

**Electricista
Industrial**

Manual del Becario

Curso:

**Electricista
instalador de
tableros de
control
semiautomático**



Módulo:

**Mandos por
contactores de
motores
asíncronos**

**CÓDIGO: 89001355
Parte I**

**Programa de Capacitación
Tecnológica para los Licenciados del
Servicio Militar**

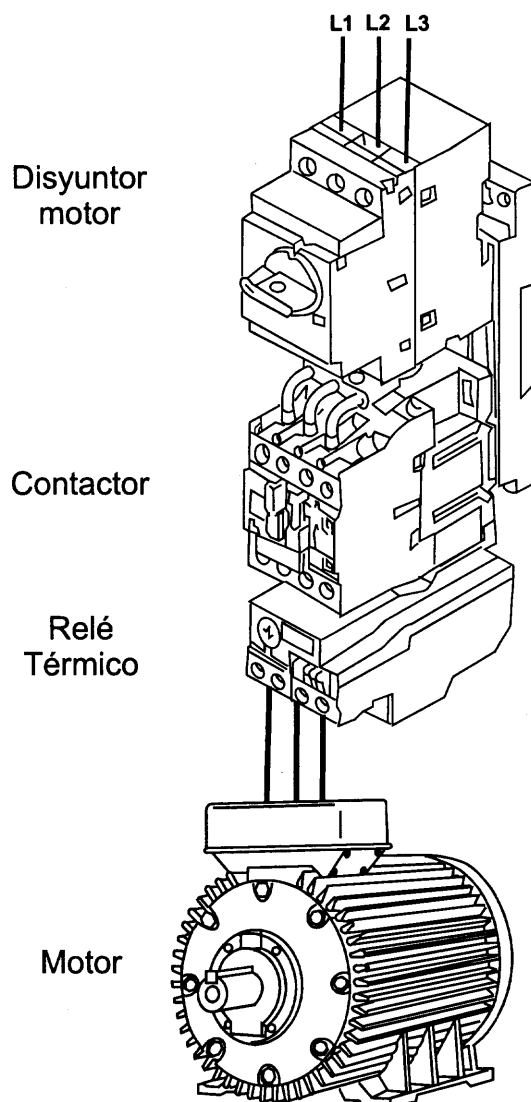
INDICE

1.- Presentación	2
2.- Tareas 1 - 2	3 - 47
❑ Realiza el arranque directo de un motor de inducción trifásico.	
❑ Realiza el arranque directo desde dos estaciones de un motor de inducción trifásico.	
3.- Tareas 3 - 4	48 - 69
❑ Realiza el arranque directo en secuencia forzada de motores de inducción trifásico.	
❑ Realiza el arranque directo en secuencia forzada automática de motores de inducción trifásico.	
4.- Tareas 5 - 6	70 - 84
❑ Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares de un motor de inducción trifásico.	
❑ Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores de un motor de inducción trifásico.	
5.- Tareas 7 - 8	85 - 101
❑ Realiza el arranque estrella - triángulo de un motor de inducción trifásico.	
❑ Realiza el arranque estrella-triángulo con inversión de giro de un motor de inducción trifásico.	
6.- Tareas 9 - 10	102 - 127
❑ Realiza el arranque por autotransformador de un motor de inducción 3Ø.	
❑ Realiza el arranque de un motor de inducción 3Ø en conexión Dahlander.	

TAREAS 1 - 2

- Realiza el arranque directo de un motor de inducción trifásico.
- Realiza el arranque directo desde dos estaciones de un motor de inducción trifásico.

ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFÁSICO



N°	OPERACIONES	MATERIALES / INSTRUMENTOS
01	› Elaborar esquema de arranque directo.	› Motor trifásico de inducción (01)
02	› Probar contactor.	› Disyuntor motor (01)
03	› Probar relé térmico.	› Contactor electromagnético (01)
04	› Probar pulsador conexión - desconexión.	› Relé térmico diferencial (01)
05	› Fijar elementos de automatismo.	› Disyuntor unipolar magnetotérmico (01)
06	› Probar motor de inducción trifásico, jaula de ardilla.	› Pulsador normalmente abierto (01)
07	› Conectar circuito de arranque por contactores.	› Pulsador normalmente cerrado (01)
08	› Probar arranque directo por impulso permanente.	› Lámparas de señalización (02)
09	› Probar arranque directo por impulso inicial.	› Destornillador plano
		› Alicata universal
		› Multitester

01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
		Realiza el arranque directo de un motor de inducción trifásico.	HT 1	REF.
		CONTROLISTA DE MÁQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES	TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

OPERACIÓN:

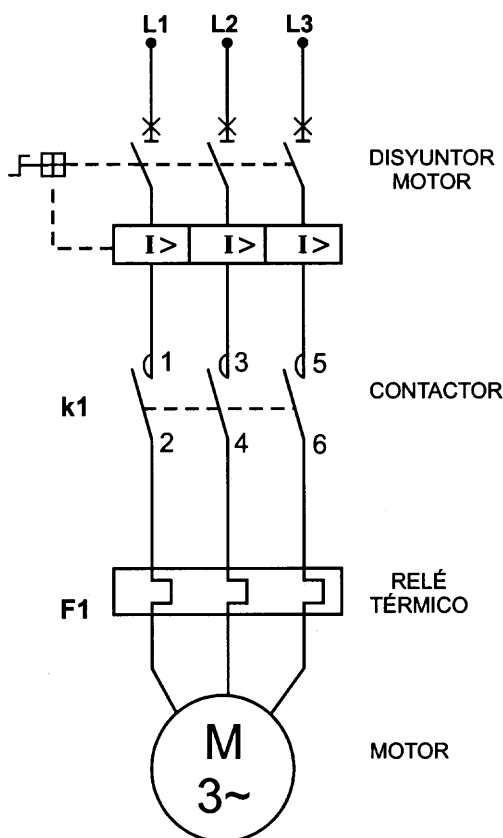
Elaborar esquema de arranque directo

Se elabora el esquema de arranque a plena tensión, por impulso inicial mediante el pulsador y con protección térmica y magnética.

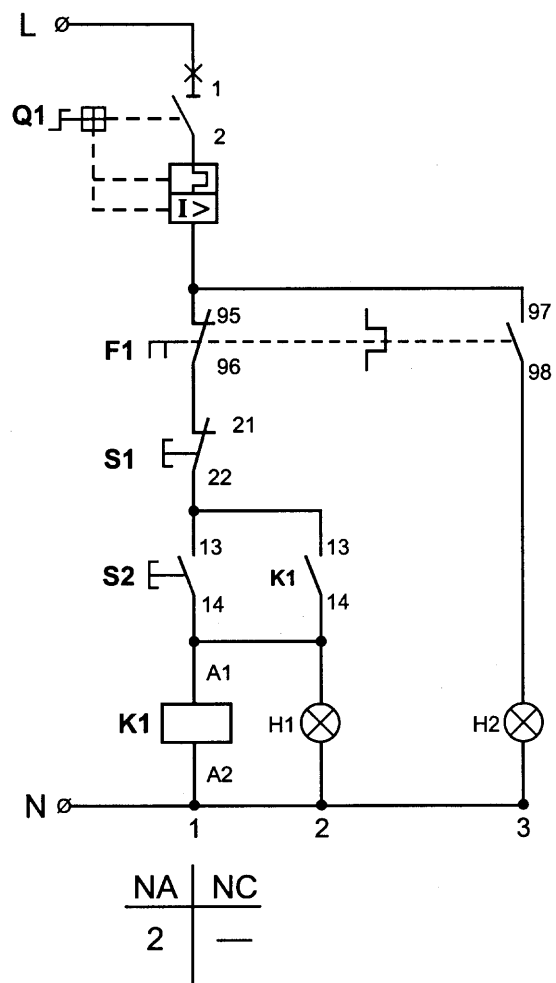
PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elaborar esquema del circuito de potencia y control.

CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE CONTROL



OBSERVACIÓN

- Por motivos de seguridad se recomienda que una de las líneas de alimentación del circuito de control se una directamente y sin intercalación de elemento alguno, a la salida de las partes que constituyen cargas (bobinas, pilotos, temporizadores, etc). El resto de los elementos de control (pulsadores, contactos auxiliares, interruptores de posición, etc.) se ubican entre la otra línea de alimentación y la entrada de los elementos que constituyen una carga.

OPERACIÓN:

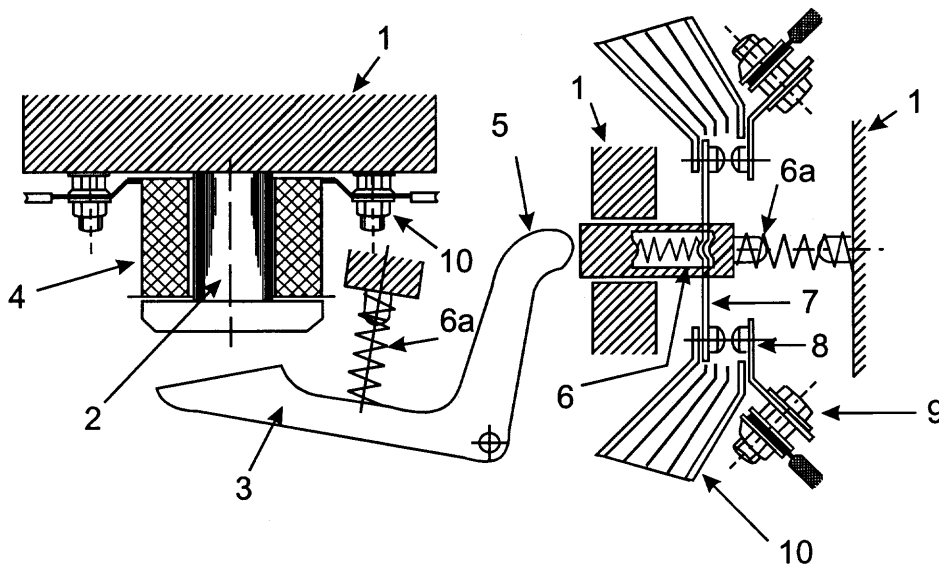
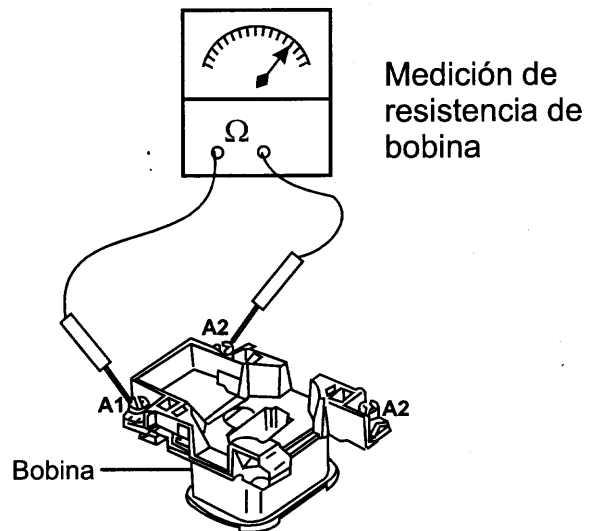
Probar Contactor

Se realizará: pruebas de continuidad en los contactos principales y auxiliares, medición de resistencia de la bobina y prueba de operatividad del contactor, aplicando tensión a la bobina.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Enganche manualmente el contacto pruebe continuidad en los contactos principales y auxiliares. Luego desenganche y pruebe continuidad en los contactos,
2. Realice la medición de la resistencia de la bobina.
3. Conecte tensión a la bobina y verifique funcionamiento.

- Contactos principales y auxiliares
- Ruido magnético



Representación esquemática de un contactor electromagnético.

- 1- Soporte. 2- Núcleo magnético 3- Armadura. 4- Bobina 5- Pieza de conexión.
 6- Muelles de presión. 6a- Muelles antagonistas. 7- Contactos principales móviles.
 8- Contactos principales fijos. 9- Bornes principales. 10- Bornes de alimentación de la bobina. 11- Cámaras apagachispas.

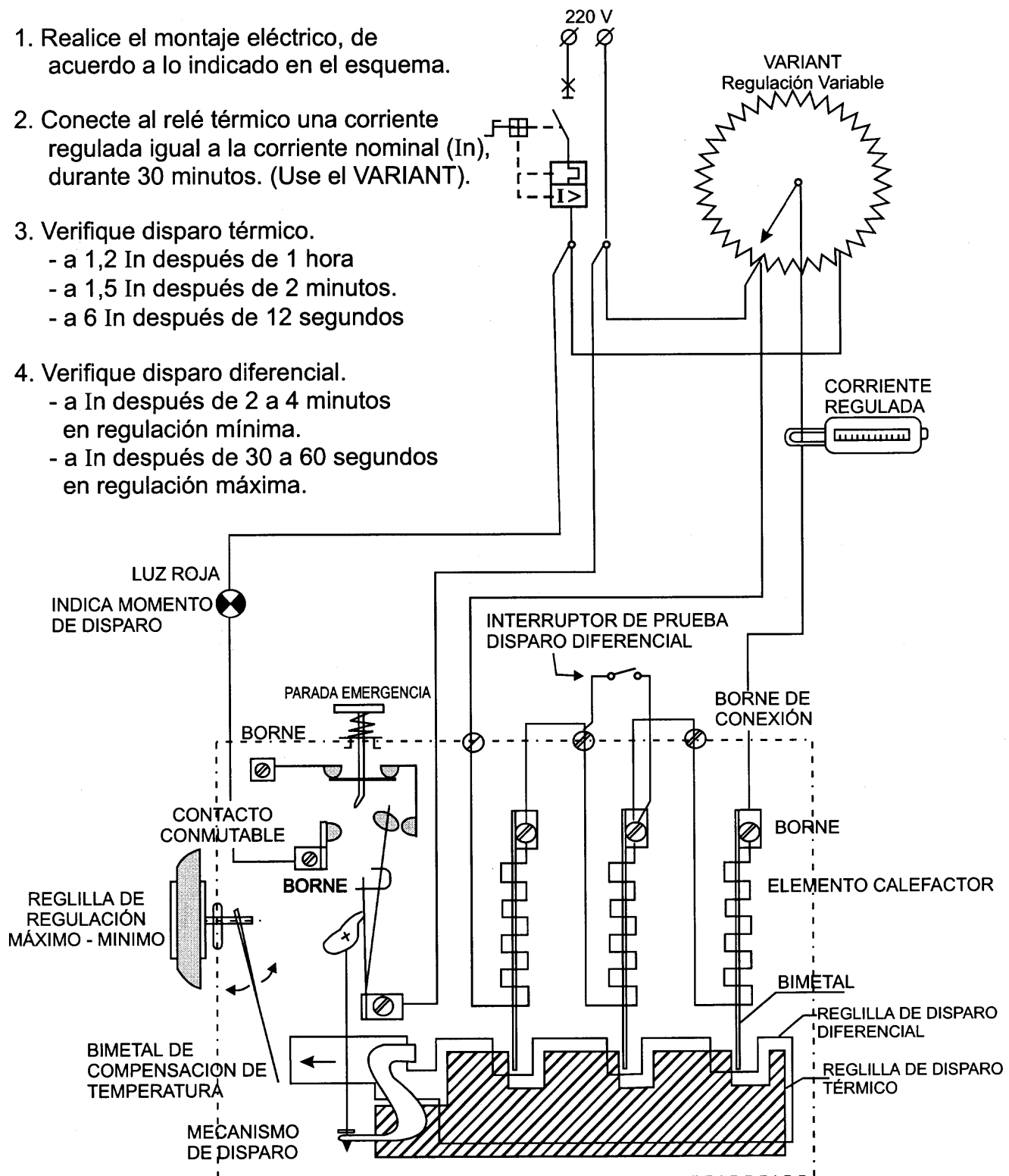
OPERACIÓN:

Probar relé térmico

Se realizará pruebas de disparo térmico y diferencial en "caliente" (después por que los bimetales ha circulado, por un tiempo, la corriente nominal)

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Realice el montaje eléctrico, de acuerdo a lo indicado en el esquema.
2. Conecte al relé térmico una corriente regulada igual a la corriente nominal (I_n), durante 30 minutos. (Use el VARIANT).
3. Verifique disparo térmico.
 - a $1,2 I_n$ después de 1 hora
 - a $1,5 I_n$ después de 2 minutos.
 - a $6 I_n$ después de 12 segundos
4. Verifique disparo diferencial.
 - a I_n después de 2 a 4 minutos en regulación mínima.
 - a I_n después de 30 a 60 segundos en regulación máxima.



OPERACIÓN:

Probar pulsador de conexión - desconexión

Verificar operatividad de los pulsadores NA y NC, usando el multitester.

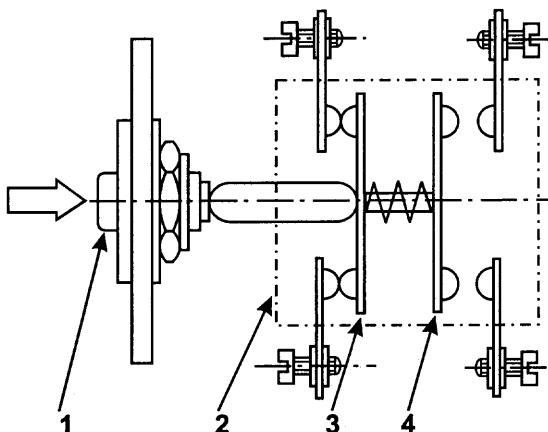
PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique pulsador NA (conexión)

- Abierto en posición de reposo
- Cerrado en posición de trabajo

2. Verifique pulsador NC (desconexión)

- Cerrado en posición de reposo
- Abierto en posición de trabajo

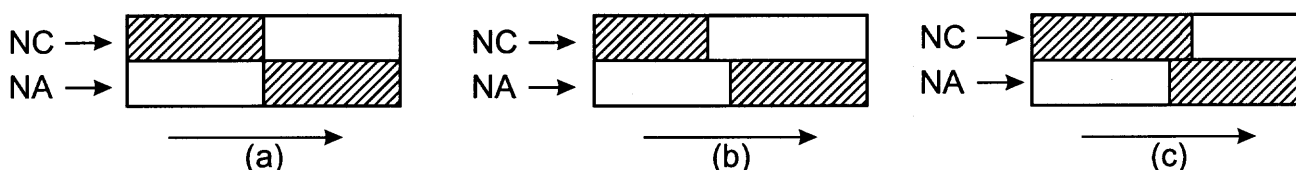


1. Botón pulsador
2. Cámara de contactos
3. Contacto de apertura
4. Contacto de cierre

OBSERVACIÓN

- Un pulsador de conexión - desconexión tiene un contacto NA y un contacto NC unidos mecánicamente. Sirve para abrir un circuito y cerrar otro en forma simultánea.

A pesar que todos estos pulsadores tienen un contacto NA y un contacto NC, no en todos ellos actúan en forma igual, sino que se presentan variantes en la forma como abren y cierran los circuitos. En forma gráfica veamos las siguientes modalidades:



En (a) cuando se oprime al botón del pulsador, el contacto NC se abre al mismo momento en que se cierra el contacto NA.

En (b) cuando se oprime el botón del pulsador, el contacto NC se abre y el contacto NA se mantiene un momento más abierto antes de cerrarse, de manera que durante el espacio de tiempo ambos estarán abiertos, por lo cual se utilizan especialmente en circuitos inversores de marcha.

En (c) al oprimir el botón del pulsador observamos que, cuando el contacto NC se abre, el contacto NA ya se ha abierto con anterioridad, de manera que durante un espacio ambos contactos están cerrados.

OPERACIÓN:

Fijar elementos de automatismo

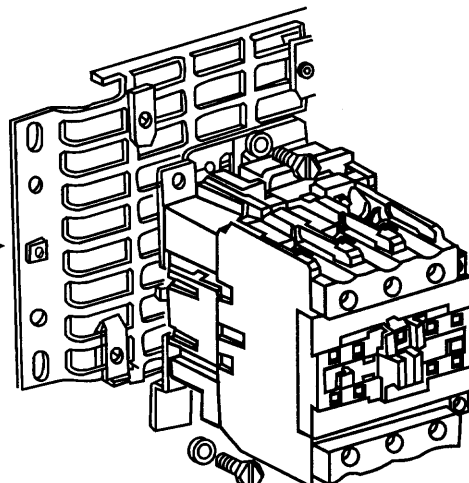
Montar elementos del circuito de potencia y control en panel.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia.

- Disyuntor motor
- Contactor electromagnético
- Relé térmico
- Motor asíncrono trifásico
- Borneras
- Canaletas

PLACA
PERFORADA

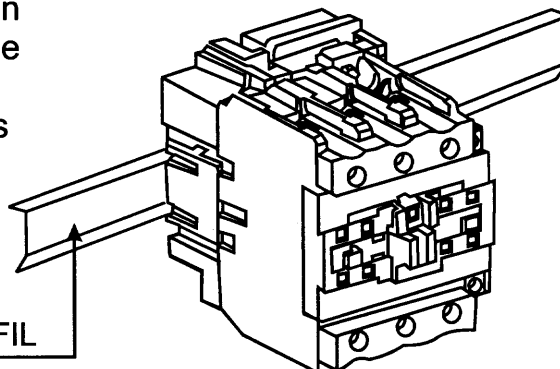


En las placas perforadas, los elementos se sujetan mediante tuercas-clips de dimensiones adecuadas que se introducen y se colocan en los huecos por el frente de la placa.

También se puede usar perfiles simétricos de 7,5 o 15 mm. de profundidad para enganchar los elementos.

2. Realice el montaje de los elementos del circuito de control

PERFIL



- Disyuntor unipolar magnetotérmico
- Pulsadores
- Lámparas de señalización

PRECAUCIÓN

- Usar solamente herramientas en perfectas condiciones y adecuadas para el montaje. De ello depende la seguridad personal y la conservación de los elementos de trabajo.

OBSERVACIÓN

- La seguridad es de máxima importancia durante el montaje, la puesta en marcha y el funcionamiento de los motores. La seguridad empieza con el diseño, selección y aplicación del motor y elementos de automatismo. El motor debe ser el adecuado para manejar el tipo de carga que se debe impulsar

OPERACIÓN:

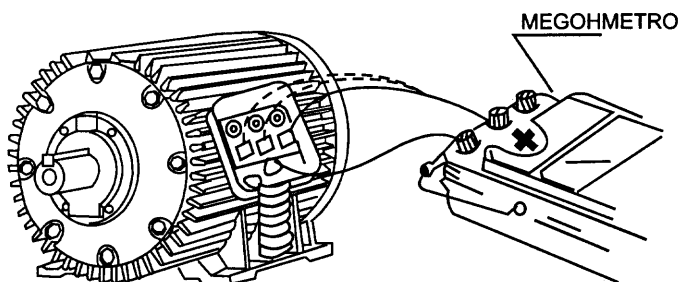
Probar motor de inducción trifásico, jaula de ardilla

Efectuar pruebas de resistencia de aislamiento, deslizamiento, arranque en vacío y con carga, sentido de rotación y medición de parámetros eléctricos.

PROCESO DE EJECUCIÓN

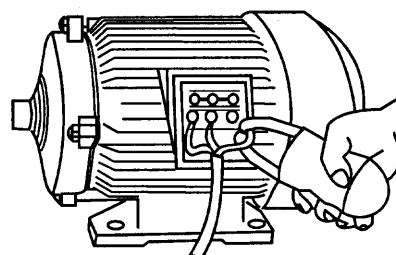
1. Efectúe la prueba de resistencia de aislamiento (R_s) con el motor completamente inmóvil.

$$R_s = 1 + \left(\frac{V_s}{1000} \right) \dots M\Omega$$



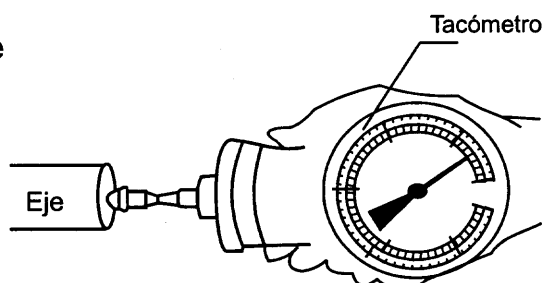
PRUEBA DE AISLAMIENTO

- R_s está dada en megohms ($M\Omega$) a $40^\circ C$ en todo el devanado del estator, y se determina aplicando un potencial de corriente directa en todo el devanado durante 1 min.
- V_s es el voltaje nominal del motor.
- Si la resistencia es menor que ese valor. debe determinarse si hay humedad, y eliminarla en caso afirmativo.



LA PINZA MIDIENDO LA INTENSIDAD DE UNA FASE

2. Compruebe que el rotor gire libremente y no tiene rozamiento cuando se desconecta de la carga. Debe eliminarse cualquier cuerpo extraño que se encuentre en el entrehierro.
3. Conecte el motor sin carga un tiempo suficiente para determinar que no existen condiciones anormales. Escuchar y palpar el motor a fin de descubrir si ha exceso de ruido, vibraciones, tintineos o golpeo; en caso afirmativo parar el motor de inmediato.
4. Compruebe el sentido de rotación.
5. Anote todos los datos pertinentes: voltaje, amperaje a plena carga, corriente de arranque, resistencia de aislamiento, intensidad o nivel de ruido, temperatura y velocidad.



MEDICIÓN DE VELOCIDAD

OPERACIÓN:

Conectar circuito de arranque por contactores

En esta operación se realizará la conexión eléctrica de los elementos del circuito de potencia y del circuito de control.

PROCESO DE EJECUCIÓN

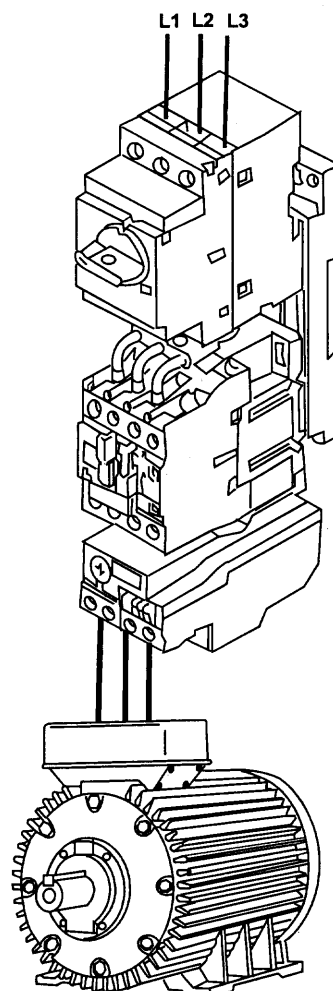
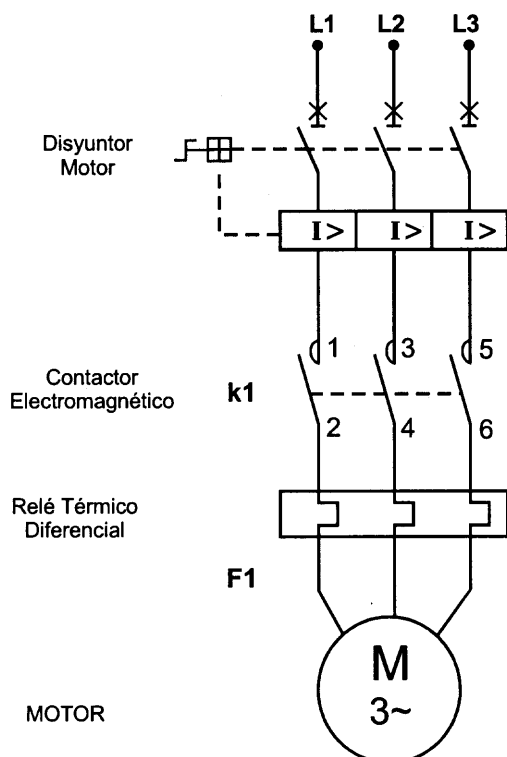
1. Conecte elementos del circuito de potencia

- Disyuntor motor
- Contactor electromagnético
- Relé térmico
- Motor asíncrono trifásico

Use conductor tipo TW para cablear las líneas activas y de protección.

2. Conecte elementos del circuito de control

- Disyuntor unipolar magnetotérmico
- Contactos auxiliares del relé térmico
- Bobina del contactor
- Contacto auxiliar NA del contactor
- Pulsadores
- Lámpara de señalización.



PRECAUCIONES

- Si se debe alterar alguna conexión, consignarlo inmediatamente en el esquema
- Para evitar conexiones falsas o deficientes, verificar que los cables queden convenientemente pelados en los puntos de conexión y los tornillos debidamente ajustados.
- Los conductores y equipos eléctricos deben estar aislados convenientemente, a fin de evitar electrocuciones.

OPERACIÓN:

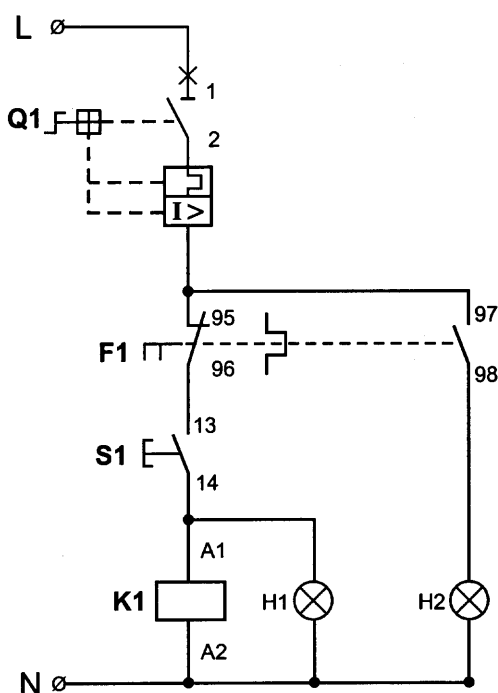
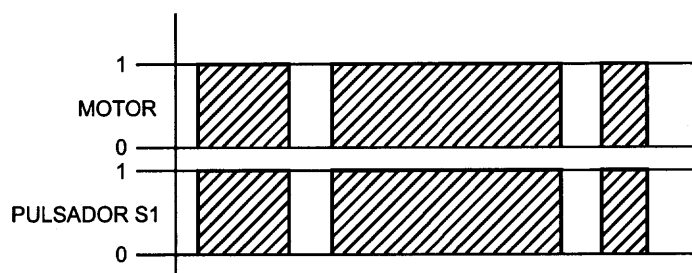
Probar arranque directo por impulso permanente

El impulso es permanente, cuando el operario debe mantener oprimido el pulsador todo el tiempo que desee que el circuito esté energizado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Active el disyuntor motor
2. Mida tensión en los bornes del disyuntor motor (L1 - L2 - L3)
3. Active el disyuntor unipolar
4. Mida la tensión en el circuito de control (L - N)
5. Pulse S1, energiza la bobina del contactor K1 y por consiguiente se cierran los contactos principales de K1, poniendo en marcha el motor. Si se suelta S1, desenergiza la bobina de K1, por lo cual se abren nuevamente los contactos principales y se detiene el motor.
6. Realice mediciones de tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad de motor.

