse a 240-480 volts en el primario y 120 volts en el secundario, el circuito de control se protege con un fusible y se conecta a tierra una terminal del secundario del transformador.

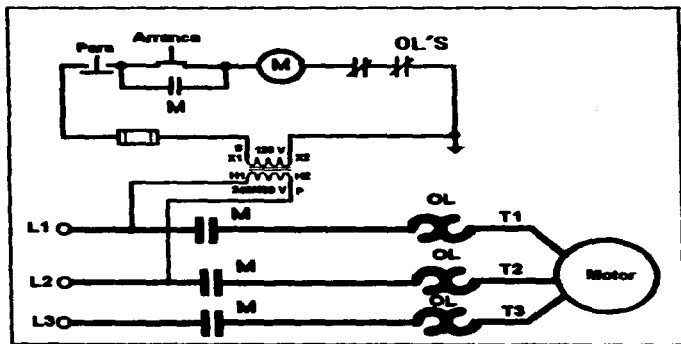


Fig. 4.14 Control a través de un transformador

4.4.3 Control separado:

Este método se utiliza cuando se requiere alimentar el circuito de control con voltaje menor al voltaje del motor o circuito de potencia, esto se logra conectando el circuito de bobina a una fuente de energía separada, en lugar del secundario del transformador, el circuito de potencia puede alimentarse hasta 600 volts y el de control a voltajes menores.

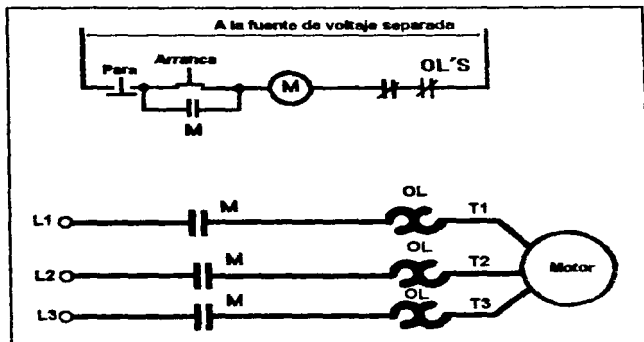


Fig. 4.15 Control separado

4.5 Símbolos y convenciones estándar para diagramas lineales. NEMA.

Apéndice F

Controlador Lógico Programable

En un mundo industrial en plena evolución en que la competitividad es el objetivo esencial, la automatización es una necesidad.

Pero dicha automatización debe ser dominada:

Debe integrarse en un contexto humano, del conceutor al usuario, cada uno desempeña un papel para contribuir al esfuerzo colectivo necesario para producir un sistema automatizado suficiente.

Debe integrarse en un contexto económico, las etapas productivas de la vida de un sistema automatizado tales como su concepción, su puesta en punto y su mantenimiento deben ser acortados, más racionales y menos costosos. Debe ser fácil de utilizar, en una palabra, debe concurrir a una disminución de los costos globales de producción.

5.1 Tecnologías de mando cableadas y programadas.

1. Principios comparados.

Con una tecnología cableada, el automatismo se realiza por los módulos conectados entre sí. El funcionamiento obtenido resulta de la elección de estos módulos y del cableado que los conecta. En todos los casos, el automatismo es enteramente personalizado por su realización material.

Por el contrario, con una tecnología programada, el automatismo se realiza por la programación de constituyentes previstos a este efecto. El funcionamiento obtenido resulta de la programación efectuada.

El automatismo se personaliza por las opciones materiales, pero también por la programación.

2. Tecnologías cableadas.

Tres tecnologías permiten realizar los automatismos cableados:

1. Reles electromagnéticos.
2. Módulos lógicos neumáticos.
3. Tarjetas o módulos electrónicos.

3. Tecnologías programadas.

Solamente las tecnologías electrónicas de alta integración permiten la concentración de los componentes y la obtención de tiempos de respuestas necesarios para realización de los constituyentes programables. Estos constituyentes pueden tomar formas diferentes:

1. Tarjetas electrónicas estándares y específicas
2. Micro y mini ordenadores
3. Tarjetas programables.

5.2 Conceptos para el desarrollo de un automatismo

Para el desarrollo y elaboración correcta de un automatismo, es necesario conocer previamente los siguientes puntos:

- a) Las especificaciones técnicas del sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación.
- b) La parte económica asignada para no caer en el error de elaborar una buena opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.
- c) El equipo, materiales; existentes en el mercado que se van a utilizar para realizar tal automatismo.

Una vez examinados estos aspectos podemos definir el sistema a seguir para realizar la automatización del proceso.

5.3 Aplicaciones del PLC

El PLC por sus características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía continuamente este campo.

La aplicación del PLC se da sobre todo en instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc.,

Su reducido tamaño que proporciona una gran facilidad de montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, la posibilidad de trabajar en redes, una de las principales ventajas es que ahora pueden manejar varios programas diferentes a la vez, proporcionando con esto que con un solo PLC se puedan controlar varios procesos. Y se pueden utilizar en procesos que tienen necesidades como:

- a. Espacio reducido.
- b. Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- c. Procesos secuenciales.
- d. Maquinaria de procesos variables.
- e. Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- f. Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- g. Monitoreo del proceso de producción.

Algunos ejemplos de aplicaciones podrían ser las siguientes:

5.3.1 Maniobra de máquinas

- a. Maquinaria industrial del mueble y madera.
- b. Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.
- c. Maquinaria en la industria del plástico.
- d. Máquinas-herramientas complejas
- e. Maquinaria en procesos textiles y de confección.
- f. Maquinaria de ensamblaje.
- g. Máquinas transfer.
- h. Etc.

5.3.2 Maniobra de instalaciones:

- a. Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- b. Instalaciones de seguridad
- c. Instalaciones de almacenamiento.
- d. Instalaciones de plantas embotelladoras
- e. Instalaciones en la industria automotriz
- f. Instalaciones de tratamientos térmicos.
- g. Instalaciones de plantas depuradoras de residuos
- h. etc.

5.3.3 Señalización y control:

- a. Chequeo de programas
- b. Monitoreo del estado de procesos

Estas son algunas de las muchísimas aplicaciones del PLC.

5.4 Ventajas en la utilización del PLC

Las condiciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- a. No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - b. No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - c. La lista de materiales a utilizar se reduce, y al elaborar el presupuesto se elimina el problema de contar con varios proveedores y tiempos de entrega diferentes.
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
 3. Mínimo espacio de ocupación.
 4. Menor costo de mano de obra de instalación.
 5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar averías.
 6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un solo autómata.
 7. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
 8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de protección.

5.5 Desventajas del uso del PLC

1. Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador, es preciso que el usuario lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones.
2. Como cualquier dispositivo electrónico, tiene limitaciones sobre el medio, humedad, temperatura, ambiente de trabajo.

5.6 Definición de Controlador Lógico Programable.

El estándar NEMA ICS3-1978 proporciona la siguiente definición de PLC:

Dispositivo electrónico operado digitalmente que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones a fin de implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuencias, tiempo, conteo y aritméticas, y así controlar varios tipos de máquinas o procesos a través de módulos de entrada/salida analógicos o digitales*.

El PLC se compone de :

- a. Módulos de Entradas/Salidas
- b. Unidad de memoria principal
- c. Unidad de Procesamiento Central (CPU)
- d. Fuente de suministro (alimentación de voltaje)

Para que todos estos componentes operen coordinadamente y generen las señales de control que necesita el proceso se utilizan lenguajes de programación especializados.

5.7 Sistema básico de control

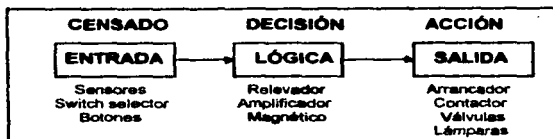


Fig. 5.1 Estructura de un sistema de control

El control lógico programable (PLC) procesa señales binarias de entrega y las convierte a señales de salida; con éstas se pueden controlar directamente secuencias mecánicas, procesos fabriles totales o parciales, etc.

Los posibles campos de aplicación de un PLC son casi innumerables. El PLC se utiliza hoy para las siguientes funciones:

5.8 Control de procesos:

En esta función, el PLC se encarga de que cada paso o fase del proceso sea efectuado en el orden cronológico correcto y sincronizado.

Un buen ejemplo para la función señalada es un sistema transportador en una cadena de producción automatizada, Fig. 5.2. En este caso los pasos equivalen a los correspondientes recorridos o desplazamientos parciales de la pieza, de una fase de manipulación a otra. Aquí, el PLC se ocupa de controlar todos los electromotores (p. ej. para velocidad de la cadena) y todos los elementos hidráulicos o neumáticos (p. Ej. Desviador y pivotante) de la instalación. El control lógico programable vela porque las piezas sean conducidas debidamente a través del taller, acatándose con precisión las fases de su elaboración fabril.

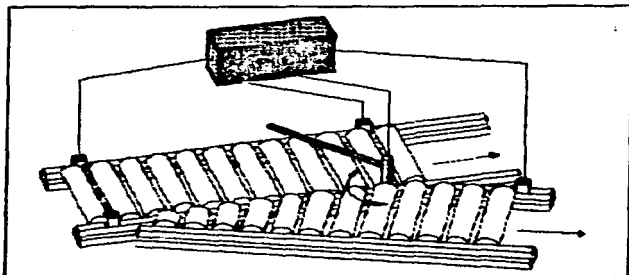


Fig. 5.2 Control de un proceso por medio de un PLC.

5.9 Componentes de un PLC

Según el problema técnico que se tenga que resolver con un PLC, la configuración de éste puede ser más o menos compleja. Independientemente del grado de complejidad de la aplicación, el equipo consta siempre de los siguientes componentes:

5.9.1 Hardware

Por hardware se entienden los grupos electrónicos. Estos se encargan de activar o desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada.

La parte esencial del hardware del PLC es la unidad central de proceso (CPU). Por su construcción, la CPU es casi idéntica a un ordenador. La actividad interna en la CPU se califica de procesador.

Los datos que procesa y memoriza la CPU son señales binarias. Estas se componen respectivamente casi siempre de un bit (estado cero (inactivo) o estado uno (activo)).

Los módulos de entradas y salidas establecen la comunicación entre la unidad central y los sensores/actuadores. Cada uno de estos módulos está dotado de un número determinado de entradas y/o salidas. Cada entrada o salida puede estar activada o desactivada.

Una parte muy importante de la unidad central es la memoria de recordadores. Un recordador es una memoria de un bit, que le sirve al PLC para recordar la respectiva señal binaria.

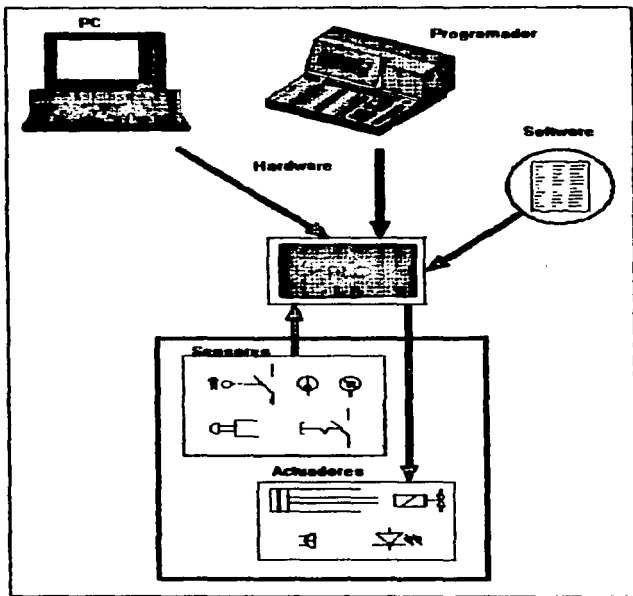


Fig. 8.3 Componentes de un PLC

El programa PLC es confeccionado con el equipo programador; con éste se lo implanta también en el control. Así, la unidad central procesa las señales de entrada y las convierte en las correspondientes señales de salida. El programa se compone de una secuencia de instrucciones.

La unidad central procesa el programa por los pasos siguientes

1. La memoria de programa contiene las instrucciones; la unidad central tiene acceso a la memoria de programa.
2. La unidad de control o mando recupera los datos de entrada a través de los módulos de entradas y transfiere dichos datos a la unidad de aritmética y lógica (ALU); aquí, los datos son enlazados lógicamente en función de las instrucciones del programa memorizado.
3. Con la unidad de control, los datos de salida son transferidos al equipo controlable, pasando por los módulos de salidas.

La ALU puede ejecutar diversos tipos de cálculos y enlaces (sumar, restar, negar, etc.)

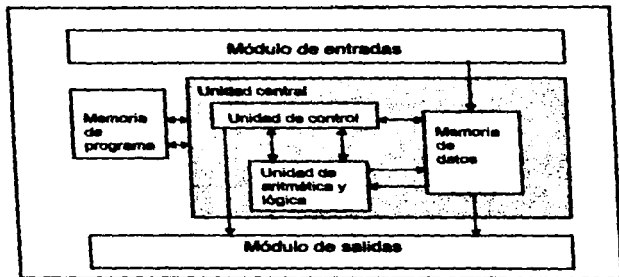


Fig. 5.4 Unidad central

Ahora, para que el programa pueda ser ejecutado, todos los grupos, módulos y componentes que configuran el PLC, tienen que comunicarse entre sí. La comunicación entre dos grupos se denomina bus. El bus, en realidad es un sistema conector al que están conectados varios grupos; esto, no obstante, no implica que el bus permita la comunicación de todos los componentes de los grupos al mismo tiempo; el bus establece la comunicación sólo entre dos de los grupos.

El contador de las instrucciones recupera las instrucciones por su orden en la memoria del programa; en el registro de las instrucciones hay siempre sólo una instrucción ejecutable. Una instrucción que por ejemplo, fue teclada literalmente en lenguaje de programación AWL, es traducida al código máquina; es decir que después de la traducción la instrucción no es más que una cifra binaria, o sea una secuencia determinada de ceros y unos.

5.9.3 Ejemplo de activación.

Activar salida número 2 (ACTIVA S2)

El bus de control señaliza que se trata de una instrucción de activación/retroceso (inversión de la señal). El bus de dirección indica que la instrucción ha de ejecutarse en la salida S2. El bus de datos señaliza que no se trata de desactivación sino de activación.

Cuando el bus de dirección consiste de ocho dígitos binarios, existen $2^8 = 256$ distintas posibilidades de combinar los dígitos en una cadena, o sea que existen 256 posibles direcciones.

Si sólo hubiera un único grupo de líneas paralelas (bus), se habla de la estructura de bus simple. Este tipo de bus se encarga de distribuir debidamente las señales de mando, las direcciones y los datos. Por consiguiente, se precisan señales distintivas para diferenciar lo que son direcciones, lo que son datos y lo que son señales de mando.

Actualmente se trabaja preferiblemente con estructuras de bus múltiple: en este sistema hay un bus propio para datos, direcciones y señales de mando, respectivamente.

Las instrucciones del programa, por ejemplo, están retenidas en memorias especiales (memoria de programa); también es preciso memorizar ciertos resultados interinos del cómputo; los programas y los datos permanentes, o sea los que no están sujetos a variaciones, están retenidos en la memoria de parámetros fijos.

Dirección	Posición de bit								Primer campo	Segundo campo	Noveno campo
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°			
000	0	1	1	0	1	0	1	1			
001	1	0	0	1	1	0	0	0			
002	1	1	0	0	1	0	1	1			
003	0	1	1	0	0	1	0	1			
004	1	0	1	0	1	0	1	0			
005	0	1	1	0	1	1	0	0			
006	1	0	1	1	1	0	1	1			
007	1	0	1	0	0	1	1	0			

Fig. 8.7 Estructura de la memoria de información

El elemento de memoria más pequeño se llama posición de bit; como su nombre lo indica, puede almacenar una unidad informativa, 1 bit (o sea dígitos 1 ó 0). Un conjunto de varias posiciones o bit constituyen un campo de memoria; el conjunto de varios campos constituye un bloque de memoria. La figura anterior muestra un bloque de memoria, compuesto por ocho campos de ocho posiciones, respectivamente.

El contenido de una posición puede ser 1 ó 0; la activación (1) o desactivación (0) de una posición tiene diversos efectos:

1. Memorizar
2. Escribir
3. Grabar

Existen dos formas de escritura/lectura:

1. **Escritura/lectura organizada en bits:** se tiene acceso (escribir/leer) a una posición.
2. **Escritura lectura organizada en palabras:** se tiene acceso (escribir/leer) al contenido de varias posiciones (palabra de datos: varios bits). La organización interna de la memoria de programa es siempre por palabras, pues una instrucción consta de varios bits, cuyos contenidos es preciso consultar simultáneamente.

Para localizar una posición o un campo determinado se necesitan direcciones. En función de las estructuras antes señaladas se conocen dos tipos de direccionamiento, por bits y por palabras. En el primero de ambos casos, es preciso marcar la línea y la columna de la posición requerida; con el direccionamiento por palabras, esa suficiente indicar la línea.

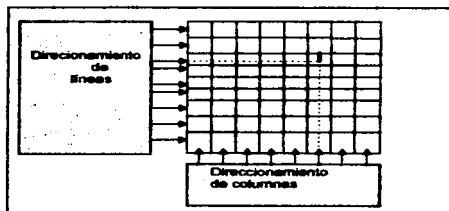


Fig. 5.8 Direccionamiento por bits

La unidad base de la información es un bit (1 ó 0). Una cadena de ocho bits equivale a un campo se llama byte. Un kilobyte son $2^{10} = 1024$ bytes.

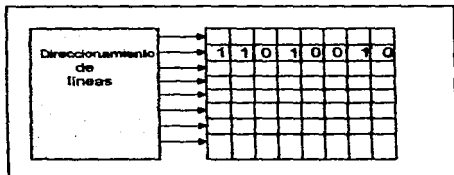


Fig. 5.9 Direccionamiento organizado por palabras

5.9.4 Tipos de memoria en el PLC

Existen dos grupos importantes de memoria:

1. Memoria escritura/lectura (RAM, Random Access Memory)
2. Memoria de sólo lectura (ROM, Read Only Memory)

Con la memoria RAM se pueden escribir y leer los datos las veces que sean necesarias. El PLC está dotado siempre de este tipo de memoria para la memoria operativa o de trabajo. La memoria ROM posee siempre un contenido específico de datos inalterables; estos pueden ser leídos pero no sustituidos por otros. La memoria ROM es una memoria para parámetros o datos fijos.