Diagrama de funcionamiento



OBSERVACIONES

- De producirse un falla térmica (corriente de sobrecarga), el motor para y se energiza la lámpara H2.
- Solucionada la falla, resetear el relé (desenergiza H2) y volver a arrancar.

PRECAUCIÓN

La interrupción de una línea ocasiona condiciones peligrosas de trabajo, verifíquelo.

OPERACIÓN:

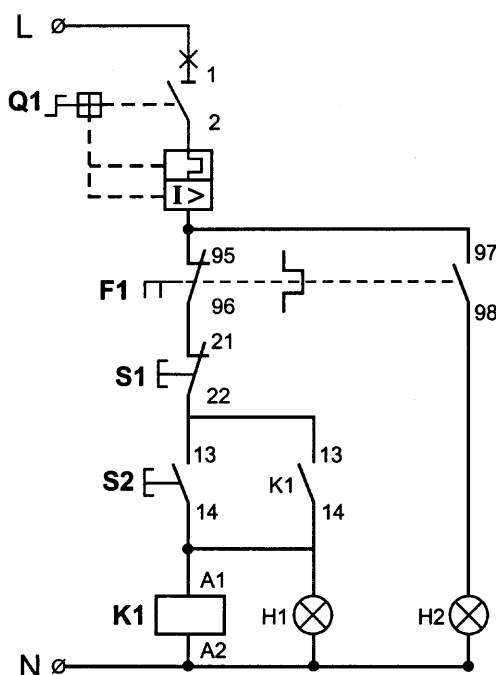
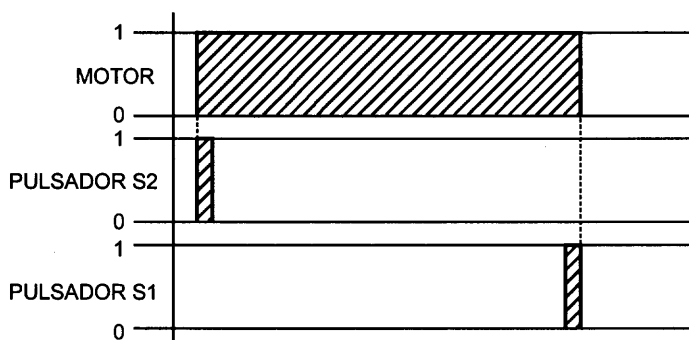
Probar arranque directo por impulso inicial

El impulso es inicial, cuando el operario debe oprimir el pulsador únicamente hasta que se energice la bobina del contactor. cuando se suelta el pulsador, la bobina seguirá energizada.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Diagrama de funcionamiento

1. Active el disyuntor motor
2. Mida tensión en los bornes del disyuntor motor (L1 - L2 - L3)
3. Active el disyuntor unipolar
4. Mida la tensión en el circuito de control (L - N)
5. Pulse S2 (NA), energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El motor arranca.
6. Realice mediciones de tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad de motor.
7. Pulse S1 (NC), desenergiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El motor para.



OBSERVACIONES

- De producirse un falla térmica (corriente se sobrecarga), el motor para y se energiza la lámpara H2.
- Solucionado la falla, resetear el relé (descargando H2) y volver a arrancar.

PRECAUCIÓN

La interrupción de una línea ocasiona condiciones peligrosas de trabajo, verifíquelo.

ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

Se trata del modo de arranque más sencillo en el que el estator se acopla directamente a la red. El motor se basa en sus características naturales para arrancar.

En el momento de la puesta bajo tensión, el motor actúa como un transformador secundario, formado por la jaula poco resistente del motor, está en cortocircuito. La corriente inducida en el rotor es importante. La corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales. Por lo tanto se obtiene una punta de corriente importante en la red:

- Intensidad de arranque: 5 a 8 veces la intensidad nominal
- El par de arranque promedio, es:

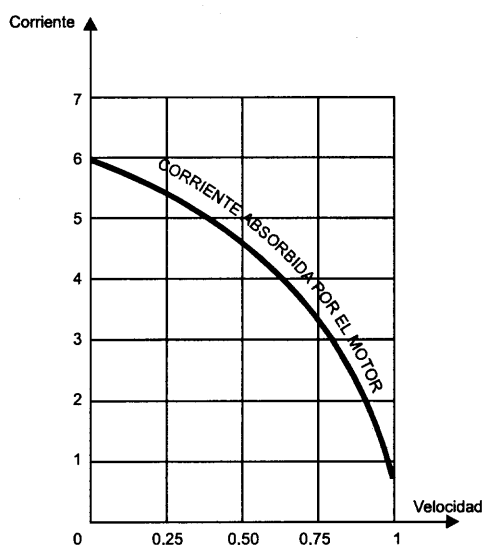
$$C_a = 0,5 \text{ a } 1,5 C_n$$

 C_a : Par de arranque

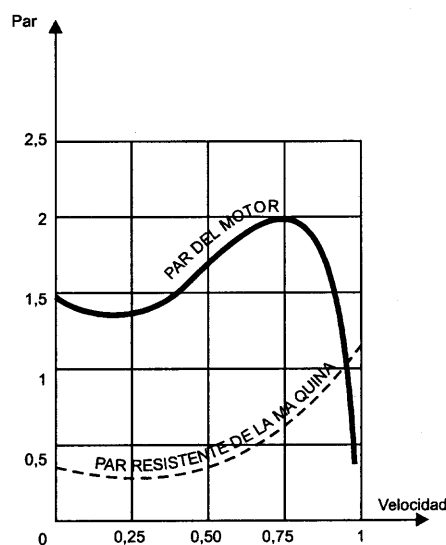
 C_n : Par nominal

A pesar de las ventajas que conlleva (sencillez del equipo, elevado por arranque, arranque rápido, bajo costo), sólo es posible utilizar el arranque directo en los siguientes casos:

- La potencia del motor es débil con respecto a la de la red, para limitar las perturbaciones que provoca la corriente solicitada.
- La máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico (por ejemplo, un reductor) que impide el arranque brusco.
- El par de arranque debe ser elevado.



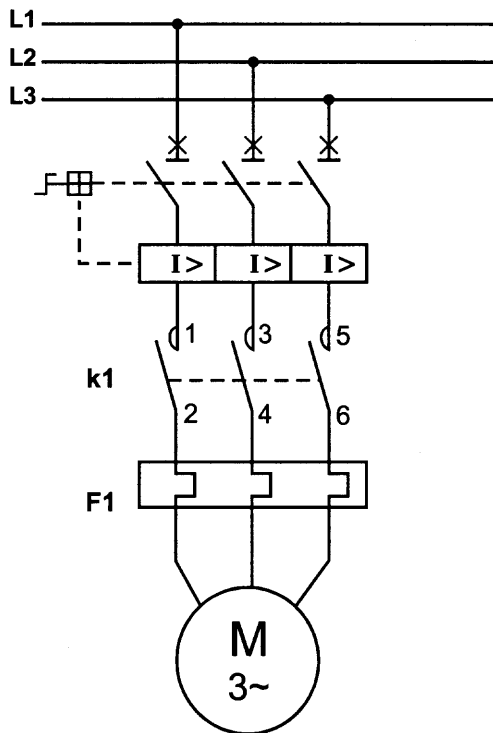
Curva de corriente/velocidad del arranque directo



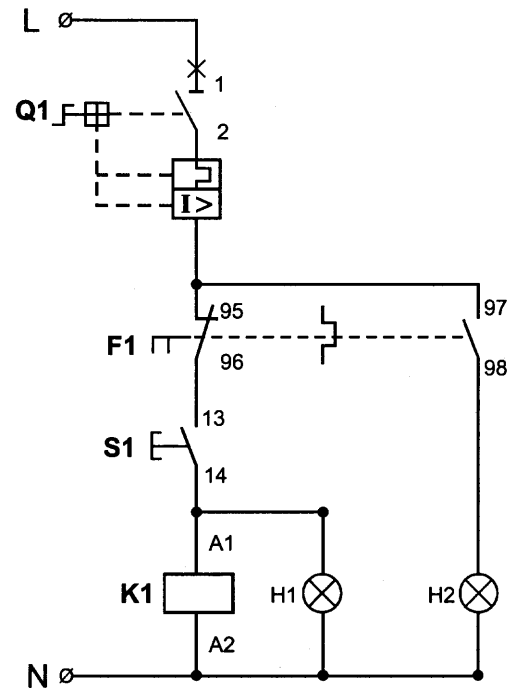
Curva de par/velocidad del arranque directo

ESQUEMA DE ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO POR IMPULSO PERMANENTE.

CIRCUITO DE POTENCIA

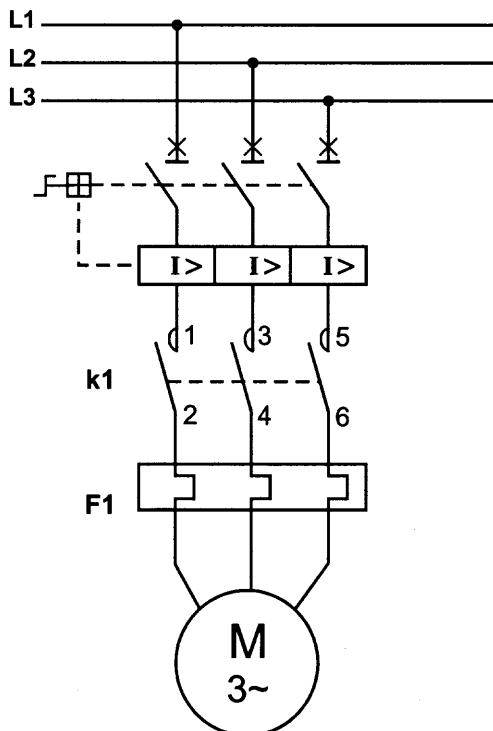


CIRCUITO DE CONTROL

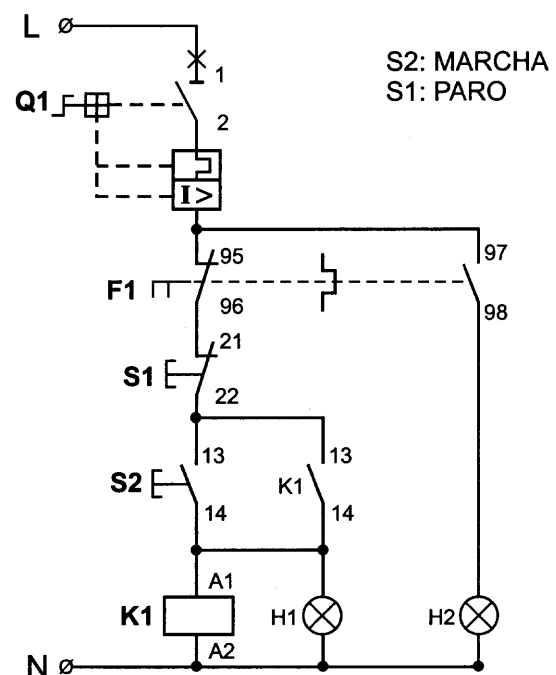


ESQUEMA DE ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO POR IMPULSO INICIAL.

CIRCUITO DE POTENCIA



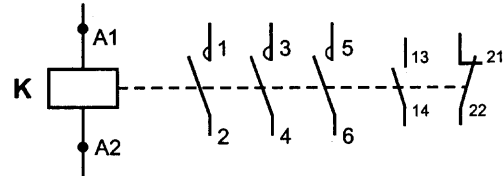
CIRCUITO DE CONTROL



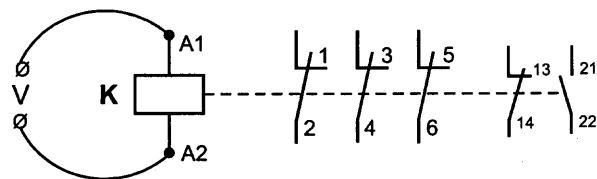
EL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

Es un aparato mecánico de conexión, controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. cuando se energiza la bobina del contactor, los contactos cambian de posición, estableciéndose a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor.

BOBINA DESENERGIZADA

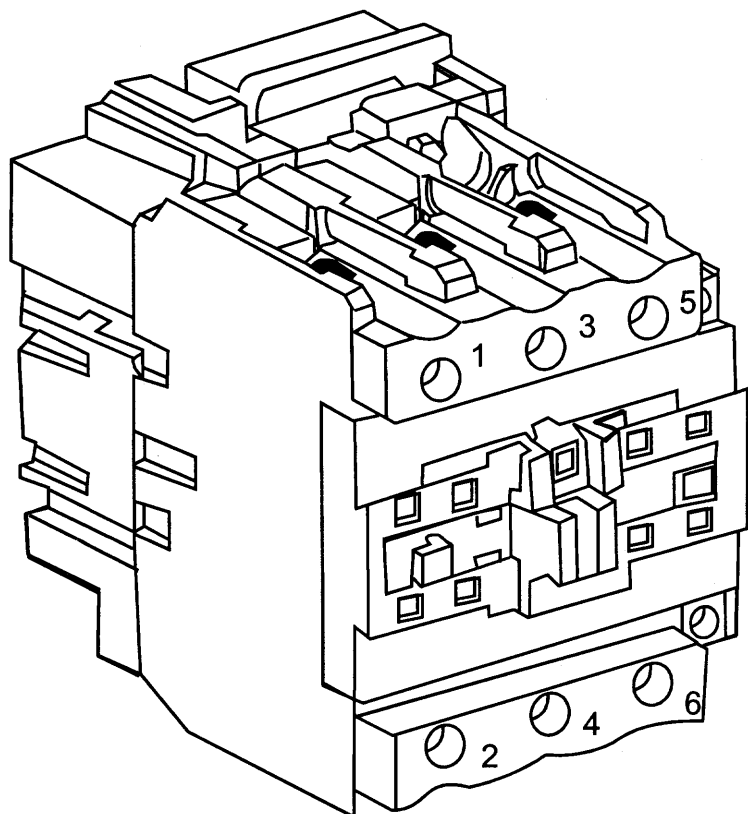


BOBINA ENERGIZADA



Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y los contactos retoman su posición inicial, por efecto de:

- Los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.
- La fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes movibles recuperan su posición de partida).



CONTACTOR
ELECTROMAGNÉTICO

VENTAJAS DEL CONTACTOR

Ofrecen numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas, accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad.
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma normal o forma automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia.
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.

A estas características hay que añadir que el contactor :

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.
- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina) .
- Garantiza la seguridad del personal contra arranques inesperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege al receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Puede incluirse en equipos de automatismos sencillos y complejos.

Composición de un Contactor Electromagnético.

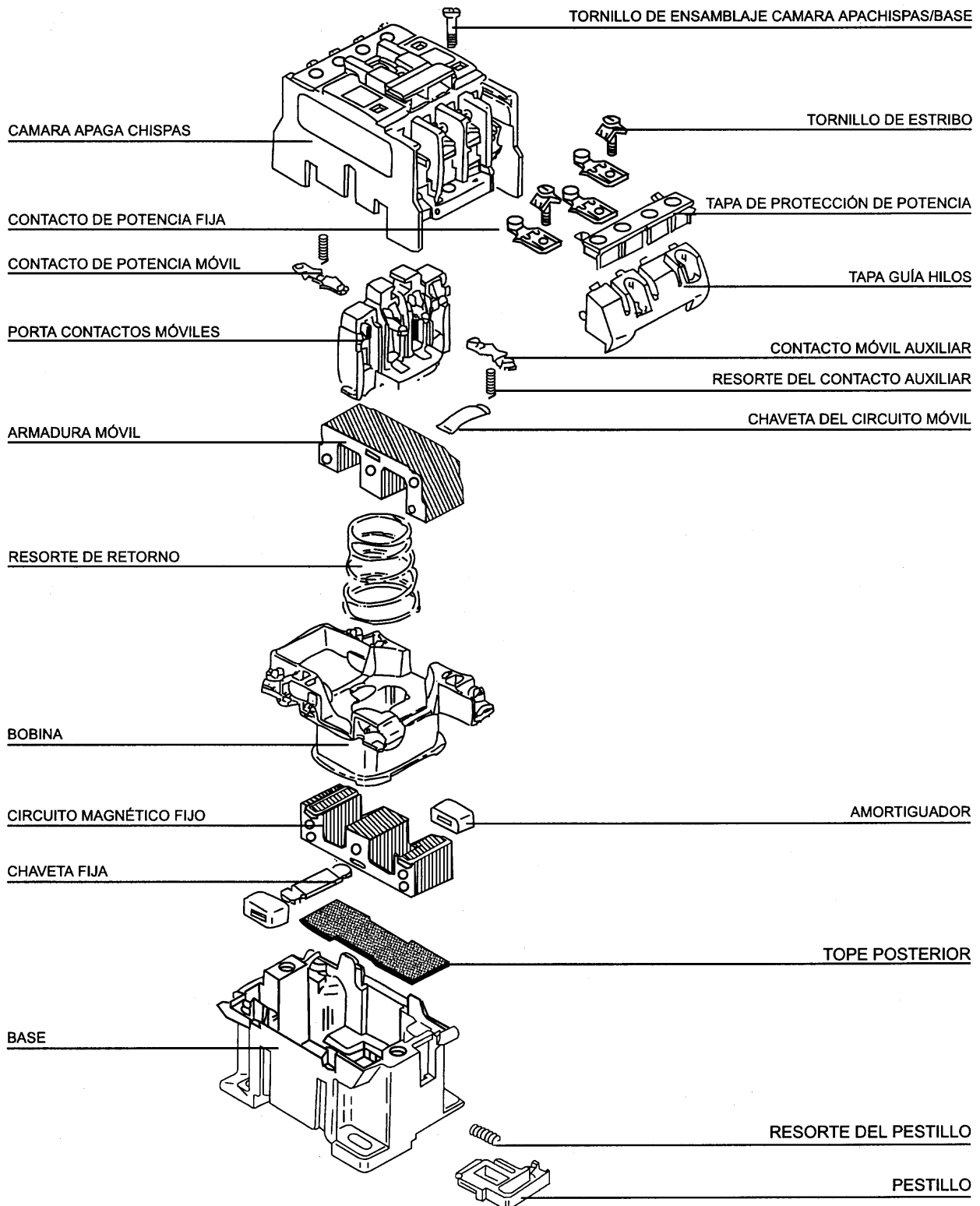
1.- EL ELECTROIMÁN: es el elemento motor del contactor. Sus partes más importantes son el circuito magnético y la bobina. Se presenta bajo distintas formas en función del tipo de contactor e incluso del tipo de corriente de alimentación, alterna o continua.

Características del circuito magnético de corriente alterna:

- Chapas de acero al silicio unidas mediante remache o soldadura.
- Circuito laminado para reducir las corrientes de Foucault que se origina en toda masa metálica sometida a un flujo alterno (las corrientes de Foucault reducen el flujo útil de una corriente magnetizante determinada y calientan innecesariamente el circuito magnético).
- Uno a dos anillos de desfase, o espiras de Frager, que generan, en una parte del circuito, un flujo compensatorio con respecto al flujo alterno principal.

Con este mecanismo se evita la anulación periódica del flujo total, y por consiguiente de la fuerza de atracción (lo que podría provocar ruidosas vibraciones).

ESTRUCTURA DE UN CONTACTOR



2.- LA BOBINA: la bobina genera el flujo magnético necesario para atraer la armadura móvil del electroimán.

Puede estar montada en una rama del circuito magnético o, excepcionalmente en dos, según el modelo del contactor.

Esta diseñada para soportar los choques mecánicos que provocan el cierre y la apertura de los circuitos magnéticos y los choques electromagnéticos que se producen cuando la corriente recorre las espiras.

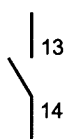
Para atenuar los choques mecánicos, la bobina o el circuito magnético, y en algunos casos ambos, están montados sobre unos amortiguadores.

Las bobinas que se utilizan hoy en día son muy resistentes a las sobretensiones y a los ambientes agresivos. Están fabricados con conductor de cobre cubierto de un esmalte de grado 2 y soportan temperaturas de 155° C, o incluso de 180° C. Existen bobinas impregnadas al vacío o sobremoldeadas.

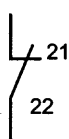
3.- LOS POLOS (Contactos Principales): la función de los polos consiste en establecer o interrumpir la corriente dentro del circuito de potencia. Están dimensionados para que circule la corriente nominal del contactor en servicio permanente sin calentamientos anormales. Consta de una parte fija y una parte móvil. Esta última incluye unos resortes que transmiten la presión correcta a los contactos que están fabricados con una aleación de plata con una excepcional resistencia a la oxidación y al arco eléctrico.

4.- LOS CONTACTOS AUXILIARES: realizan las funciones de automantenimiento, esclavización, enclavamiento de los contactores y señalización. Existen 3 tipos básicos:

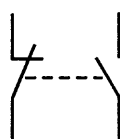
- Contactos instantáneos de cierre **NA**, abiertos cuando el contacto esta en reposo y cerrados cuando el electroimán esta bajo tensión.
- Contactos instantáneos de apertura **NC**, cerrados cuando el contactor esta en reposo y abiertos cuando el electroimán esta bajo tensión.
- Contactos instantáneos **NA/NC**, doble contacto.
- Contactos temporizados **NA/NC**.



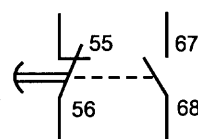
Contacto NA



Contacto NC



Contacto NA/NC



Contacto Temporizado NA/NC

ELECCIÓN DE UN CONTACTOR

Son muchas y variadas las aplicaciones que requieren contactores. La elección del contactor más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación.

Elegir un contactor para una aplicación concreta significa fijar la capacidad de un aparato para establecer, soportar e interrumpir la corriente en el receptor que se desea controlar, en unas condiciones de utilización establecidas, sin recalentamiento ni desgaste excesivo de los contactos.

Para elegir correctamente el contactor hay que tener en cuenta:

- El tipo y las características del circuito o del receptor que se desea controlar: intensidad y tipo de corriente, tensión y regímenes transitorios en la puesta bajo tensión, etc.
- Las condiciones de explotación: ciclos de maniobras/hora, factor de marcha, corte en vacío o en carga, categoría de empleo, tipo de coordinación, durabilidad eléctrica deseada, etc.
- Las condiciones del entorno: temperatura ambiente, altitud cuando sea necesario, etc.

La importancia de cada uno de estos criterios es distinta en cada aplicación.

Por ejemplo:

◆ **Control de un circuito resistivo**

Este tipo de aplicación (por ejemplo resistencias de calentamiento) pertenece a la categoría de empleo AC-1 con un número de ciclos de maniobra reducido. El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de esta corriente.

◆ **Control de un motor asíncrono de jaula**

La categoría de empleo de esta aplicación puede ser AC-3 (cortes con motor lanzado) o AC-4 (cortes con motor calado). El calentamiento se debe tanto al paso de la corriente nominal del motor como al pico de corriente en el arranque y a la energía de arco en el corte. Por lo tanto, con un calibre de contactor y una categoría de empleo determinados, el calentamiento será mayor cuanto mayor sea la frecuencia de ciclos de maniobras. Así pues, los criterios básicos para elegir un contactor son las categorías de empleo y la frecuencia de ciclos de maniobras.

♦ **Control de receptores con un pico de corriente transitorio elevado en la puesta bajo tensión.**

Este es el caso, por ejemplo, de los primarios de un transformador o de las baterías de condensadores. La corriente cresta en la puesta bajo tensión de estos aparatos puede llegar a ser más de diez veces superior de la corriente nominal. El poder de cierre asignado del contactor debe ser lo bastante alto como para que la fuerza de repulsión de la corriente transitoria no provoque la apertura no controlada, ni la soldadura de los contactos. Este es pues el criterio básico para la elección de un contactor en este tipo de aplicación.

Los fabricantes elaboran las tablas de elección teniendo en cuenta todos estos criterios, lo que permite elegir cómodamente el contactor más apropiado para cada aplicación.

Selección del contactor para el arranque directo de un motor asíncrono de jaula, corte con motor lanzado.

Esta es la aplicación más frecuente.

El funcionamiento pertenece a la categoría de empleo AC-3. Esta aplicación puede tener un número elevado de ciclos de maniobras.

No es necesario tener en cuenta el pico de corriente en el arranque, ya que siempre es inferior al poder asignado del cierre del contactor.

Los contactores elegidos para estos servicios toleran sin peligro un deterioro del 0.5 % de los ciclos de maniobras con corte de motor calado: golpeteo, régimen AC-4 accidental.

♦ **EJEMPLO:** U = 380v Trifásico
P = 5,5 Kw

TABLA DE ELECCIÓN DEL FABRICANTE: (Por ejemplo, Telemecanique)

CORRIENTE				
POTENCIA 380/400 v Kw CV	En AC-3 440 v hasta	En AC-1 $\varnothing < 40^\circ \text{ C}$ hasta	REFERENCIAS	
4 5,5	9 A	25 A	LC1 - D09	
5,5 7,5	12 A	25 A	LC1 - D12	
7,5 10	18 A	25 A	LC1 - D18	

Elegimos el contactor LC1 - D12, con tensión de bobina 220 v/60Hz y un contacto auxiliar N.A.

PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

Un cortocircuito es el contacto directo de dos puntos con potenciales eléctricos distintos:

- **En corriente alterna:** contacto entre fases, entre fase y neutro o entre fases y masa conductora.
- **En corriente continua:** contacto entre los dos polos o entre la masa y el polo aislado.

Las **causas** pueden ser varias: cables rotos, flojos o pelados, presencia de cuerpos metálicos extraños, depósitos conductores (polvo, humedad, etc), filtraciones de agua o de otros líquidos conductores, deterioro del receptor o error de cableado durante la puesta en marcha o durante una manipulación.

El cortocircuito desencadena un brutal aumento de corriente que en milésimas de segundos puede alcanzar un valor cien veces superior al valor de la corriente de empleo. Dicha corriente genera efectos electrodinámicos y térmicos que pueden dañar gravemente el equipo, los cables y los juegos de barras situados aguas arriba del punto de cortocircuito. Por lo tanto es preciso que los dispositivos de protección detecten el fallo e interrumpan el circuito rápidamente, a ser posible antes de que la corriente alcance su valor máximo.

Dichos dispositivos pueden ser:

- **Fusibles;** que interrumpen el circuito al fundirse, por lo que deben ser sustituidos
- **Disyuntores;** que interrumpen el circuito abriendo los polos y que con un simple rearme se pueden volver a poner en servicio.

LOS FUSIBLES

Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Se puede montar de dos maneras:

- En unos soportes específicos llamados portafusibles,
- En los seccionadores, en lugar de los casquillos o las barretas.

Se dividen en dos categorías:

1.- Fusibles "distribución" Tipo gG

Protegen a la vez contra los cortacircuitos y contra las sobrecargas a los circuitos con picos de corriente poco elevados (ejemplo: circuitos resistivos).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

2.- Fusibles "motor" Tipo aM

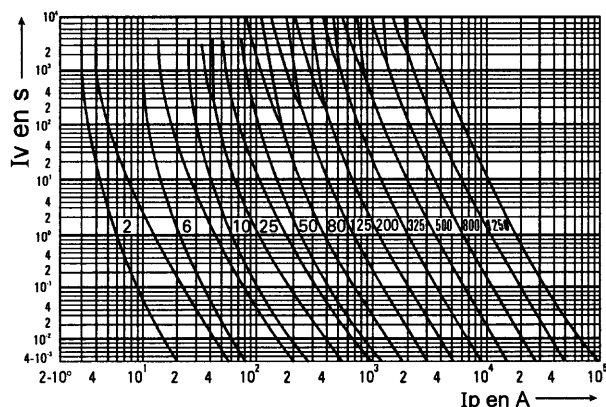
Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primarios de transformadores o electroimanes, picos de arranque de motores asíncronos, etc). Las características de los fusibles aM no "dejan pasar" las sobreintensidades, pero no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas . En caso de que también sea necesario este tipo de protección, debe emplearse otro dispositivo (por ejemplo, un relé térmico).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

Órganos de protección de sobreintensidad					VDE 0636
Fusibles de baja tensión					
Denominación		Margen	Representación		Componentes
FUSIBLE DIAZED Sistema D		Hasta 100 A 500 V - así como 600~			- Base de fusibles - Cartuchos fusibles (con hilo fusible en espacio cerrado de protección) - Portafusibles (por ejemplo Tapa roscada) - Dispositivo de inconfundibilidad (por ejemplo Resalto de ajuste)
Fusibles Neozed Sistema DO		Hasta 100 A 380 V- 250 V			
Fusibles NH		Hasta 1200 A 500 V- 440 v 660 v			
Sistema fusible D y DO. Caracterización					Campo de aplicación de los fusibles
Fusible y resalto de ajuste		Int nom. Casquillo en A	Tamaño rosca tapas roscadas		Clases de función : g : Los fusibles de gama total pueden soportar continua. la intens. Nom y las Intens. desde min de fusión hasta la nom. de desconexión. a : Los fusibles de gama parcial pueden soportar continuo. la intens. Nom y las intens superiores a la nom. hasta un múltiplo determinado de intens. de desconexión
Intensidad nom mA	Color caract..		Diazed	Neozed	
2 4 6 10 16 20 25	Rosa Castaño Verde Rojo Gris Azul Amarillo	25	DII (E 27)	Do 1 (E 14)	Clases de objetos de protección L: Protección de cables y líneas M: Protección de aparatos de conexión R: protección de semiconductores B: Protección de minas e instalaciones
35 50 63	Negro Blanco Cobre	65	DIII (E 33)	DO 2 (E 18)	
80 100	Plata Rojo	100	D IV (R 1/4)	DO 3 (M 30 .2)	Clases de servicios : g L: Proteccion de cables y lineas en gama total a M: Protecc aparatos de distribución en gama parcial a R: protección de semiconductores en gama parcial g R: protección de semiconductores en gama parcial g B: Protecc Instalaciones de minas en gama total

Órganos de protección de sobreintensidad

Campos de tiempo-intensidad para fusibles de protección de línea



Definiciones

* t_v (Tiempo virtuales) son los que corresponden en el diagrama a tiempo de fusión t_{vs} (tiempo min) y a tiempo de disparo t (tiempo máximo)

* I_p (intensidad de corto circuito) prevista sin influir es la correspondiente a caso de avería

Ejemplo
Campo de tiempo-intensidad de un fusible de 63 A

* Intensidad de cortocircuito

$I \sim 750$ A

* Tiempo de fusión

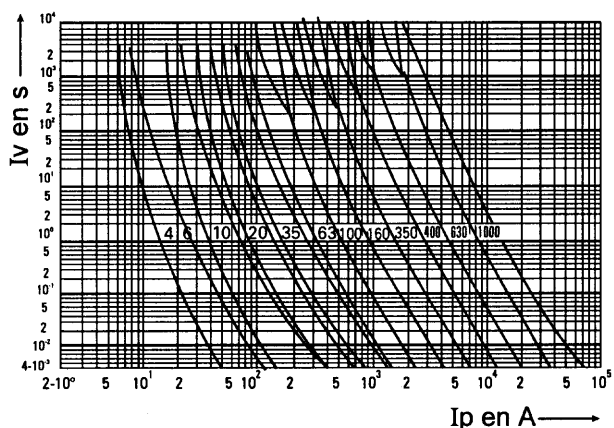
$I \sim 0.03$ s

* tiempo de disparo

$I \sim 0.2$ s

Selectividad

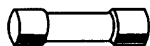
Los campos de tiempo-intensidad para fusibles de protección de línea están determinados unos tras otros, de modo que los fusibles cuyas intensidades nominales (>16 A) estén en la relación 1:1.6 a determinados márgenes de la tensión de trabajo se desconectan uno tras otro selectivamente



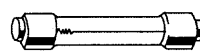
Fusibles de protección de aparatos (fusibles de precisión)

Cartucho Fusible G de 250 V intercambiable

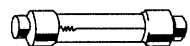
Suplemento fusible G en 250V no intercambiable



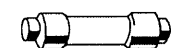
I_N : 0.032... 6,3 A
Tamaño 5 - 20 mm



I_N : 0.0035 ... 0,06 A
Tamaño 5 - 30 mm



I_N : 0.08 ... 0.6 A
Tamaño 5 - 25mm



I_N : 0,8... 4 A
Tamaño 5 - 20 mm

Comportamiento de desconexión / Letras Indicadores

Superrápido FF

Rápido : F

Medio Lento : M

Lento : T

Superlento : TT

Fusibles NH. Caracterización

Tamaño	Bases Int. nom. en A	Cartuchos Fusibles en A	Long. total en mm	Perdidas de potencia nominal admisible en W		Sección conductores de uno y varios hilos, en	
				500 V ~	660 V ~	mm ² (min)	mm ² (max)
00	100	35	78	7,5	9	16	50
0	160	35	125	16	19	35	95
1	250	80	135	53	28	70	150
2	400	125	150	34	41	150	300
3	630	315	150	48	58	2 x (40 x 5)	
4	1000	500	200	90	90	2 x (60 x 5)	
4a	1250	500	200	110	110	2 x (80 x 5)	

LOS DISYUNTORES MAGNÉTICOS

Protegen los circuitos contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase). También protegen contra los contactos indirectos, siguiendo las normas sobre regímenes de neutro, para los esquemas TN o IT los esquemas TT pueden necesitar una protección diferencial residual (ver esquema de los regímenes de neutro en la página 46). Dependiendo del circuito que se desea proteger (distribución, motor, etc), el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces la corriente térmica I_{th} . Dependiendo del tipo de disyuntor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.

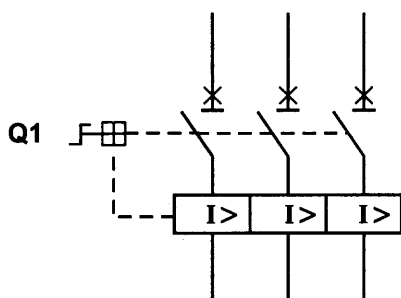
Todos los disyuntores pueden realizar cortes omnipolares: la puesta en funcionamiento de un solo disparador magnético basta para abrir simultáneamente todos los polos.

Cuando la corriente de cortocircuito no es muy elevada, los disyuntores funcionan a mayor velocidad que los fusibles:

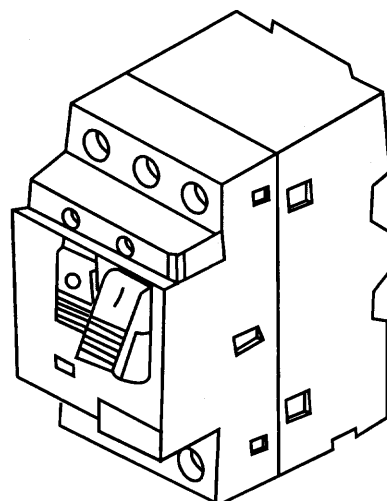
Características principales:

- Poder de corte, es el valor máximo estimado de corriente de cortocircuito que puede interrumpir un disyuntor con una tensión y en unas condiciones determinadas.
- Poder de cierre, es el valor máximo de corriente que puede establecer un disyuntor con su tensión nominal en condiciones determinadas. En corriente alterna, se expresa con el valor de cresta de corriente.
- Autoprotección, es la aptitud que posee un aparato para limitar la corriente de cortocircuito con un valor inferior a su propio poder de corte, gracias a su impedancia interna.
- Poder de limitación, es limitador cuando el valor de la corriente que realmente se interrumpe en caso de falla es muy inferior al de la corriente de corto circuito estimado.

Símbolo



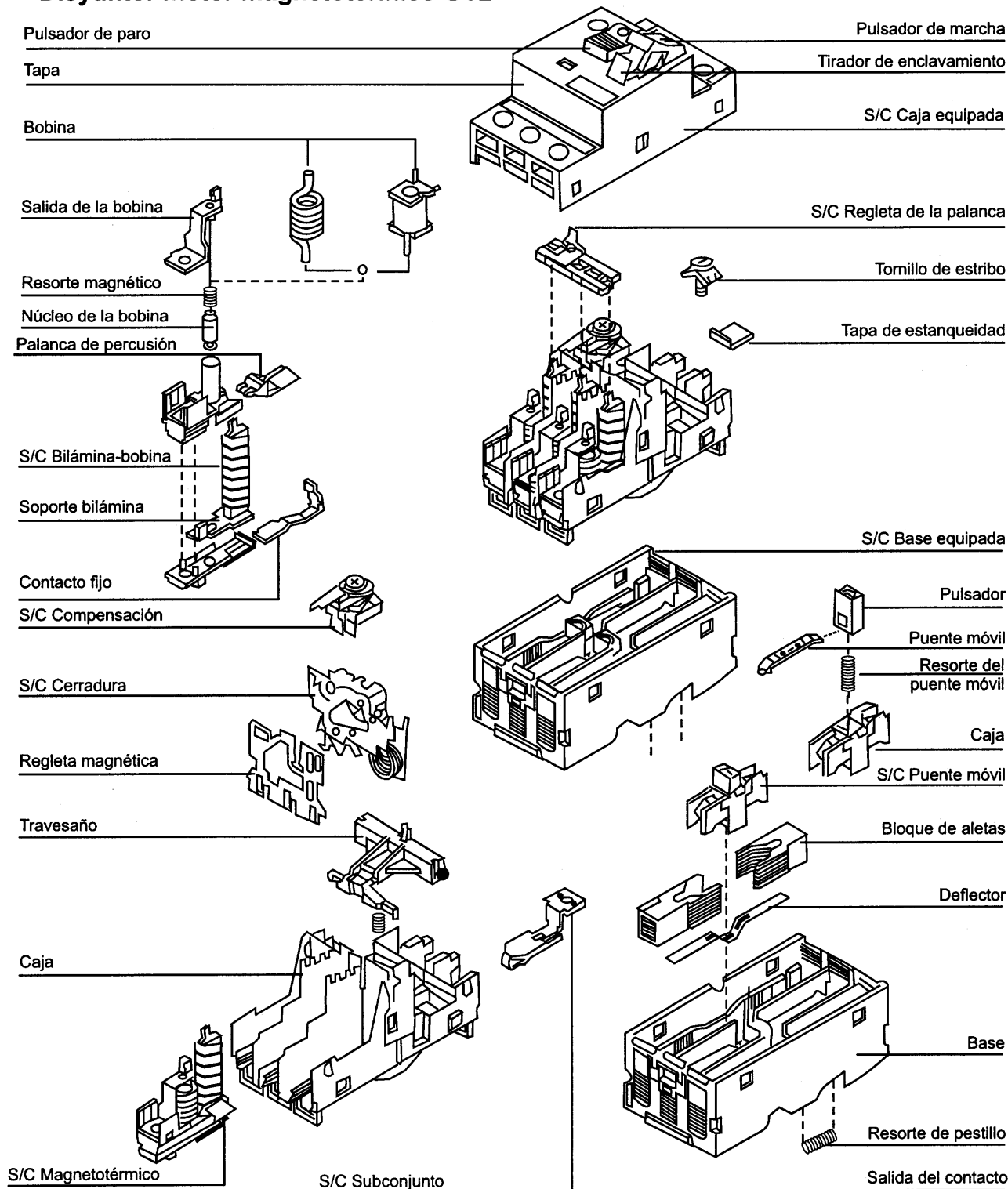
Disyuntor motor



EL DISYUNTOR MAGNETOTERMICO

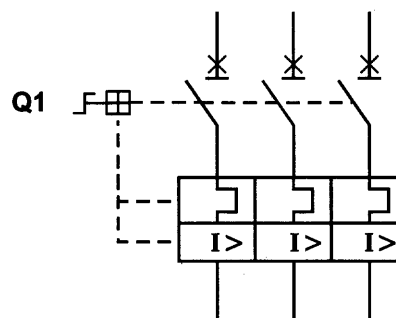
Este es un dispositivo de control y de protección magnetotérmico tripolar. El corte es omnipolar. La protección térmica tiene compensación de temperatura y sensibilidad a una ausencia de fase. Garantiza el control de los motores con una frecuencia máxima de 25 ciclos de maniobras por hora en AC-3 y es apto para el seccionamiento.

Disyuntor motor magnetotérmico GV2



SÍMBOLO DEL DISYUNTOR MOTOR MAGNETOTÉRMICO

- Protección magnética
- Protección térmica



ELECCIÓN DE UN DISYUNTOR: LA SELECTIVIDAD

La selectividad consiste en coordinar las características de funcionamiento de los dispositivos de protección conectados en serie (por ejemplo, dispositivos de protección de arrancadores y disyuntor de protección general).

Existe selectividad de los protectores cuando se produce un fallo en cualquier punto de la instalación y se soluciona únicamente con el dispositivo de protección más cercano a dicho punto aguas arriba. De esta forma, la selectividad permite que las consecuencias de un fallo sólo afecte a la parte de la instalación donde se ha producido.

La selectividad puede ser total o parcial.

Es total cuando, sea cual sea el valor de la corriente de fallo, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, el aparato situado aguas abajo se abre mientras que el aparato situado aguas arriba permanece cerrado.

Es parcial cuando las condiciones de selectividad sólo se respetan en un rango limitado de la corriente de fallo.

Determinación del disyuntor situado aguas arriba.

Para elegir el calibre I_0 del disyuntor situado aguas arriba en función de calibre de los aparatos que conforman los arrancadores $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$, se deben cumplir dos condiciones:

- I_0 debe ser mayor o igual a la suma de $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$.
- I_0 debe ser superior o igual a 3 veces el calibre del aparato que conforma el arrancador más potente.

Ejemplo: Elección de un disyuntor motor magnetotérmico para el arranque directo de un motor asíncrono de jaula, corte a motor lanzado.

$V = 380V$ $P = 5,5 KW$.

MOTOR		$I_{\text{máx}}$	Disyuntor Motor	Calibre	Contactor	
P	I_n	de empleo del arrancador	Referencia		Referencia a completar	I_e (AC-3)
Kw	A	A		A		A
5,5	11	12	GV2 - M16	9 ... 14	LC1 - D12 ...	12

EL RELÉ TÉRMICO

Las fallas más habituales en las máquinas son las sobrecargas, que se manifiestan a través de un aumento de la corriente absorbida por el motor y de ciertos efectos térmicos. El calentamiento normal de un motor eléctrico con una temperatura ambiente de 40°C depende del tipo de aislamiento que utilice. Cada vez que se sobrepasa la temperatura límite de funcionamiento, los aislantes se desgastan prematuramente, acortando su vida útil.

La correcta protección contra las sobrecargas resulta imprescindible para:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcione en condiciones de calentamiento anómalas.
- Garantizar la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

Los relés térmicos de biláminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Sus características más habituales son:

- Tripolares.
- Compensados, es decir, insensibles a los cambios de temperatura ambiente.
- Sensibles a una pérdida de fase, por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor.
- Rearme automático o manual
- Graduación en “amperios motor”: visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

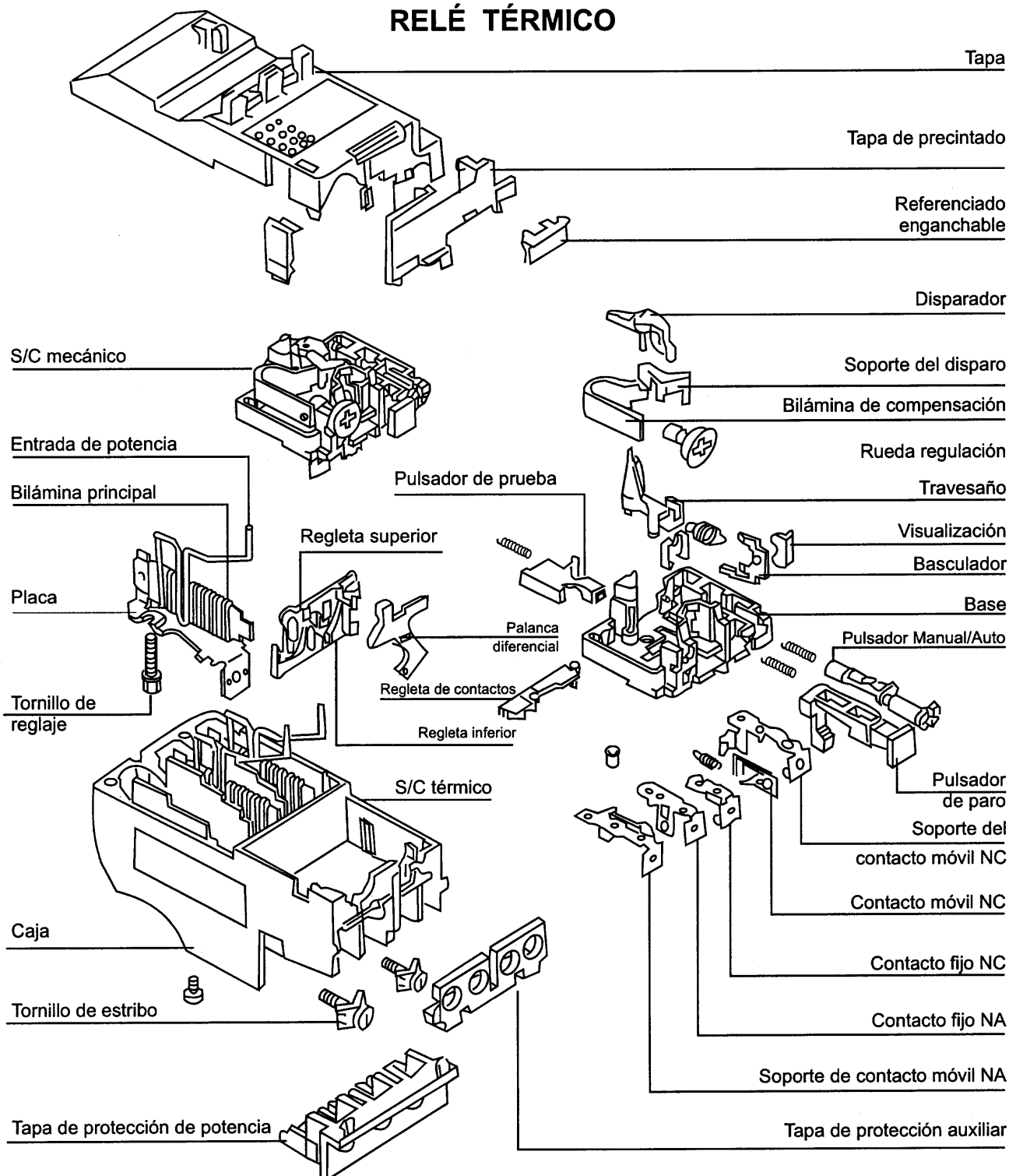
Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficiente de dilatación muy diferente unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento.

Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados y se dilatan las biláminas.

haciendo que las biláminas se deforman en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de los biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo.

Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, los biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están los biláminas se deforman lo bastante como para que la pieza a la que están unidos las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción.

RELÉ TÉRMICO



Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

Compensación de la temperatura ambiente

La curvatura que adoptan las biláminas no sólo se debe al calentamiento que provoca la corriente que circula en las fases, sino también a los cambios de la temperatura ambiente. Este factor ambiental se corrige con una bilámina de compensación sensible únicamente a los cambios de temperatura ambiente y que este montado en oposición a las biláminas principales.

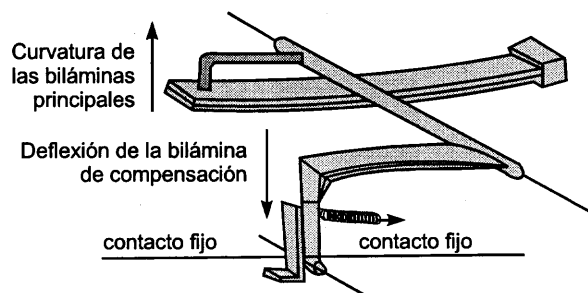
Los relés térmicos compensados son insensibles a los cambios de temperatura ambiente, normalmente comprendidos entre -40°C y $+60^{\circ}\text{C}$.

Reglaje

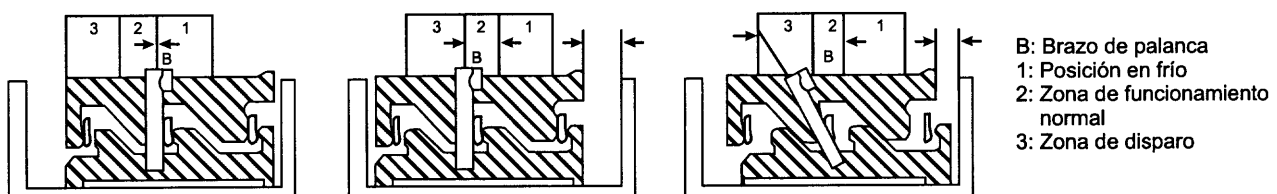
La rueda graduada permite regular el relé con mucha precisión. La corriente límite de disparo está comprendido entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.

Detección de una pérdida de fase

Este dispositivo provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico). Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las biláminas. La bilámina correspondiente a la fase no alimentada no se deforma y bloquea el movimiento de una de las dos regletas, provocando el disparo.



Principio de compensación de la temperatura ambiente



Principio de detección de pérdida de fase

Clases de disparo

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga.

La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc) o de varios decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración del arranque. La norma IEC947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmico:

› Relés de clase 10

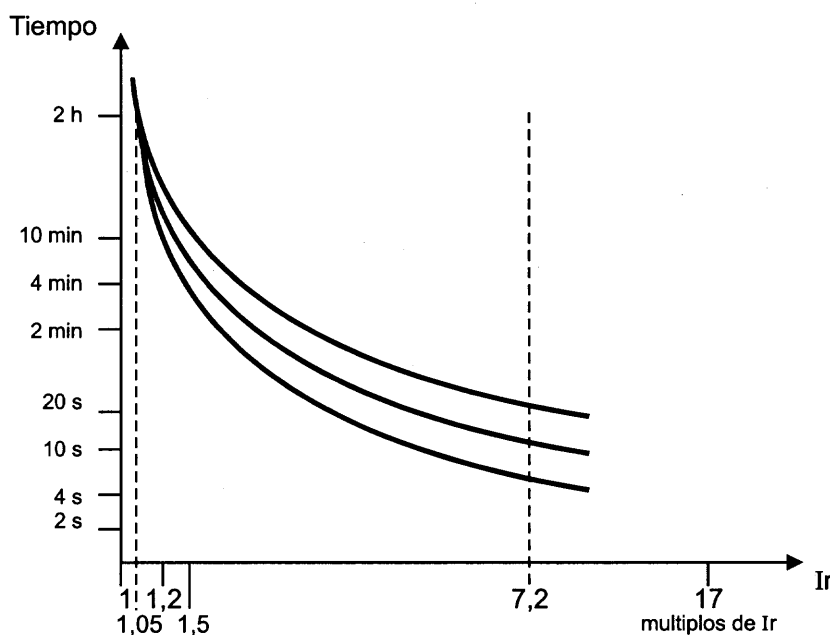
Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a los 10 segundos

› Relés de clase 20

Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración

› Relés de clase 30

Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.



CURVAS DE DISPARO DE LOS RELÉS TÉRMICOS

EL MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO

Los motores asíncronos trifásico de jaula se encuentran entre los más utilizados para el accionamiento de máquinas. El uso de estos motores se impone en la mayoría de aplicaciones debido a las ventajas que conllevan; robustez, sencillez de mantenimiento, facilidad de instalación, bajo coste.

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la reacción de corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de donde proviene el nombre “motor de inducción”.

Composición

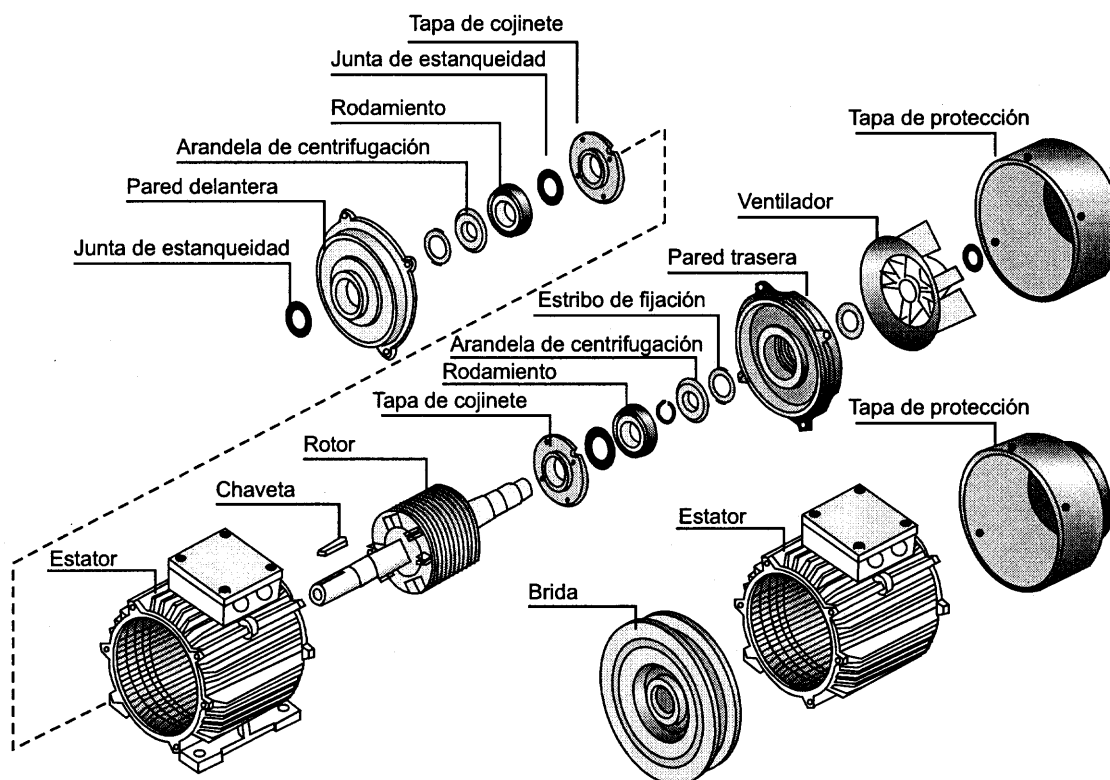
Un motor asíncrono trifásico consta de dos partes principales:

Un inductor, o estator

Un inducido, o rotor.

● EL ESTATOR

Es la parte fija del motor o una carcasa de metal fundido o de aleación ligera encima una corona de chapas delgadas (del orden de 0,5mm de espesor) de acero al silicio, las chapas quedan aisladas entre sí por oxidación o por barniz aislante. La “foliación” del circuito magnético reduce las pérdidas por histéresis y por corriente de Foucault.

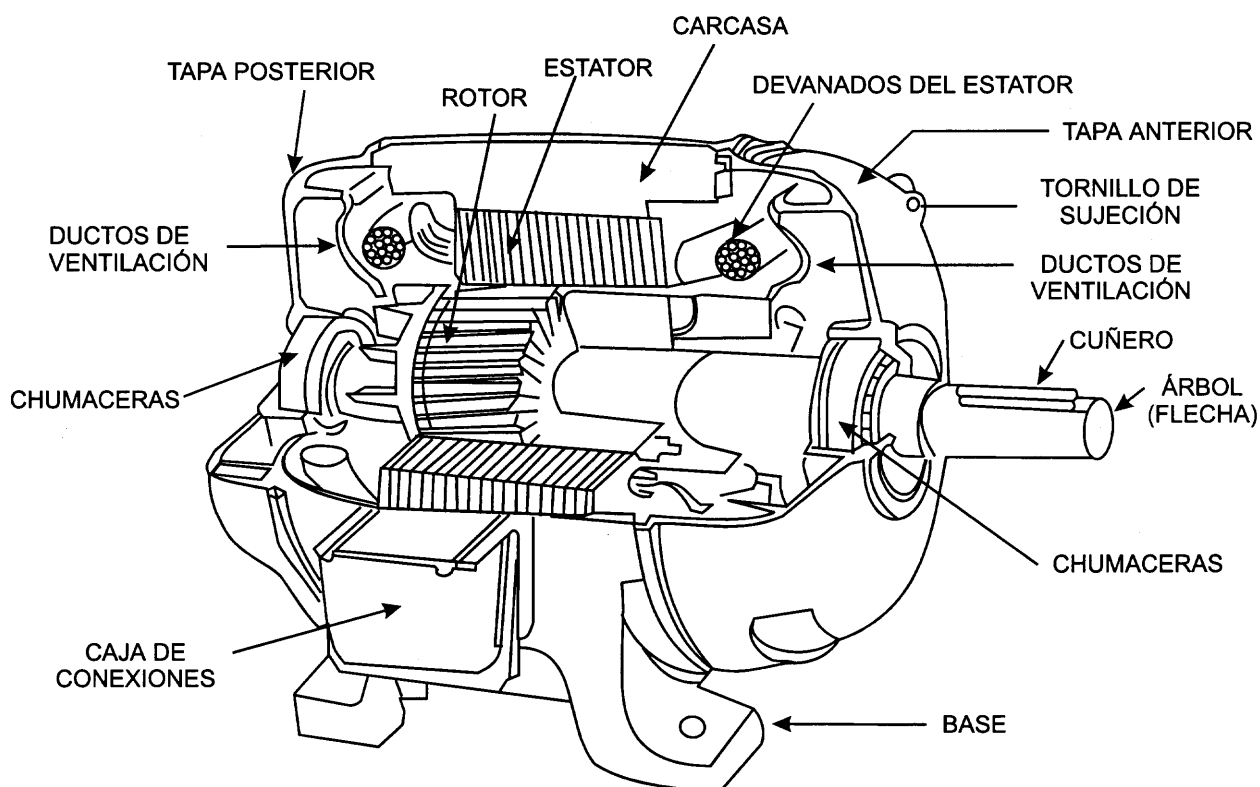


Componentes de un motor asíncrono trifásico de jaula

Las chapas disponen de ranuras en las que se sitúan los devanados estatóricos que producen el campo giratorio (tres devanados en el caso de un motor trifásico). Cada devanado se compone de varias bobinas. El modo de acoplamiento de las bobinas entre sí determina el número de pares de polos del motor, y por tanto, la velocidad de rotación.

● EL ROTOR

Es la parte móvil del motor. Al igual que el circuito magnético del estator, se compone de un apilamiento de chapas delgadas aisladas entre sí que forman un cilindro enchavetado sobre el eje del motor.



Existen unos taladros o ranuras ubicados hacia el exterior del cilindro en las que se sitúan los conductores conectados a cada extremidad por medio de una corona metálica y sobre los que se aplica el par motor que genera el campo giratorio. Los conductores se inclinan ligeramente con respecto al eje del motor para que el par sea regular. El conjunto tiene el aspecto de una jaula, lo que explica el nombre de este tipo de rotor.

En motores pequeños; la jaula está totalmente moldeada. Normalmente se utiliza aluminio inyectado a presión. Las aletas de refrigeración, caladas durante la misma operación, hacen masa con el rotor.

Consecuencias de la variación de tensión.**● Velocidad**

Las variaciones de tensión no alteran la velocidad de sincronización. Sin embargo, los aumentos de tensión implican la disminución del deslizamiento en el caso de un motor en carga. Este fenómeno queda limitado por la saturación de la máquina. Por el contrario, al disminuir la tensión de alimentación, el motor gira a menor velocidad.

Consecuencia de la variación de frecuencia**● Par**

En los motores asíncronos, el flujo es proporcional a la corriente para una frecuencia dada. La ley de ohm aplicada a un motor da el siguiente resultado:

$$U = L \omega I + r I \quad \text{ó bien} \quad I = \frac{U}{L \cdot \omega + r}$$

L = constante de la fabricación

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

r es omisible ante $L \cdot \omega$ cuando ω es distinto de cero

Por lo tanto, es posible escribir:

$$I = \frac{U}{2\pi L f} = \frac{U}{K \cdot f}$$

Es posible trabajar a un par constante siempre que sea posible aumentar U hasta la tensión nominal.

Por lo demás, siempre es posible aumentar la frecuencia, pero, al disminuir la corriente, el par disminuye igualmente.

● Corriente de Arranque

Varía proporcionalmente a la tensión de alimentación. Cuando ésta es superior aumenta la corriente absorbida durante el arranque.

● Velocidad

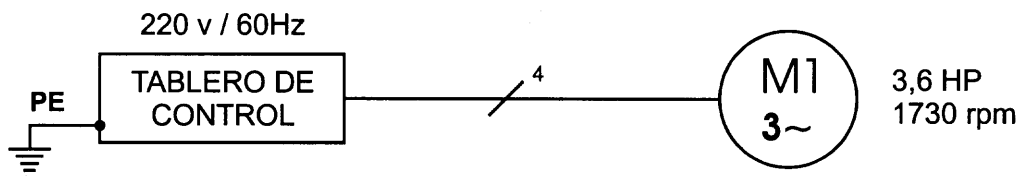
La velocidad de sincronización en los motores asíncronos es proporcional a la frecuencia. Esta propiedad suele utilizarse para funcionar a muy alta velocidad los motores especialmente diseñados para una alimentación, por ejemplo, a 400HZ (rectificadores, aparatos de laboratorio o quirúrgicos, etc). También es posible obtener una velocidad variable mediante la regulación de la frecuencia por ejemplo, de 6 a 50HZ (rodillos transportadores, aparatos elevadores, etc).

SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN, EN ARRANQUE DIRECTO.

Uno de los problemas que se presenta a menudo es la incorrecta selección de materiales para realizar la instalación de un motor. Una instalación bien realizada tiene como consecuencia el ahorro de material, tiempo y duración de la misma.

Con un ejemplo práctico, se indicará la forma correcta de selección de los materiales para la instalación de un motor trifásico en arranque directo.

MOTOR	POTENCIA	TENSIÓN	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	TIPO DE ARRANQUE	DISTANCIA AL TABLERO
M1	3,6 HP	220 v	80 %	0,80	DIRECTO	35 m



Se recomienda usar conductores tipo THW, tendido en tubo PVC SAP. Temperatura ambiente máxima: 36°C. Ambiente de trabajo moderado. Altura sobre el nivel del mar 380m. Servicio continuo.