También existe, sin embargo, un tipo de memoria fija que no es programada en fábrica sino que la programa el usuario (PROM; Programmable Read Only Memory). La memoria fija, cuyo contenido puede modificarse borrando la información anterior es llamada memoria ROM "reprogramable". De acuerdo al método de borrado, se distinguen otros dos tipos de memoria:

1. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
2. RPROGRAM (Reprogrammable Read Only Memory)

Esta última se borra por luz ultravioleta. Además existen dos tipos de memoria más:

1. EEROM (Electrically Erasable Read Only Memory)
2. EAROM (Electrically Alterable Read Only Memory)

La memoria de escritura RAM es una memoria volátil; esto significa que al cortar la alimentación eléctrica del equipo se pierde, automáticamente, el contenido de la memoria. La memoria fija en cambio, no es volátil, su contenido es permanente e inalterable.

Por lo que se refiere a los PLC'S las memorias tipo RAM, EPROM y EAROM son las únicas que han de preocupar al usuario.

Tipo de memoria	Borrado	Programación	Al desconectar alimentación de red, memoria es
RAM	Eléctricamente	Eléctricamente	Volátil
ROM	Imposible	por máscaras en fábrica	No volátil
PROM		Eléctricamente	
EPROM			
RPROGRAM			
EEROM	Eléctricamente		
EAROM			

Tabla 5.1 Tipos de memoria en un PLC

5.9.5 Módulo E/S

Las señales que llegan al PLC las emiten los sensores: estas señales son convertidas en los módulos de entradas en señales binarias de 1 ó 0 son transferidas a la unidad central. Correspondientemente, los módulos de salidas transfieren las señales a los actuadores respectivos.

Los módulos de entradas tienen que corresponder, necesariamente, a ciertos requerimientos en materia de seguridad:

1. Seguro contra destrucción de entradas por exceso o alimentación indebida de tensión.
2. Filtraje supresor de breves impulsos parasitarios.

El cumplimiento de estas u otras especificaciones, depende de las características de fabricación de los equipos.

El sistema detector de tensión indebida se encarga de que la tensión de entrada siempre este dentro de los márgenes precisos correspondientes. El retardo de señal suprime breves impulsos parasitarios. Un optocoplador aísla galvánicamente a la unidad central frente al circuito externo de corriente. Con esta disposición se impide que posibles parasitajes, que se produjeran en los cables eléctricos (diferencias en tensiones de tierra), causen desperfectos en el equipo de control. Los diodos luminosos incorporados en las entradas y salidas indican si hay señal 1 o señal 0 en la entrada o salida.

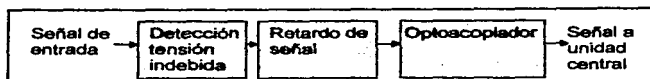


Fig. 5.10 Diagrama de pasos para un módulo de entrada.

Una señal binaria en entrada es procesada en dos fases:

1. La señal llega al circuito externo de corriente y es amortiguada por retardo.
2. La separación galvánica se produce por optoacoplador; un impulso pequeño (tensión aprox. 5 voltios) es transferido a la unidad central.

Los módulos de salidas en un PLC poseen una estructura idéntica a la de los módulos de entradas, sólo que en secuencia inversa. El proceso de señales tiene las siguientes fases:

1. La unidad central transfiere señal del circuito interno de corriente al optoacoplador
2. Esta señal es amplificada en el circuito externo de corriente.
3. Las señales de salida en actuadores tienen que ser amplificadas una vez más a continuación, para poder disponer de corrientes de mayores intensidades.

Los actuadores conmutan por acción de contactores y relés.

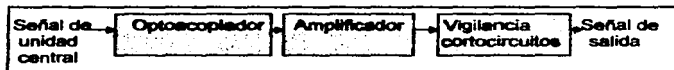


Fig. 5.11 Diagrama de bloques para un módulo de salidas

Las salidas tienen que estar protegidas contra cortocircuitos. Los diodos luminosos en las entradas y salidas son alimentados por la tensión del circuito externo.

5.9.6 Software

Por software se entienden los programas. Estos determinan los enlaces lógicos y, por consiguiente, la activación o desactivación, o sea el mando, de los grupos controlables en la instalación o maquinaria. El software se encuentra archivado en una memoria (hardware) propia y especial, de la cual pueden ser recuperados y, en su caso, modificados en cualquier momento. Al modificar el programa se altera también la secuencia del mando. Una modificación o cambio del software no implica un cambio del hardware.

Los programas PLC muestran una estructura muy rígida, que es determinada por la electrónica en la unidad central. Esos programas son elaborados por el programador, partiendo de programas o códigos fuente, que el usuario puede confeccionar de tres formas distintas:

- a. Lista de instrucciones (AWL)
- b. Diagrama de contactos (KOP)
- c. Diagrama de funciones (FUP)

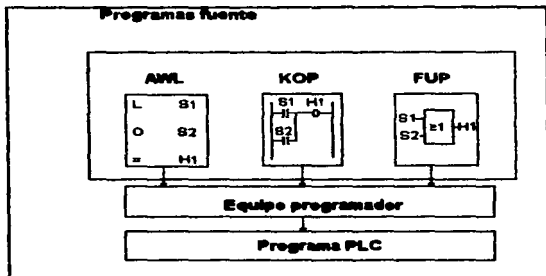


Fig. 5.10 Software

Las reglas que inciden en los tres tipos de programación y definen las correspondencias de instrucciones y comandos en los tres lenguajes de programación están especificadas en la norma DIN 19239.

5.9.7 Sensores

La técnica de los sensores abarca todos los grupos o dispositivos sobre la instalación o maquinaria controlable, que se encargan de comunicar al PLC la información sobre estados de máquina. Los elementos sensores pueden ser, por ejemplo, conmutadores, detectores de proximidad, interruptores de límite, presostatos, etc. Estos se detallaron ampliamente en el capítulo 1 "controladores". La técnica de los actuadores abarca todos los grupos sobre la instalación o maquinaria controlable, cuya actuación modifica los estados del PLC, es decir modifica los procesos o indica alteración de estados. Los elementos actuadores pueden ser, por ejemplo, zumbadores, contactores, electroválvulas, lámparas piloto o relés. (Capítulo 1 "Controladores").

5.9.5 Equipo programador

Con éste se elabora el software y se carga en el PLC. En la mayoría de los casos sirve también para comprobación de los programas.

PROGRAMACION DE UN PLC

6.1 Direccionamiento

El programa es confeccionado e implantado en el equipo de control con el aparato programador o con una PC. Para estos fines, ambos equipos se unen con el conector de diagnóstico. Antes, sin embargo es necesario establecer el listado de declaraciones en el programador; en este listado se correlacionan las abreviaturas y las direcciones PLC de las entradas y salidas.

Unidad central	Entradas internas	Salidas internas
Núm. De 0 a 7	de 0 a 7	de 0 a 7

Tabla 6.1 Direccionamiento

Las 8 entradas en la unidad central están numeradas por orden, E0, E1, E2,...E7. Las salidas internas están direccionadas de manera análoga, S0, S1, S2...S7. El número de módulo de la unidad central es el cero; si se han incorporado unidades centrales de extensión, éstas son numeradas también por orden, (módulos de 1 a 7). El direccionamiento de las entradas y salidas internas de cada unidad central de extensión es idéntico al aplicado en la número cero.

Si se necesitaran más entradas y salidas, casi siempre es preciso aumentar la capacidad de la unidad central, incorporando módulos E/S. Estos módulos son marcados con los números de módulos restantes, osea de 1 a 7, cuando la primera unidad central operativa se marco con 0.

En el direccionamiento de estas entradas y salidas adicionales es preciso indicar también el número del módulo que las incorpora. Así las entradas en el módulo E/S número 1, por ejemplo, se caracterizarían con E1.0, E1.1, E1.2,...,E1.7; las salidas se marcan de manera similar S1.0, S1.1, S1.2,...,S1.3. El dígito delante del punto indica el número de orden del módulo; el dígito detrás del punto indica el número de entrada o salida. En el módulo E/S número 2, las direcciones de entrada serían, E2.0, E2.1, etc; las direcciones de salida serían S2.0, S2.1, etc.

Con el equipo de programación se teclaa el programa de control en listado de instrucciones o en BASIC. Cuando se tiene una PC y del software adecuado, el programa se puede diseñar en pantalla. Como se menciono anteriormente disponemos de tres tipos de lenguajes de programación.

6.2 Las tres posibilidades más relevantes para combinar señales binarias son: "Y", "O" y "NO"

6.2.1 Función Y

Sólo cuando todas las señales de entrada son 1, la señal de salida es también 1. Esto significa: cuando, al menos, una de las señales de entrada es 0, la señal de salida también es 0.

Ejemplo:

Cuando S1 Y S2 (S1 y S2 son pulsadores), ENTONCES ACTIVA H (lámpara). Es decir que H prende solamente cuando cierran los dos interruptores (S1 y S2).

Lista de Instrucciones

L S1

A S2

= H

Diagrama de contactos

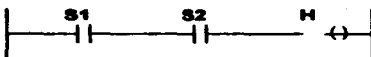
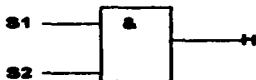


Diagrama de funciones



Denominaciones: Enlace "Y" (voz inglesa: "AND"),
conjunción
Producto booleano ($a \wedge b$, ab ; lectura: a y b)

Tabla de verdad

S1	S2	H
0	0	0
0	0	0
1	1	1

A continuación se indican como se realiza esta función utilizando medios eléctricos (relés), dispositivos electrónicos y equipo neumático o hidráulico.

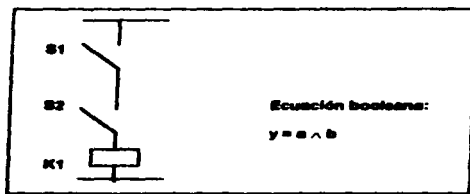


Fig. 6.1 Control eléctrico por relés.

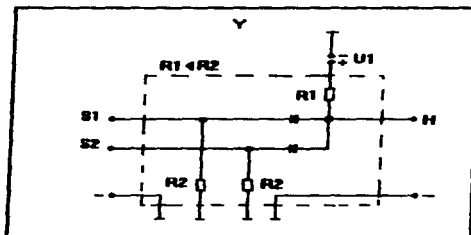


Fig. 6.2 Electrónica

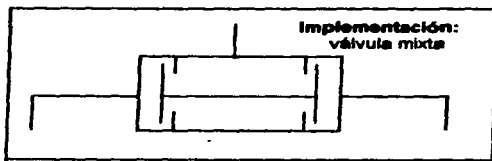


Fig. 6.3 Neumática

6.2.2 Función O

Cuando al menos, una de las dos señales de entrada es 1, la señal de salida también es 1. Es decir, que solo si todas las señales de entrada son 0, la señal de salida es también 0.

Ejemplo:

CUANDO S1 O S2, ENTONCES ACTIVA H. La lámpara (H) se ilumina cuando, al menos, uno de los interruptores cierra (desde luego, también, cuando cierran ambos).

Lista de instrucciones

L	S1
O	S2
=	H

Diagrama de contactos

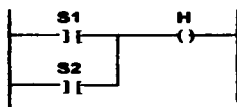
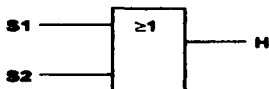


Diagrama de funciones



Denominaciones: Enlace "O" (voz inglesa: "OR"),
disyunción
Suma booleana ($a \vee b$, $a + b$; lectura: a o b)

Tabla de verdad

S1	S2	H
0	0	0
0	0	0
1	1	1
1	1	1

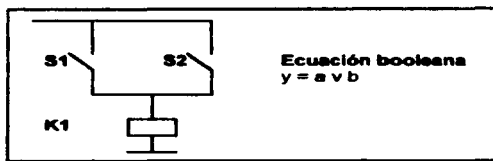


Fig. 6.4 Control eléctrico por relés

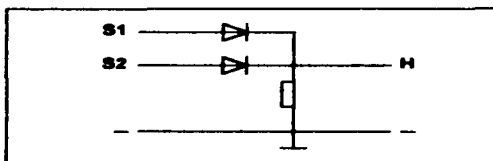


Fig. 6.5 Electrónica

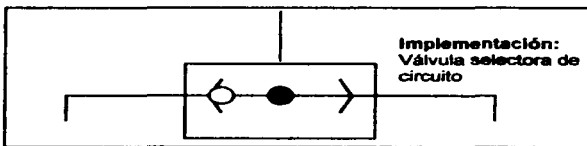


Fig. 6.6 Neumática

6.2.3 Función NO:

Con el enlace NO (negación) se invierten las señales de entrada. Cuando la señal de entrada es 1, es interpretada como señal 0. Cuando la señal de entrada es 0, es interpretada como señal 1. O sea que se precisa siempre el valor opuesto de la propia señal de entrada.

CUANDO NO ACTIVA S1, ENTONCES ACTIVA H, SINO DESACTIVA H.
 Mientras no se accione el pulsador S1, la lámpara brilla; ésta se extingue,
 cuando se cierra el interruptor.

Lista de instrucciones

L	N	S1
=		H

Diagrama de contactos

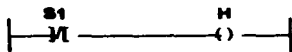


Diagrama de funciones



Denominaciones: Enlace "NO", (voz inglesa: "NOT"),
 negación, inversión
 complemento (a, lectura no a, a invertida)

Tabla de verdad

S1	H
0	1
1	0

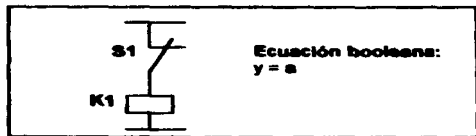


Fig. 6.7 Control eléctrico por relés

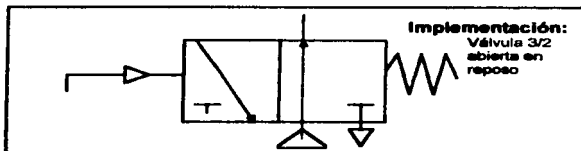


Fig. 6.8 Neumática

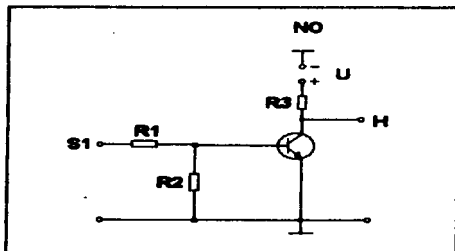


Fig. 6.9 Electrónica

6.2.4 Temporizadores:

Instrucción	Lista de instrucciones (paso a paso)	Escalera
Preguntar si está contando tiempo	IF T1	
Preguntar si no está contando tiempo (desactivado)	IF N T1	
Preseleccionar	THEN LOAD V100 TO TP1	
Activar	SET T1	

6.2.5 Contadores:

Instrucción	Lista de instrucciones (paso a paso)	Escalera
Preguntar si está contando	IF C1	
Preguntar si no está contando (desactivado)	IF N C1	
Preseleccionar	THEN LOAD V5 TO CP1	
Activar	SET C1	(S) C1
Incremento	INC C1	(INC) C1
Decremento	DEC C1	(DEC) C1

6.2.6 Banderas:

En la programación de los PLC's en ocasiones es necesario poner señales que permitan que el programa se realice paso a paso, y esto se logra con las banderas. En un diagrama de escalera si se colocan banderas (F), las ramas se activara solamente cuando la señal de la bandera este en activación. La figura 6.10 ilustra un diagrama de escalera en el que se indica la forma de activar y desactivar una bandera (F1).

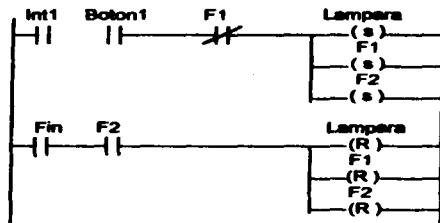


Fig. 6.10 Ejemplo de activación y desactivación de una bandera

6.3 Combinación de enlaces:

En la mayoría de los casos prácticos es preciso trabajar con enlaces combinados de "Y", "O" y "NO".

Ejemplo:

Un motor, que arranque solamente cuando dos de los tres pulsadores, S1, S2 y S3 son accionados. Primero se establece la tabla de verdad.

Tabla de verdad

S1	S2	S3	H
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Con las tres posibles combinaciones de entradas que producen señal 1 en salida se establece la ecuación booleana. S1, S2 y S3 son simbolizados con a, b, y c; "y" equivalentes a H. Los paréntesis indican enlaces principales y enlaces subordinados o secundarios.

$$Y = (a \bar{b} \wedge c) \\ \vee (a \bar{b} \bar{c}) \\ \vee (a \wedge b \wedge c)$$

La implementación eléctrica se observa en la figura 6.11; utilizando diagrama de funciones:

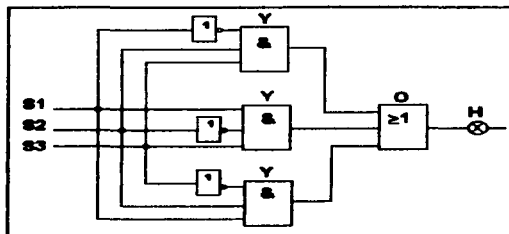


Fig. 6.11 Combinación de enlaces

6.4 Lenguaje de programación AWL (lista de instrucciones)

Para los sectores de una instrucción, la norma DIN 19239 establece los siguientes conceptos: sector de operación y sector de operando (para dirección). La relación siguiente compara la simbología según la norma DIN y un AWL de FESTO, debido al PLC utilizado.

Denominación	Operandos
Y	A
O	O
NO	N
O exclusiva	XO
Asignación argumento	=
Activar	S
Desactivar	R
Conteo (incremental)	CU
Conteo (decremental)	CD
Suma	ADD
Resta	SUB
Multiplicación	MUL
División	DIV
Mayor	GT
Mayor o igual	GTE
Igual	EQ
Menor	LT
Menor o igual	LTE
Conversión código (dec/bin)	DEB
Conversión código (bin/dec)	BD

Tabla 6.2 Operaciones para procesos de señales

Denominación	Operandos
No operar	DIN
Cerrar	NOP
Carpet	L
Abrir paréntesis	(
Cerrar paréntesis)
Salto (incondicional)	JP
Salto (condicional)	JC
Llamada módulo (incondicional)	CM
Llamada módulo (condicional)	CMC
Final Módulo	EM
Fin del programa	EP
Comentario (comienzo/final)	EM

Tabla 6.3 Operaciones para organización del programa

Denominación	Operandos
Constante	K
Entrada	I
Salida	O
Recordador	M
Temporizador	T
Contador	C
Programa parcial	P
Módulo de funciones	F
Byte (8 bits)	B
Palabra (2 bytes)	W
Palabra doble	D
Análogo	A
Impulso	P

Tabla 6.4 Operandos y complementos

6.3 Lenguaje de programación KOP (diagrama de contactos)

En la programación por diagrama de contactos se utilizan los siguientes símbolos para enlaces y mando de salidas, según la norma DIN 19239:

6.5.1 El siguiente ejemplo ilustra la programación en diagrama de contactos:

Una pieza es cargada sobre una banda transportadora entre dos límites de distancia. Cuando el interruptor de límite LS2 es activado, la banda transportadora se mueva hacia adelante. Cuando el interruptor de límite LS1 es activado, la banda cambia de dirección. Presionando el botón de arranque provoca que el motor gire y mueva la banda hacia adelante, y presionando el botón de paro detiene el motor.

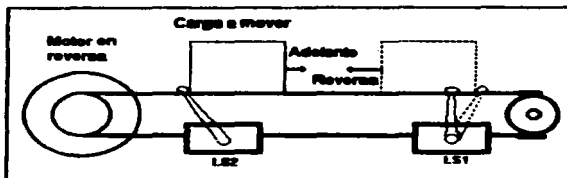


Fig. 6.13 Diagrama de situación

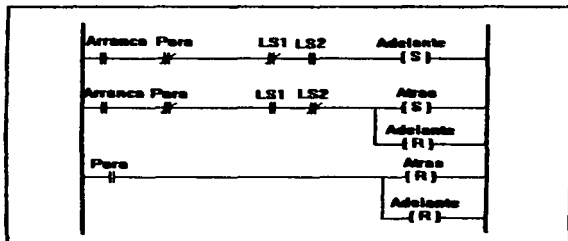


Fig. 6.14 Diagrama de contactos

La secuencia de operación es la siguiente:

1. Cuando el botón de arranque es presionado, el relé de control CR1 es energizado, y la banda transportadora se mueve hacia adelante.
2. Cuando la pieza hace contacto con el interruptor de límite LS1, el motor cambia de dirección y la banda transportadora se mueve en sentido contrario.

3. Cuando la pieza hace contacto con el interruptor de límite LS2, el motor vuelve a cambiar su sentido de giro y empieza a avanzar hacia adelante de nuevo.
4. El botón de paro detiene el motor, apesar de que este funcionando en cualquier dirección.

6.6 Lenguaje de programación FUP (diagrama de funciones)

La forma fundamental del símbolo de funciones es la casilla rectangular; la respectiva longitud de los lados carece totalmente de relevancia. En el interior de la casilla figura siempre el símbolo de la correspondiente función requerida. Las entradas son indicadas a la izquierda o arriba; las salidas son indicadas a la derecha o abajo. En la figura 6.14 se resumen los símbolos más importantes de la norma DIN 19239.

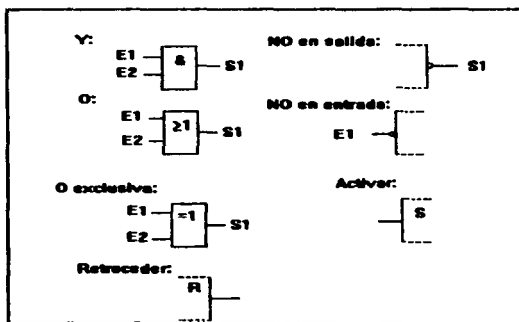


Fig. 6.14 Símbolos para diagramas de funciones

6.6.1 Flip-flop

Un flip-flop es un conmutador memorizante; estos conmutadores mantienen su estado de conexión hasta que les llega un impulso nuevo. Según qué entrada reciba señal 1, se activa o no se activa la salida correspondiente. Si la señal 1 llega a ambas entradas, o tiene prioridad la activación o bien el retroceso.

El diagrama indica dos ejemplos de flip-flop. El primer ejemplo tiene prioridad la activación, en el segundo el retroceso.

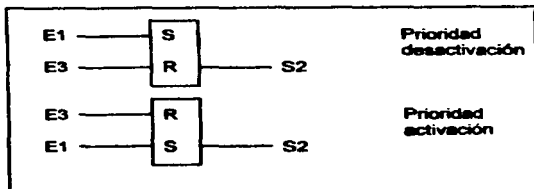


Fig. 6.15 Flip-flops

6.6.2 Controles secuenciales.

Un control secuencial es un proceso de varios pasos que están claramente separados el uno del otro. Una representación del programa secuencial facilita considerablemente la programación. Para tal representación se presta excelentemente el listado de instrucciones y, sobre todo el diagrama de funciones.

En la norma DIN 19239 (técnica de mando-PLC) se especifican caracteres y símbolos para cada uno de los tipos de programación. La representación de programas secuenciales está explicada en la norma DIN 40719 (sexta parte: Documentación de conexonado - reglas y símbolos gráficos para diagramas de funciones).

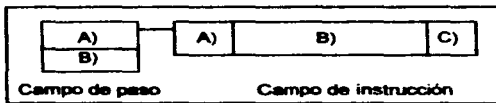


Fig. 6.16 Diagrama de funciones (campos)

El diagrama de funciones de un control secuencial está dividido en campos de instrucciones. En el campo A) consta el número de paso; en el campo B) se puede incluir un comentario explicativo. Las entradas y las salidas comunican con el campo de paso.

Desde el campo de paso se pueden controlar los actuadores individuales por medio de instrucciones precisas. Estas figuran en los campos de instrucciones.

En el campo A) se especifica el tipo de instrucción; en el campo B) se especifican los efectos de la instrucción respectiva; en el campo C) se hace constar la marca para el lugar de interrupción en una instrucción de salida.

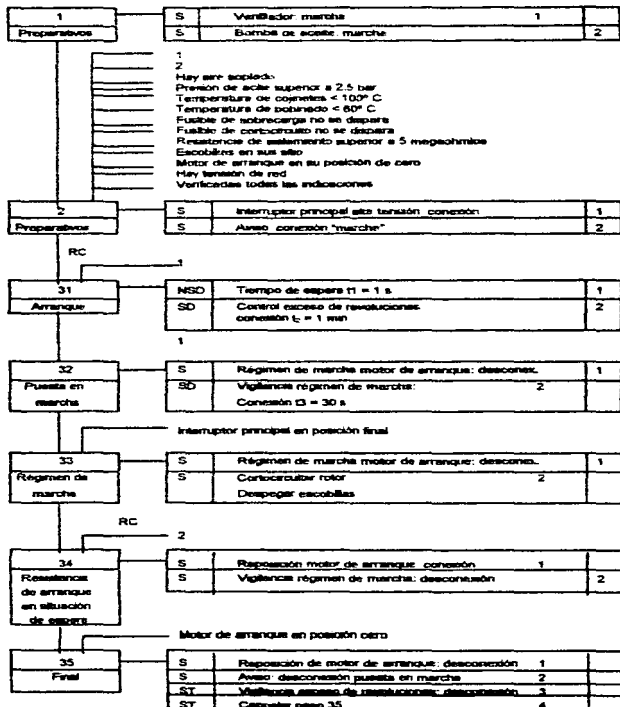
Retarda	D
Memoriza	S
Memoriza y retarda	SD
No memoriza	NS
No memoriza y retarda	NSD
Memoriza, aún en fallo de corriente	SH
Tiempo limitado	T
Memoriza y tiempo limitado	ST

Tabla 6.5 Tipos de instrucción en campo A)

6.6.4 En el siguiente ejemplo se ilustran las generalidades y los detalles en la estructura de un proceso de conexión.

Control de un motor de anillos colectores para alta tensión.

Comando: marcha



CONTROL SEMIAUTOMÁTICO DE GRUA VIAJERA

7.1 Descripción.

Como un ejemplo de aplicación del PLC; para controlar motores eléctricos trifásicos, se desarrolla a continuación el sistema de control para una grúa viajera provista de tres motores M1, M2 y M3, la cual proporciona los movimientos longitudinal, transversal y vertical.

Motor No.	Movimiento
1	Longitudinal
2	Transversal
3	Vertical

Tabla 7.1 Movimientos proporcionados por los motores

7.2 Etapas de control

El control de la grúa se hace en 3 etapas:

7.2.1 Control manual.

En esta etapa se controlan todos los movimientos desde dos palancas, situadas en el tablero de control, esta parte del proceso es la de cargar a la grúa.

Estas palancas son las que envían la señal de hombre muerto (HM1 y HM2), que se tiene como requisito por parte de los variadores para que entren en funcionamiento, esta señal se logra cuando se presiona hacia abajo a la palanca. Una vez activados los variadores por medio de esta señal ya se pueden realizar todos los movimientos permitidos por la grúa. Al manipular las palancas se tienen los siguientes movimientos

Palanca No.	Movimiento	Señal al PLC
1	Arriba	posc1
1	Abajo	posc2
1	Hombre muerto	hm1
2	Hombre muerto	hm2
2	Derecha	posc3
2	Izquierda	posc4
2	Adelante	posc5
2	Atrás	posc5

Tabla 7.2 Señales enviadas al PLC dependiendo del movimiento y palanca

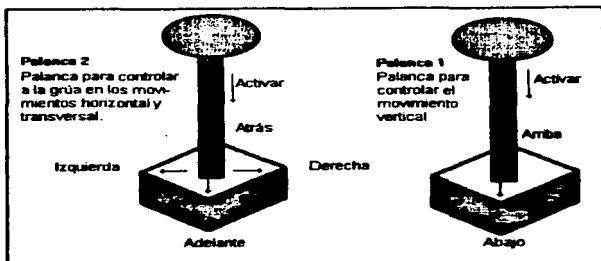


Fig. 7.1 Palancas para el control manual de la grúa viejera

7.2.2 Control automático avance-descarga.

Aquí la grúa desde cualquier punto en que este al activar el botón con la leyenda automático, se posiciona al centro del puente. Una vez en su posición ésta empieza a avanzar a velocidad alta, hasta llegar al final de la carrera, para, baja la carga y espera la señal de grúa descargada. Ver diagrama de situación figura 7.2, esta parte de el control senala la posición en que se encuentra la grúa, esta información es proporcionada por medio de los interruptores de límite instalados en diferentes puntos de la estructura de la grúa.

A continuación se indican los interruptores de límite instalados y la señal que proporcionan.

Interruptor	Función
Int1	Bloquea el avance hacia la izquierda
Int2	Bloquea el avance hacia la derecha
Int3	Bloquea el avance hacia atrás
Int4	Bloquea el avance hacia adelante
Int5	Bloquea el avance hacia arriba
Int6	Detecta posc. para ciclo automático
Int7	Detecta posc. carro centro-izquierda
Int8	Detecta posc. carro centro-derecha
Int9	Detecta posc. carro izquierda
Int10	Detecta posc. carro derecha

Tabla 7.3 Función de los interruptores de límite

7.2.3 Control automático retorno de la grúa.

Una vez recibida la señal de grúa descargada, esta señal la proporciona un botón pulsador que el PLC reconoce como listo, ésta sube el gancho y retorna a su posición inicial a velocidad alta; al ocurrir esto entonces el PLC establece la velocidad baja de nuevo en todos los variadores y retorna al control manual.

7.3 Condiciones para el circuito de control.

1. Se pueden hacer dos movimientos simultáneos: el longitudinal y el transversal.
2. Cuando se realice cualquiera de los movimientos mencionados, el movimiento vertical no debe realizarse.
3. Cuando se realice el movimiento vertical los otros dos movimientos mencionados no deben realizarse.

Los motores va a operar en ambos sentidos de rotación, de tal manera que se deben disponer dos juegos de contactores para cada motor, uno para cada sentido de rotación. El sistema está diseñado de manera que los mismos interruptores de límite que envían la señal de posición al PLC, realizan también la función de bloquear el avance del gancho, carro o grúa cuando los movimientos rebasen ciertos límites, permitiendo solamente el movimiento en la dirección opuesta. Estos se indican en el diagrama de situación, además cuenta con una lámpara indicadora de funcionamiento

Los motores M1 y M3 trabajarán a dos velocidades (vel. baja y alta) y el M2 a velocidad baja por lo que se utilizará un variador de velocidad ALTVAR 66 (Telemecanique) para cada motor, con las características descritas en el apéndice B. Estos variadores nos permiten dos formas de poder controlar la velocidad desde el PLC, una de ellas es la de reprogramar una de sus entradas (utilizada en este caso, LI4), de esta manera nosotros podemos enviar una señal lógica a esta terminal del variador, para activar la velocidad deseada (alta), otra opción es la de enviar señales analógicas desde el PLC a las terminales del variador (COM, AI1, +10 y AI2) y de acuerdo al valor de la señal se tiene la velocidad programada (esta señal puede de 0 - 20 mA o en Ohms)

En este ejemplo se optó por la primera opción debido a que el PLC utilizado FST101B no proporciona señales de salida analógicas. Las características de este se describen en el apéndice A.

Además como es sabido la mayoría de los equipos electrónicos, producen corrientes armónicas que causan daños a los demás equipos instalados a la red de alimentación, por lo que se conectará un filtro supresor de armónicas después de los variadores, para suprimir las armónicas producidas por estos, algunas consideraciones para el diseño de los filtros son mencionadas en el apéndice C.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

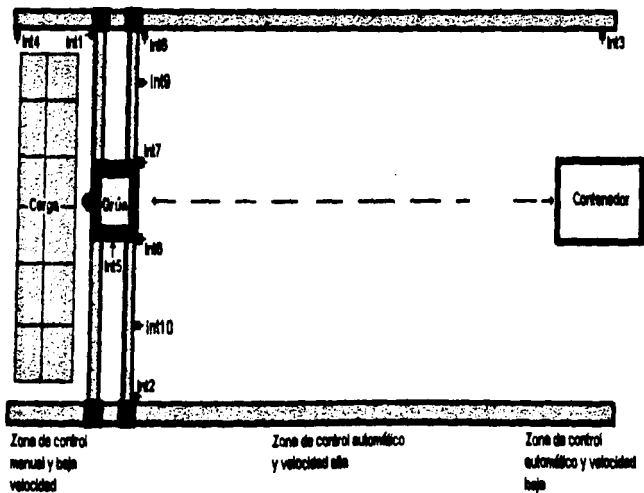


Fig. 7.3 Diagrama de situación

En la figura 7.3 se observa el diseño de la grúa, indicando donde están alojados los motores, así como los interruptores de límite que envían la señal de posición de la grúa al PLC.

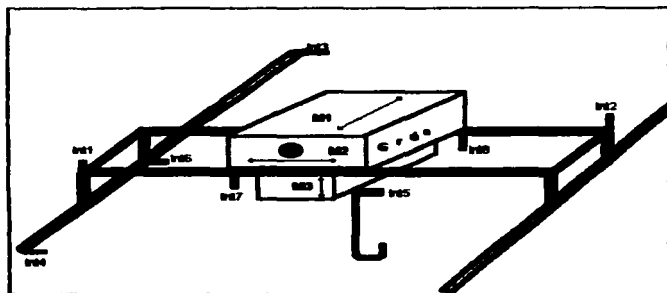


Fig. 7.3 Estructura de la grúa viajera

Control semiautomático de grúa viajera

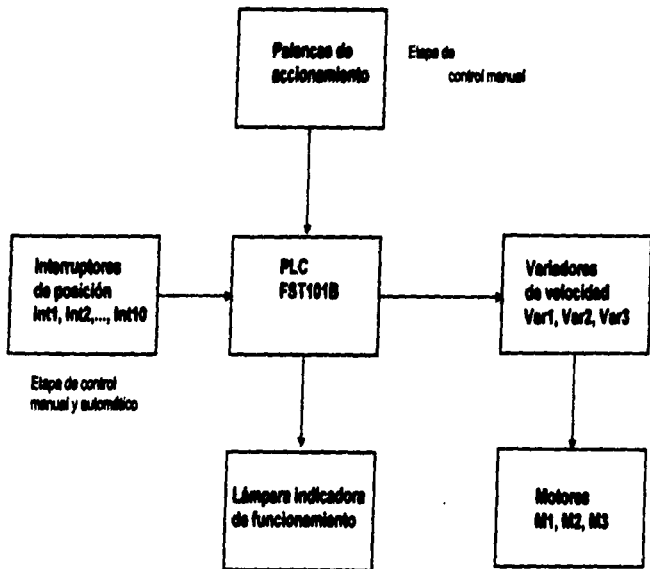
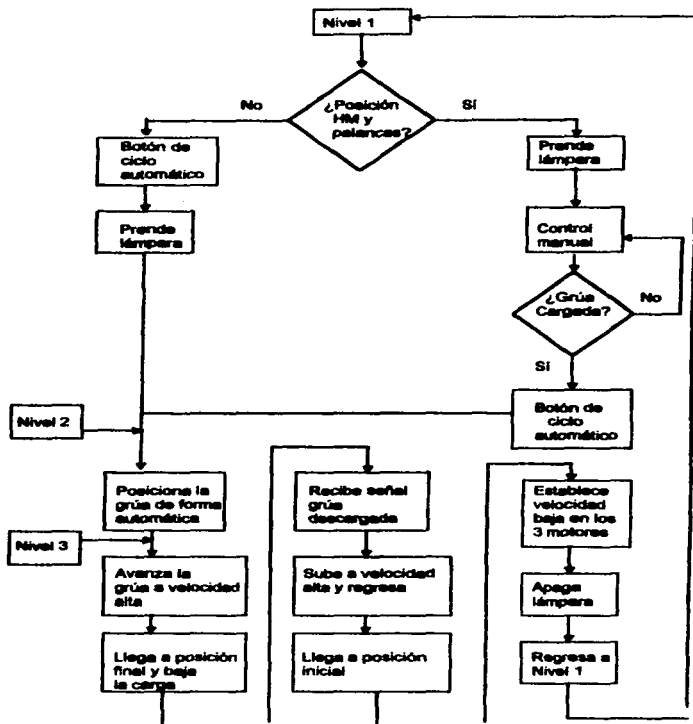
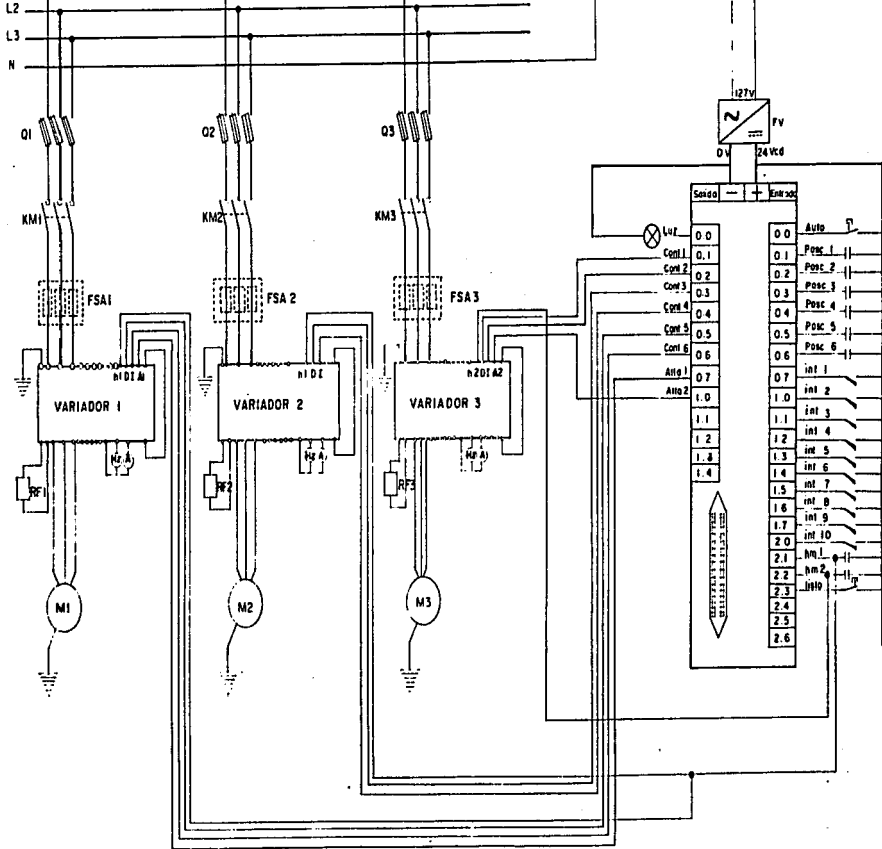