1.- Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \phi} \quad I_n = \frac{3,6 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,80 \times 0,80} \quad I_n = 11A$$

2.- Selección del disyuntor motor

La selección del disyuntor motor se realiza en función de la corriente nominal del motor.

$$I_D \geq I_n \quad I_D \geq 11 A$$

3.- Selección del contactor electromagnético.

Se selecciona en base a la corriente nominal del motor.

$$I_k \geq I_n \quad I_k \geq 11 A$$

Elegimos contactor de 12A, con bobina de 220 V/60HZ y un contacto auxiliar normalmente abierto.

4.- Selección del relé térmico diferencial.

Se selecciona en función de la corriente nominal del motor (I_n). Siempre que sea posible esta corriente debe estar ubicada en el punto medio de la amplitud comprendida entre el índice mínimo y máximo de regulación del relé.

La amplitud será seleccionada teniendo en cuenta que entre el índice mínimo y máximo deberá existir una relación de 1 a 1,6.

- Índice de regulación mínimo.

$$I_{\min} = I_n \times 0,8 = 11 \times 0,8 = 8,8 \text{ A}$$

- Índice de regulación máximo:

$$I_{\max} = I_n \div 0,8 = 13,75 \text{ A}$$

Con estos datos, seleccionaremos el relé.

Normalizado, tenemos el relé térmico diferencial con rango 9-13 A.

Es importante señalar también que los relés electrónicos tienen un rango de regulación más amplio (consultar manuales de fabricantes).

5.- Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor.

Para seleccionar los conductores, se recomienda aplicar dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión.

Del motor al tablero de control irán 4 conductores (3 conductores de alimentación y 1 de protección), de igual sección. La sección mínima permitida para fuerza motriz es del conductor N° 14AWG. ($2,08 \text{ mm}^2$)

Cálculo por capacidad de corriente:

Observando la tabla N° 01, de conductores tipo THW, tenemos una capacidad de corrientes de 20A para instalación en tubo, que corresponde a un conductor N° 12AWG.

A este valor se le aplica los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de conductores en tubo (tablas N° 02 y 03)

$$20 \times 0,88 \times 0,8 = 14 \text{ A.}$$

El valor obtenido (14A) es mayor que la corriente consumida por el motor a plena carga (11 A).

Cálculo por caída de tensión.

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la tensión de línea.

$$S = \frac{0,0309 \times \Sigma I \times L \times \cos \varphi}{\% \Delta V \times V} \times 100$$

Donde:

S	Sección del conductor en mm ² .
ΣI	Sumatoria de las corrientes en amperios.
L	Longitud de la instalación en metros.
$\cos \varphi$	Factor de potencia
$\% \Delta V$	Caída de tensión máxima (3% x V)
V	Tensión de línea en voltios.

Tomaremos como referencia el conductor que se obtuvo en el cálculo por capacidad de corriente: conductor N° 12AWG, Tipo THW, sección 3,31 mm². (Tabla N° 01)
La caída de tensión, será:

$$\% \Delta V = \frac{0,0309 \times 11 \times 35 \times 0,80}{3,31 \times 220} \times 100$$

$$\% \Delta V = 1,3\% < 3\% \quad \text{OK}$$

Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el N° 12AWG, tipo THW. El conductor de protección (PE) también será del mismo calibre.

6.- Selección de la tubería.

El diámetro de la tubería la obtenemos de la tabla N° 04.

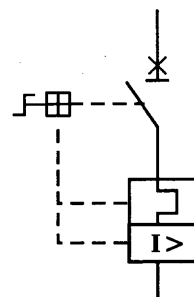
Para 4 conductores N° 12 AWG le corresponde un diámetro de tubo ¾" PVC SAP

7.- Selección de la protección del sistema de control.

El disyuntor de control, específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas puede utilizarse como alternativa a los fusibles.

$$I_{DC} = 1 \text{ A}$$

DISYUNTOR UNIPOLAR
MAGNETOTERMICO



8.- Selección de los pulsadores de marcha y paro.

- › 01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.
- › 01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.

9.- Selección de las lámparas de señalización.

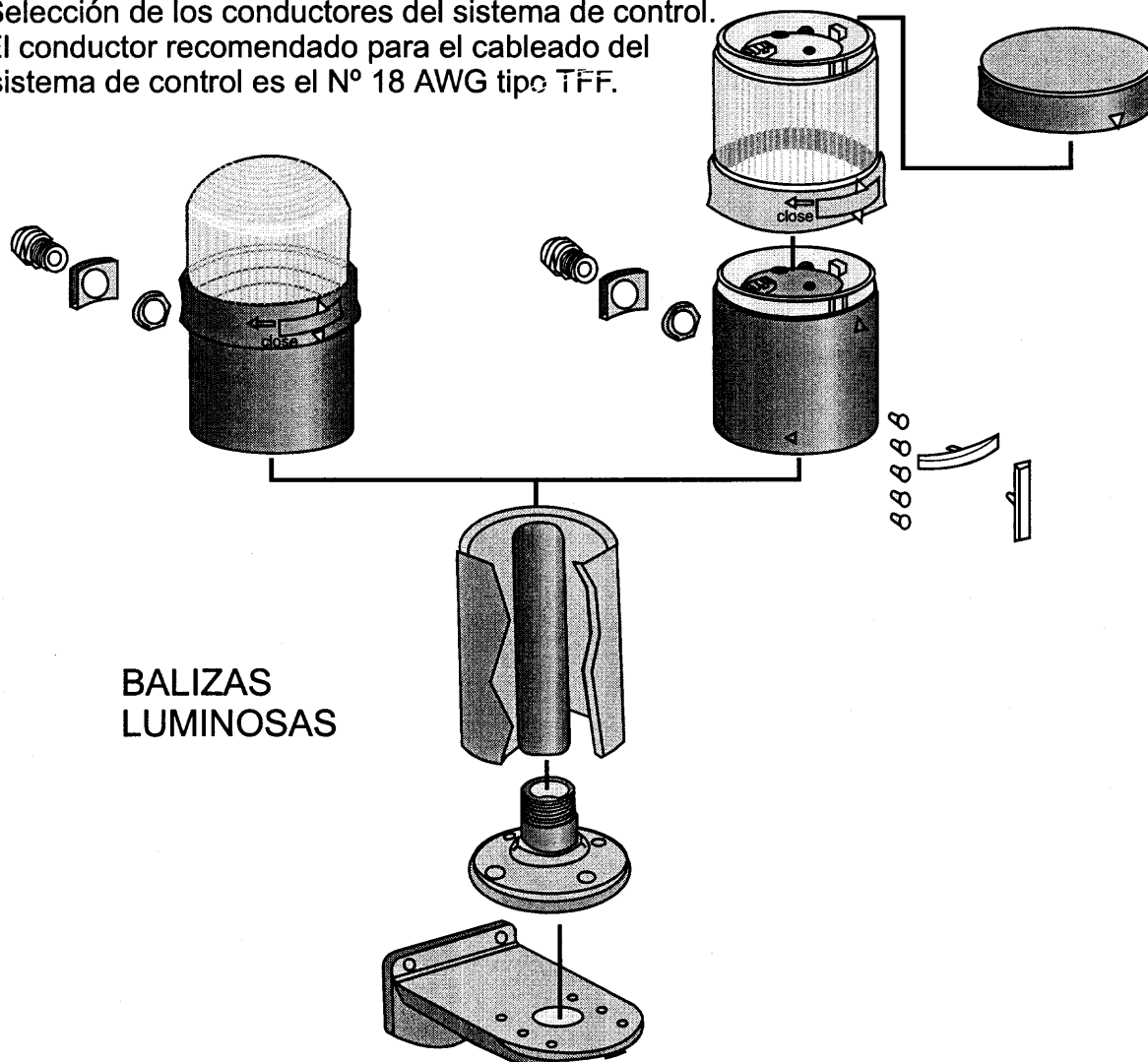
Se recomienda funciones luminosas de LED, fruto de los último avances en la optoelectrónica. Con 100 000 horas de funcionamiento continuo, la durabilidad de las funciones es 50 veces superior a las funciones clásicas mediante bombillas incandescentes. Aportan una mayor fiabilidad gracias a sus protecciones contra sobretensiones y perturbaciones electromagnéticas, a la vez que reducen su consumo (15 mA) y su calentamiento con un aumento en gran forma de la luminosidad.

También se puede usar balizas y columnas luminosas, la cual se caracteriza por su fácil mantenimiento e instalación, con grados de protección IP65.

- › 01 lámpara de señalización, color verde, 220 V/ 60HZ.
- › 01 lámpara de señalización, color rojo, 220 V/ 60HZ.

10.- Selección de los conductores del sistema de control.

El conductor recomendado para el cableado del sistema de control es el N° 18 AWG tipo TFF.



SEGURIDAD INDUSTRIAL EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

DURANTE EL MONTAJE

- Realizar única y exclusivamente las conexiones indicadas en el esquema.
- Tratar de simplificar el máximo las conexiones (sin cambiar o alterar el esquema con el cual se está trabajando), evitando la congestión de conductores en un mismo borne.
- Cuidar que los alambres queden convenientemente pelados en los puntos de conexión, y los tornillos debidamente ajustados, para evitar: calentamiento anormal, caída de tensión, cortocircuito.
- Usar solamente herramientas en perfectas condiciones y las adecuadas para el trabajo que se va a realizar. De ello depende la seguridad personal y la conservación de los elementos de trabajo.

AL FINALIZAR EL TRABAJO

- Tener la precaución de revisar detenidamente el trabajo para constatar que se ha realizado de acuerdo con los planos o esquemas.
- Revisar todos los puntos de conexión. Es posible que alguno de ellos no haya quedado convenientemente ajustado.
- Nunca energizar el circuito si no se tiene la debida autorización.
- Si al realizar una prueba se observan deficiencias, es necesario revisar en primer lugar el esquema para detectar las posibles causas de falla y solamente después se realiza una minuciosa revisión del montaje.

ENSAYO DEL MONTAJE

- Con el fin de proceder al ensayo “en vacío” con toda seguridad, es indispensable separar totalmente, durante la duración de los ensayos, el circuito de potencia del circuito de control
- Después de haber probado el circuito de control. Se prueba también en vacío el circuito de potencia. Para ello se pueden usar lámparas de prueba o multitester accionando manualmente los contactores.

CONTAMINACIÓN POR RUIDO GENERADO POR LOS MOTORES ASÍNCRONOS

Los motores están en todas partes en la industria, junto con el ruido que producen.

Debido a que la sonoridad de un motor en marcha se combina con la del equipo impulsado, los motores suelen ser el punto central en el cúmulo de fuentes de ruido.

El ruido puede molestar a la persona que lo escuche, y tiene la potencialidad de causar daños o lesiones. El deterioro binauricular de la audición no explicable en el proceso normal de envejecimiento o por una enfermedad, se debe muchas veces a la exposición al ruido excesivo durante un tiempo prolongado.

Una investigación minuciosa puso de manifiesto tres fuentes importantes de ruido:

Una resulta ser de una onda de fuerza al doble de la frecuencia de línea que ocasionaba que el estator se deforme de manera casi sinusoidal contra la periferia del núcleo. Con ello se establecían resonancias inducidas por la vibración en los núcleos del estator y del rotor, eficientemente enlazadas a la estructura del motor. Además, los componentes en contacto directo con el aire circundante también aportaran su parte al ruido radiado, y a que generen turbulencia. Un segundo ruido de alta frecuencia se debe a las armónicas del flujo en el entrehierro, ocasionados por diferencias de un entero más o menos pequeño entre los pares de polos.

En este caso, un tercer ruido fue de gran importancia, pues era generado por las ondas armónicas producidas por la interacción de las ranuras de rotor y estator.

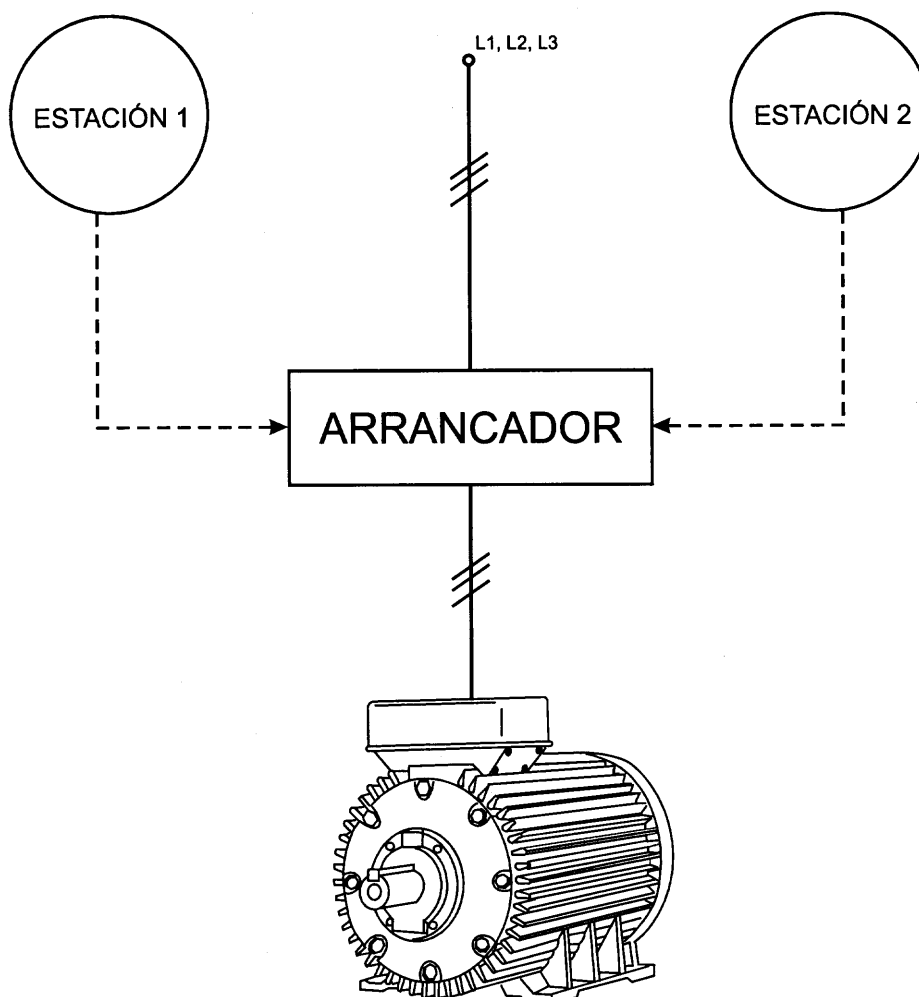
La reducción del ruido generado por motores o por cualquier otra fuente empieza por la medición de su intensidad y la localización de sus orígenes.

Se establece el nivel máximo de exposición humana a un valor de 80dB.

Por cumplir este requisito, se sugiere lo siguiente:

- ✓ Instalar equipos contra ruido después de instalar el motor.
- ✓ Utilizar motores de bajo ruido.
- ✓ Amortiguar las vibraciones con materiales o componentes que eviten la transmisión del sonido a través de las losas del piso, concreto, etc.
- ◆ Cuando se utilicen motores no silenciosos, las intensidades de ruido industrial, con potencialidad de ser dañina para el personal, puede reducirse mediante controles técnicos en la fuente.

ARRANQUE DIRECTO DESDE DOS ESTACIONES



N°		OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01		‣ Elaborar esquema de arranque directo desde dos estaciones		‣ Motor trifásico de inducción (01) ‣ Disyuntor motor (01) ‣ Contactor electromagnético (01) ‣ Relé térmico diferencial (01)	
02		‣ Probar arranque directo desde dos estaciones.		‣ Cables eléctricos ‣ Pulsador normalmente abierto (02) ‣ Pulsador normalmente cerrado (02) ‣ Lámpara de señalización (02) ‣ Destornillador plano ‣ Alicata universal ‣ Multitester.	
01	01				
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN			OBSERVACIONES
		REALIZA EL ARRANQUE DIRECTO DESDE DOS ESTACIONES DE UN MOTOR 3~		HT 2	REF.
		CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		TIEMPO:	HOJA: 1/1
				ESCALA:	2002

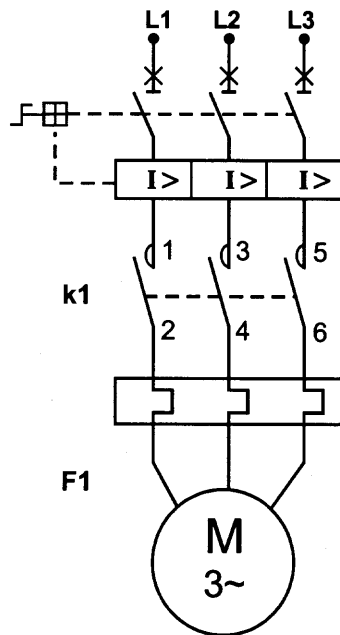
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque directo desde dos estaciones

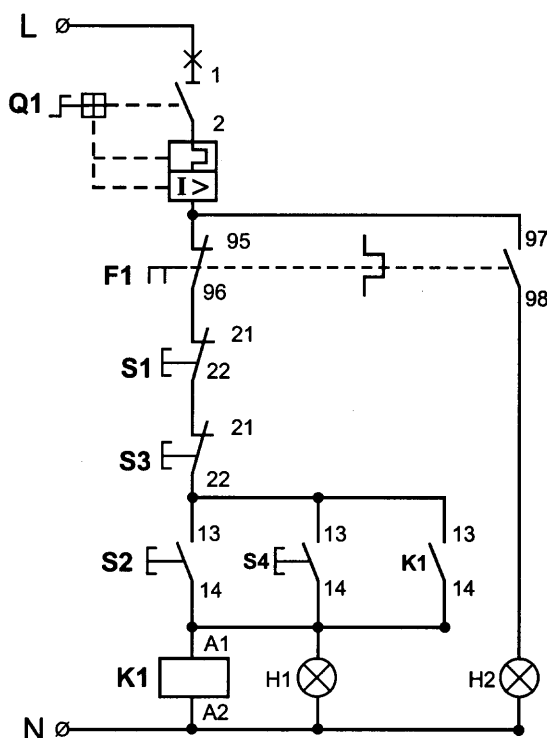
El motor de inducción es controlado desde dos estaciones. En cada estación se dispone de un pulsador de marcha y de un pulsador de paro.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



OBSERVACIONES

- Cuando se trabaje son dos o más estaciones, se debe buscar la forma de que los contactores vayan en lo posible, de la bornera únicamente a la primera estación, de ésta a la segunda, de la segunda a la tercera y así sucesivamente. Esto se logra ubicando en la primera estación aquellos pulsadores (S1 - S2) que necesariamente deben conectarse (o algún elemento que se encuentre en el tablero).

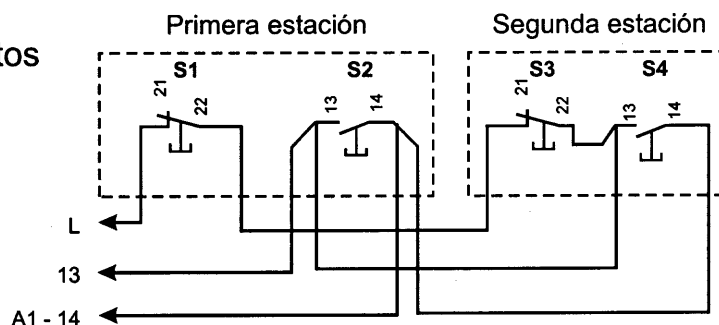
OPERACIÓN:

Probar arranque directo desde dos estaciones

Se realizan pruebas de funcionamiento del motor de inducción desde cada una de las estaciones.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique operatividad de elementos
 - Disyuntor motor
 - Contactor
 - Relé térmico diferencial
 - Disyuntor unipolar
 - Pulsadores de marcha y paro
 - Lámparas de señalización



2. Verifique conexiones del motor y realice pruebas de aislamiento.
3. Realice el montaje e instalación del circuito de potencia y control
4. Regule corriente de trabajo en relé térmico.
5. Active el disyuntor unipolar y pruebe el funcionamiento del circuito de control.
6. Active el disyuntor motor y pruebe la operatividad del sistema
 - a. Pulse S2 (primera estación), se energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara de señalización H1. El motor arranca.
 - b. Realice mediciones de tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.
 - c. Pulse S1 (primera estación) ó S3 (segunda estación), desenergiza la bobina del contactor K1 y la lámpara de señalización H1. El motor para.
 - d. Pulse S4 (segunda estación), se energiza la bobina del contactor K2 y la lámpara de señalización H1. El motor arranca.
 - e. Idem "b" y "c"
 - f. Si el motor esta funcionando normalmente y se produce una falla por corriente de cortocircuito o de sobrecarga, el motor para.

ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO DESDE DOS ESTACIONES

Definición:

- › Posibilidad de control a distancia, desde varios puntos distintos.

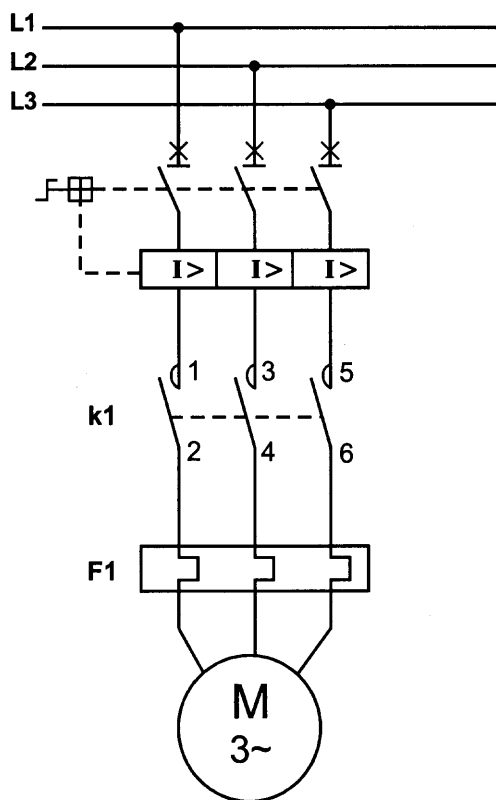
Funcionamiento:

- › Cierre del contactor K1 mediante uno u otro de los pulsadores de marcha S2 - S4 montados en paralelo.
- › Automantenimiento por contacto K1 (13 - 14)
- › Parada mediante cualquiera de los pulsadores de parada S1 - S3 montados en serie.

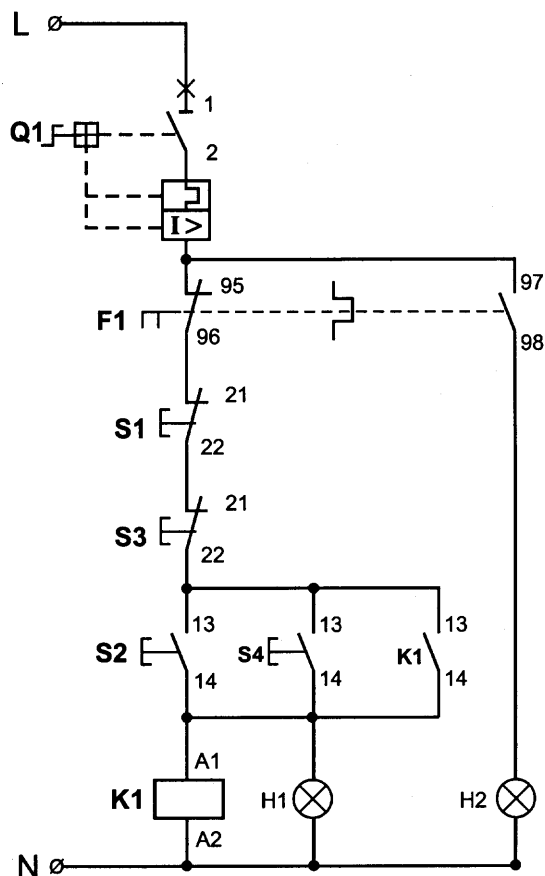
Aplicaciones:

- › Control de bombas, ventiladores, elevadores, etc.

CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE CONTROL



CATEGORÍAS DE EMPLEO

Las categorías de empleo resumen los principales campos de aplicación de los contactores en corriente alterna (categorías AC-) y en corriente continua (DC-). Definen, en el marco de una utilización normal de los contactores, las condiciones de establecimiento y corte de la corriente en función de la corriente originada de empleo I_e y de la tensión asignada de empleo U_e . Dependen:

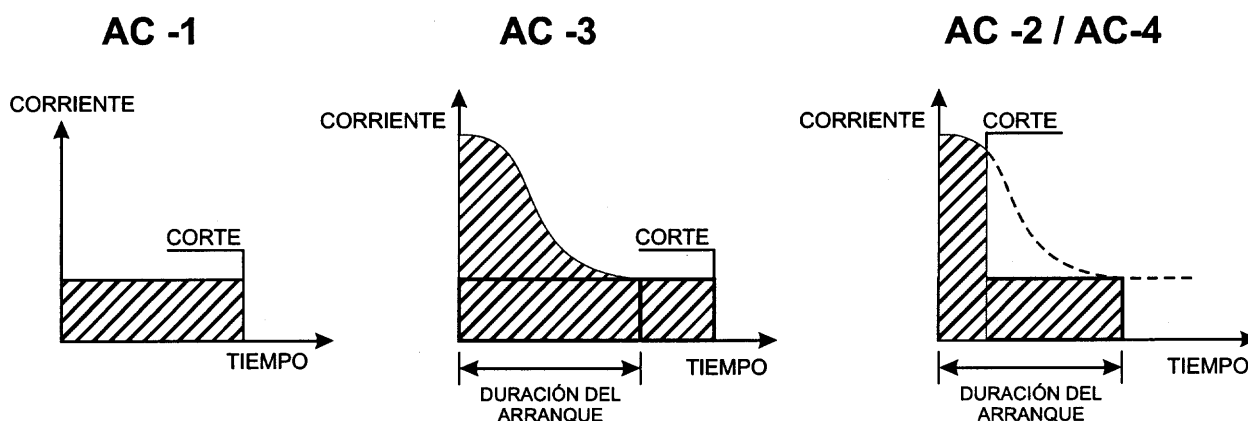
- ◆ De la naturaleza del receptor controlado (resistencias, motor de jaula, etc).
- ◆ De las condiciones en que se efectúan los cierres y los cortes (motor lanzado o calado, inversión de sentido de marca, etc)

Las categorías de empleo AC - 1 a AC-4 que figuraban en la norma IEC 158, aparecen recogidas en la norma IEC60947:

- ◆ **AC1:** Se aplica a todos los receptores alimentados en corriente alterna y con un $\cos \varphi > 0,95$.
- ◆ **AC2:** Arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de anillos.
- ◆ **AC3:** Arranque de los motores de jaula, con corte del motor lanzado,
- ◆ **AC4:** Arranque, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de jaula.

La nueva norma define las categorías de empleo adicionales relativos al control de los siguientes receptores mediante contactores: lámparas de descarga (AC-5a), lámparas incandescentes (AC-5b), transformadores (AC-6a), condensadores (AC-6b), compresoras de refrigeración (AC-8). Define además las categorías AC-7a y AC-7b para aplicaciones domésticas.

La categoría AC-11 (IEC 60337) para control de cargas electromagnéticas mediante contactos auxiliares o contactores auxiliares queda sustituida por los dos siguientes: AC-14 para electroimanes que absorben menos de 72VA en estado cerrado (corriente establecida $6I_e$), y AC-15 cuando la potencia absorbida sea superior a 72VA (corriente establecida $10 I_e$).



REGÍMENES DE NEUTRO

En los regímenes de neutro intervienen básicamente:

El neutro

Son los puntos neutros de los transformadores HT/MT y MT/BT, así como los conductores neutros por los que, en régimen equilibrado, no pasa ninguna corriente.

Las masas

Son las partes conductoras accesibles de un material eléctrico que pueden ponerse en tensión en caso de defecto.

La tierra

La tierra puede considerarse como un cuerpo conductor con un potencial que convencionalmente se fija en cero.

REGÍMENES BAJA TENSIÓN

Existen tres regímenes del neutro en baja tensión definidos por esquemas y referenciados por dos letras. Se trata de los regímenes TN (C o S), TT e IT. La primera letra corresponde a la posición del neutro con respecto a la tierra, y la segunda a la situación de las masas. El significado de cada letra es el siguiente:

T = Tierra N = Neutro I = Impedancia
C = Combinado S = Separado

Esquema TNC

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro. El conductor neutro y el de protección están combinados.

ESQUEMA TNS

Consiste en un neutro conectado a tierra y las masas al neutro, pero en este caso el conductor neutro está separado del de protección.

Esquema TT

El neutro está directamente conectado a tierra, al igual que las masas, y esto mediante dos tomas de tierra separadas.

ESQUEMA IT

El neutro está conectado a tierra mediante una impedancia o aislado.

Las masas están directamente conectadas a tierra.

Estos distintos regímenes permiten adaptar la protección a los locales y a los usos, respetando el tiempo de corte, basado en la duración de la resistencia de un individuo a los efectos de una corriente eléctrica, en función de la tensión de la misma (normalmente 50 V durante 5 segundos y 100 V durante 0,2 segundo).

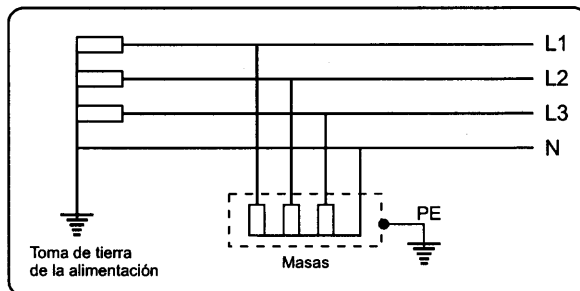
Las redes de distribución de baja tensión de los abonados pueden asimilarse al esquema TT, excepto cuando éstos interponen un transformador de separación que les deja total libertad de elección.

El esquema TT es fácil de aplicar, pero queda restringido a instalaciones de extensión y complejidad limitadas. Se dispara al primer defecto y ofrece total seguridad.

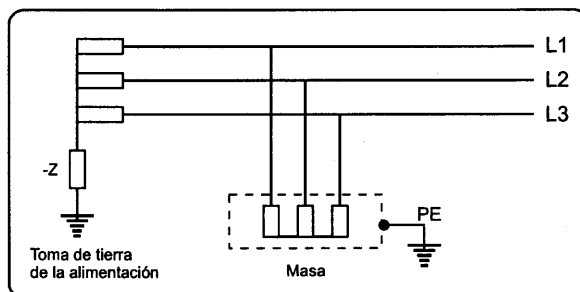
El esquema IT tiene la particularidad de no dispararse hasta el segundo defecto. Así pues, está especialmente indicado en aquellos casos en los que sea necesaria la continuidad del servicio lo que requiere un mantenimiento estricto para detectar el primer defecto e intervenir antes de que se produzca el segundo.

No obstante, el hecho de garantizar la continuidad de la alimentación sigue sin parecer suficiente a los informáticos, que prefieren el esquema TNS, incrementando las precauciones y los equipos específicos.

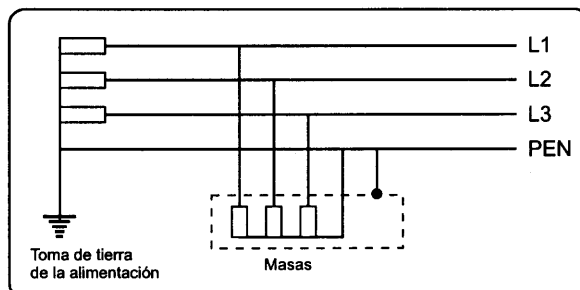
El esquema TN representa, con respecto al anterior, un importante ahorro de instalación. Este régimen es imprescindible con corrientes de fuga importantes.



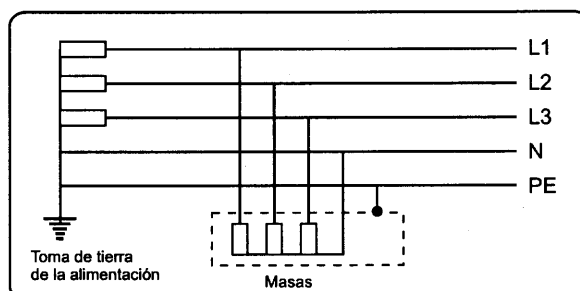
ESQUEMA TT



ESQUEMA IT



ESQUEMA TNC



ESQUEMA TNS

SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL USO DE MATERIALES, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS

- Se recomienda, en los aparatos que se utilicen en ambientes especialmente corrosivos o tropicales, aplicar una capa de barniz aislante en los bornes después de conectarlos.
- En los conjuntos equipados con prensaestopas, la funda de los conductores debe introducirse en la junta de goma del prensaestopa. Al apretar, éste debe inmovilizar totalmente el cable.
- Determinar la sección de los cables de conexión en función de la corriente absorbida por las máquinas controladas. Para limitar las caídas de tensión, aumentar la sección de los hilos y cables que alimentan los circuitos de potencia y control cuando la línea tiene una longitud muy importante.

Para la realización de los sucesivos montajes se requiere fundamentalmente las siguientes herramientas y materiales:

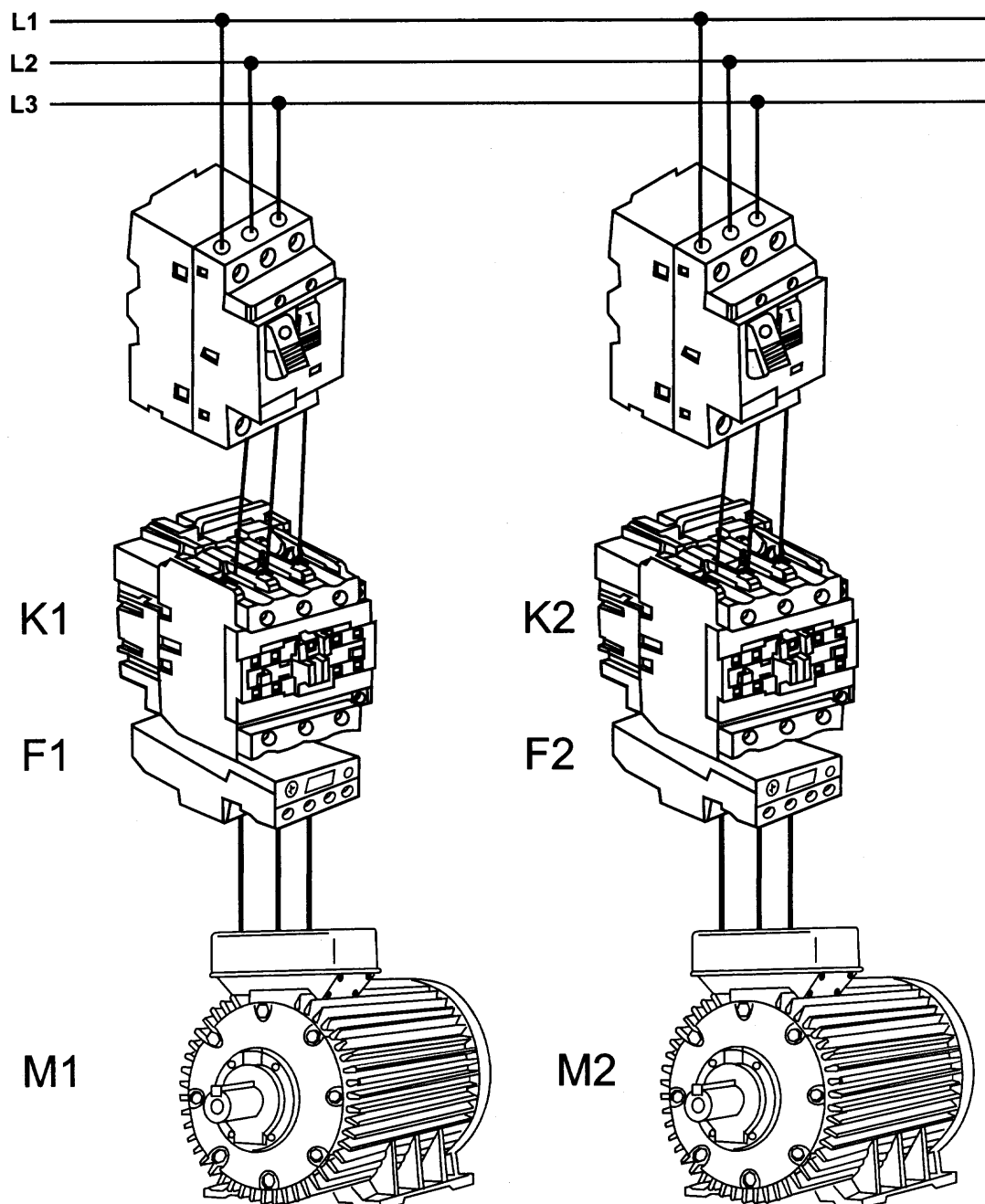
- * Destornilladores de pala o estrella, de acuerdo con el tamaño de los componentes que se utilizan en los montajes.
- * Alicates de electricista, alicates de punta redonda (pinzas), alicates de corte diagonal (corta frías) y pelacables (cuchilla o navaja)
- * Alambre o cable, preferiblemente de varios colores, para que se facilite el trabajo de montaje y cinta de enmascarar para colocar las marcas necesarias.

● **Lo que nunca hay que hacer:**

- Limar o engrasar los contactos.
- Modificar una pieza o sustituirla por una pieza de recambio inadecuada.
- Rearmar un relé de protección sin averiguar antes la causa del disparo y eliminarla.
- Volver a poner un equipo bajo tensión sin haber solucionado el defecto (por ejemplo: después de un cortocircuito)
- Dejar abierto un cofre o un armario sin necesidad, especialmente en ambientes polvorientos.

TAREAS 3 - 4

- Realiza el arranque directo en secuencia forzada de motores de inducción trifásicos.
- Realiza el arranque directo en secuencia forzada automática de motores de inducción trifásicos.



N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	‣ Elaborar esquema de arranque directo en secuencia forzada		‣ Motor trifásico de inducción (02) ‣ Disyuntor motor (02) ‣ Contactor electromagnético (02) ‣ Relé térmico diferencial (02)	
02	‣ Probar arranque directo con secuencia forzada.		‣ Cables eléctricos ‣ Pulsador normalmente abierto (02) ‣ Pulsador normalmente cerrado (01) ‣ Lámpara de señalización (03) ‣ Destornillador plano ‣ Alicata universal ‣ Multitester.	
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
		REALIZA EL ARRANQUE DIRECTO EN SECUENCIA FORZADA DE MOTORES 3~	HT 3	REF.
		CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES	TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

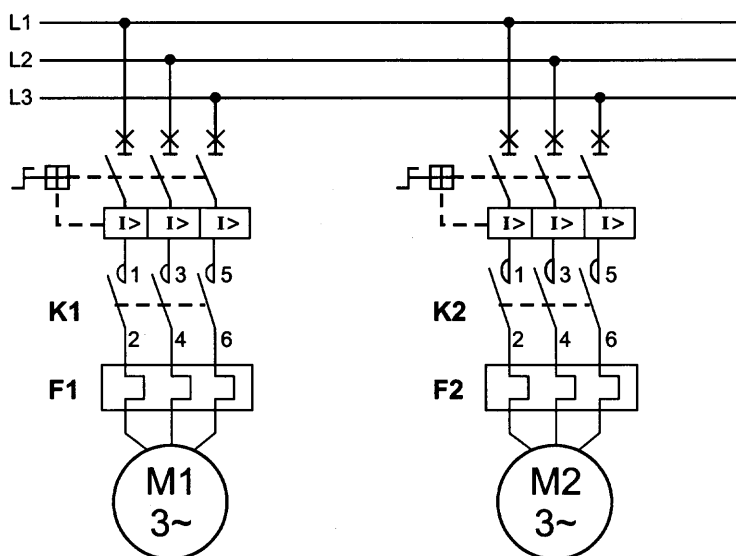
OPERACIÓN:

Elaboración esquema de arranque directo en secuencia forzada

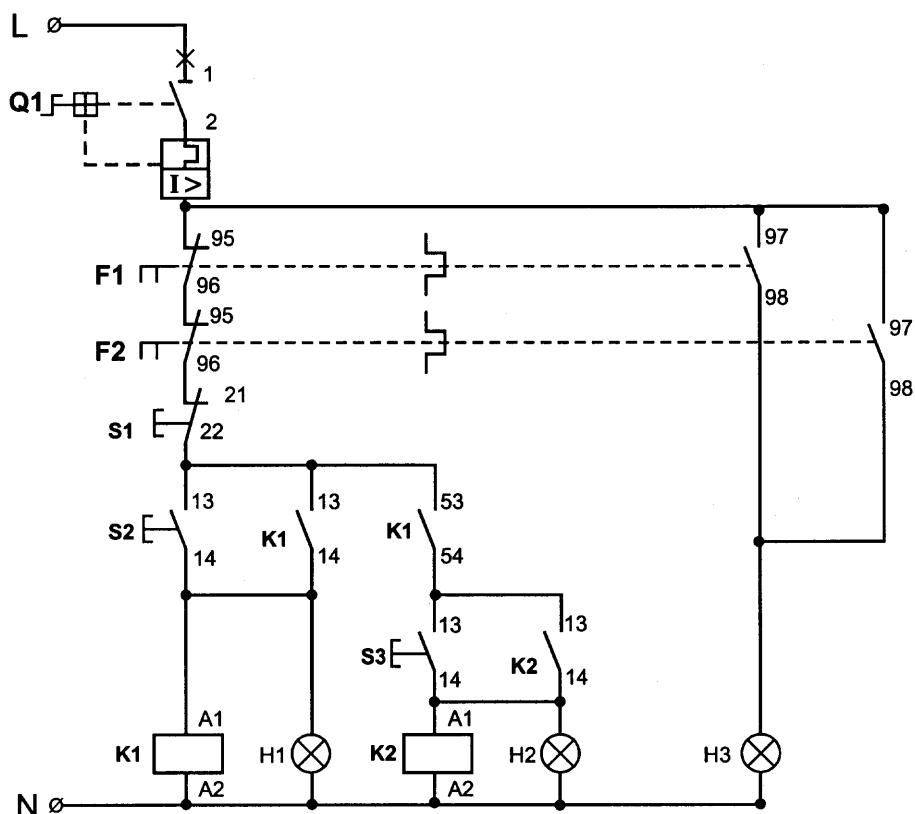
Soló es posible dar marcha al segundo motor, mediante un pulsador, si el primer motor está funcionando. (secuencia forzada manual)

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



OPERACIÓN:

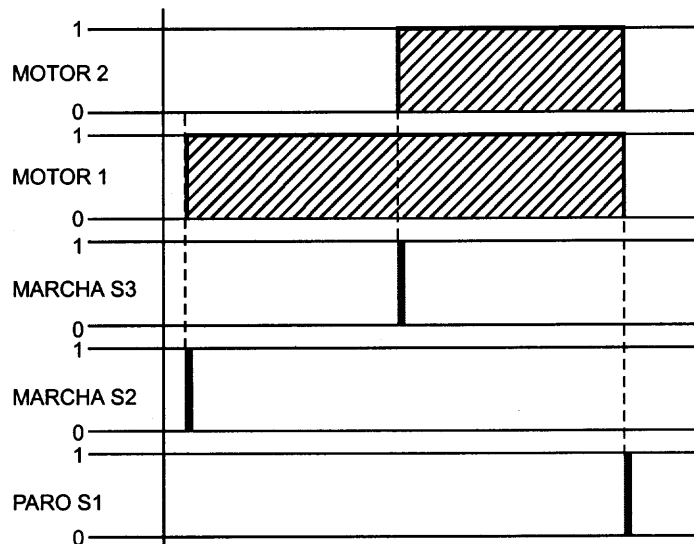
Probar arranque directo en secuencia forzada

Se realizarán pruebas al circuito de potencia y control. Verificar arranque de motores en secuencia forzada manual.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos de circuito de potencia y control
2. Realice el montaje y conexiones de elementos
3. Active disyuntores
4. Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El circuito queda autoalimentado por el contacto auxiliar 13 - 14 de K1. El motor M1 funciona.

Diagrama de Funcionamiento



5. Pulse S3 energiza la bobina del contactor K2 y la lámpara H2. El circuito queda autoalimentado por el contacto auxiliar 13 - 14 de K2. El motor M2 funciona. Sólo es posible energizar el contactor K2, si K1 está energizado.
6. Realice medición de tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad de los motores.
7. Pulse S1, desenergiza el circuito y los motores M1 y M2 paran.

PRECAUCIONES

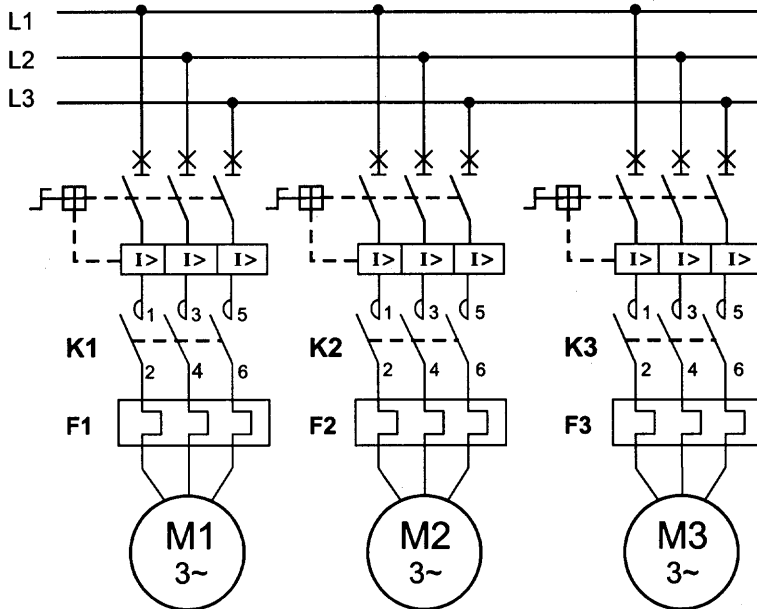
- Cuando después de una breve interrupción de la tensión de red (una decena de microsegundos) el contactor vuelve a cerrarse, la fuerza de controelectromotriz del motor y de la red se desfasa. En tales circunstancias el pico de corriente puede llegar a duplicar su valor nominal y existe el riesgo de que los polos se suelden por exceder el poder de cierre del contactor. Este accidente se puede evitar retrasando en dos o tres segundos el cierre del aparato con un contacto temporizado al cierre para que la fuerza contraelectromotriz sea nula.
- Para proteger a los contactores contra los micro cortes también se puede temporizar la apertura del contactor principal utilizando un dispositivo retardador (rectificador condensador)

ARRANQUE DIRECTO EN SECUENCIA FORZADA DE MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

Secuencia Forzada

Se dice que existe una secuencia forzada cuando el funcionamiento de una máquina está supeditada al funcionamiento de otras, de manera que, si no se maniobran en el orden establecido, no deben funcionar.

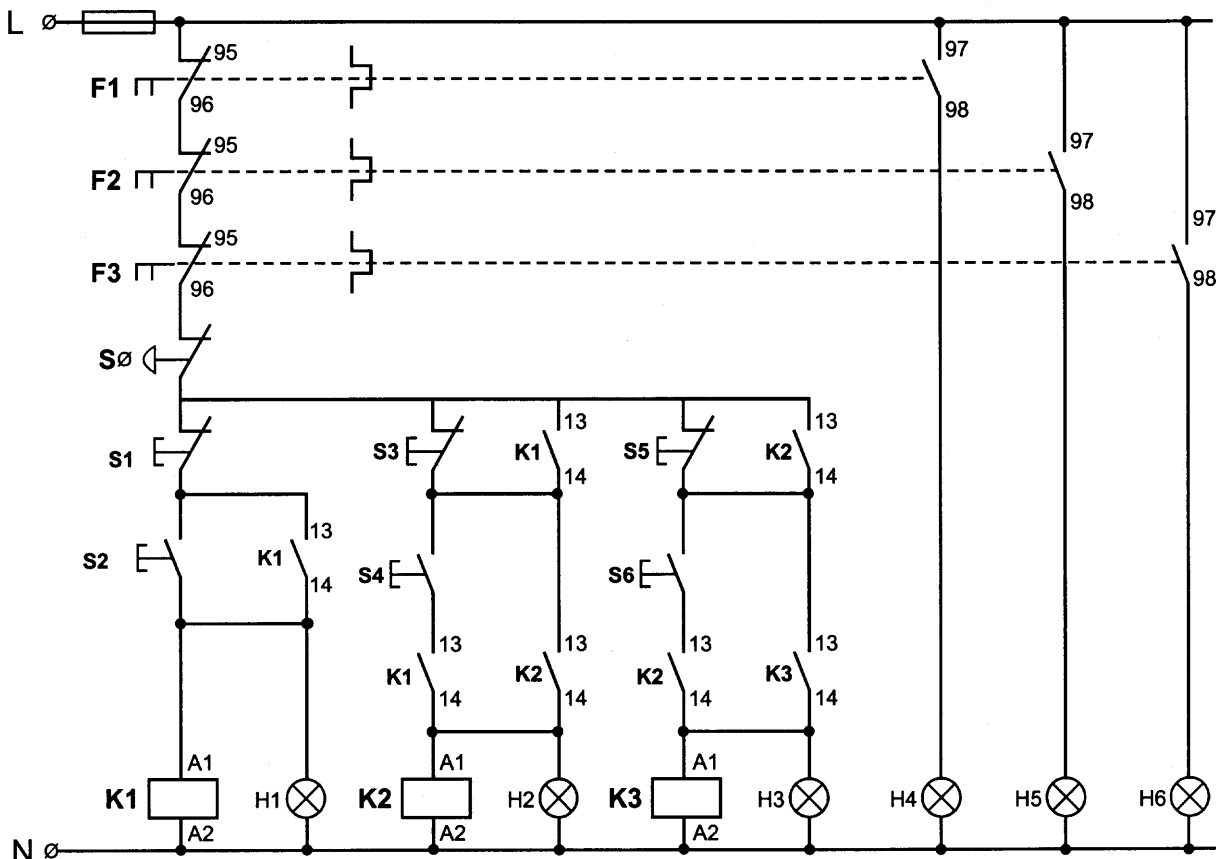
Ejemplo:



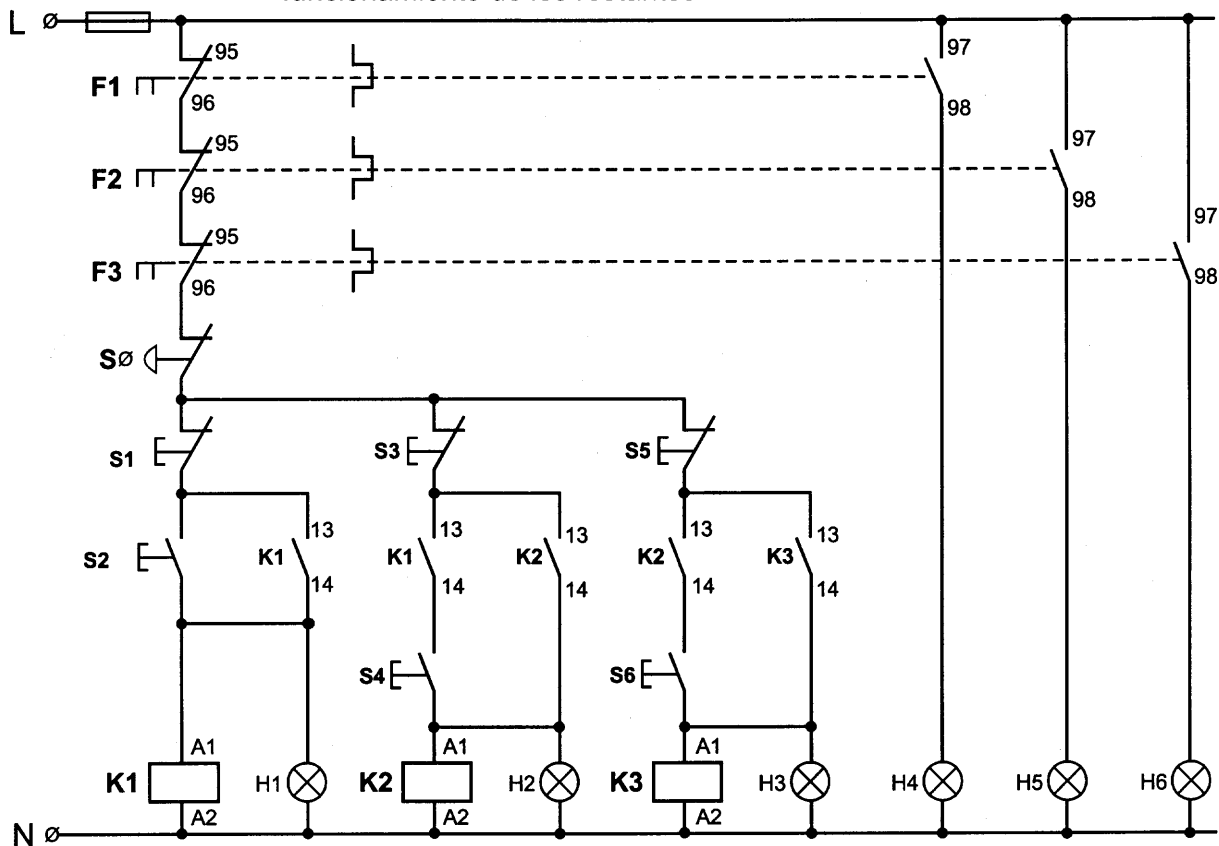
* Como puede observarse, cada motor tiene su propio circuito de potencia, exactamente igual al de un motor de arranque directo

* La secuencia forzada se obtiene por la forma en que se controlan las bobinas de los contactores.

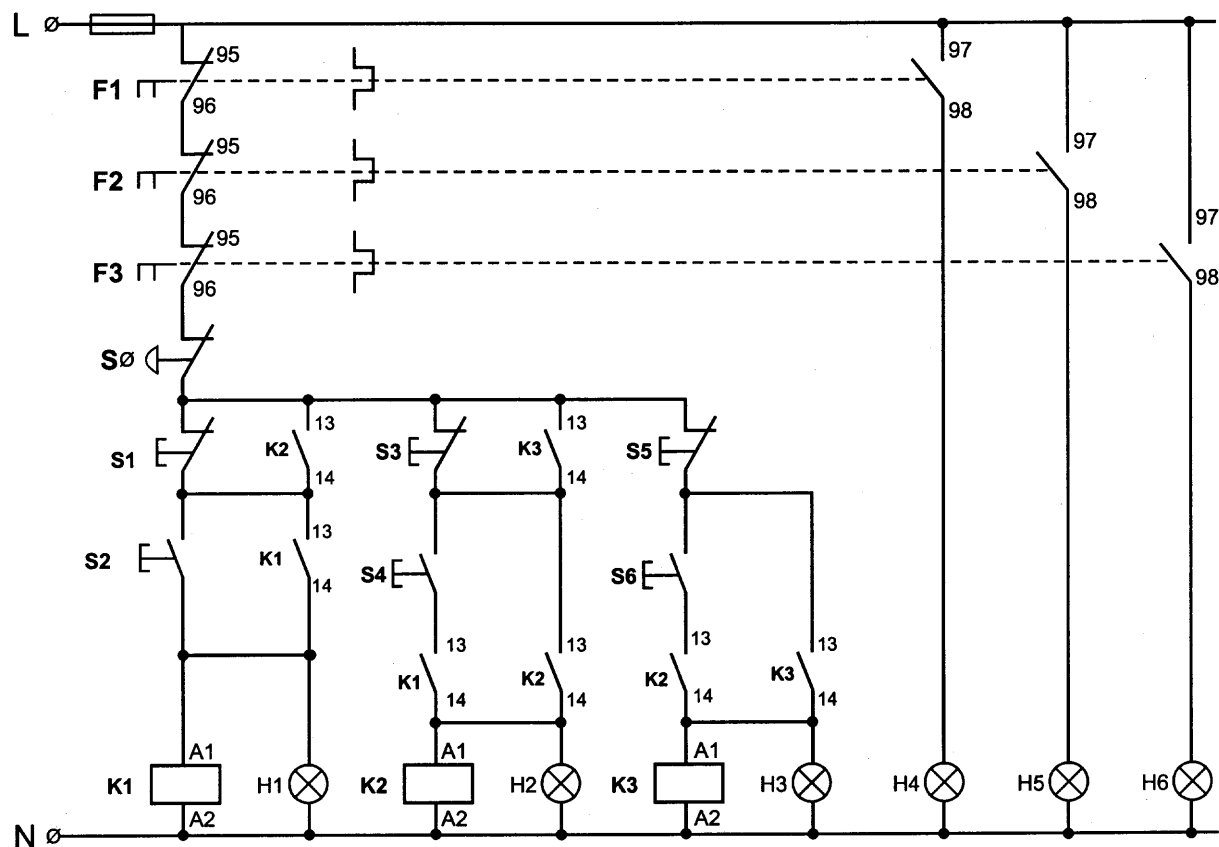
Circuito de control: Sistema FIFO (Primeros en prender, primeros en apagar) para accionar tres motores en secuencia forzada.



- **Circuito de control:** Mando de tres motores en secuencia forzada para activar K1, K2, K3 y posibilidad de parar cualesquiera de ellos sin que se altere el funcionamiento de los restantes.



- **Circuito de control:** Sistema LIFO (últimos en prender, primeros en apagar) para accionar tres motores en secuencia forzada.



CÁLCULO DEL NÚMERO DE POLOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

El número de pares de polos del motor de inducción trifásico es directamente proporcional a la frecuencia de corriente de alimentación e inversamente proporcional a la velocidad de sincronización.

$$P = \frac{60 \times f}{N}$$

P : número de pares de polos

f : frecuencia en Hz

N : velocidad de sincronización en rpm.

Números de polos	Velocidad de rotación en rpm		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	450	750

Estos datos no significa que sea posible aumentar la velocidad de un motor asíncrono alimentandolo a una frecuencia superior a la prevista aunque la tensión este adaptada. Es conveniente comprobar si su diseño mecánico y eléctrico lo permite.

DESLIZAMIENTO

El par motor sólo puede existir cuando una corriente inducida circula por la espira. Para ello es necesario que exista un movimiento relativo entre los conductores activos y el campo giratorio. Por lo tanto, la espira debe girar a una velocidad inferior a la de sincronización, lo que explica que un motor eléctrico se denomine "motor asíncrono". La diferencia entre la velocidad de sincronización y la de la espira se denomina "deslizamiento" y se expresa en porcentajes.

$$d = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \%$$

N_s : velocidad síncrona

N : velocidad asíncrona (placa del motor)

Ejemplo: se conoce los datos de la placa de un motor trifásico de inducción.

* Frecuencia = 60 Hz

* Velocidad = 1750 rpm.

El deslizamiento será:

$$d = \frac{1800 - 1750}{1800} \times 100 \%$$

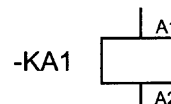
$$d = 2,78 \%$$

SIMBOLOGÍA DE ELEMENTOS DE AUTOMATISMO INDUSTRIAL

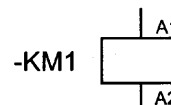
La norma IEC 1082-1 define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas y alfanuméricas que deben utilizarse para identificar aparatos, diseñar las esquemas y realizar los equipos eléctricos.

El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones.

- Mando electromagnético. Contactor auxiliar.



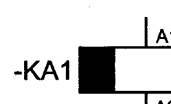
- Mando electromagnético. Contacto



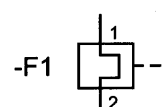
- Mando electromagnético de puesta en trabajo retardada.



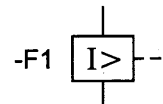
- Mando electromagnético de puesta en reposo retardada



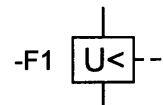
- Relé de sobreintensidad de efecto térmico



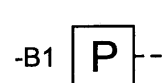
- Relé de máxima corriente



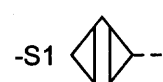
- Relé de mínima tensión



- Dispositivo accionado por la presión



- Mando por efecto de proximidad



- Mando por roce



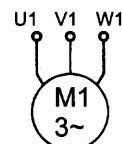
- Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación de un imán.



- Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación del hierro.



- Motor asíncrono trifásico de rotor en cortocircuito.



- Motor asíncrono trifásico, rotor de anillos.