Fig. 7.3 Diagrama de bloques

Control semiautomático de grúa viajera





SIMBOLOGIA	
RF	Resistencia de frenado
FSA	Filtro supresor de armónica
K.M	Contactores

TESIS SISTEMA DE CONTROL POR PLC
(Controlador lógico programable)
Para motores eléctricos trifásicos
utilizados en diversos procesos.

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

Control semiautomatico de grua viajera, PLC Festo FST101B**Sistema de control por PLC, para motores electricos trifasicos, utilizados en diversos procesos**

Operands of allocation list		
Absolute	Symbolic	Comment
00.0	lux	lampara indicadores de funcionamiento
00.1	cont1	motor 3 hacia arriba (posc1)
00.2	cont2	motor 3 hacia abajo (pos2)
00.3	cont3	motor 2 hacia la derecha (posc3)
00.4	cont4	motor 2 hacia la izquierda (posc4)
00.5	cont5	motor 1 hacia adelante (posc5)
00.6	cont6	motor 1 hacia atras (posc6)
00.7	alta1	activa senal de velocidad alta m1
01.0	alta2	activa senal de velocidad alta m3
10.0	auto	boton que inicia el ciclo automatico
10.1	posc1	mueve hacia arriba la carga
10.2	posc2	mueve hacia abajo la carga
10.3	posc3	mueve hacia la derecha el carro
10.4	posc4	mueve hacia la izquierda el carro
10.5	posc5	mueve hacia adelante la grua
10.6	posc6	mueve hacia atras la grua
10.7	int1	bloquea avance hacia la izquierda
11.0	int2	bloquea avance hacia la derecha
11.1	int3	bloquea avance hacia atras
11.2	int4	bloquea avance hacia adelante
11.3	int5	bloquea avance hacia arriba carga
11.4	int6	detecta posc. para ciclo automatico
11.5	int7	detecta posc. carro centro-izquierda
11.6	int8	detecta posc. carro centro-derecha
11.7	int9	detecta posc. a la izquierda carro
12.0	int10	detecta posc. a la derecha carro
12.1	hm1	posc. hombre muerto palanca 1
12.2	hm2	posc. hombre muerto palanca 2
12.3	listo	senal de que la grua esta descargada
FO.0	flag1	inicio de avance automatico
FO.1	flag2	fin de carrera y baja carga
FO.2	flag3	senal de grua descargada y sube
FO.3	flag4	regresa automaticamente
FO.4	flag5	llega a su posicion final
FO.5	flag6	retorna al control manual

Control semiautomático de grúa viajera

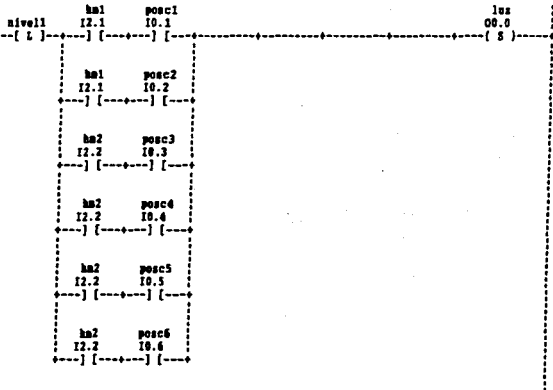
Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos

Rung No.	1
Rung No.	2
Rung No.	3
Rung No.	4
Rung No.	5
Rung No.	6
Rung No.	7
Rung No.	8
Rung No.	9
Rung No.	10
Rung No.	11
Rung No.	12
Rung No.	13
Rung No.	14
Rung No.	15
Rung No.	16
Rung No.	17
Rung No.	18
Rung No.	19
Rung No.	20
Rung No.	21
Rung No.	22
Rung No.	23
Rung No.	24
Rung No.	25
Rung No.	26
Rung No.	27
Rung No.	28

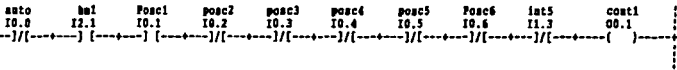
Control semiautomatico de grua viajera

Sistema de control por PLC, para motores electricos trifasicos, utilizados en diversos procesos

Busq no. 1



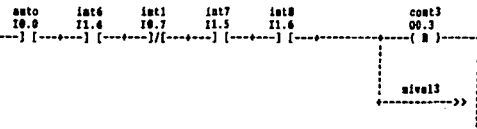
Busq no. 2



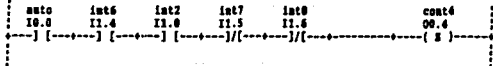
Control semiautomatico de grua viajera

Sistema de control por PLC, para motores electricos trifasicos, utilizados en diversos procesos

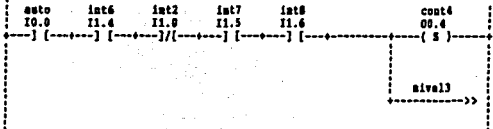
Busq no. 13



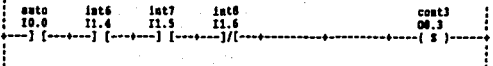
Busq no. 14



Busq no. 15

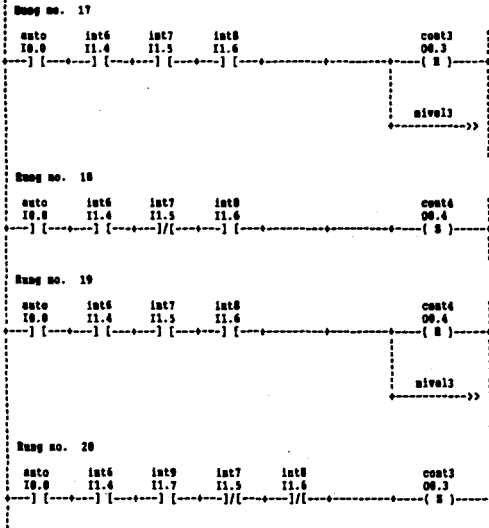


Busq no. 16



Control semiautomático de grua viajera

Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos



Control semiautomático de grúa viajera

Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos

Busq no. 21

auto	int6	int9	int7	int8	cont3
I0.0	I1.4	I1.7	I1.5	I1.6	Q0.3
-]	[-]]/[-]	[

nivel3
->>

Busq no. 22

auto	int6	int10	int7	int8	cont4
I0.0	I1.4	I2.0	I1.5	I1.6	Q0.4
-]	[-]]/[-]	[

Busq no. 23

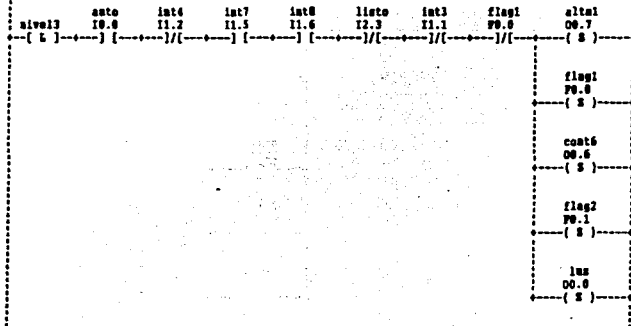
auto	int6	int10	int7	int8	cont4
I0.0	I1.4	I2.0	I1.5	I1.6	Q0.4
-]	[-]]/[-]	[

nivel3
->>

Control semiautomático de grúa viajera

Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos

Esquema no. 24



Control semiautomático de grúa viajera

Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos

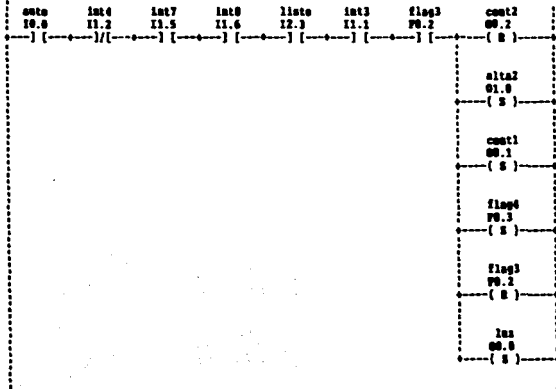
Prog no. 25

auto	int4	int7	int8	listo	int3	flag2	cont4
I0.0	I1.2	I1.5	I1.6	I2.3	I1.1	P0.1	O0.4
[-----]]/[-----]	[-----]	[-----]]/[-----]	[-----]	[-----]	(S)
						flag2	
						P0.1	
						(S)	
						cont2	
						O0.2	
						(S)	
						flag3	
						P0.2	
						(S)	
						lms	
						O0.5	
						(S)	

Control semiautomático de grua viajera

Sistema de control por PLC, para motores eléctricos trifásicos, utilizados en diversos procesos

Diagrama no. 26



Control semiautomatico de grua viajera

Sistema de control por PLC, para Motores electricos trifasicos, utilizados en diversos procesos

Rug no. 27

auto	int4	int7	int8	listo	int3	flag4	cont1
IO.0	I1.2	I1.5	I1.6	I2.3	I1.1	PO.3	OO.1
-]	[]/	[-]	[-]	(N)
							alta2
							O1.8
							(N)
							alta1
							OO.7
							(S)
							cont5
							OO.5
							(N)
							flag6
							PO.3
							(N)
							flag5
							PO.4
							(S)
							lux
							OO.0
							(S)

Apendice A

PLC FPC101B

Designación	Control FPC101B
No. de artículo	E FPC-101-B
Diseno/	Euro-card/
Dimensiones mm.	60.6x126.4x172.5
Entradas digitales	21 (expandible a 60)
Alimentación entradas	DC 24 V/6 mA
Tiempo retardo entradas	0.1 ms-25.5 ms seleccionable
Frecuencia conteste ent.	1/5 kHz
Salidas digitales	14 (exp. A 46)
Alimentación salidas	24 VDC/0.3 A Protección a corto circuito
Conectores entradas/salidas	Base tipo DIN 41612
Lenguajes	Escala Lista de instrucciones
Tamaño memoria usuario	RAM/EPROM/12 kB
Ratío de tiempo real	—
Interfaz de diagnóstico RS232	Opcional
Interfaz profibus FMS, esclavo	—
Voltaje de operación	24 VDC \pm 25%
Consumo de potencia	160 mA a 24 VDC
Temperatura de operación	0 a +55°C
Temperatura de almacenamiento	-25 a + 70°C
Humedad relativa	95% sin condensación
Grados de protección	IP00

Opera a 24 VDC con un máximo de 115 I/O's digitales, comunicación serial RS-232 para programación y monitoreo desde PC; procesamiento monobit y multibit, contiene operaciones aritméticas y lógicas; sistema de autodiagnóstico, 12 KB de memoria para el programa del usuario, 16 contadores, 32 temporizadores y 256 banderas.

Multi-tasking de hasta 9 programas y programación en lenguaje escala y listado de instrucciones.

Apendice B

ALTIVAR 66

El variador de velocidad Altivar 66 es un convertidor de frecuencia cuya finalidad es controlar motores asíncronos trifásicos de jaula (normalizados o especiales) en una gama de potencia de 0.75 a 220 KW.

El variador viene ajustado de fábrica para satisfacer las aplicaciones más habituales :

- Sobrepar para garantizar el arranque en caso de rozamiento seco o de resistencia mecánica.
- Par máximo disponible sin ajuste desde las velocidades bajas.
- Adaptación automática de los tiempos de las rampas de aceleración de deceleración en caso de que se excedan las posibilidades de par.

Dispone del nuevo concepto de accionamiento PRO SYSTEM, que aporta la solución a las aplicaciones exigentes gracias a las siguientes funciones:

- control vectorial de flujo
- nuevos algoritmos de control de flujo.
- adaptación automática de los parámetros específicos del motor

PRO System, consiste básicamente, para la mayoría de las aplicaciones, la eliminación de los ajustes del variador, la adaptación automática a las características del motor y por lo tanto una simplificación de la puesta en servicio.

La autoadaptación del producto base se realiza por la medición automática de los parámetros del motor.

EL variador puede configurarse para las aplicaciones:

- de par constante
- de par variable.

El variador Altivar 66 permite usar motores de CA con bajo mantenimiento, en donde tradicionalmente se requieren motores de CD.

Opciones:

Extensión de entradas/salidas. Utilizando una tarjeta de extensión de entradas/salidas, el variador puede disponer de funciones suplementarias.

Comunicación : Diseñado para su instalación en las modernas arquitecturas de automatismo, el variador se puede conectar a un bus multipunto de estándar RS 485 o RS 422.

La comunicación puede establecerse utilizando los protocolos más conocidos en el entorno industrial:

- UNI-TE
- Modbus
- SYMAX
- FIPIO
- INTERBUS-S

Cuenta con un accesorio de gran importancia, el frenado de ralentizado por RESISTENCIA (el transistor de frenado está instalado en altivar 66),

La adaptación del ALTIVAR 66 a los entornos industriales es muy sencilla , pero se requiere de los siguientes elementos según sea el tipo de conexión :

- Filtros atenuadores de radioperturbaciones. Nos permite limitar la propagación de los parásitos que genera el variador y que podrían perturbar algunos receptores situados en un entorno próximo (radio, televisión...)
- Inductancias de línea. Garantiza una mejor protección del variador contra la sobretensión de la red y reduce la corriente absorbida.

Se recomienda utilizar una inductancia de línea en los siguientes casos :

- red muy perturbada por otros receptores.
- variador alimentado por una línea de impedancia muy reducida.
- instalación de un número elevado de convertidores de frecuencia en una misma línea.

Filtros LC. Utilizados entre el variador y el motor cuando :

- conexiones muy largas entre el variador y el motor.
- control de motores instalados en paralelo, si su número es mayor o igual a 3
- cortes bajo tensión entre el variador y el motor.

CARACTERISTICAS

Entorno

ALTIVAR 66 se ha desarrollado de forma que sean conformes a las normas nacionales e internacionales, siguiendo las recomendaciones para equipo eléctrico de control industrial : EMC (IEC 801-2 a 801-5), IEC 146-1, VDE 0160.

- Certificaciones de productos : UL Y CSA
- Grado de protección :
- IP-30 - NEMA tipo 1 tapa cerrada, IP 20 tapa abierta: variadores ATV-66U41N4 a 66C19N4
- IP-20 : variadores ATV - 66C23N4 a 66C31N4
- Contaminación ambiente máxima : Según IEC 68-2-27: 15GN, 11ms
- Temperatura ambiente en las proximidades del aparato
- almacenamiento -25...+75 grados centígrados
- funcionamiento 0...+40 sin desclasificación
- ..+60 con conjunto de ventilación que desclasifica la corriente un 1.2 % por cada grado entre los +40 y+60 centígrados.
- Posición de funcionamiento : VERTICAL.

CARACTERISTICAS DE ACOPLAMIENTO.

Gama de frecuencia nominal :

- 400 Hz para los modelos ATV-66U41N4 a 66C13N4 en configuración de par constante.
- 200 Hz para los modelos ATV-66C15N4 a 66C31N4 en configuración de par constante.
- 60/72 en configuración de par variable
- Gama de velocidad : 0.1.....100 (en configuración de par constante)

Sobrepasar transitorio :

- del par nominal del motor (valor típico a mas menos 10%) en configuración de par constante.
- del par nominal del motor en configuración de par variable.

Corriente transitoria máxima :

- de la corriente nominal del motor durante 0.2 s en el arranque en configuración de par constante.
- de la corriente nominal del motor durante 60 s en configuración de par constante.
- de la corriente nominal del motor durante 60 s en configuración de par variable.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

Alimentación :

- tensión 400 - 15%...460 + 15% volts
- frecuencia 50 mas menos 5% ó 60 mas menos 5% hertz
- Tensión nominal : Tensión máxima igual a la tensión de la red de alimentación.