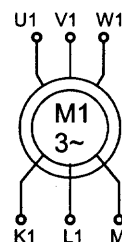
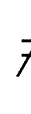
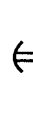
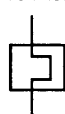
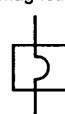
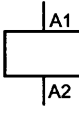
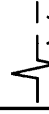
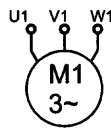
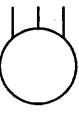
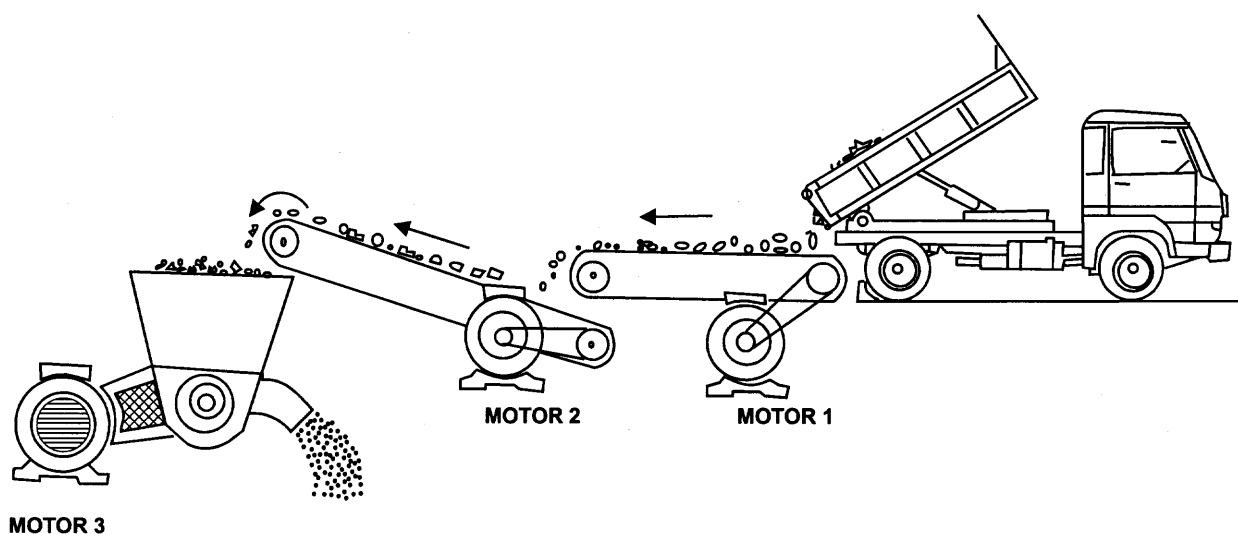


TABLA COMPARATIVA DE LOS SÍMBOLOS MAS HABITUALES

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas Europeas	Normas EE. UU.
Contacto de cierre "NA"		
Contacto de apertura "NC"		
Contacto Temporizado al accionamiento	 	 
Contacto Temporizado al desaccionamiento	 	 
Relé de protección	Térmico  Magnético 	
Bobina		
Disyuntor		Magnético  Magnetotérmico 
Motores		

SECUENCIA FORZADA AUTOMATICA



Nº	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	Elaborar esquema de arranque directo en secuencia forzada automática.		- Motor trifásico de inducción (02) - Disyuntor motor (02) - Contactador electromagnético (02) - Relé térmico diferencial (02)	
02	Probar temporizador.		Cables eléctricos	
03	Probar arranque directo en secuencia forzada automática.		- Temporizador ON DELAY (01) - Pulsador normalmente abierto (01) - Pulsador normalmente cerrado (01) - Lámparas de señalización (03) - Destornillador plano - Alicate universal - Multitester.	
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
		REALIZA EL ARRANQUE DIRECTO EN SECUENCIA FORZADA AUTOMÁTICA DE MOTORES 3~	HT 4	REF.
		CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES	TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

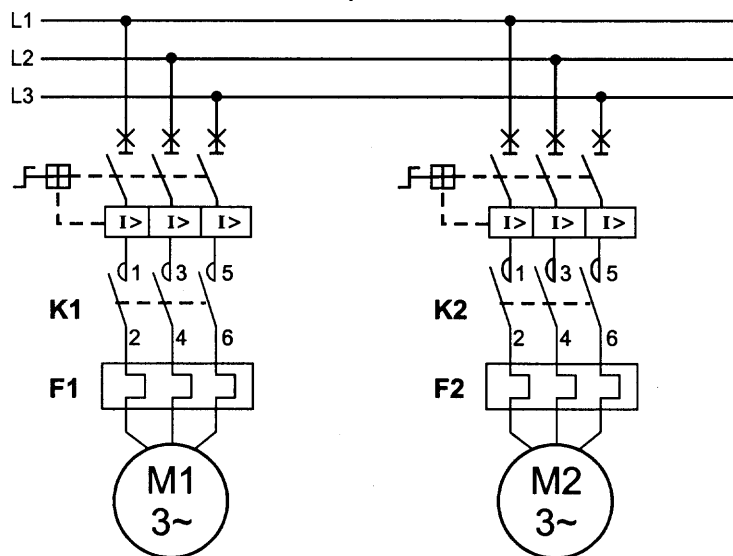
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque directo en secuencia forzada automática.

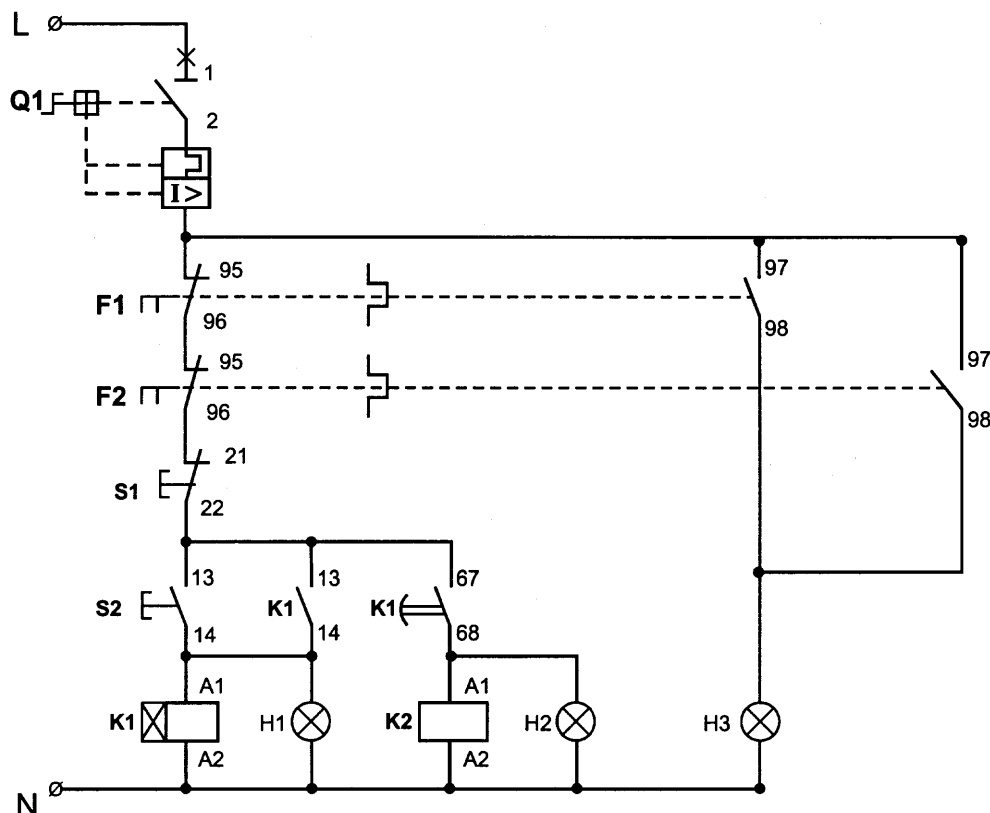
Al accionar el pulsador de inicio activa el motor M1, transcurrido un tiempo, arranca automáticamente el motor M2.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



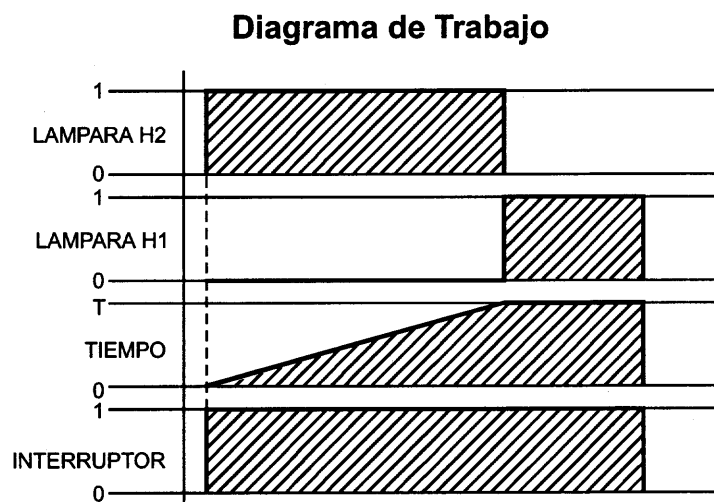
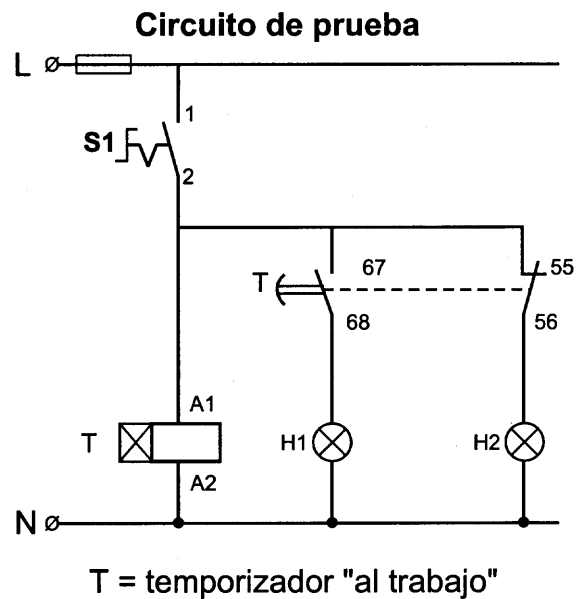
OPERACIÓN:

Probar temporizador.

Realizar le montaje del temporizador en el contactor, regular tiempo y probar funcionamiento activando la bobina del contactor.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique terminales del temporizador ON DELAY.
2. Verifique aislamiento.
3. Realice el montaje del temporizador con el contactor.
4. Regule un tiempo de 20seg.
5. Pruebe continuidad de los contactos del temporizador y verifique contactos NA y NC.
6. Conecte el circuito de prueba.
7. Accione el interruptor S1, activa el temporizador y la lámpara H2.
8. Transcurrido el tiempo regulado, los contactos del temporizador cambian de posición. Desactiva la lámpara H2 y activa la lámpara H1.
9. Aperture el interruptor S1, desactiva el temporizador y los contactos temporizados retoman su posición original.
10. Repita la prueba de funcionamiento con tiempos de 6, 10 y 15 segundos.



OPERACIÓN:**Probar arranque directo en secuencia forzada automática.**

Verificar elementos, realizar montaje y conexión, regulación de tiempo y prueba de funcionamiento de los motores en secuencia forzada automática.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control:
 - Continuidad
 - Aislamientos
 - Contactos
 - Bobina
 - Conexiones
 - Testeado
 - Especificaciones técnicas
2. Realice el montaje y conexión de los elementos del circuito de potencia y control.
3. Regule el tiempo de secuencia
4. Pruebe funcionamiento
 - a. Active disyuntor unipolar (circuito de control)
 - b. Active disyuntor motor (circuito de potencia)
 - c. Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1, activa el temporizador montado en K1, energiza la lámpara H1. El motor M1 arranca
 - d. Transcurrido el tiempo regulado en el temporizador, arranca automáticamente el motor M2. (Energizan K2 y H2)
 - e. Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad, en cada motor
 - f. Pulse S1, los motores paran simultáneamente.

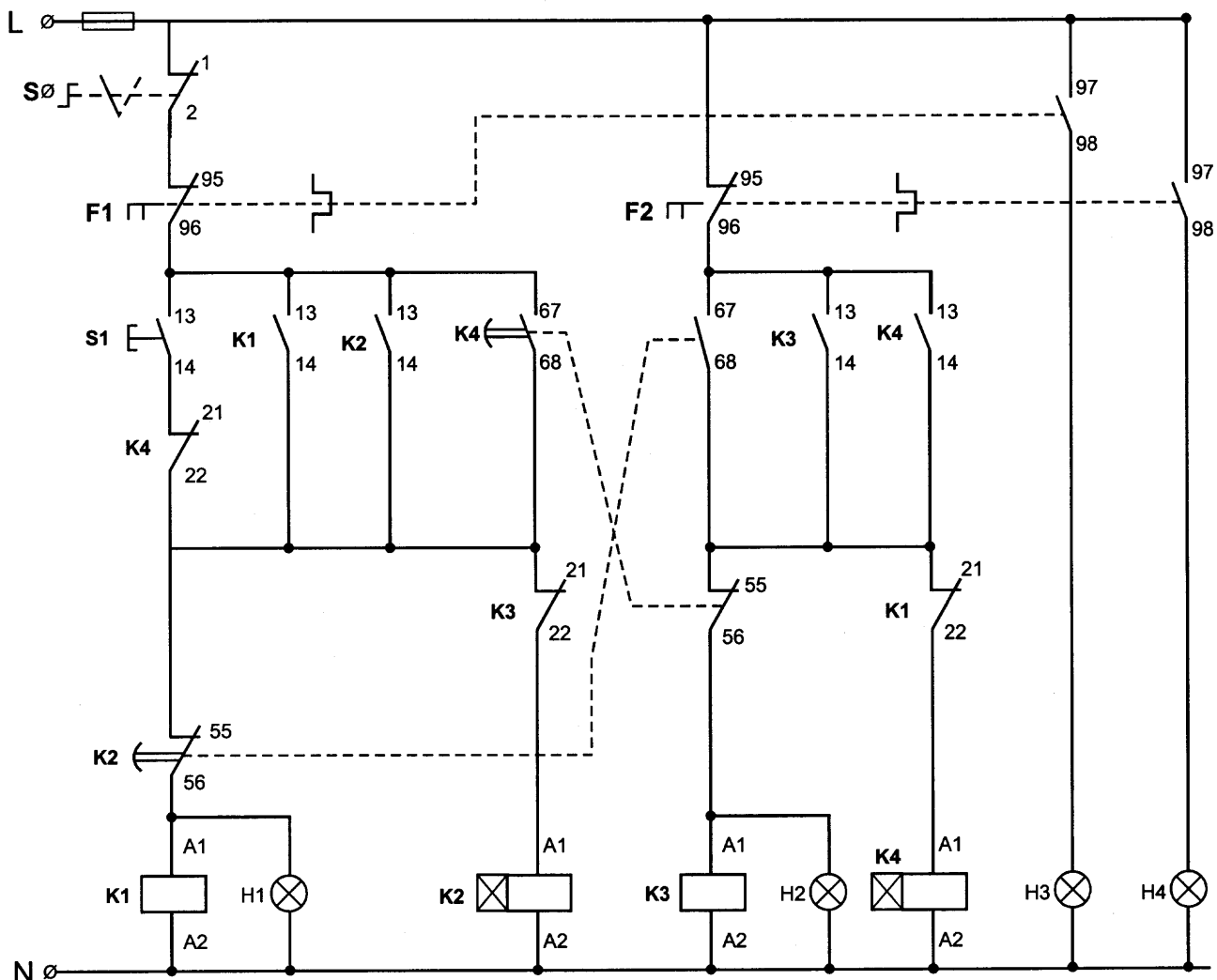
OBSERVACIÓN

- La calidad del aislamiento de un dispositivo se mide en megaohmios ($1\text{M } \Omega = 10^6 \Omega$) con la ayuda de un megaohmímetro. El aislamiento se mide:
 - › Entre dos conductores aislados uno del otro
 - › o entre un conductor aislado de la tierra y de las masas por una parte, y las masas puestas a tierra por otra.

ARRANQUE DIRECTO EN SECUENCIA FORZADA AUTOMÁTICA DE MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

El tener una secuencia automática implica que una vez iniciada ésta no se debe ser posible interrumpirla o alterarla hasta que el proceso se haya cumplido totalmente (sólo el pulsador NC o los contactos cerrados del relé térmico podrán hacerlo)

Ejemplo: Mando de dos motores en forma secuencial automática y cíclica mediante temporizadores al trabajo



- Al accionar el pulsador de marcha debe energizarse inmediatamente el motor M1. Transcurrido cierto tiempo se apaga M1 y energiza automáticamente el motor M2. Después de otro lapso de tiempo se apagará M2 y volverá a energizar automáticamente M1, y así constantemente (secuencia cíclica).
- Antes de realizar la prueba de funcionamiento regular los tiempos de trabajo de los motores M1 y M2.

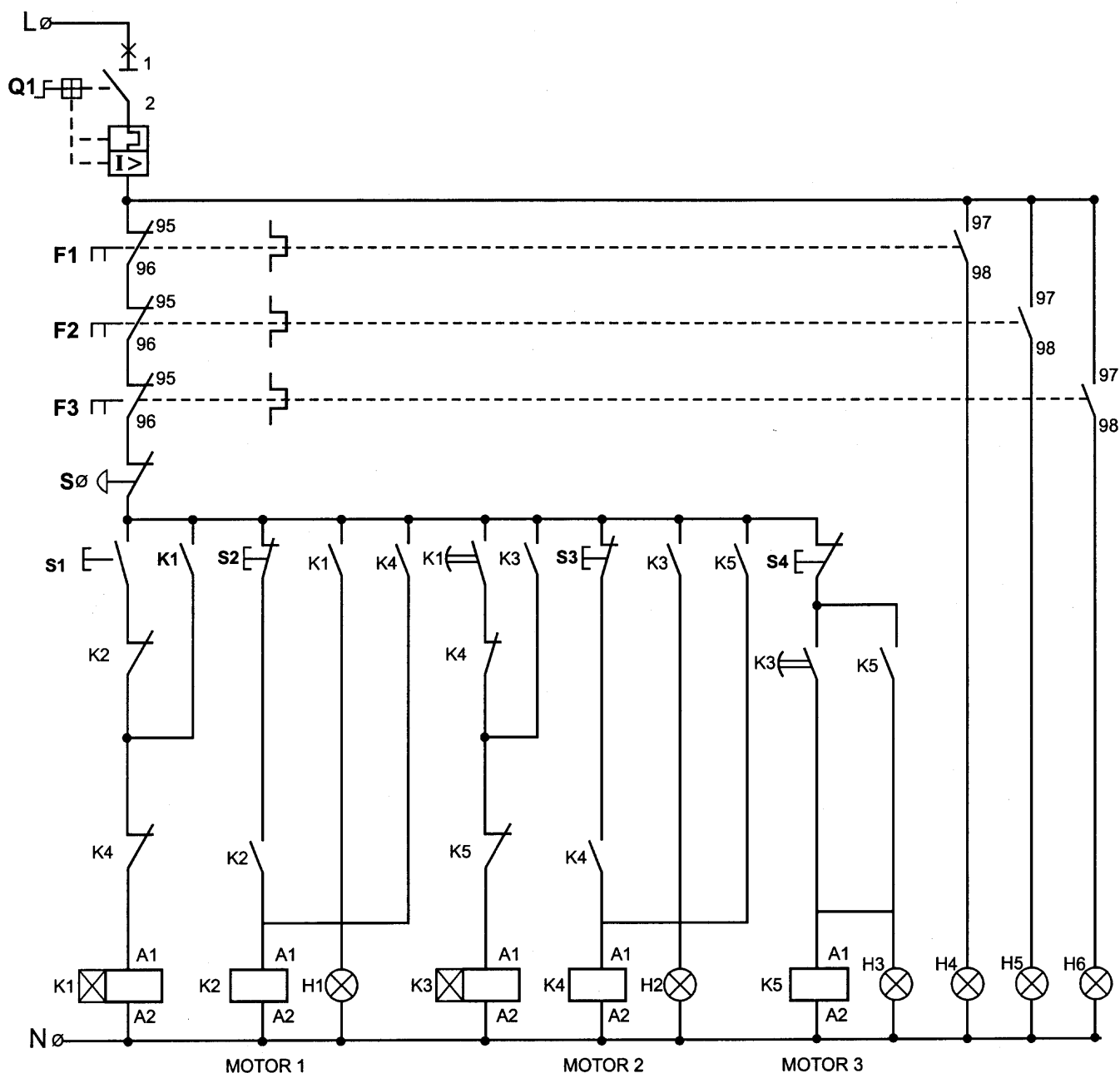
T1 = 4 minutos

T2 = 6 minutos

ESQUEMA DEL ARRANQUE DIRECTO EN SECUENCIA FORZADA AUTOMÁTICA DE MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

Ejemplo: Sistema LIFO (últimos en prender, primeros en apagar) pone accionar tres motores en secuencia forzada, de modo que arranquen automáticamente y se paren normalmente.

- › La secuencia debe concluir solamente cuando se haya desenergizado K1, por tanto, mientras esto no suceda, no podrá alterarse o interrumpirse el funcionamiento del sistema.
- › Una vez que se inicia la secuencia, el pulsador de marcha (S1) debe quedar completamente fuera de servicio.
- › Una vez que el temporizador cumpla su función debe ser desenergizado inmediatamente.



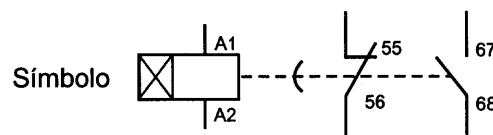
EL TEMPORIZADOR

Son aparatos en los cuales se abren o cierran determinadas contactos, llamados temporizados, al cabo de un tiempo (debidamente preestablecido) de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación.

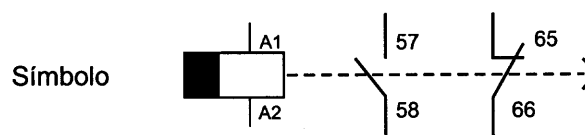
Se emplean especialmente en la etapa de tratamiento de señales.

Clasificación:

- a) **Temporizador “al trabajo” (ON DELAY):** aquel cuyos contactos temporizados actúan después de cierto tiempo de haber sido energizado.
En el momento de energizar el temporizador, los contactos temporizados que tiene siguen en la misma posición de estado de reposo, y solamente cuando haya transcurrido el tiempo programado, cambian de posición, es decir que el contacto NA se cierra y el contacto NC se abre.



- b) **Temporizador “al reposo” (OFF DELAY):** en este tipo de temporizador, los contactos temporizados actúan como tales, después de cierto tiempo de haber sido desenergizado.
Al energizar el temporizador, los contactos temporizados actúan como contactos instantáneos, pero cuando el temporizador se desenergiza, dichos contactos no retornan inmediatamente a su estado de reposo, sino que lo hacen una vez transcurrido el tiempo prefijado.



Por lo general, los bloques temporizados se asocian a contactores auxiliares (excepcionalmente a contactores principales). En estos casos, los contactos temporizados se identifican con la misma marca del contactor. En el caso de que el temporizador tenga su propia alimentación, puede identificarse con la letra T y un subíndice (si son varios).

CONEXIONADO EN CAJA DE BORNES DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA

TABLA.- EQUIVALENCIA ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS NORMALIZADOS UTILIZADOS PARA MARCAR TERMINALES DE GRUPO DE BOBINAS DE MOTORES TRIFÁSICOS.

SISTEMA	EUROPEO (Menos Inglaterra)	INGLES (Reino unido)	AMERICANO (USA)
NORMAS	DIN - VDE	B.S.S.	NEMA
LINEA DE SUMINISTRO	R S T	L1 L2 L3	L1 L2 L3
TERMINALES BOBINAS 1ER GRUPO	U V W X Y Z	A1 B1 C1 A2 B2 C2	T1 T2 T3 T4 T5 T6
TERMINALES BOBINAS 2ER GRUPO	U1 V1 W1 X1 Y1 Z1	A3 B3 C3 A4 B4 C4	T7 T8 T9 T10 T11 T12

a) MOTOR CON 3 TERMINALES EN CAJA DE BORNES

En este caso el motor sólo puede trabajar con un sólo voltaje (220v, 380v ó 440v)

b) MOTOR CON 6 TERMINALES EN LA CAJA DE BORNES

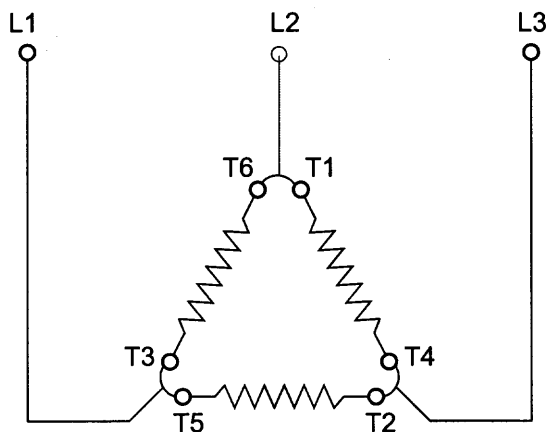
En este caso el motor trabaja con dos tensiones, por ejemplo: 220 v Δ / 380 v λ
La potencia y velocidad es la misma para las dos tensiones de trabajo, lo que se debe tener en cuenta es el tipo de conexión.

Conexión triángulo Δ

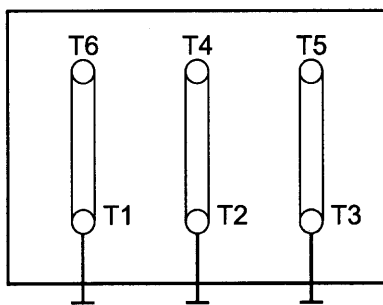
Conexión estrella λ

Quiere decir que si a este motor lo conectamos a una línea de 220 v, lo debemos conectar en conexión triángulo.

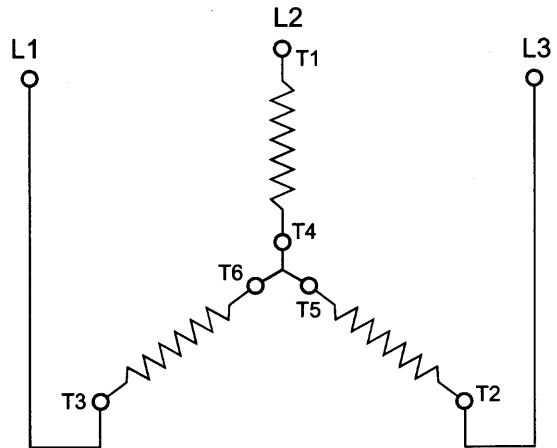
CONEXIÓN TRIÁNGULO (Δ)
220 V



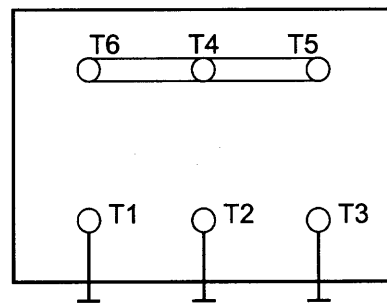
Δ



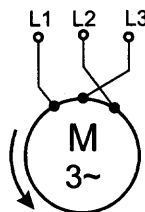
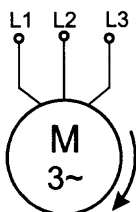
CONEXIÓN ESTRELLA (λ)
380 V



λ



Para invertir el sentido de rotación, intercambiar uno de los conductores de la línea al motor con cualquiera de los otros.

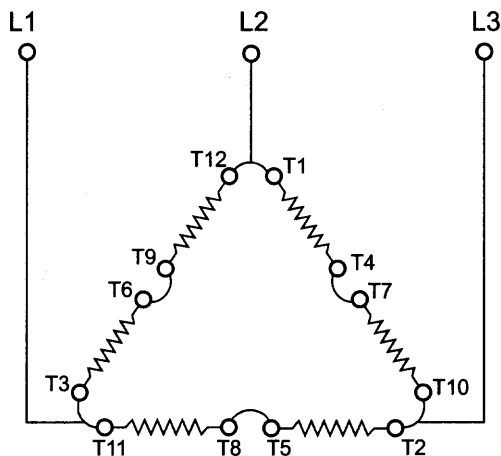


c) MOTOR CON 9 TERMINALES EN LA CAJA DE BORNES

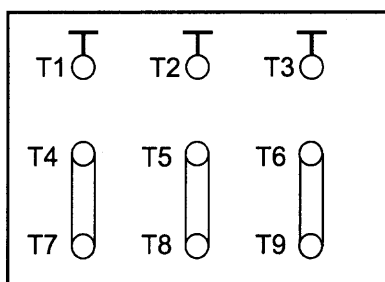
Se presentan dos casos:

C.1) $440\text{ V } \Delta\Delta / 220\text{ V } \Delta\Delta$

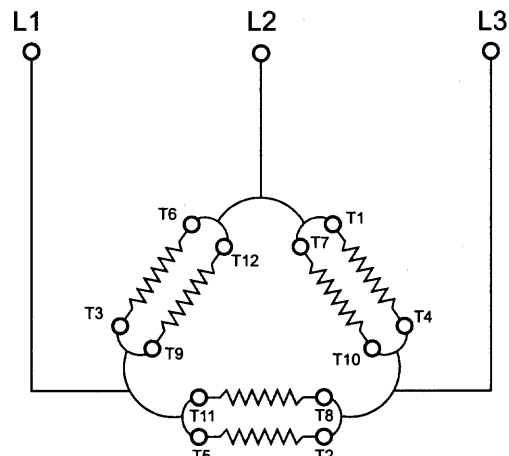
CONEXIÓN SERIE 440 V



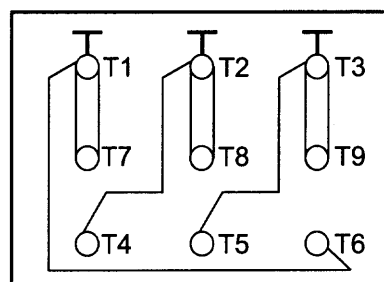
Δ



DOBLE TRIANGULO 220 V $\Delta\Delta$

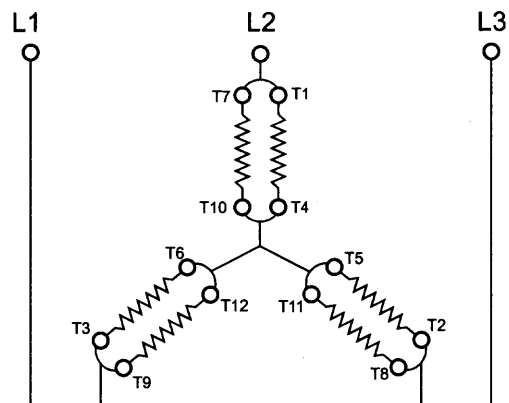
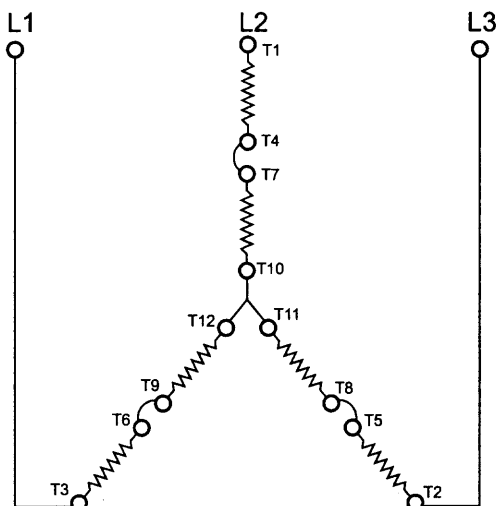


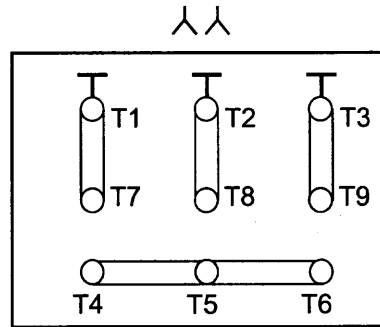
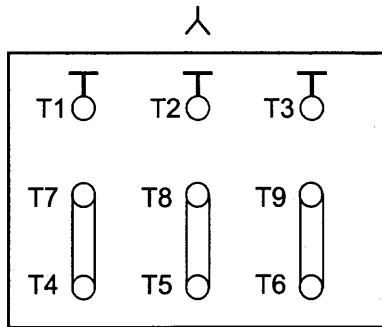
$\Delta\Delta$



NOTA: Internamente, en el bobinado del motor, se conectan los terminales comunes a ambas conexiones. 1 - 12 $\rightarrow$ T1, 2 - 10 $\rightarrow$ T2 y 3 - 11 $\rightarrow$ T3

C.2) $440\text{ V } \Delta / 220\text{ V } \Delta\Delta$

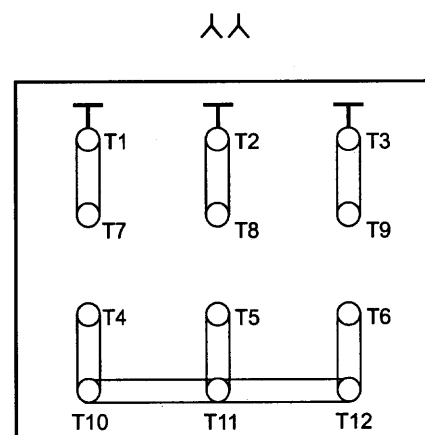
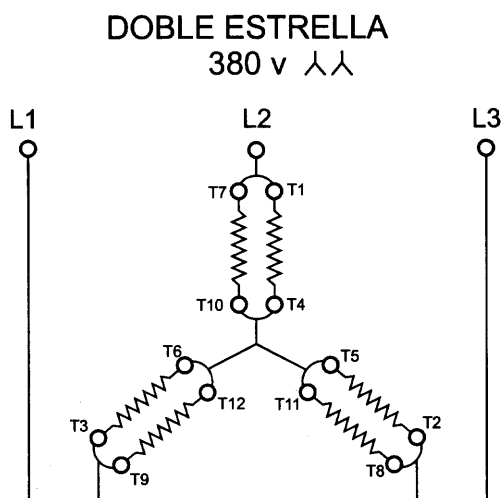
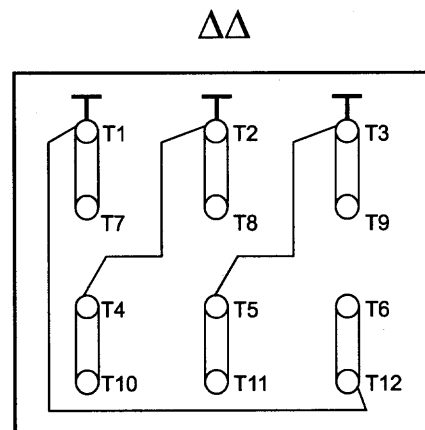
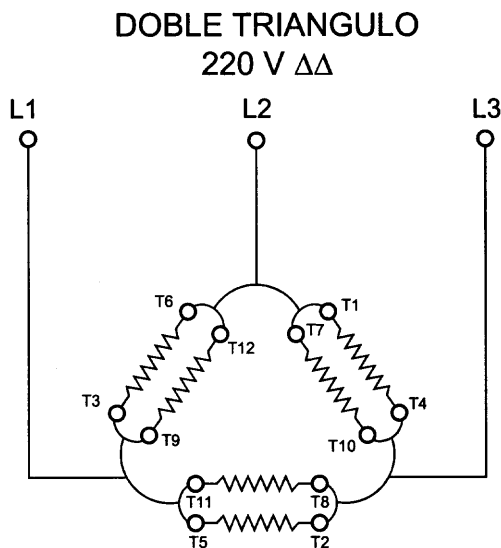




d) MOTOR CON 12 TERMINALES EN LA CAJA DE BORNES

Para este caso, el motor puede trabajar hasta con tres tensiones de trabajo, conservando su potencia y velocidad.

d.1) 220 ΔΔ / 380 人 人 / 440 Δ



d.2) 220 v 人 人 / 440 人

TRANSMISIÓN DE VELOCIDAD POR FAJAS TRANSPORTADORAS

Relación de velocidades

Es el número de revoluciones que efectúan al mismo tiempo dos poleas y está en razón inversa de sus respectivos diámetros.

Si representamos con D al diámetro de la polea conductora; con d , al diámetro de la polea conducida (enlazada por una faja); con N al número de revoluciones por minuto (rpm) de la polea conductora y finalmente con n al número de rpm de la polea conducida, se tiene la siguiente igualdad:

$$D \cdot N = d \cdot n$$

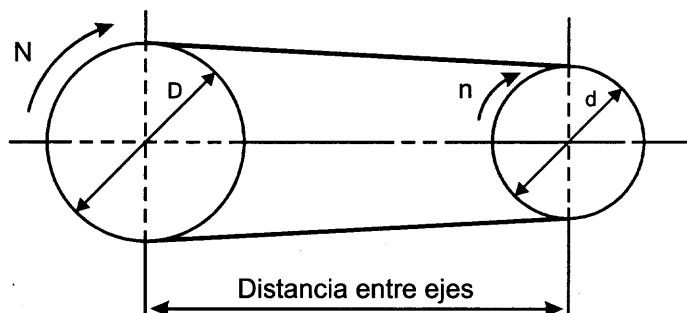
Remplazando se tiene

$$a) \quad d = \frac{D \cdot N}{n}$$

$$b) \quad D = \frac{d \cdot n}{N}$$

$$a) \quad n = \frac{D \cdot N}{d}$$

$$b) \quad N = \frac{d \cdot n}{D}$$



Ejemplo:

- Una polea motriz de diámetro $D = 4''$ y $N = 1800$ rpm, debe transmitir a una polea conducida (d) una velocidad de 1200 rpm. Se desea conocer el diámetro (d) que debe tener la polea conducida.

Datos: $D = 4''$, $N = 1800$ rpm , $n = 1200$ rpm

Como se busca el d , empleamos la formula expresada en (a), es decir:

$$d = \frac{D \cdot N}{n}$$

remplazando tenemos:
$$d = \frac{4 \times 1800}{1200}$$

$$d = 6''$$

Respuesta: el diámetro de la polea conducida es de 6"

ORDEN Y LIMPIEZA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

- Es necesario guardar toda información técnica, especificaciones y esquemas de los sistemas eléctricos como referencia para la instalación, y como guía para la puesta en marcha y funcionamiento iniciales.
- Siempre debe examinarse la placa de identificación de los equipos en busca de valores apropiados de voltaje, fases, frecuencia, potencia, etc.
- La limpieza de los equipos pueden realizarse con un imán, aspirador de polvo o soplador de aire comprimido limpio y seco a una presión menor de 4,2 Kg/cm² o 414 kpa (60 lb/pulg²).

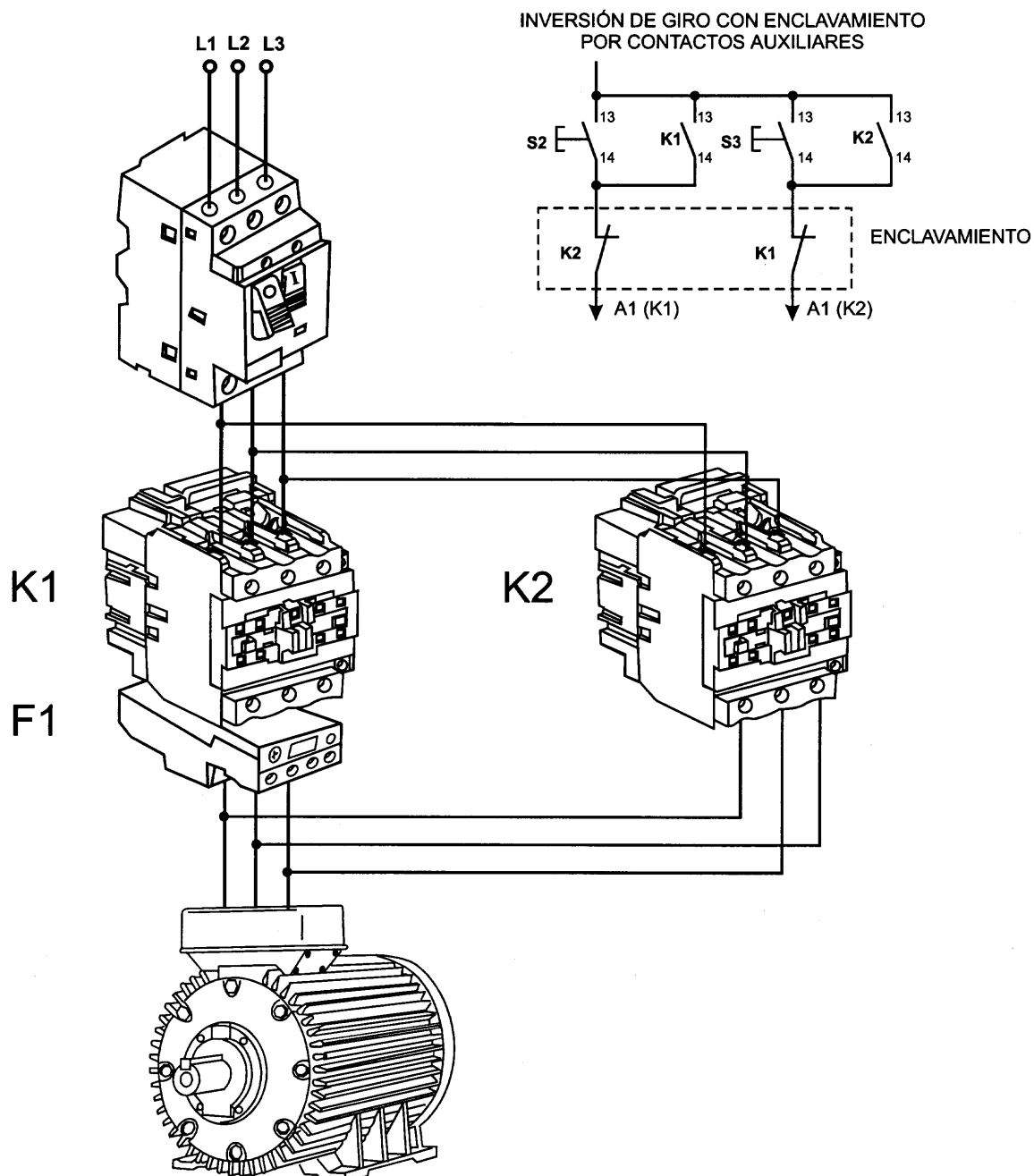
PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN EL MONTAJE Y DESMONTAJE DE UN CONTACTOR

- Si el circuito magnético hace ruido comprobar:
 - › La tensión de la red de alimentación. Un electroimán vibra cuando está alimentado por una tensión alternativa inferior que aquella para la que ha sido diseñado.
 - › Que no se ha introducido un cuerpo extraño entre las partes fijas y móvil del circuito magnético.
 - › La limpieza de las superficies rectificadas, que nunca se deben pintar, rascar o limar si están muy sucias, limpiarlos con gasolina o tricloretileno.
- Si fuera necesario cambiar una bobina (por ejemplo, en caso de cambio de la tensión del circuito de control), la nueva bobina se definirá en función de la tensión real de alimentación del circuito de control.
- El deterioro de la bobina puede ser causado por:
 - › el cierre incompleto del circuito magnético, tras un incidente mecánico o una tensión del circuito de control inferior al 85 % del valor nominal.
 - › un circuito de control mal adaptado.
 - › una tensión de alimentación superior al 110 % del valor nominal.

En todos los casos se deteriora la bobina ya que la energía disipada por efecto Joule es superior a la normal. Para evitar estos incidentes hay que utilizar bobinas adaptadas a la tensión medida en los bornes de alimentación de los equipos.

TAREAS 5 - 6

- Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares de un motor de inducción trifásico.
- Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores de un motor de inducción trifásico.



N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS		
01	▶	Elaborar esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares.	▶	Motor trifásico de inducción (01)	
			▶	Disyuntor motor (01)	
			▶	Contactador electromagnético (02)	
			▶	Relé térmico diferencial (01)	
02	▶	Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares.	▶	Cables eléctricos	
			▶	Pulsador normalmente abierto (02)	
			▶	Pulsador normalmente cerrado (01)	
			▶	Lámparas de señalización (02)	
			▶	Destornillador plano	
			▶	Alicate universal	
			▶	Multitester.	
01	01				
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES	
		Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares de un motor 3~		HT 5 REF.	
		CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		TIEMPO:	HOJA: 1/1
				ESCALA:	2002

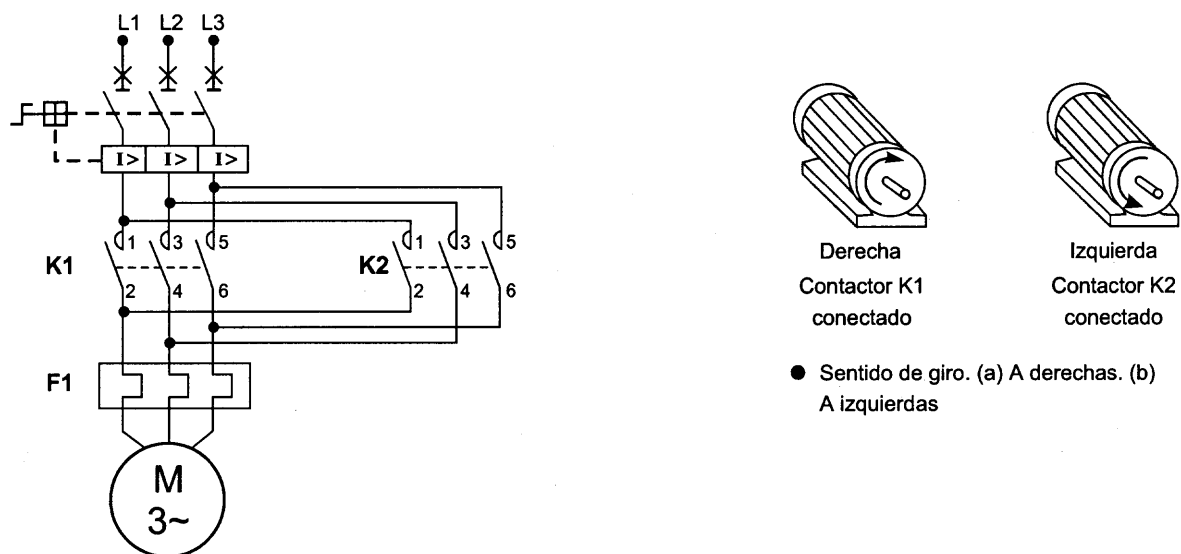
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares.

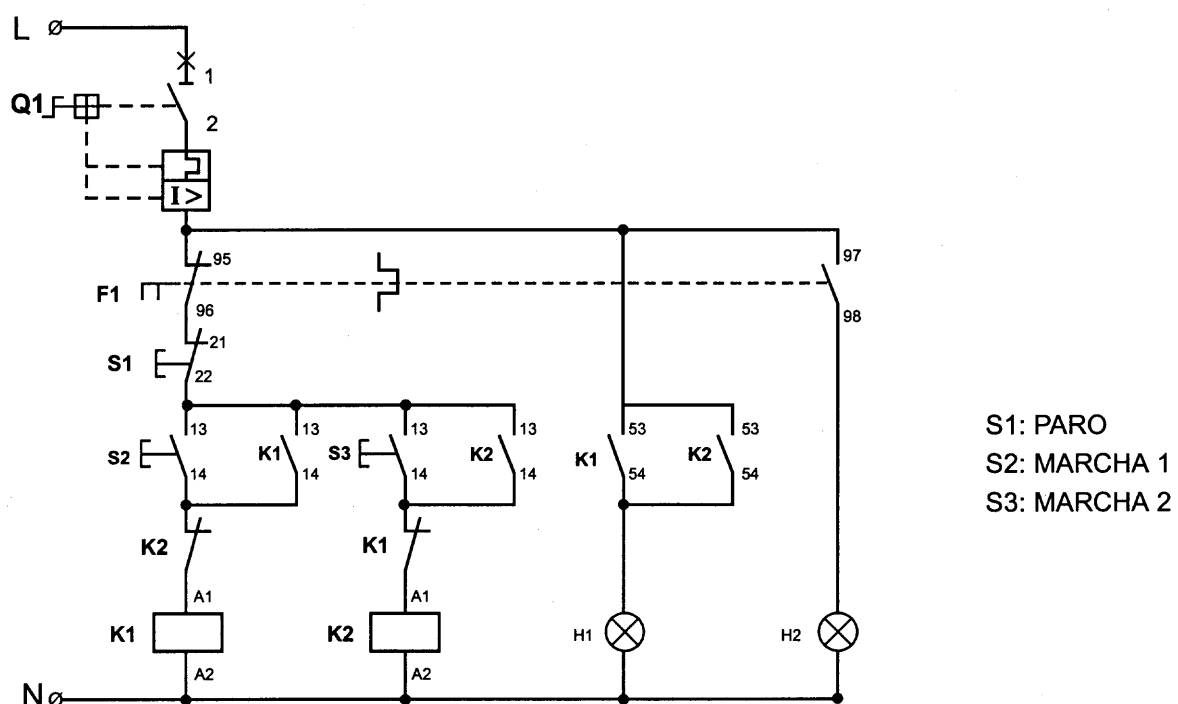
En el circuito que alimenta la bobina de K1 (marcha derecha). se intercala un contacto auxiliar cerrado de K2 (marcha izquierda), y en el circuito que alimenta la bobina de K2, se intercala un contacto auxiliar cerrado de K1 .

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



OPERACIÓN:

Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares.

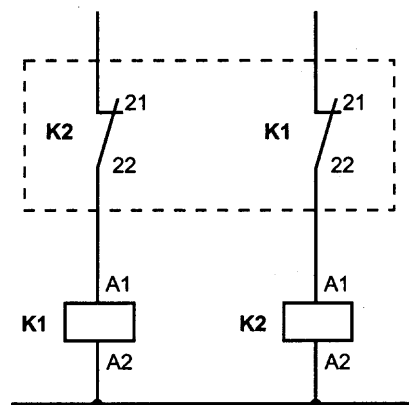
Realizar pruebas de inversión de giro del motor, verificando enclavamiento por contactos auxiliares

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control

- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado
- Especificaciones eléctricas

Enclavamiento eléctrico



2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control

3. Conecte elementos

4. Realice prueba de funcionamiento

- Active disyuntor unipolar (circuito de control)
- Active disyuntor motor (circuito de potencia)
- Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El motor gira en sentido horario.
- Pulse S3, observe que la bobina del contactor K2 no energiza, ya que está enclavada en serie con un contacto auxiliar cerrado de K1. Si la bobina K1 está energizada, el contacto auxiliar abre.
- Pulse S4 desenergiza K1 y H1. El motor para.
- Pulse S3, energiza la bobina del contactor K2 y la lámpara H2. El motor gira en sentido antihorario .
- Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.
- Pulse S2, observe que la bobina del contactor K1 no energiza, ya que está enclavado en serie con un contactor auxiliar cerrado de K2. Si la bobina de K2 está energizada, el contacto auxiliar abre.
- Pulse S4, desenergiza K2 y H1. El motor para

ARRANQUE DIRECTO CON INVERSIÓN DE GIRO CON ENCLAVAMIENTO POR CONTACTOS AUXILIARES DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

El sentido de giro del rotor de un motor es el mismo que el del flujo principal creado por el estator.

Cuando se necesita que el rotor gire en sentido contrario, bastará hacer que el flujo principal lo haga. Como este flujo es el resultado de tres campos magnéticos creados por cada una de las fases que alimentan el estator, será suficiente invertir o cambiar entre sí dos fases cualesquiera, obteniéndose el cambio de sentido en la rotación del motor.

La inversión de las dos fases se realiza a través de los contactores (K1 y K2). De ninguna manera éstos deben actuar al mismo tiempo, pues de ser así se producirá indefectiblemente un cortocircuito.

Para garantizar que nunca funcionen los dos contactores al mismo tiempo, se emplean sistemas de seguridad, denominados enclavamientos, de manera que al funcionar alguno de ellos quede anulado o bloqueado al otro.

- **Enclavamiento por contactos auxiliares**

Es un sistema simple y se realiza utilizando un contacto auxiliar NC, de manera que cuando se abra, no permita el paso de corriente a la bobina del contactor que se desea bloquear o enclavar.

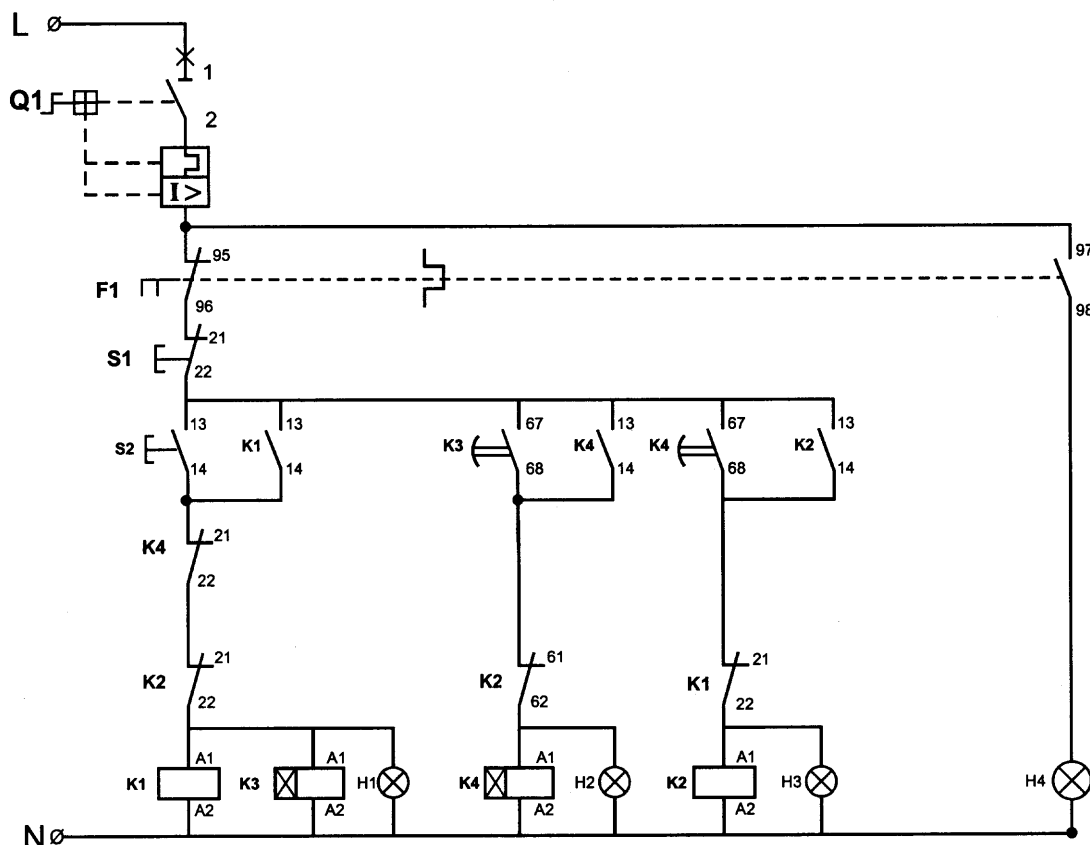
En el caso de los inversores de marcha, en el circuito que alimenta la bobina de K1 (marcha derecha), debe intercalarse un contacto auxiliar cerrado de K2 (marcha izquierda), y en el circuito que alimenta la bobina de K2, un contacto auxiliar cerrado de K1.

Este enclavamiento es 100% efectivo solamente cuando el circuito ya está energizado, pero presenta deficiencias en el momento inicial de la maniobra, ya que, como ambos contactos auxiliares están cerrados en estado de reposo, existe la posibilidad de enviar un impulso eléctrico a ambas bobinas, si se oprimen simultáneamente los pulsadores de marcha derecha y marcha izquierda.

A pesar de este inconveniente, en los circuitos inversores de marcha, nunca debe omitirse este enclavamiento.

ESQUEMA DEL ARRANQUE DIRECTO CON INVERSIÓN DE GIRO CON ENCLAVAMIENTO POR CONTACTOS AUXILIARES DE UN MOTOR 3~

- Inversor de marcha con paso automático temporizado previa la inversión, con prioridad de arranque en un sentido de giro.



- Al pulsar S2 se energiza la bobina de K1, la cual se autosostiene por el contacto 13 -14 de K1, energizándose simultáneamente el temporizador K3, quien determinará el tiempo de giro a la derecha.
- Transcurrido el tiempo programado, el contacto temporizado 67-68 se cierra, energizando la bobina de K4, que se autosostiene por el contacto 13 - 14 de K4. Al energizarse K4, se abre el circuito de k1 y k3 mediante el contacto 21 -22 de K4, deteniéndose el motor durante el tiempo programado por el temporizador K4.
- Transcurrido el tiempo prefijado, el contacto temporizado de K4 (67-68) cierra el circuito de la bobina K2, que se autosostiene por el contacto 13-14 de K2, arrancando el motor hacia la izquierda, al mismo tiempo que se desenergiza la bobina de K4 al abrirse el contacto 61-62 de K2. Además se abre el contacto 21 - 22 de K2 para evitar reenergizar K1 mientras funcione K2.
- El piloto H2 indica pero temporizado, es decir que aunque el motor está detenido, el sistema sigue energizado y en funcionamiento.

DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE ARRANQUE DIRECTO CON INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

Para la selección de los materiales, se sigue el procedimiento usado en el arrancador directo:

Ejemplo: seleccionar los materiales para la instalación del motor asíncrono trifásico de un tecla:

HP	KW	I (A)	V (v)	$\eta\%$	$\cos \varphi$	rpm
3,6	2,7	2,7	220	79	0,78	1720

- Disyuntor motor

$$I_d \geq I_n \quad I_d \geq 11,44 \text{ A}$$

- Contactores K1 y K2

$$I_{K1} = I_{K2} \geq I_n \quad I_{K1} = I_{K2} \geq 11,44 \text{ A}$$

- 02 Contactores de 12 A, tensión de bobina 220v/60HZ, contactos auxiliares 1NA + 1nc
- 01 relé térmico diferencial

$$\text{Regulación mínima : } I_{\min} = I_n \times 0,8 = 9 \text{ A}$$

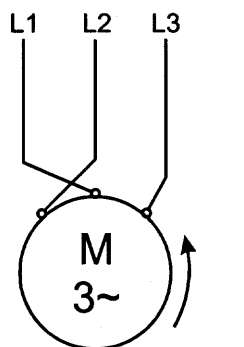
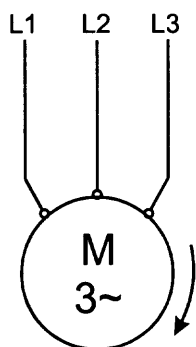
$$\text{Regulación máxima : } I_{\min} = I_n \div 0,8 = 14 \text{ A}$$

01 relé térmico diferencial, con rango de regulación de 8 a 13 A

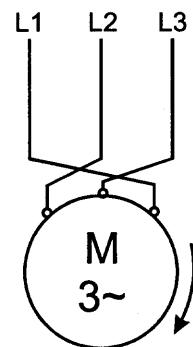
- Sección de conductor del circuito de potencia.
Aplicando el cálculo por capacidad de corriente y por caída de tensión, se selecciona el conductor N° 14 AWG, tipo TW.
- Accesorios del circuito de control:
 - › 02 pulsadores NA
 - › 01 pulsador NC
 - › 01 lámpara de señalización color rojo
 - › 01 lámpara de señalización color verde

MÉTODOS DE INVERSIÓN DE GIRO DE MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

Para invertir el sentido de giro de un motor trifásico, hay que cambiar dos de los tres fases que alimentan el motor, tal como se señala a continuación.



Inversión
Cambio de 2 fases

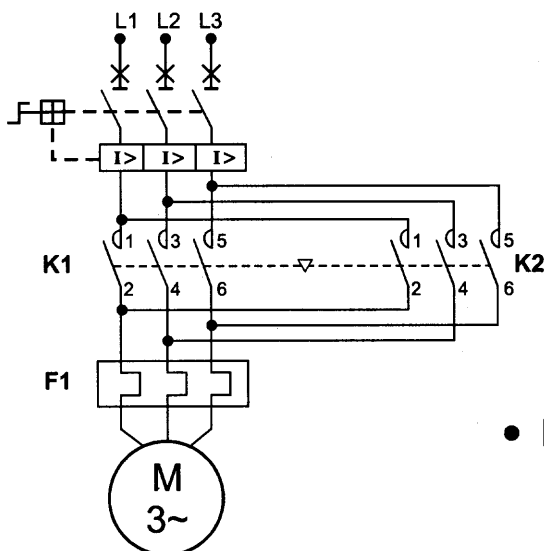


No hay inversión
Cambio de 3 fases

El cambio de giro puede hacerse instantáneamente, con lo que se crea primero un frenado de la velocidad por contracorriente, para a continuación realizar el rotor la inversión de giro. Esta forma de inversión supone un cambio brusco que repercute en un aumento importante de la intensidad absorbida puntualmente durante este período.

En otros casos, debido principalmente a la potencia elevada al motor, conviene parar el motor y a continuación realizar la inversión. El paro del motor puede realizarse por electrofreno o esperando a que el rotor se pare por efecto de las inercias.

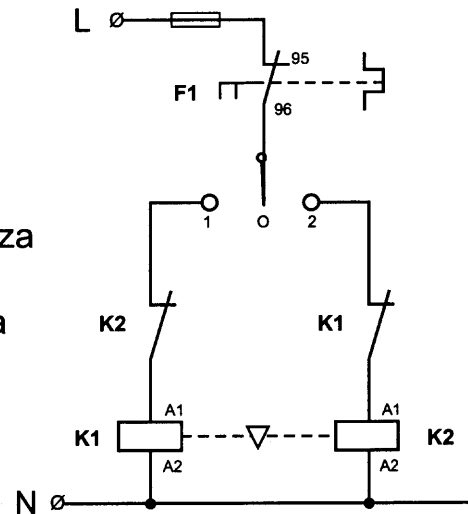
CIRCUITO DE POTENCIA



- Los contactores K1 y K2 serán de la misma capacidad

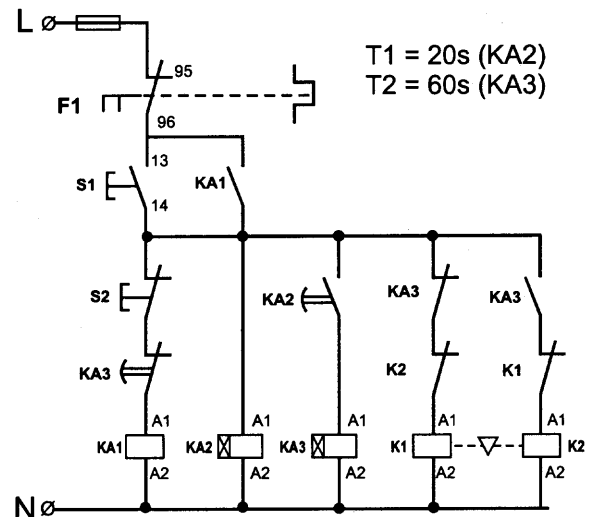
- **ESQUEMA 1:** Maniobra para la inversión de giro de un motor trifásico por medio de un conmutador de tres posiciones, siendo la del centro abierto.