Fuentes internas disponibles :

- salidas 0 V (común de las fuentes)
- salida +10 V para el potenciómetro de consigna (1...10Kohm), suministro máximo 10 mA.
- salida +24 para las entradas de control, suministro máximo 200 mA.

Entradas analógicas AI :

- entrada analógica en tensión AI1 : 0- 10 V, impedancia 30 Kohm
- entrada analógica en corriente AI2-4-20 mA, impedancia 250Kohm
- Resolución de frecuencia en consigna analógica : 0.05 Hz para 50 Hz (10 bits)
- Tiempo de escritura : 5 a 10 mS

Resolución de frecuencia en consigna numérica (enlace serie) :

- 0.013 Hz para 50 Hz (12 bits + signo)
- 0.013 Hz para 400 Hz (15 bits + signo)

Entradas lógicas :

- entradas lógicas de impedancia 3.5 Kohm
- Alimentación +24 V (mín. 11 V, max 30 V)
- Estado 0 si < 5V, estado 1 si > o igual 11 V
- Ajuste de fábrica : L11 = desenganche, L12 = marcha adelante, L13 = marcha atrás, L14 = paso a paso (JOG)
- L13 Y L14 pueden reasignarse desde el terminal

Salidas analógicas AO

- Salidas analógicas 0-20 mA que pueden reasignarse de 4- 20 mA desde el terminal
- Impedancia de carga máxima recomendada : 500 ohm
- Linealidad : mas menos 0.1%, precisión : mas menos 0.5 % escala completa
- Ajuste de fábrica: AO1 = frecuencia nominal, AO2 = corriente nominal
- AO1 Y AO2 pueden reasignarse desde el terminal

Salidas lógicas

- salidas lógicas L01 y L02 compatibles autómatas industriales programables (de colector abierto):
- V (MAX. 32 V), MAX. 20 mA con fuente interna o 200 mA con fuente externa
- Ajuste de fábrica : L01 Y L02 pueden reasignarse desde el terminal
- salidas lógicas de relé R1 y R2

- contactor "NANC" protegido contra las sobretensiones por un circuito RC
- Poder de conmutación mínimo : 10 mA para C.D. ó C.C. 24 V
- Poder de conmutación máximo:
- con carga resistiva ($\cos \phi = 1$) : 5 A para C.A. 250 V O C.C. ó C.D. 30 V
- con carga inductiva ($\cos \phi = 0.4$ y $L/R = 7\text{ms}$): 1,5 A para C.A. 250 V o 2.5 A para C.D. O C.C. 30 V
- A juste de fábrica : R1 = defecto variador, R2 = variador en funcionamiento
- Solememente la salida lógica R2 puede reasignarse desde el terminal.

Rampas de aceleración y de deceleración

- Lineales y ajustadas en fábrica a 3 s
- Ajustables por separado de 0.1 a 999.9 s (definición 0.1s)
- Forma de las rampas ajustable : lineal, en S o en U
- Adaptación automática de los tiempos de rampa en caso de que se rebasen las posibilidades de par

Frenado de parada a velocidad muy baja

Automático por inyección de corriente continua durante 0.5s, desde el momento en que la frecuencia en deceleración es inferior a 0.1 Hz (0.7 veces la corriente nominal del motor)
La amplitud de la corriente, el umbral de frecuencia y el tiempo de inyección pueden programarse desde el terminal

Principales protecciones y seguridad del variador

Protección contra los cortocircuitos:

- entre las fases de salida
- entre las fases de salida y la tierra
- entre las salidas de las fuentes internas
- en las salidas lógicas y analógicas
- Protección térmica contra los excesos de calentamiento
- Seguridades de sobretensión y de subtenión de la red
- Seguridad en caso de corte de la red

Protección del motor:

- Protección térmica integrada en el variador por cálculo permanente de i^2t teniendo en cuenta la velocidad
- Memorización del estado térmico del motor
- Protección contra los cortes de fase

Resistencia de aislamiento a tierra : 1.2 Mohm

Apéndice C

CORRIENTES ARMONICAS

La norma IEEE 519-1992, relativa a las prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia agrupa a las fuentes emisoras de corrientes armónicas en las siguientes categorías:

- A. Dispositivos electrónicos de potencia (convertidores, rectificadores, arrancadores, etc..)
- B. Dispositivos productores de arcos eléctricos (hornos de arco, luz fluorescente, máquinas soldadoras, etc..)
- C. Dispositivos ferromagnéticos (transformadores, toroides, etc..).
- D. Motores eléctricos que mueven cargas de per tursor bruscamente variable (molinos de laminación, trituradores, etc.

El alumbrado fluorescente y los equipos electrónicos de telecomunicaciones, y periféricos también producen corrientes armónicas, a continuación se mencionan algunos equipos productores de armónicas:

1. Alumbrado fluorescente
2. Equipos de telecomunicaciones
3. Controladores para edificios inteligentes
4. Grandes computadoras
5. PC's, impresoras, minicomputadoras, etc.
6. Fuentes de energía ininterrumpida (UPS's)
7. Elevadores accionados por medio de control electrónico

Cuando existen en una red eléctrica fuentes emisoras de corrientes armónicas de potencia significativa, se llegan a producir grandes flujos de este tipo de corrientes a través de la misma, que en primera instancia, ocasionan los mismos inconvenientes y perjuicios de las corrientes reactivas a frecuencia fundamental responsables del bajo factor de potencia.

Los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son cada día más significativos en los sistemas eléctricos. Dichos efectos dependen de la intensidad relativa de las fuentes emisoras y pueden resumirse de la forma siguiente:

- Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos de regulación, tanto de potencia como de control.
- Mal funcionamiento en dispositivos electrónicos de protección y medición.
- Interferencias en sistemas de telecomunicación y telexmando.
- Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc...) y el cableado de potencia, con la disminución

consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.

- Fallo de capacitores de potencia.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia.

Las medidas correctivas que se aplican con éxito para resolver o minimizar este tipo de problemas, son básicamente de tres tipos:

- A. Medidas que tienden a bloquear el paso de las corrientes armónicas hacia equipos especialmente sensibles, quedando estos protegidos de la influencia de las mismas, aunque estas corrientes armónicas sigan circulando por el resto de la red.
- B. Medidas que tienden a bloquear y/o absorber las corrientes armónicas, confinándolas a circular por zonas limitadas de la red, preferentemente circunscritas a los focos emisores de las mismas.
- C. Medidas tendientes a sobredimensionar, recurriendo incluso hasta diseños especiales, los equipos y conductores sometidos al flujo de corrientes armónicas, con objeto de minimizar los efectos nocivos provocados en los mismos.

A continuación se exponen una serie de medidas concretas:

Filtros de atenuación:

- Protege a los capacitores de potencia
- Evita resonancias
- Corrige el factor de potencia a frecuencia fundamental

Filtros de absorción:

- Protege a los capacitores
- Evita resonancias
- Elimina armónicas en el sistema
- Corrige el factor de potencia a frecuencia fundamental

Protección de instalaciones de variadores de frecuencia por medio de reactores de atenuación.

Compensadores estáticos.

- Protege a los capacitores
- Evita resonancias
- Elimina armónicas del sistema
- Controla el flicker
- Regular el nivel de tensión en el punto de conexión al sistema
- Corrige el factor de potencia a frecuencia fundamental

Bloqueo de corrientes armónicas con transformadores de aislamiento

Bloqueo con transformadores zig-zag.

Sobredimensionado de la ampericidad del hilo de neutro.

Uso de transformadores tipo K

Para diagnosticar situaciones problema provocadas por un flujo excesivo de corrientes armónicas es preciso definir parámetros de medida de las mismas y contar con equipos que permitan medir dichos parámetros.

El equipo para realizar la medición de estos parámetros se llama analizador de armónicas, están diseñados especialmente para medir espectros de corrientes armónicas mostrando los valores de distorsión armónica individual y distorsión armónica total de las ondas de tensión y de corriente. Junto a estos parámetros pueden presentar también valores de demanda de potencia activa y reactiva de la carga que se está analizando, junto con el factor de potencia y los valores rms de las ondas de tensión y de corriente. Además pueden presentar en pantalla e imprimir las ondas de tensión y de corriente, en forma gráfica. Suelen tener capacidad de analizar y presentar en el espectro hasta el orden de la 40ª armónica, aunque en la práctica, contar con espectros de hasta la 20ª armónica suele resultar suficiente para la mayoría de las aplicaciones.

Apendice D

NORMAS DIN

En la siguiente relación se resumen las normas DIN relevantes y vigentes en México. Estas normas se refieren a los Controladores Lógicos Programables (PLC's).

DIN 19234	Circuitos eléctricos con amplificadores, para sistemas de desvío con corriente continua.
DIN 19235	Técnica de mando, indicación de estados operativos
DIN 19237	Técnicas de mando, conceptos
DIN 19239	Técnica de mando, controladores lógicos programables
DIN 19240	Interfaces periféricos, controladores electrónicos
DIN 40900	Símbolos de conmutación, proceso digitalizado de la información
DIN 40719	Documentación de conexiones, reglas para diagramas de funciones
DIN 44300	Proceso de la información, definición
DIN 87113	Disposiciones para equipamientos eléctricos en máquinas de tratamiento y proceso con una tensión de hasta 1000 volts
DIN 66000	Símbolos matemáticos para álgebra de conexiones
DIN 66001	Simbología para diagramas de flujo de programas
DIN 66003	Código de 7 bits (ASCII)
DIN 66020	Requerimientos de interfaz a entrega de señales bipolares (V24, RS 232 A)
DIN 66022	Representación de códigos de 7 bits en transferencia de datos

GRADOS DE PROTECCION

Para algunos materiales, el grado de protección indicado corresponde al que se puede obtener una vez instalado si, su montaje se realiza en un envolvente (ejemplo: unidades de mando montadas en cofre).

Las diferentes partes de un material pueden presentar distintos grados de protección (ejemplo: cofre con apertura en su parte inferior).

El código IP está compuesto de 2 dígitos característicos (ejemplo: IP 55) y se puede ampliar por medio de una letra adicional si la protección real de las personas contra el acceso a las partes peligrosas es mejor que el que indica el primer dígito (ejemplo: IP 20C).

Los dígitos característicos no especificados se sustituyen por una X (ejemplo: IP XXB)

1º dígito característico	Protección de las personas contra el acceso a las partes peligrosas con	2º dígito característico	Protección del material contra la penetración del agua con efectos perjudiciales	Letra adicional	Protección de las personas contra el acceso a las partes peligrosas con
0 (no protegido)		0 (no protegido)		A	dorso de la mano
1 de diám. ≥ 50 mm	(no protegido)	1 gotas de agua verticales		B	dedo
2 de diám. $\geq 12,5$ mm	dorso de la mano	3 gotas de agua (15º de inclinación)		C	herram. de ϕ 2,5 mm
3 de diám. $\geq 2,5$ mm	herram. de ϕ 2,5 mm	3 Lluvia		D	hilo de ϕ 1 mm
4 de diám. $\geq 1,0$ mm	hilo de ϕ 1 mm	4 Chorro de agua			
5 protegido contra polvo	hilo de ϕ 1 mm	5 Chorro de agua con manguera			
6 estanco al polvo	hilo de ϕ 1 mm	6 Chorro fuerte con manguera			
		7 Inmersión temporal			
		8 Inmersión prolongada			

Grado de protección contra choques mecánicos

Conforme a la norma NF C 20-010, el grado de protección contra los choques mecánicos se puede simbolizar mediante un dígito característico, bien a continuación de los dos dígitos de los grados IP (ejemplo: IP 55-9), o separado el código IP. Este dígito corresponde también a una clase de influencia externa AG de las normas de instalación NF C 15-100.

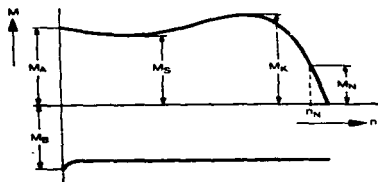
Dígito característico	Clase de influencia externa correspondiente	Energía mecánica de choque como máximo igual a
1	AG1 chequeo débil	0,225 julios
3	-	0,5 julios
5	AG2 chequeo medio	2 julios
7	AG3 chequeo fuerte	6 julios
9	AG4 chequeo muy fuerte	20 julios

Apéndice E

Tablas de par.

CALCULO DEL PAR NECESARIO EN UN MOTOR

CURVAS CARACTERISTICAS, PAR DE GIRO, REVOLUCIONES DE UN MOTOR



PAR NOMINAL

$$M_n = \frac{9,550 \cdot P_n}{n_n}$$

$$(1) M_{n1} = \frac{974 \cdot P_{n1}}{n_n}$$

$$M_n = \frac{7,160 \cdot P_{n1}}{n_n}$$

Equivalencias:

(a) Peso

(b) Potencia

(c) Par torsor

M_n = par de giro en Nm.
 P_n = potencia en Kw.
 n_n = r.p.m.

M_{n1} = par de giro en mKg.
 (1) = fórmula y unidad a no utilizar.

P_{n1} = potencia en CV.

1 Kp = 10 N.
 1 N = 0,1 Kp.

1 HP = 746 W = 0,746 Kw.
 1 CV = 735 W = 0,735 Kw.
 1 Kw = 1,36 CV.

1 Kpm = 10 Nm.
 1 Nm = 0,1 Kpm

PAR DE ARRANQUE (M_A)

Par de giro a motor parado.

Motor alimentado con tensión y frecuencia nominal.

PAR MINIMO (M_B)

Par de giro mínimo que da el motor.

Motor alimentado con tensión y frecuencia nominal.

Entre estado de reposo y las revoluciones máximas.

PAR DE GIRO MAXIMO (M_K)

Par de giro máximo que da el motor.

Motor alimentado con tensión y frecuencia nominal.

Entre las revoluciones máximas y nominales.

Cálculo del par necesario en un motor

PAR DE FRENADO (M_B)

a) *Par de frenado en reposo. Par de frenado estático*

Corresponde al momento máximo que puede oponerse a un par de giro exterior, que actúe sobre el extremo libre del eje, frenado firmemente a través del disco de freno y del anillo

b) *Par de frenado del movimiento. Par de frenado dinámico*

Corresponde al momento de frenado activo que se presenta al resbalar el anillo de freno sobre la superficie de frenado. Este es aproximadamente un 10% menor, que el momento de frenado en reposo.

PAR INICIAL DE ARRANQUE E INTENSIDAD DE ARRANQUE

El valor del par inicial de arranque y de la intensidad de arranque, así como los demás valores de momentos en función de la velocidad hasta el valor nominal, pueden ser influenciados decisivamente por la forma constructiva del motor, principalmente en lo que se refiere a sus ranuras.

Según las normas VDE 0530 para máquinas eléctricas, son válidas las siguientes tolerancias:

- Par inicial de arranque $\pm 20\%$ de su valor nominal.
- Par máximo $\pm 10\%$ de su valor nominal.
- Intensidad de arranque $\pm 20\%$ de su valor nominal.

Para la conexión de motores con valores nominales de tensión y frecuencia, el par mínimo de embalamiento durante el arranque será como mínimo igual o superior a 0,3 veces el par nominal.

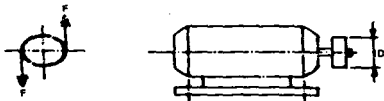
Valores mínimos para el par máximo de motores de c.a. en función de su clase de servicio

Clase de servicio	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Par máximo	1,8	1,6	1,8	2	1,8	1,8	1,8
Par nominal							

PAR DE ARRANQUE PARA MAQUINAS

Máquinas	Veces el par nominal
Bombas centrífugas	0,1 a 0,3
Bombas de émbolo:	
a) arranque en vacío	0,3 a 0,5
b) arranque en presión	1 a 1,5
Máquinas herramienta	0,2 a 0,5
Aparatos de elevación	2 a 2,5
Cintas transportadoras:	
a) arranque en vacío	0,4 a 0,8
b) arranque en carga	3 a 4
Transmisores en general	0,5 a 1
Laminadores en industria del papel	2 a 3

CALCULO DEL PAR NECESARIO EN UNA MAQUINA



PAR DE UNA MAQUINA

El trabajo efectuado por segundo por un motor, puede ser considerado como el trabajo de dos fuerzas F que se aplican a los extremos de un mismo diámetro, tal como se refleja en la figura superior. Estos dos fuerzas forman lo que se llama "par de fuerzas" o simplemente "par".

TRABAJO EFECTUADO POR LAS DOS FUERZAS EN UN SEGUNDO

El trabajo efectuado por 2 F en un segundo es igual a la potencia desarrollada por el motor.

$$P_m = 2 \cdot F \cdot \pi \cdot d \cdot n$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$M_m = F \cdot d$$

$$P_m = \omega \cdot M_m$$

P_m — potencia motor en Kw.

F — fuerza en N.

d — diámetro en in.

n — revoluciones por segundo.

ω — velocidad angular en rad/s.

M_m — par motor en Nm.

El momento del par M_m , es independiente del diámetro (d) del eje, polea, piñón, etc. (brazo de palanca).

El par motor viene dado por el valor M_m .

El par resistente M_r señala la potencia mecánica recibida por la máquina.

$$P_r = M_r \cdot \omega$$

$$M_m = f(n), \text{ para el motor.}$$

$$M_c = \phi(n), \text{ para la máquina.}$$

EJEMPLOS DE APLICACION

1) En un motor de 10 Kw de potencia que gire a 1.000 r.p.m., se quiere saber:

- Par transmisible sobre una polea.
- Esfuerzo tangencial si la polea tiene un $d_p = 200$ mm.

$$a) \quad M_m = \frac{9.550 \cdot P}{n} = \frac{9.550 \cdot 10}{1.000} = 955 \text{ Nm}$$

$$b) \quad v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n}{60.000} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 1.000}{60.000} = 10,47 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{P_r}{v} = \frac{10 \cdot 1.000}{10,47} = 955,1 \text{ N}$$

Cálculo del par necesario en una máquina

- 2) Un polipasto debe elevar una carga de 6.000 N a una velocidad de 1,25 m/s.
Se quiere saber: a) Potencia necesaria, b) Par necesario,
c) El diámetro del tambor sabiendo que gira a 200 r.p.m.

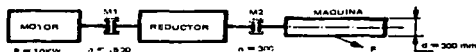
a) $P = F \cdot v = 6.000 \cdot 1,25 = 7.500 \text{ W} = 7,5 \text{ Kw}$

b) $M = \frac{9.550 \cdot P}{\pi \cdot n} = \frac{9.550 \cdot 7.500}{200} = 358,125 \text{ Nm}$ o también:

$$M = \frac{30 \cdot P_1}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 7.500}{\pi \cdot 200} = 358,098 \text{ Nm}$$

c) $d = \frac{60.000 \cdot v}{\pi \cdot n} = \frac{60.000 \cdot 1,25}{\pi \cdot 200} = 119,36 \text{ mm}$

- 3) Determinar el par transmisible por un motor de 10 Kw a 1.500 r.p.m. que mueve la mecánica que se representa a continuación.



- a) Par salida motor entrada a reductor (M1).

$$M1 = \frac{9.550 \cdot P}{\pi \cdot n} = \frac{9.550 \cdot 10}{1.500} = 63,66 \text{ Nm}$$

- b) Par a la salida reductor, entrada a máquina (M2).

$$M2 = \frac{9.550 \cdot P}{\pi \cdot n} = \frac{9.550 \cdot 10}{300} = 318,33 \text{ Nm}$$

- c) Fuerza en el tambor (F).

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60.000} = \frac{\pi \cdot 300 \cdot 300}{60.000} = 4,712 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{P_1}{v} = \frac{10.000}{4,712} = 2.122,2 \text{ N}$$

$$F = \frac{M2}{r} = \frac{318,33}{0,15} = 2.122,2 \text{ N}$$

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ m}$$

POTENCIAS PARA MOTORES

1) Potencia necesaria en una máquina

$$P = \frac{98 \cdot n}{9.550 \cdot \eta m}$$

$$P = \frac{F \cdot v}{1.000 \cdot \eta m}$$

P — potencia en Kw.
 M — par de giro de la máquina en Nm.
 n — número de revoluciones por minuto.
 ηm — rendimiento de la máquina.
 F — fuerza (peso, fricción) en N.
 v — velocidad en m/s.

2) Potencia absorbida por un motor trifásico

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{736}$$

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1.000}$$

P₁ — en W.
 P₁ — en CV.
 P₁ — en Kw.
 U — tensión nominal en V.
 I — intensidad nominal en A.
 $\cos \varphi$ — factor de potencia.

3) Potencia desarrollada por un motor trifásico

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1.000}$$

P — en Kw.
 η — rendimiento del motor a la potencia nominal.

4) Potencia absorbida por un motor de corriente continua

$$P = U \cdot I$$

$$P_1 = \frac{U \cdot I}{1.000}$$

P — en W.
 U — tensión de inducido en V.
 I — intensidad nominal en A.
 P₁ — en Kw.

5) Potencia absorbida por un motor monofásico de corriente alterna

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P_1 = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1.000}$$

P — en W.
 P₁ — en Kw.

6) Equivalencias

1 CV = 736 W (735,4987 W)
 1 HP = 746 W (745,6999 W), caballo de vapor inglés
 1 Kw = 1.000 W
 1 Kw = 1,36 CV
 1 MW = 10⁶ W = 1.000 Kw

POTENCIAS PARA MAQUINAS

POTENCIA DE UN MOTOR PARA MECANISMOS DE ELEVACION

$$P = \frac{F \cdot v}{1.000 \cdot \eta}$$

$$P = m \cdot g$$

P -- potencia mínima del motor en Kw.
 F -- fuerza resistente a la marcha en N.
 v -- velocidad en m/s.
 η -- rendimiento mecánico.
 g -- aceleración (9,81).

POTENCIA DE UN MOTOR PARA UN MECANISMO GIRATORIO

$$P = \frac{M \cdot n}{9.550 \cdot \eta}$$

P -- potencia mínima del motor en Kw.
 M -- par de giro en Nm.
 n -- revoluciones · min⁻¹.
 η -- rendimiento.

POTENCIA DE UN MOTOR PARA EL ACCIONAMIENTO DE GRUAS CON ACCIONAMIENTO UNILATERAL DEL CARRO

$$P = P_1 \cdot \frac{\eta}{2} + \frac{2(m_c + m_{car})}{2m}$$

P -- potencia en Kw.
 P₁ -- potencia mínima necesaria en Kw.
 m_c -- masa de la grúa en Kg.
 m_{car} -- masa de la carga en Kg.
 m -- masa de la carga en Kg.

POTENCIA DE UN MOTOR PARA MECANISMOS DE TRASLACION

$$P = \frac{F \cdot w \cdot v}{2 \pi \cdot 9.550 \cdot \eta}$$

P -- potencia en Kw.
 F -- peso total en N.
 w -- resistencia de tracción.
 0,007 para cojinetes de rodillo.
 0,020 para cojinetes de fricción.
 v -- velocidad de tracción en m · min⁻¹.
 η -- rendimiento mecánico.

POTENCIA DE UN MOTOR PARA UN ASCENSOR

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot v}{1.000 \cdot \eta}$$

P -- potencia en Kw.
 F -- fuerza en N.
 v -- velocidad en m/s.
 η -- rendimiento mecánico.

En ascensores y montacargas, el peso de la cabina y la mitad de la carga útil queda compensado por el contrapeso.

POTENCIA DE UN MOTOR PARA MECANISMOS DE ELEVACION

$$P = \frac{F \cdot v}{1.000 \cdot \eta}$$

Esta fórmula es igual a la anterior, suprimiendo 1/2 por los conceptos de peso de la cabina y la mitad de la carga útil.

Potencias para máquinas

POTENCIA ABSORBIDA POR UN VENTILADOR

$$P = \frac{Q \cdot p \cdot 9,81}{1.000 \cdot \eta}$$

P — potencia en Kw.
Q — caudal en m³/s.
p — presión en mm.c.d.a. (columna de agua).
η — rendimiento mecánico.

POTENCIA PARA EL MOTOR QUE ACCIONA UNA BOMBA

$$P = \frac{Q \cdot d \cdot h}{\eta}$$

P — potencia en Kw.
Q — caudal en m³/s.
d — peso específico en N/dm³.
h — altura de la elevación en m.
η — rendimiento mecánico.

POTENCIA PARA ELEVACION DE AGUA

$$P = \frac{Q \cdot h}{75 \eta}$$

P — potencia en CV.
Q — caudal en m³/s.
h — altura de la elevación en m.
η — rendimiento mecánico.

POTENCIAS PARA MAQUINAS DIVERSAS (Orientativas)

a) Máquina herramienta para metales.

— Torno revolver	3 a 20
— Torno paralelo	3 a 45
— Torno automático	1 a 15
— Fresadora	1 a 25
— Rectificadora	1 a 30
— Martillos pilón	10 a 100
— Cilindros	1 a 40
— Máquinas de cortar y roscar	1 a 20
— Taladradoras verticales	1 a 10
— Taladradoras radiales	10 a 40
— Mandrinadoras	10 a 30

b) Industria de la construcción.

— Hormigoneras	3 a 6
— Muelas, perforadoras, sierras	1 a 3
— Cintas transportadoras	2 a 5

c) Máquinas para trabajar madera.

— Sierra de cinta	0,5 a 6
— Sierra circular	2 a 6
— Taladradoras	2 a 4
— Cepilladoras	20 a 75
— Tornos	1 a 15

d) Máquinas agrícolas.

— Empacadoras de paja	2 a 5
— Trilladoras	7 a 15
— Centrifugadoras de leche	0,5 a 3
— Elevadores de grano	1 a 3
— Elevadores de sacos	1 a 3
— Limpiadores de grano	1 a 3

Potencias para maquinas

APARATOS DE ELEVACION

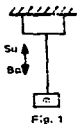


Fig. 1

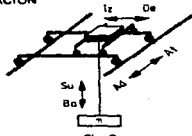


Fig. 2

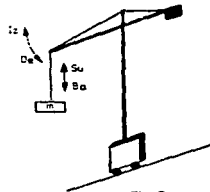


Fig. 3

Fig. 1. Polipasto fijo para elevación de cargas.

(1) $P_0 = m \cdot v$

(2) $P = \frac{m \cdot v}{75}$

(3) $P_1 = F \cdot v$

(4) $P = \frac{F \cdot v}{730}$

(5) $P_2 = \frac{F \cdot v}{1.000}$

P_0 — potencia en kgm (a no utilizar)

P — potencia en CV

P_1 — potencia en W

P_2 — potencia en Kw

m — masa en kg

v — velocidad en m/s

F — fuerza en N

Fig. 2. Grúa puente.

Masa a manipular en kg	Potencia en Kw necesaria para:		
	Elevar carga	Trasladar carro	Trasladar grúa
3.000	5	1	5
5.000	5	1,5	6
7.500	7,5	2	8
10.000	9	2	9
15.000	11	2	11
20.000	12,5	2	12,5
25.000	14	3,5	14
30.000	18	4,5	14
40.000	20	5	20
50.000	28	7,5	20

NOTA: Los valores de estas tablas son aproximados y orientativos. Se supone que los motores trabajen a plena carga.

Fig. 3. Grúa giratoria y móvil.

Masa a manipular en kg	Potencia en Kw necesaria para:		
	Elevar carga	Girar plataforma	Trasladar grúa
1.000	4,5	1	3
1.500	7	1	4
2.000	7	1	4
3.000	9	1,5	4,5
4.000	10	1,5	4,5
5.000	10	2	5

CÁLCULO DE LA POTENCIA PARA UN MOTOR

EJEMPLO DE APLICACION

Calcular la potencia de un motor que da movimiento a un carro de las características que se indican a continuación:

ELEMENTO	Valores	Unidad	Croquis
- Masa del carro.	$m = 600$	kg	
- Aceleración máxima admisible.	$a = 0,8$	m/s^2	
- Velocidad de tracción.	$v = 0,5$	m/s	
- Diámetro ruedas tracción.	$D = 250$	mm	
- Diámetro eje de las ruedas.	$d = 50$	mm	
- Contacto rueda-raíl.	acero-acero		
- Condiciones de servicio:	150	arranques/h h/día	
- Coeficiente de cojinete	$K_c = 0,005$	coj. rod. 0,007	
rozamiento : pestaña lateral	$K_L = 0,003$	coj. tric. 0,02	
rodadura	$f = 0,5$	mm	

- 1) Fuerza de tracción necesaria para el movimiento horizontal.

$$F = m \cdot g \left[\frac{2}{D} \left(K_c \cdot \frac{d}{2} + f \right) + K_L \right] \quad (N)$$

$$F = 600 \times 9,81 \left[\frac{2}{250} \left(0,005 \times \frac{50}{2} + 0,5 \right) + 0,003 \right] = 47 \text{ N}$$

- 2) Potencia necesaria.

$$P = \frac{F \cdot v \cdot \eta}{1.000} \quad (\text{Kw})$$

$$P = \frac{47 \times 0,5 \times 0,9}{1.450} = 0,021 \text{ Kw}$$

NOTA: Se elige un motor de 4 polos con 1.450 r.p.m. y rendimiento $\eta = 0,9$, de mayor potencia que los 21 W calculados, 150 W en este caso, aunque los 21 W son suficientes para mover el carro.

- 3) Par resistente.

$$M_L = \frac{9.550 \cdot P}{n} \quad (\text{Nm})$$

$$M_L = \frac{9.550 \times 0,021}{1.450} = 0,139 \text{ Nm}$$

- 4) Momento de inercia.

$$J_L = 91,2 \cdot m \left(\frac{v}{n} \right)^2 \quad (\text{kgm}^2)$$

$$J_L = 91,2 \times 600 \left(\frac{0,5}{1.450} \right)^2 = 0,0066 \text{ kgm}^2$$

Cálculo de la potencia para un motor

5) Tiempo de arranque.

$$t_A = (J_M + \frac{J_L}{\eta}) \cdot \frac{n_M}{9,55 \cdot (M_{Amed} - M_L)} \quad (s)$$

$$t_A = 0,000325 - \frac{0,0065}{0,3} \times \frac{1,450}{9,55 \cdot (1,95 - 0,139)} = 0,675$$

J_M = momento de inercia del motor (0,000325 kgm²).

J_L = momento de inercia de la carga.

η = rendimiento del motor.

n_M = velocidad nominal del motor (1.450 r.p.m.).

M_{Amed} = par medio durante el arranque. Puede tomarse el par de arranque (1.85N).

6) Aceleración durante el arranque.

$$\alpha_A = \frac{v}{t_A} \quad (m/s^2) \quad \alpha_A = \frac{0,5}{0,67} = 0,74 \text{ m/s}^2$$

7) Distancia recorrida durante el arranque.

$$s_A = 0,5 \cdot t_A \cdot v \quad (m) \quad s_A = 0,3 \times 0,67 = 0,2 = 3,167 \text{ cm} = 157 \text{ mm.}$$

8) Cadencia de arranque en carga.

$$\frac{P}{P_n} = \frac{0,021}{0,150} = 0,3075$$

9) Par de frenado.

$$M_F = M_M - 2M_L \cdot \eta^2$$

M_M = par medio del motor durante el arranque.

M_L = par resistente en el eje del motor.

$$M_F = 1,85 - 2 + 0,139 \times 0,9^2 = 1,62 \text{ Nm.}$$

10) Tiempo de frenado.

$$T_F = \frac{(J_M + \frac{J_L \cdot \eta^2}{\eta}) \cdot n_M}{9,55 \cdot (M_M - M_L \cdot \eta^2)} \quad (s)$$

$$T_F = \frac{(0,000325 + \frac{0,0065 \times 0,9 \cdot 1,450}{0,150 \times 0,92})}{9,55 \cdot (1,62 + 0,139 \times 0,92)} = 0,57s$$

11) Desaceleración.

$$\alpha_F = \frac{v}{T_F} \quad (m/s^2) \quad \alpha_F = \frac{0,5}{0,57} = 0,877 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la potencia para un motor

- 12) Distancia recorrida durante el frenado.

$$E_F = v \cdot 1.000(t_3 + 0,5 \cdot t_1) \text{ (mm)}$$

$$E_F = 0,5 \times 1.000 (0,038 + 0,5 \times 0,57) = 161,5 \text{ mm}$$

t_3 - tiempo en responder el freno (0,0385).

- 13) Precisión de la parada.

$$P_p \times E_f \cdot 0,12 \text{ (mm)} \quad P_p = 161 \times 0,12 = 19,38 \text{ mm}$$

CALCULO DEL REDUCTOR

- 14) Velocidad de salida del reductor.

$$n_2 = \frac{90 \cdot v \cdot 1.000}{\pi \cdot D \cdot i}$$

$$n_2 = \frac{90 \times 0,5 \times 1.000}{\pi \times 250 \times 0,55} = 69,44 \text{ r.p.m.}$$

Reducción en los piñones

$$i = \frac{z}{Z} = 0,55$$

Rueda matriz, $z = 16$ dientes,
Rueda conducida, $Z = 29$ dientes.

- 15) Relación de reducción.

$$i_R = \frac{n_m}{n_2} = \frac{1.450}{69,44} = 20,88$$

- 16) Factor de aceleración de las masas.

$$\frac{J_r}{J_M} = \frac{0,0066}{0,000325} = 20$$

- 17) Par de salida del reductor.

$$M_2 = \frac{9.550 \cdot P}{n_2 \cdot f_u} \text{ (Nm)}$$

$$M_2 = \frac{9.550 \cdot 0,15}{69,44/1,8} = 32,99 \text{ Nm}$$

f_u - factor de utilización (1,8).

Cálculo de la potencia para un motor

TABLAS DE APLICACION PARA CALCULO

1 - Rendimiento de los elementos de transmisión

Cable	Coinetes de fricción o rodamientos	$\eta = 0,91 - 0,95$
Correas trapezoidales	Tensión normal de la correa	$\eta = 0,88 - 0,93$
Bandas de plástico	Tensión normal de la banda	$\eta = 0,81 - 0,85$
Bandas de goma	Sobre rodillos con coinetes de rodamientos y con tensión normal de la banda	$\eta = 0,81 - 0,85$
Cadenas	Ruedas con coinetes de rodamientos (en función del tamaño de la cadena)	$\eta = 0,9 - 0,96$
Cajas de accionamiento	3 trenes (engranes cilíndricos) en función de la calidad del reductor, para reductores de corona tornillos sin fin de grupo conico, consultar con el constructor.	$\eta = 0,94 - 0,97$

2 - Coeficiente de rozamiento coinetes

Rozamientos:	$\mu_L = 0,005$
Fricción:	$\mu_L = 0,05 - 0,1$

3 - Coeficientes para calcular los rozamientos de las partes laterales

Ruedas dentadas sobre rodamiento:	$c = 0,003$
Trilobos sobre coinetes de fricción:	$c = 0,005$
Equilibrio lateral (teoría):	$c = 0,002$

4 - Coeficientes de rozamiento con diversos grupos de materiales

Acero sobre Acero	Rozamiento adherente (seco)	$\mu_0 = 0,12 - 0,6$
	Rozamiento deslizante (seco)	$\mu = 0,03 - 1,5$
	Rozamiento adherente (engras.)	$\mu_0 = 0,12 - 0,25$
	Rozamiento deslizante (engras.)	$\mu = 0,04 - 0,25$
Madera sobre madera	Rozamiento adherente (seco)	$\mu_0 = 0,45 - 0,75$
	Rozamiento deslizante (seco)	$\mu = 0,30 - 0,6$
Mesa sobre madera	Rozamiento adherente (seco)	$\mu_0 = 0,4 - 0,75$
	Rozamiento deslizante (seco)	$\mu = 0,3 - 0,5$
Correas plástico sobre acero	Rozamiento adherente (seco)	$\mu_0 = 0,25 - 0,45$
	Rozamiento deslizante (seco)	$\mu = 0,25$
Acero sobre plástico	Rozamiento adherente (seco)	$\mu_0 = 0,2 - 0,45$
	Rozamiento deslizante (engras.)	$\mu = 0,15 - 0,35$

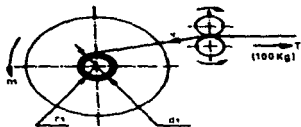
5 - Rozamiento de rodadura (trazo de palanca del rozamiento)

Acero sobre acero	$f = 0,5$	mm
Madera sobre acero	$f = 1,2$	mm
Transportador de rodillos:		
Plástico sobre acero	$f = 2$	mm
Goma dura sobre acero	$f = 7$	mm
Plástico sobre hormigón	$f = 5$	mm
Goma dura sobre hormigón	$f = 10 - 20$	mm
Goma semi-dura sobre hormigón	$f = 15 - 35$	mm

6 - Factores de incremento para calcular la fuerza transversal

Elementos transitorios	Observaciones	Factor de incremento
Ruedas dentadas	> Dientes	$f_2 = 1,0$
	< Dientes	$f_2 = 1,15$
Ruedas cónicas	> Dientes	$f_2 = 1,0$
	< Dientes	$f_2 = 1,25$
	< Dientes	$f_2 = 1,4$
Puntas de correa para correas trapezoidales	Influencia de la fuerza	$f_2 = 1,75$
Piezas de correas planas	Influencia de la fuerza	$f_2 = 2,5$
La carga de la fuerza transversal que permite analizar el reductor se calcula por la ecuación siguiente:		
$F_C = \frac{2 \cdot M \cdot i_2}{d_0}$		
Siendo: F_C = Carga equivalente a una carga transversal en N.		
M = Par de giro Nm.		
d_0 = Diámetro medio de accionamiento en mm.		
i_2 = Factor de incremento.		

CALCULO DE LA POTENCIA PARA ENROLLADO



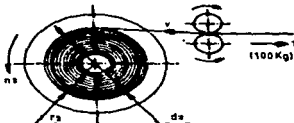
POTENCIA DE ENROLLADO EN GRAN VELOCIDAD

$$n_1 = \frac{v}{L_1}$$

$$L_1 = 2\pi r_1 = \pi \cdot d_1$$

$$M_1 = T \cdot r_1$$

$$P_1 = \frac{M_1 \cdot n_1}{716}$$



POTENCIA DE ENROLLADO EN BAJA VELOCIDAD

$$n_2 = \frac{v}{L_2}$$

$$L_2 = 2\pi r_2 = \pi \cdot d_2$$

$$M_2 = T \cdot r_2$$

$$P_2 = \frac{M_2 \cdot n_2}{716}$$

Tanto en baja como en gran velocidad, la potencia P_1 y P_2 son iguales, por lo que el cálculo de la potencia necesaria puede hacerse tanto en baja como en gran velocidad de giro de la bobina. Esta circunstancia será válida siempre que se mantenga igual la velocidad tangencial y la tensión a lo largo del enrollado.

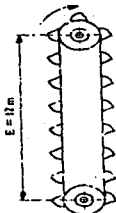
Valores de cálculo utilizados en las fórmulas

- v — velocidad tangencial en m/min.
- L — desarrollo de la circunferencia de enrollado en m.
- n — revoluciones de la bobina en r.p.m.
- M — par resistente en mkg.
- T — tensión de la lámina enrollada en kg.
- r₁ — radio mínimo en m.
- r₂ — radio máximo en m.
- d₁ — diámetro mínimo en m.
- d₂ — diámetro máximo en m.
- P — potencia necesaria en CV.

Equivalencias

- 1 mkg = 9,81 Nm.
- 1 CV = 0,736 Kw.

ELEVADOR DE CANGILONES

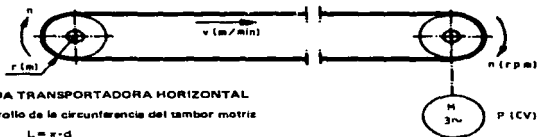


EJEMPLO DE CALCULO APLICACION

- E = Elevador de cangilones (entre ejes) 12 m
- Q = Caudal horario 50.000 kg
- v = Velocidad lineal 0,35 m/s
- N = Número de cadenas 1
- Dp = Diámetro primitivo 50 mm
- n = Velocidad de rotación 12 r/min
- Peso de un cangilón vacío 5 kg
- Peso de material en un cangilón 17 kg
- Distancia entre cangilones 0,5 m
- Número de dientes de la rueda 12
- Tiempo de trabajo 18 h/día
- Pc = Peso cadena en kg
- Pa = Peso accesorios en Kg.
- Ku = Para 8 h/día = 1,15
- 18 h/día = 1,40
- 24 h/día = 1,80

1) Peso del material (Pm) $Pm = \frac{Q \cdot E}{3,600 \cdot v}$	$Pm = \frac{50.000 \cdot 12}{3.600 \cdot 0,35} = 478 \text{ kg}$
2) Esfuerzo F en la cadena. $F = \frac{(2m \cdot K_1) + (Pa \cdot K_2)}{N \cdot v}$	$F = \frac{(478 \cdot 1) + (51 \cdot 5 \cdot 0,5)}{1 \cdot 1} = 603 \text{ daN}$
3) Esfuerzo corregido (Fc). $Fc = F \cdot K$	$Fc = 603 \cdot 1,4 = 845 \text{ daN}$
4) Selección de la cadena. La resistencia a la ruptura de la cadena será igual o superior a 8 veces Fc. Resistencia a la rotura = 8 · Fc.	$Rr = 8 \cdot 845 = 6.760 \text{ daN}$ Habrá que seleccionar una cadena que soporte dicho valor.
5) Esfuerzo F' de la cadena. Seleccionada la cadena, se determinará el peso y se volverá a calcular el esfuerzo F' en la cadena, que al ser sobre un valor concreto, dará un nuevo valor de F.	Peso cadena: Pc = 158 kg. $F' = \frac{(478 \cdot 1) + (51 \cdot 5 + 158) \cdot 0,5}{1} = 682 \text{ daN}$
6) Potencia motriz teórica (P). $P = [(F' \cdot N) + (Pc + Pa) K_3] \frac{v}{75}$	Peso cadena Pc = 158 kg. Peso accesorios 51 · 5 = 255 kg. $P = [(682 \cdot 1) + (158 + 255) \cdot 0,5] \cdot \frac{0,35}{75} = 2,2 \text{ CV}$
K ₃ Coeficiente en función al ángulo de inclinación	16° a 25° 0,15 26° a 35° 0,30 36° a 45° 0,35 46° a 55° 0,40 56° a 60° 0,45 60° a 80° 0,50 80° a vertical 0,50
Potencia para ángulo de inclinación inferior a 16°. $P = F' \cdot N \cdot \frac{v}{75}$	coeficientes K ₁ y K ₂ para transportadores de 16° a 20° K ₁ = 1 K ₂ = 1

Cálculo de la potencia para un motor



BANDA TRANSPORTADORA HORIZONTAL

Desarrollo de la circunferencia del tambor motriz

$$L = \pi \cdot d$$

Velocidad del tambor motriz

$$n = \frac{v}{L} \text{ en r.p.m.}$$

Par resistente de la cinta (M)

$$M = T \cdot r$$

Potencia del motor (P)

$$P = \frac{M \cdot n}{716} \text{ (CV)}$$

La potencia motriz será mayor con velocidad mayor y menor con la velocidad menor.

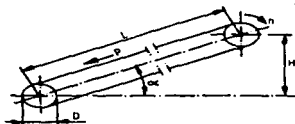
Cuando una banda funciona con velocidad variable, se calculará la potencia motriz con la mayor velocidad.

Momento de inercia del tambor motriz con una carga m sobre la banda (J)

$$J = 91 \cdot m \cdot \frac{v^2}{n^2} \text{ (kgm}^2\text{)}$$

v — en m/s.
m — en kg.
n — en r.p.m.

BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA



Par necesario (M)

$$M = P \cdot \frac{D}{2} \quad \left| \quad n = \frac{n_1}{n_2} \right.$$

Carga admisible (P)

$$P = \frac{Q \cdot L}{v \cdot 60} \cdot \sin \alpha \quad \text{sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

P — carga en N.
Q — caudal horario en N/h.
L — longitud de la banda en m.
 α — ángulo de inclinación.
H — altura de la elevación en m.
M — El par calculado será multiplicado por 1 a 3 veces, para cubrir sobrecargas, choques, arranques, etc.

v — velocidad lineal en m/min.
D — diámetro del tambor en m.
 n_1 — r.p.m. del tambor.
 n_2 — r.p.m. del árbol.

ACCIONAMIENTOS HIDRAULICOS



1) Bomba hidráulica.

La bomba es el elemento base del circuito hidráulico y está accionada por un motor.

– Caudal (Q).

$$Q = \frac{V \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1.250}$$

– Potencia del motor de accionamiento (Pac).

$$P_{ac} = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_{tot}}$$

2) Motor hidráulico.

El motor hidráulico está accionado por el fluido hidráulico impulsado por la bomba hidráulica a una determinada presión.

– Consumo (Q).

$$Q = \frac{V \cdot n}{1.000 \cdot \eta_{vol}}$$

– Número de revoluciones del motor hidráulico (n).

$$n = \frac{1.000 \cdot Q \cdot \eta_{vol}}{V}$$

– Momento de giro (M).

$$M = \frac{\Delta p \cdot V \cdot \eta_{hm}}{2 \pi \cdot 100}$$

$$M = 1,59 \cdot 10^{-4} \cdot V \cdot \Delta p \cdot \eta_{hm}$$

– Potencia (P).

$$p = \frac{\Delta p \cdot Q \cdot \eta_{tot}}{600}$$

3) Cilindro hidráulico.

– Fuerza de compresión (Fc).

$$F_c = \frac{0,785 \cdot p \cdot d_1^2}{10.000}$$

– Fuerza de tracción (Ft).

$$F_t = \frac{0,785 \cdot p \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{10.000}$$

Q – caudal en L/min.

V – caudal geométrico (bomba) en cm³.

caudal geométrico (motor) en cm³.

n – número de revoluciones por minuto.

η_{vol} – rendimiento volumétrico (0,9–0,95).

η_{tot} – rendimiento total (~0,8–0,85).

η_{hm} – rendimiento hidráulico-mecánico (0,9–0,95).

Pac – potencia accionamiento de la bomba en Kw.

p – presión de servicio en bar.

M – par motor en daNm.

Δp – diferencia de presiones entre la entrada y salida del motor en bar.

P – potencia del motor en Kw.

d₁ – diámetro del émbolo en mm.

d₂ – diámetro de la barra en mm.

Fc – Ft – fuerza en daN.

POTENCIA PARA MAQUINAS HERRAMIENTA

POTENCIA ABSORBIDA EN EL CORTE

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 75 \cdot \eta}$$

P — potencia absorbida en el corte en CV.
 Fc — esfuerzo de corte en Kg/mm².
 v_c — velocidad de corte en m/min.
 η — rendimiento.

VELOCIDAD DE CORTE

$$v_c = \frac{K}{d^S}$$

S — sección de la viruta en mm.
 K — constante que depende de la tensión de rotura.
 K = 1.200/tr para aceros y metales maleables.
 K = 288/tr para fundición.
 tr — tensión de rotura en Kg/mm².

ESFUERZO DE CORTE

$$F_c = K_s \cdot S$$

K_s — fuerza específica de corte en kg/mm².
 S — sección en mm².

FUERZA ESPECIFICA DE CORTE

MATERIALES	Tensión de rotura (tr) (Dureza Brinell en Kg/mm ²)	Avance en mm por vuelta					
		0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
		Fuerza específica de corte K _s (Kg/mm ²)					
Aceros al carbono suave semi-suave templado duro	hasta 50	360	260	190	138	98	70
	50-70	520	300	220	156	110	80
	70-85	440	315	230	164	120	87
	85-100	460	330	240	172	125	88
Acero aleados al níquel al Cr-Ni al Cr-Mo	70-85	470	340	245	278	145	112
	100-140	530	390	275	200	150	102
	140-180	570	410	300	215	155	105
Acero moldados	30-50	320	230	170	124	88	65
	50-70	360	206	190	138	99	70
	70 en adelante	390	285	205	150	102	72
Fundiciones gris especial cobre latón bronce aluminio	200-250	290	280	150	108	79	55
	250-400	320	230	170	120	85	61
		210	152	110	80	58	46
		160	115	85	60	44	32
		340	245	180	125	93	65
	115	84	60	43	31	22	

VELOCIDAD DE CORTE

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

v_c — velocidad de corte en m/min.
 d — diámetro en metros.
 n — revoluciones por minuto (r.p.m.).

$$v_c = \frac{L}{t}$$

v_c — velocidad de corte en m/min.
 L — longitud en m.
 t — tiempo en minutos.

Potencia para máquinas herramienta

TRABAJO DE FREZADORA

Velocidad de corte (Vc).

$$vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1.000}$$

vc — en m/min.
D — diámetro de la periferia en mm.
n — número de r.p.m.

Velocidad de avance (va).

$$va = \frac{1.000 \cdot vc \cdot z \cdot az}{\pi \cdot D}$$

va — en mm/min.
vc — velocidad de corte en m/min.
z — número de dientes de la fresa.
az — avance por dientes en mm/min.
D — diámetro en mm de la fresa.

Fuerza de corte (Fc).

$$Fc = K \cdot S$$

Fc — en daN.
K — fuerza específica de corte.
S — sección de la viruta en mm².

Potencia (P).

$$P = \frac{Fc \cdot va}{6.120.000 \cdot \eta}$$

P — potencia necesaria en Kw.
Fc — fuerza de corte en daN.
va — velocidad de avance en mm/min.
η — rendimiento

TRABAJOS DE LIMADORA, MORTAJADERA Y CEPILLADORA

Velocidad media de trabajo (vm).

$$vm = \frac{2l}{tc+tr} = \frac{2vc \cdot vr}{vc+vr}$$

vm — en m/min.
L — longitud de la pieza o recorrido, en mm.
tc — tiempo en realizar una carrera de trabajo, en min.
tr — tiempo en realizar una carrera de retorno, en min.
vc — velocidad de corte (trabajo), en m/min.
vr — velocidad de retroceso (vacío) en m/min.

Potencia absorbida en el corte (P).

$$P = \frac{Fc \cdot vc}{4.500}$$

P — potencia en CV.
Fc — fuerza de corte en daN.
vc — velocidad de avance en mm/min.

MUELAS

Velocidad periférica (v).

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60.000}$$

v — velocidad en m/s.
D — diámetro de la muela en mm.
n — número de r.p.m.

Número de revoluciones (n).

$$n = \frac{60.000 \cdot v}{D \cdot \pi}$$

n — de la fórmula de la velocidad periférica (v).

FRENADO DE MOTORES Y MAQUINAS

SISTEMAS DE FRENADO



1) Frenado mecánico 2) Frenado hidráulico 3) Frenado neumático 4) Frenado electromagnético

FRENADO DE MOTORES

El frenado de motores resulta imprescindible en cantidad de accionamientos. Es por esta razón, que resulta necesario aplicar a los motores frenos de funcionamiento electromagnético u otro sistema que cause la frenada del motor.

En este capítulo destinamos al frenado de motores se estudian los sistemas siguientes.

- Frenado por contrarrotoriente.
- Frenado por alimentación de c.c. a un devanado trifásico de c.a.
- Motores freno.

FRENADO ELECTROMAGNETICO

Dentro de la gran variedad de frenado reflejados en la parte superior, se da preferencia a los electromagnéticos por ser los más sencillos.

También los frenos de tipo mecánico como los electromagnéticos pueden tener la siguiente forma constructiva

- Frenos de banda.
- Frenos de zapata.
- Frenos de disco.

En estos casos se tiene una zapata del motor, teniendo una pastilla que va unida al eje del motor y de la cual sale la parte que se pegan al eje del motor.



FRENO DE BANDA

Colocando dinamómetros en (f_1) se puede medir la potencia desarrollada por el eje de un motor.

$$P = \Delta f \cdot 2\pi r n$$

$$\Delta f = f_1 - f_2$$

- P = potencia en vatios (W).
- Δf = diferencia de tensiones marcadas por los dinamómetros en newtons (N).
- n = revoluciones por segundo.
- f_1 = lectura del dinamómetro 1.
- f_2 = lectura del dinamómetro 2.
- r = radio en metros.

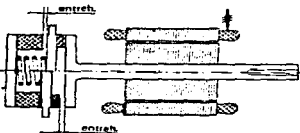


FRENO DE ZAPATA

Este sistema de frenado para grandes potencias, consiste en dos zapatas unidas a una articulación mecánica que es movida por un sistema de piston con fluido neumático o hidráulico o por medio de un electroimán.

Normalmente, en la posición de reposo el sistema está bloqueado, es decir, frenado.

FRENO DE DISCO



En este caso, el sistema de frenado por disco corresponde a un motor que lleva incorporado este sistema de frenado con su correspondiente electroimán y sus resortes de liberación.

En situación de reposo, no hay tensión eléctrica sobre motor ni electroimán y el motor está frenado. Al dar tensión al motor, también se da al freno, con lo que se desbloquea el eje.

En algunas maquinas debe tenerse en cuenta, la diferencia en tiempo, entre el momento que se da corriente al motor y el momento que se da corriente al electroimán.

Arranque y frenado de motores

7) Tiempo de parada (t_p).

$$t_p = t_c + t_1 + t_f$$

t_p — en ms.
 t_c — tiempo de respuesta de órganos de mando (contactores, fines de curso en ms.
 t_1 — tiempo de respuesta al cerraje del freno en ms.
 t_f — tiempo de frenado en ms.

8) Tiempo de frenado (t_f).

$$t_f = \frac{(J_m + J_c) \omega_n}{M_f + M_c}$$

t_f — en segundos.
 J_m — momento de inercia del motor freno en kgm^2 .
 J_c — momento de inercia de la carga en kgm^2 .
 ω_n — velocidad angular del motor en rd/s .
 M_f — par de frenado del motor freno en Nm.
 M_c — par de la carga en Nm.
 + si ella frena.
 — si ella arrastra.

9) Momento de inercia de la carga movida por el árbol del motor (J_c).

$$J_c = J_1 + J_2 \left(\frac{\omega_1}{\omega_n} \right)^2 + m \left(\frac{v}{\omega_n} \right)^2$$

J_c — en kgm^2 .
 J_1 — momento de inercia de giro del motor en kgm^2 .
 J_2 — momento de inercia de giro de la carga en kgm^2 .
 ω_1 — velocidad angular de la carga en rd/s .
 ω_n — velocidad angular del motor en rd/s .
 m — masa de la carga en kg.
 v — velocidad lineal de la carga en m/s.

10) Distancia de la parada (l_p).

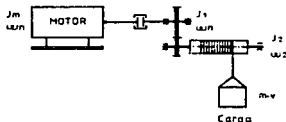
$$l_p = v \left(t_c + t_1 + \frac{t_f}{2} \right)$$

t_p — en m.
 v — velocidad lineal en m/s.
 t_c — en s.
 t_1 — en s.
 t_f — en s.

11) Número de vueltas antes de la parada del motor.

$$n = \frac{\omega_n}{2\pi} \left(t_c + t_1 + \frac{t_f}{2} \right) \quad n \text{ — en r.p.m.}$$

Las fórmulas 7 hasta la 11, corresponden a la transmisión aquí representada.



A partir del punto (12) se señalan las fórmulas de espacio recorrido después de frenar en recorridos de subir y bajar.

ARRANQUE Y FRENADO DE MOTORES

1) Tiempo de arranque de un motor a par constante (ta).

$$t_a = \frac{J \cdot n}{375 \cdot M}$$

t_a — tiempo de arranque en s.
 J — momento de inercia con relación a nuevas revoluciones del motor en kgm^2 .
 n — r.p.m. nominales.
 M — par de giro del motor en Nm.

2) Duración máxima del arranque (ta).

$$t_a = 4 \cdot 2 \sqrt{P}$$

$$t_a = 4 \cdot \sqrt{2P_1}$$

t_a — tiempo máximo de arranque en s.
 P — potencia en Kw.
 P_1 — potencia en CV.

3) Duración del arranque o del frenado de un motor (t).

$$t = 2,67 \cdot \frac{J}{M} \cdot n \cdot 10^{-3}$$

$$t = 2,67 \cdot \frac{J}{P} \cdot n^2 \cdot 10^{-4}$$

t — tiempo de arranque o frenado en s.
 J — momento de inercia en Nm^2 .
 M — par de giro en Nm.
 P — potencia en W.
 n — velocidad en r.p.m.

4) Fuerza de atracción de un electroimán (F).

$$F = \frac{B^2 \cdot S}{981 \cdot 8 \pi \cdot 10^{-10}}$$

F — fuerza en kg.
 J — sección en cm^2 .
 B — inducción en teslas.

5) Tiempo de aceleración (ta).

$$t_a = \frac{J(n_2 - n_1)}{9,55(Mt + Mc)}$$

$$M_t = M_c + M_a$$

$$M_c = F \cdot r$$

t_a — tiempo en segundos.
 $n_2 - n_1$ — en casos de aceleración o desaceleración.
 $n_2 - n_1$ — en casos de inversión.
 $M_t - M_c$ — en caso de aceleración, en Nm.
 $M_t + M_c$ — en caso de desaceleración, en Nm.
 M_t — par resistente total, en Nm.
 M_c — par de carga, en Nm.
 M_a — par de aceleración, en Nm.
 F — fuerza en N.
 r — radio en m.

M_c — par de carga para vencer el trabajo que realiza la máquina y los rozamientos, su valor es igual al producto de la fuerza tangencial que hay que hacer, por la longitud del brazo de palanca correspondiente.

6) Par de aceleración (Ma).

Par necesario para acelerar las masas hasta una velocidad en un tiempo deseado.

$$M_a = \frac{J(n_2 - n_1)}{94t}$$

$$J = 77d^4$$

M_a — en dNm .
 J — momento de inercia de las masas a acelerar o desacelerar en kgm^2 .
 n_1 — velocidad del eje conducido en r/min.
 n_2 — velocidad del eje conductor en r/min.
 t — tiempo en s.
 d — diámetro del eje en m.
 J — momento de inercia en kgm^2 para cilindro macizo de hierro.

Arranque y frenado de motores

12) Desplazamiento en movimiento vertical de frenado.

12.1) Hacia arriba.

$$s = v \left[t_1 \frac{nm - \frac{\Delta n}{\gamma}}{nm} + 0,5 t_2 \frac{nm + \Delta n}{nm} \right] - 1000$$

nm — velocidad del motor en min^{-1} ,
 Δn — variación de velocidad en min^{-1} .

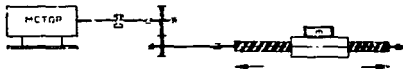
12.2) Hacia abajo.

$$s = v \left[t_1 \frac{nm + \frac{\Delta n}{\gamma}}{nm} + 0,5 t_2 \frac{nm - \Delta n}{nm} \right] - 1000$$

13) Desplazamiento en movimiento horizontal de frenado.

$$s = v (t_1 + 0,5 t_2) - 1000$$

- v — espacio recorrido en mm.
- v — velocidad en m/s.
- t_1 — tiempo de entrada del freno en s.
- t_2 — tiempo de frenado en s.



FRENADO ELECTRICO DE MOTORES

A continuación y a título de ejemplo se estudian tres formas de frenar un motor trifásico de corriente alterna.

- a) Motor con electrofreno incorporado.
- b) Motor con electrofreno exterior (electroimán), que podrá ser de disco o de zapatas.
- c) Frenado eléctrico por contracorriente.

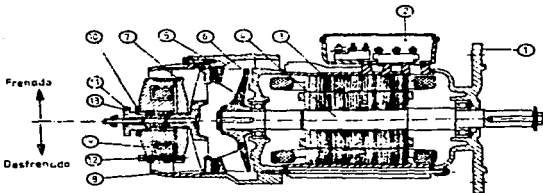
Respecto a la maniobra del frenado y marcha del motor, deberá elegirse aquella que satisfaga las exigencias de la maniobra, es decir, adelantarlo o retrasarlo o bloquearlo o desbloquearlo del eje del motor a la orden de parar o arrancar el motor.

Esta circunstancia que se acaba de enumerar, tiene una gran importancia en la eficacia del frenado y en el arranque del motor, particularmente, en aquellas máquinas que necesitan respuestas precisas.

En caso de duda, deberán consultarse al fabricante, las prestaciones que dan el conjunto motor-freno, o pedirle las prestaciones que cubran las exigencias que la máquina accionada, necesita.

Otras formas eléctricas de frenado podrán aplicarse en función al tipo de corriente de que se trate, alterna o continua, y al de motor cuando son de rotor bobinado o de rotor en cortocircuito.

FRENADO DE MOTORES



MOTOR-FRENO

Partes principales

- 1 — Arbre que une al motor con el reductor o la máquina a accionar.
- 2 — Caja de bobinas con equipo rectificador para alimentar al bobinado del freno.
- 3 — Circuito magnético estático con su correspondiente bobinado trifásico.
- 4 — Circuito magnético rotatorio con su eje de accionamiento.
- 5 — Carcasa que encierra el freno del motor.
- 6 — Disco-freno.
- 7 — Armadura del freno.
- 8 — Corona fija del freno.
- 9 — Bobina del electroimán que podrá ir alimentada por c.c. o por c.a. En este caso, c.c.
- 10 — Contratuerca de bloqueo del tornillo de regulación.
- 11 — Tornillo de regulación de la fuerza de frenado, que en este será Mf.
- 12 — Tornillo para regar el entrehierro.
- 13 — Resorte que empuja la armadura, al cesar la acción del electroimán.

El freno se representa estando la mitad superior en posición de frenado y la mitad inferior en posición de desfrenado.

La importancia del frenado de motores resulta básica en cantidad de maniobras a realizar en una máquina, lo que llevará a elegir en cada caso, el tipo de freno que mas convenga, dentro de una amplia gama de modelos.

La acción de frenar, conlleva que el motor tenga que hacer esfuerzos adicionales en el arranque, por desfase entre las maniobras de marcha motor y desfrenado del mismo. El iniciar el arranque del motor, estando todavía frenado, es causa de una elevación adicional de la temperatura del motor.

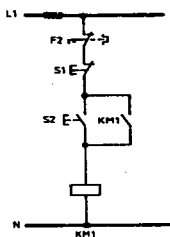
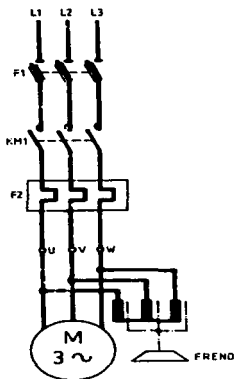
En la parada, se da un tiempo entre la desconexión del motor y el bloqueo del freno, dicho tiempo será mayor o menor, según el tipo de freno y sistema de accionamiento de que se trata.

El número de arranques-hora queda supeditado al tipo de freno y forma de accionamiento. Ante la duda, consultar al constructor.

Los frenos más simples van conectados en paralelo con el devanado del motor, por lo que las maniobras son coincidentes, lo que da lugar a problemas.

A continuación se estudian las fórmulas a emplear en el cálculo de arranque y frenado de motores, atendiendo a las circunstancias especiales que rodea esta maniobra.

Frenado de motores



FRENADO POR ELECTROIMÁN

Es el mismo motor, el que lleva incorporado el electroimán de frenado.

Al pulsar en S2 además de dar tensión al devanado del motor, también se alimenta el electroimán (freno), que desbloqueará al rotor del motor que quedará libre para que inicie el giro.

Al pulsar en S1 (pero), cae la maniobra de KM1, con lo que corta tensión al motor y al mismo tiempo al electroimán. Este último, por medio de unos resortes vuelve a bloquear el rotor del motor y con ello se consigue el frenado rápido del mismo.

Hay diversas formas de frenado que se estudian a continuación. Sin embargo, para motores de pequeña y media potencia el tipo de frenado aquí estudiado es el más normal en motores de corriente alterna.

Los motores de corriente continua permiten el frenado por contracorriente con resultados muy eficaces. La circunstancia del frenado debe tenerse en cuenta al hacer el pedido de un variador de velocidad para motor de c.c.

APENDICE F

SÍMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES

Los símbolos mostrados fueron establecidos por N.E.M.A.

INTERRUPTORES																																															
DESCONECTOR DE NAVAJAS	DESCONECTOR MOLDEADO	MOLDEADO CILINDRICO Y TERMINO	MOLDEADO CILINDRICO MAGNETICO	MOLDEADO TERNOMAGNETICO	DE LIMITE		DE PIE																																								
					NORMAL-ABIERTO	NORMAL-CERRADO	N.O.	N.C.																																							
DE PRESION Y VEZID		NIVEL DE LIQUIDO (FLUJADOR)		ACTUADO POR TEMPERATURA		DE FLUIDO (AIRE, AGUA, ETC.)																																									
N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.																																								
SELECTORES																																															
DE VELOCIDAD			2 POSICIONES		3 POSICIONES																																										
ADELANTE	ADELANTE	ADELANTE	 1.- CONTACTO CERRADO		 1.- CONTACTO CERRADO																																										
EN REPOSO DE			POSICION DEL SELECTOR																																												
DEL PIAR			<table border="1"> <tr> <td colspan="2">CONTACTO</td> <td colspan="2">POSICION DEL SELECTOR</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">A</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">B</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">LIBRO PRIMARIO</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">LIBRO SECUNDARIO</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">1-2</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">3-4</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">1-1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">1-1</td> </tr> </table>					CONTACTO		POSICION DEL SELECTOR				A				B				LIBRO PRIMARIO				LIBRO SECUNDARIO				1-2				3-4				1-1				1-1					
CONTACTO		POSICION DEL SELECTOR																																													
		A																																													
		B																																													
		LIBRO PRIMARIO																																													
		LIBRO SECUNDARIO																																													
		1-2																																													
		3-4																																													
		1-1																																													
		1-1																																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">CONTACTO MOMENTANEO</td> <td colspan="2">CONTACTO MANTENIDO</td> <td colspan="2">LUMINADO</td> <td colspan="2">LAMPARAS PILOTO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">UN CIRCUITO</td> <td colspan="2">DOBLE CIRCUITO</td> <td colspan="2">DOS DE UN CIRCUITO</td> <td colspan="2">LA LETRA INDICA EL COLOR</td> </tr> <tr> <td>N.O.</td> <td>N.C.</td> <td>N.O. Y N.C.</td> <td>CABERA TIPO HONGO</td> <td>UN DOBLE CIRCUITO</td> <td>UN DOBLE CIRCUITO</td> <td colspan="2">ESTANDAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2">OP. V. H. (V. H. S.)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>								CONTACTO MOMENTANEO		CONTACTO MANTENIDO		LUMINADO		LAMPARAS PILOTO		UN CIRCUITO		DOBLE CIRCUITO		DOS DE UN CIRCUITO		LA LETRA INDICA EL COLOR		N.O.	N.C.	N.O. Y N.C.	CABERA TIPO HONGO	UN DOBLE CIRCUITO	UN DOBLE CIRCUITO	ESTANDAR								OP. V. H. (V. H. S.)									
CONTACTO MOMENTANEO		CONTACTO MANTENIDO		LUMINADO		LAMPARAS PILOTO																																									
UN CIRCUITO		DOBLE CIRCUITO		DOS DE UN CIRCUITO		LA LETRA INDICA EL COLOR																																									
N.O.	N.C.	N.O. Y N.C.	CABERA TIPO HONGO	UN DOBLE CIRCUITO	UN DOBLE CIRCUITO	ESTANDAR																																									
						OP. V. H. (V. H. S.)																																									
CONTACTOS																																															
OPERACION INSTANTANEA				BORNAS		NUESTRAS DE SORTEO		INDUCCION																																							
DE TIEMPO LA ACCION DEL CONTACTO SE RETARDA DESPUES QUE LA BORNA ES				SE 1		TERMICO		MAGNETICO																																							
CON SUPRESOR	SIN SUPRESOR	ENERGIADA	DESCENERGIADA																																												
N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O. Y N.C.	N.O. Y N.C.	N.O. Y N.C.		N.C. DE A.I.																																							
TRANSFORMADORES				MOTORES C.A.				MOTORES C.D.																																							
AUTO.	N. FIJADO	N. AIRE	CONN.	DOBLE VOLTAJE	UNA FASE	2 FASES	3 FASES 4 HILOS	ROTOR DEV.	ARMA DURA	CAMPO DERIVADO	CAMPO SERIE	CAMPO MIXTO	CAMPO MIXTO																																		

Conclusiones

Al tener plenamente identificado un sistema de control, sus elementos y el entendimiento de la lógica de funcionamiento, hace que sea más fácil la sustitución del control existente a un control por medio de un PLC.

Cuando se tiene el control de un motor o proceso por medio de elementos electromecánicos, resulta no ser tan efectivo en varios aspectos, como cuando se sustituye por un PLC. En el aspecto del mantenimiento este disminuye en gran proporción, logrando que los costos sean menores.

Una ventaja que nos otorga el PLC a diferencia de un control por medio de elementos electromecánicos es el tamaño y espacio más reducido que va a ocupar en nuestra área de trabajo.

El concepto moderno de automatización de procesos industriales debe integrar cuatro componentes básicos: actuadores, mandos, sensores y control. Los primeros son elementos que transmiten el movimiento, como motores eléctricos o pistones neumáticos. El mando puede representarse por ejemplo: con contactores que hace que un motor gire a un lado u otro. El elemento de control se representa como un grupo de relevadores o microválvulas, un Controlador Lógico Programable (PLC) o una computadora.

Actualmente se requiere de un control más flexible en la mayoría de los procesos, es decir, que en cualquier momento que se desee se pueda modificar el proceso en muy diversas formas, y con los Controladores Lógicos Programables esto es posible, sin que sea necesario volver a instalar todo el equipo como ocurría con los relevadores.

El PLC además de la flexibilidad en el control, proporciona otras características como el poder comunicarse con una computadora personal y de esta forma tener un monitoreo del proceso, que hoy en día es uno de los aspectos más cuidados en la industria. Existen otros equipos que se pueden conectar a los PLC's como: variadores de velocidad, arrancadores, etc. Que permiten tener un sistema automatizado muy avanzado.

El PLC ha sido definido como una computadora de objetivos fijos o dedicados, los sensores retroalimentan al control respecto de las funciones que realizan los elementos motrices: señalan si los equipos o las herramientas están en la posición adecuada, si una pieza está correctamente colocada o, incluso si el operador está realizando una operación indebida o peligrosa.

En el proceso que se selecciono de la grúa viajera se utilizan motores de inducción jaula de ardilla debido a su capacidad; características que se requieren y bajo nivel de mantenimiento. Diseñando un sistema controlado por un PLC en diagrama de escalera, teniendo un monitoreo completo de fallas en cualquiera de los motores, sensores o circuitos que intervengan.

Bibliografía

- [1] **Programmable Controllers
Operation and application**
Ian G. Warnock
Prentice Hall
- [2] **Programmable Controllers
and Designing
Sequential Logic**
Filer & Leinonen
Saunders College Publishing
- [3] **Programmable Logic Controllers**
Colin D. Simpson
Prentice Hall
- [4] **Programmable Controllers and Engineer's guide**
E.A Parr, Bac, Ceng, MIEE Minst NC
Newnes
- [5] **Automatización, Neumática, Electroneumática**
Salvador Millar
Alfaomega- Marcombo
- [6] **Tratado de Electricidad**
Vol. II C.A.
Dawes
G.G.
- [7] **Máquinas electromecánicas y electromagnéticas**
Matsch
Alfaomega
- [8] **Máquinas eléctricas**
Thaler
Limusa

- [9] **El ABC de las máquinas eléctricas**
Vol. II. Motores de C.A.
Gilberto Enriquez Harper
Limusa
- [10] **Control de motores eléctricos**
R. L. Mc Intyre
Alfaomega- Marcombo
- [11] **Electrical Control Systems In Industry**
Charles S. Siskind
Mc Graw Hill
- [12] **Modern Industrial / Electrical Motor Controls**
Operation, Installation, and Troubleshooting
Thomas E. Kisell
Prentice Hall
- [13] **Control of Electric Machines**
Irving L. Kosow
Prentice Hall
- [14] **Autómatas Programables**
Fundamento, Manejo, Instalación y Prácticas
Alejandro Pomas Criado
Antonio Plácido Montanero Molina
Mc Graw Hill
- [16] **Máquinas eléctricas y Transformadores**
Irving L. Kosow
Prentice Hall.
- [18] **Máquinas eléctricas**
Stephen J. Chapman
Mc graw Hill
- [17] **Reparación de motores eléctricos e Instalaciones**
Jorge Luis Morales Mancilla
Tesis: ITTG

- [18] **Fundamentos de control eléctrico**
Groupe Schneider

- [19] **Controles Lógicos Programables**
Manual de estudio
Festo Didactic

- [20] **Manual de funcionamiento**
Altivar 66
Telemecanique México
Groupe Schneider