- Al activar el conmutador en posición 1, energiza el contactor K1 y el motor gira a la izquierda.
- Al activar el conmutador en posición 2, energiza el contactor K2 y el motor gira a la derecha.
- Doble enclavamiento: eléctrico por contactos auxiliares y mecánico.



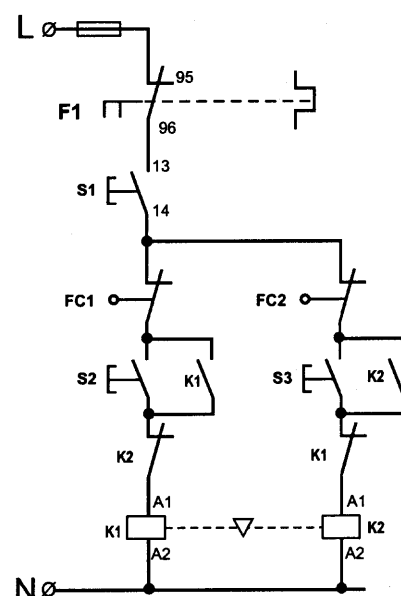
- **ESQUEMA 2:** Maniobra para la inversión de giro de un motor trifásico, con puesta en marcha desde un pulsador y que realiza la secuencia indicada.

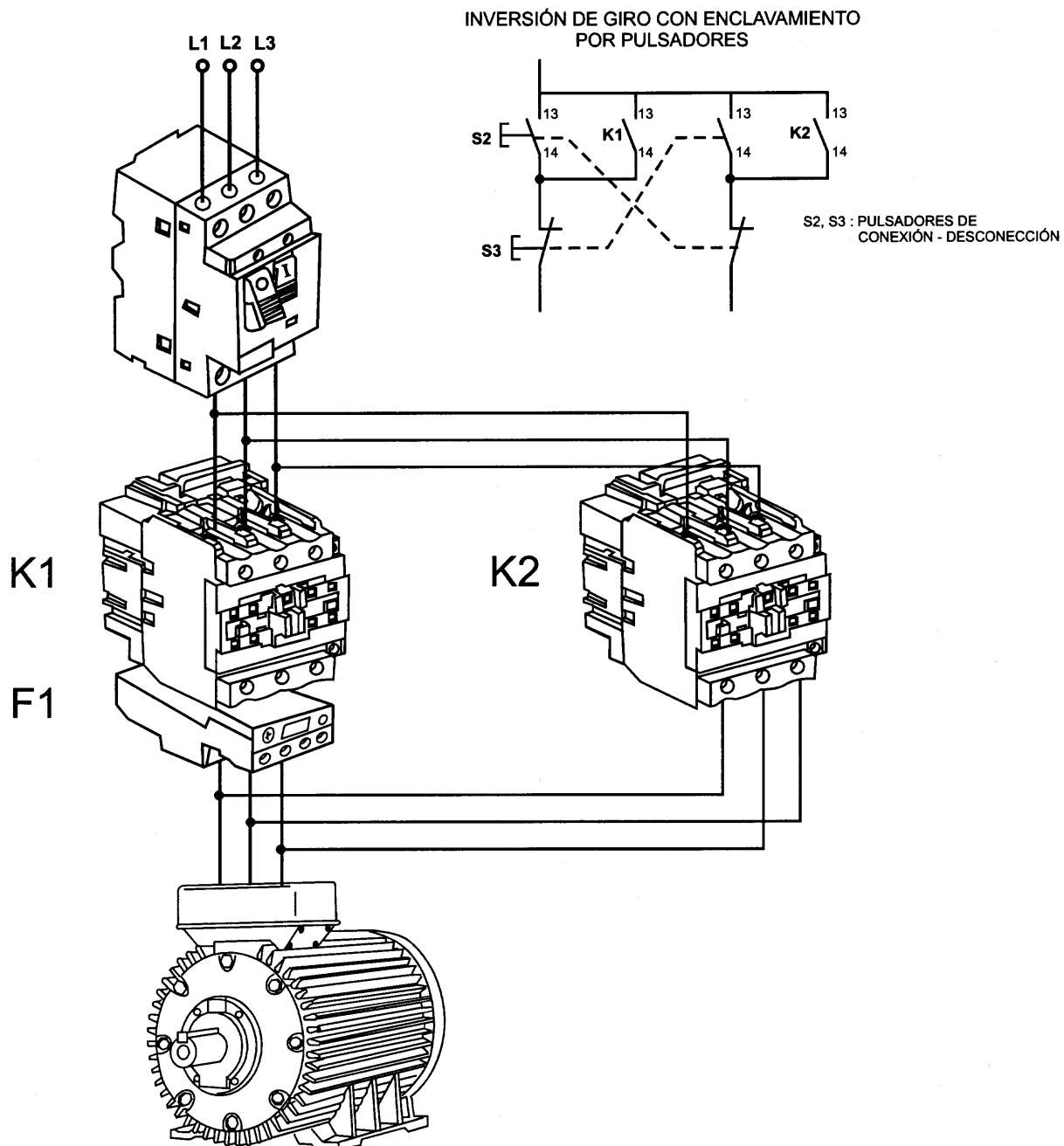
- Al pulsar marcha energiza KA1 (relé) + KA2 (temporizador) + K1 (contactor). Transcurridos 20 seg, KA2 conecta a KA3 (temporizador), desconecta a K1 y conecta a K2 (contactor).
- Transcurridos 60 seg., de la segunda temporización, KA3 desconecta a KA1 y de esa forma concluye el ciclo de funcionamiento.



- **ESQUEMA 3:** Maniobra para el mando de un motor trifásico con inversión de giro, con fines de carrera para el paro.

- Al llegar en mecanismo accionado por motor al final del recorrido izquierdo, se para el motor.
- Habrá que pulsar la marcha contraria para que el motor se ponga a funcionar en sentido contrario al que lo hacía, y que parará al llegar al final de su recorrido derecho.
- La maniobra se puede parar en cualquier momento de su marcha, pulsando S1.





Nº	OPERACIONES	MATERIALES / INSTRUMENTOS
01	Elaborar esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores.	- Motor trifásico de inducción (01) - Disyuntor motor (01) - Contactador electromagnético (02) - Relé térmico diferencial (01)
02	Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores.	- Cables eléctricos - Pulsador doble (NA+NC) (02) - Pulsador normalmente cerrado (01) - Lámparas de señalización (02) - Destornillador plano - Alicate universal - Multitester.
01	01	
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN
		Realiza el arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsador de un motor 3~
CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		HT 6
		TIEMPO:
		ESCALA:
		REF.
		HOJA: 1/1
		2002

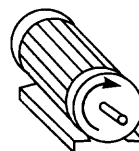
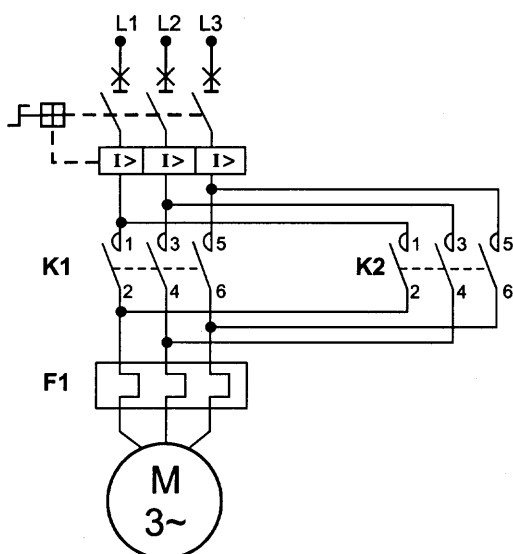
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores.

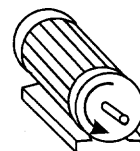
El enclavamiento se realiza con dos pulsadores de conexión-desconexión, de los que tienen un espacio en el cual los dos contactos se mantienen un tiempo abiertos.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



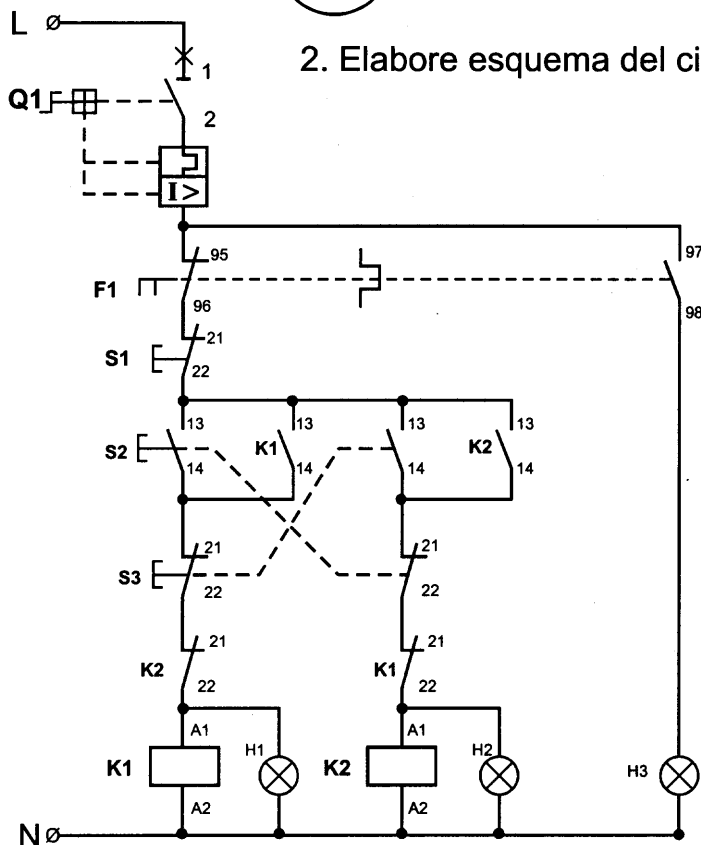
Derecha
Contactor K1
conectado



Izquierda
Contactor K2
conectado

● Sentido de giro. (a) A derechas. (b)
A izquierdas

2. Elabore esquema del circuito de control.



CONTACTOR K1: Giro horario
CONTACTOR K2: Giro antihorario

OPERACIÓN:

Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores

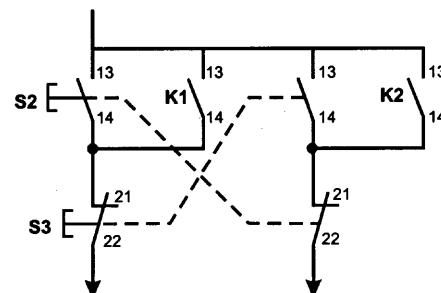
Realizar pruebas de inversión de giro del motor, verificando enclavamiento por pulsadores

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control

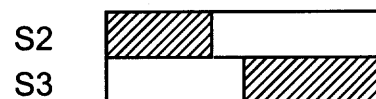
- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos.
- Bobina
- Conexiones
- Testeado
- Especificación en técnicas

Enclavamiento por pulsadores de conexión - desconexión



2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control.

3. Conecte elementos



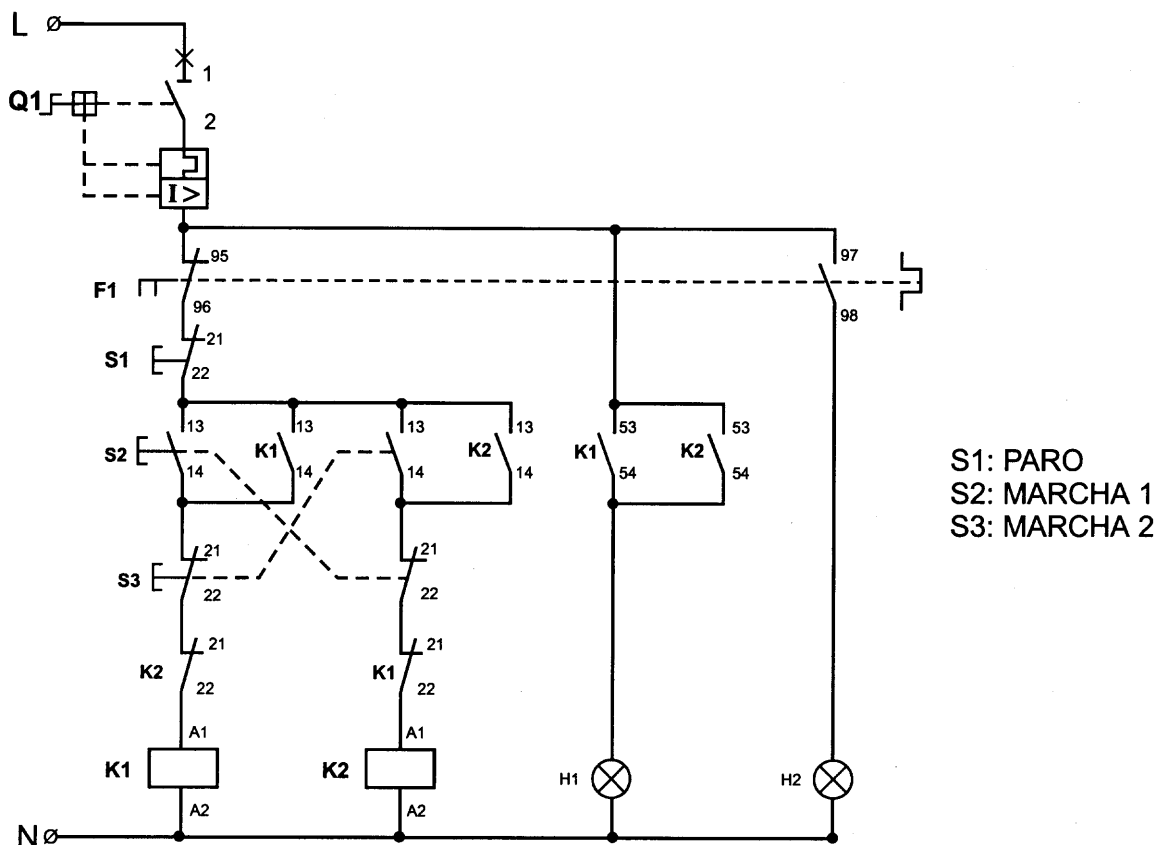
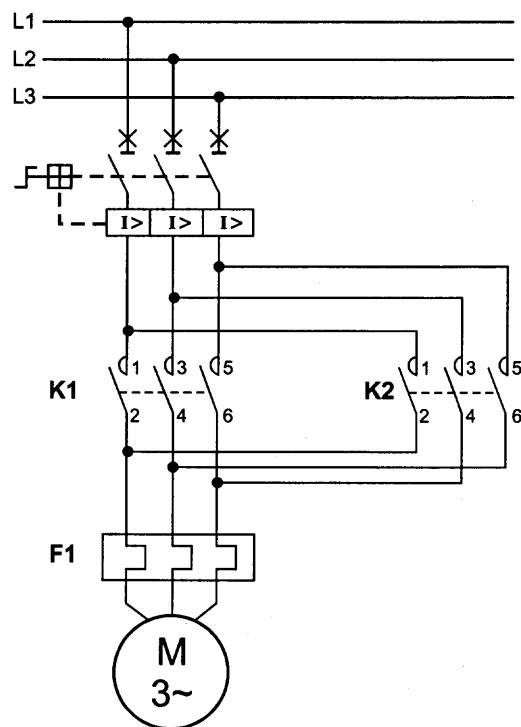
4. Realice prueba de funcionamiento

- Active disyuntor unipolar (circuito de control)
- Activa disyuntor motor (circuito de potencia)
- Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El motor gira en sentido horario.
- Pulse S3, desenergiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1. El motor para. Inmediatamente, energiza la bobina del contactor K2 y la lámpara H2. El motor gira en sentido antihorario.
- Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.
- Pulse S1, desenergiza la bobina del contactor K2 y la lámpara H2. El motor para.
- Pulse simultáneamente S2 y S3, observe que los contactores no energizan, ya que existe enclavamiento a través de los pulsadores de conexión - desconexión.

ARRANQUE DIRECTO CON INVENSIÓN DE GIRO CON ENCLAVAMIENTO POR PULSADORES DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

Sirve para eliminar la posibilidad de energizar simultáneamente las bobinas de los contactores al iniciar la maniobra, si por alguna razón se oprimen al mismo tiempo los dos pulsadores de marcha.

Para realizar este enclavamiento es necesario emplear dos pulsadores de conexión - desconexión, de los que tienen un espacio en el cual los dos contactos se mantienen un tiempo abiertos. Cuando se oprima cualesquiera de los dos (marcha izquierda o marcha derecha) bloqueará automáticamente el otro, ya que los contactos cerrados de los pulsadores se conectan en serie con los contactos auxiliares de enclavamiento de las bobinas que se desean enclavar.



CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS JAULA DE ARDILLA

• ROTOR DE JAULA SIMPLE

El par resistente de estos motores es relativamente débil y la corriente que se absorbe durante la puesta bajo tensión es muy superior a la corriente nominal.

• ROTOR DE DOBLE JAULA

Es el tipo de rotor más utilizado. Consta de dos jaulas concéntricas, una exterior de gran resistencia y otra interior más débil. Al iniciarse el arranque, dado que el flujo es de elevada frecuencia, las corrientes inducidas se oponen a su penetración en la jaula interior. El par que produce la jaula exterior resistente es importante y se reduce la corriente solicitada.

Al finalizar el arranque, la frecuencia disminuye en el rotor y se facilita el paso del flujo a través de la jaula interior.

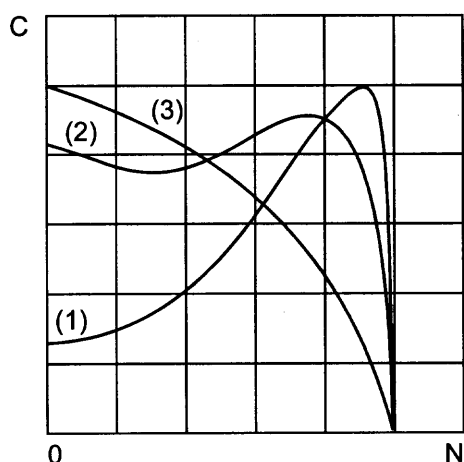
En régimen estable, la velocidad es ligeramente inferior a la del rotor de jaula simple.

• ROTOR DE JAULA RESISTENTE

El rotor resistente existe principalmente en jaula simple. En general, la jaula queda cerrada por dos anillos de acero inoxidable resistente.

Ciertos motores son de tipo motoventilado.

El rendimiento de los motores de jaula resistente es inferior, pero la variación de la velocidad puede obtenerse alterando únicamente la tensión. Por lo demás, su par de arranque es bueno.



- (1) Rotor de jaula simple
- (2) Rotor de jaula doble
- (3) Rotor de jaula resistente

C: Par

N: Velocidad

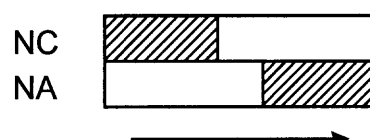
Curvas de par/velocidad de los distintos rotores de jaula

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN EL ENCLAVAMIENTO POR CONTACTOS AUXILIARES

- La fiabilidad de un contacto es la probabilidad estadística de garantizar su función libre de fallos durante un período dado, en determinadas condiciones de uso y ambientales. Se expresa mediante la tasa de fiabilidad, o tasa de fallos, proporcionales a la relación d/M , en la que “d” es la suma de los fallos y “M” es el producto del número de contactos por el número de ciclos de maniobras.
- Un contacto falla cuando su resistencia R_c en posición cerrada provoca una caída de tensión igual o superior a un valor específico. Esta caída de tensión U_L en los bornes del contacto es tal que la diferencia de potencial U_r en los bornes del receptor cae por debajo del umbral de funcionamiento admisible.
- Este tipo de fallas tiene tres causas principales:
 - › Presencia de partículas aislantes entre las superficies de contacto.
 - › Aparición de una pantalla aislante por depósito de capas homogéneas sobre las superficies de contacto (aceites, disolventes, humos, grasas, etc).
 - › Formación de películas aislantes (sulfuros, óxidos, cloruros, polimerización de sustancias orgánicas, etc).
- El enclavamiento por contactos auxiliares es 100% efectivo solamente cuando el circuito ya está energizado, pero presenta diferencias en el momento inicial de maniobra, ya que, como ambos contactos están cerrados en momento de repaso, existe la posibilidad de enviar un ingreso eléctrico a ambas bobinas, si se oprimen contemporáneamente los pulsadores para marcha derecha y marcha izquierda.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN EL ENCLAVAMIENTO POR PULSADORES

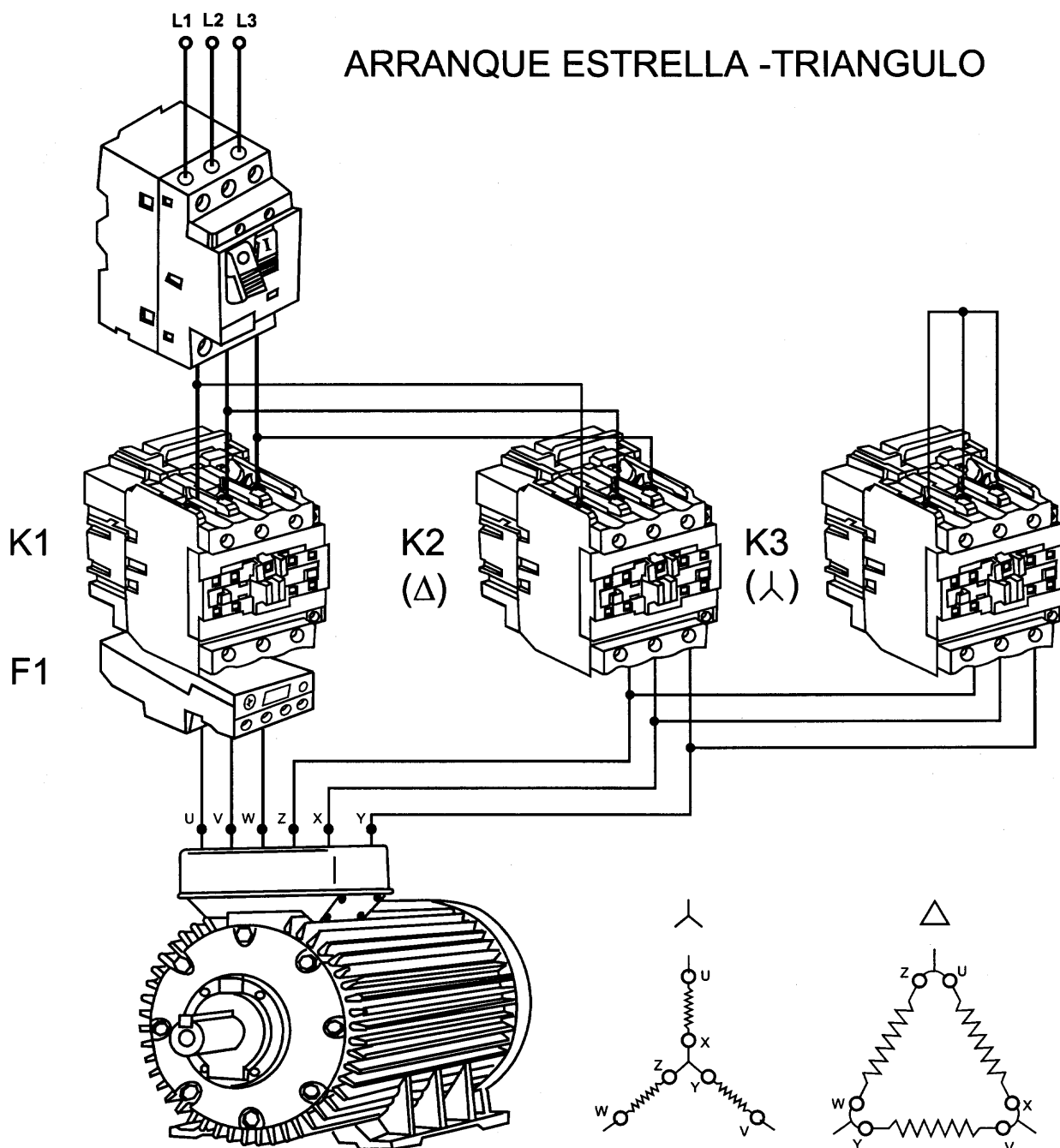
- Para realizar este enclavamiento es necesario emplear dos pulsadores de conexión - desconexión, de los que tienen un espacio en el cual los dos contactos se mantienen un tiempo abiertos. Si se oprimen simultáneamente los dos pulsadores, no se energizará ninguna bobina.



TAREAS 7 - 8

- Realiza el arranque estrella - triángulo de un motor de inducción trifásico.
- Realiza el arranque estrella-triángulo con inversión de giro de un motor de inducción trifásico.

ARRANQUE ESTRELLA - TRIANGULO



N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	➤	Elaborar esquema de arranque estrella - triangulo.	➤	Motor trifásico de inducción (01)
02	➤	Probar arranque estrella triangulo.	➤	Disyuntor motor (01)
			➤	Contactor electromagnético (03)
			➤	Relé térmico diferencial (01)
			➤	Cables eléctricos
			➤	Pulsador normalmente abierto (01)
			➤	Pulsador normalmente cerrado (01)
			➤	Lámparas de señalización (02)
			➤	Destornillador plano
			➤	Alicate universal
			➤	Multitester.
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
	Realiza el arranque estrella - triangulo de un motor 3~		HT 7	REF.
	CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

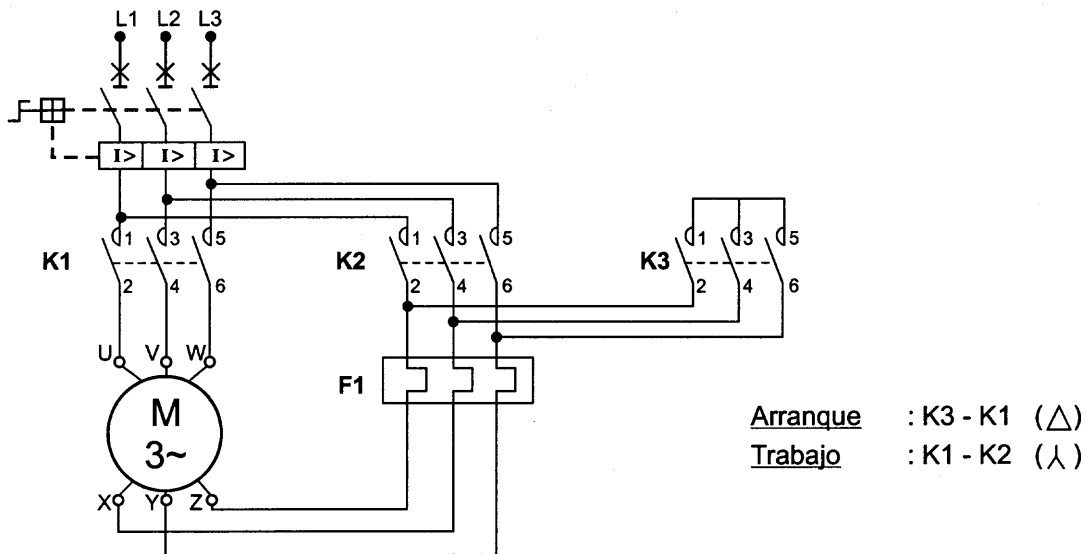
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque estrella - triángulo

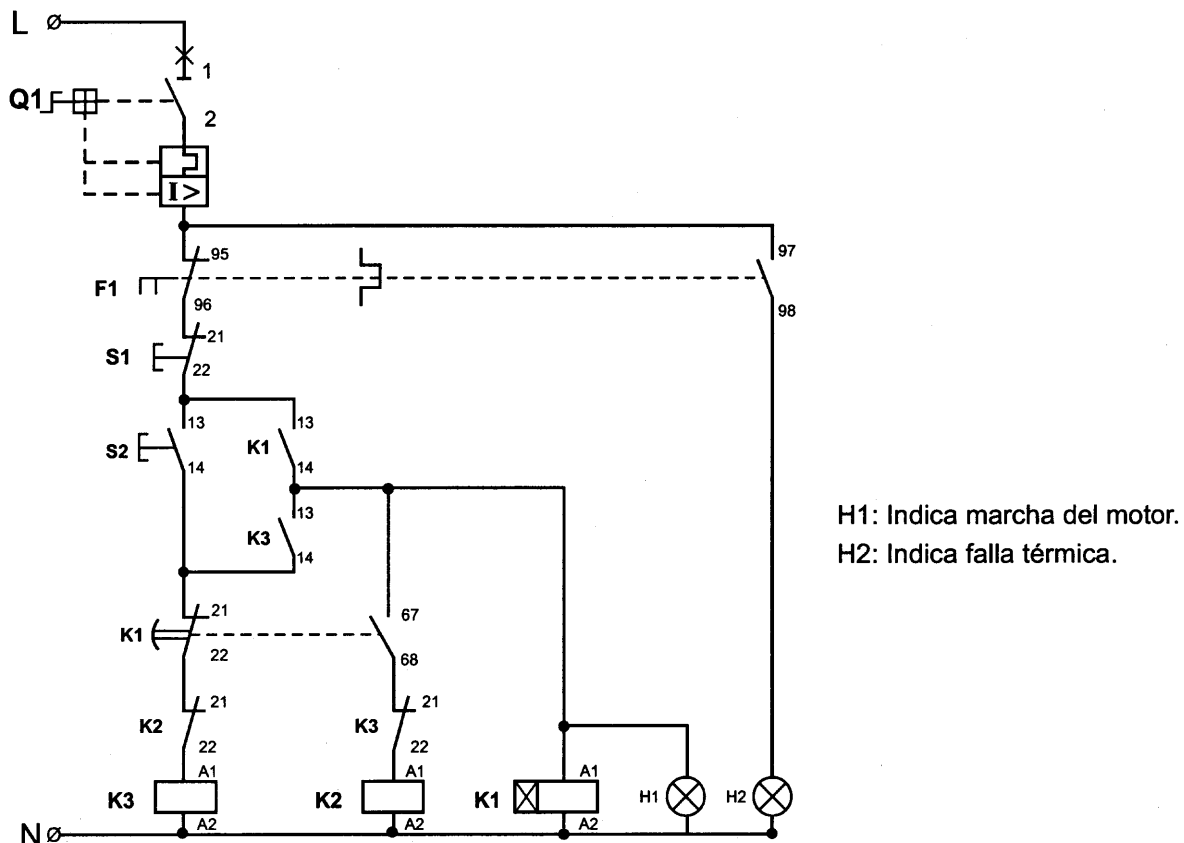
El motor arranca en conexión estrella, a tensión reducida, transcurrido un tiempo el motor cambia de conexión estrella a triángulo y trabaja al 100% de la tensión.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



OPERACIÓN:

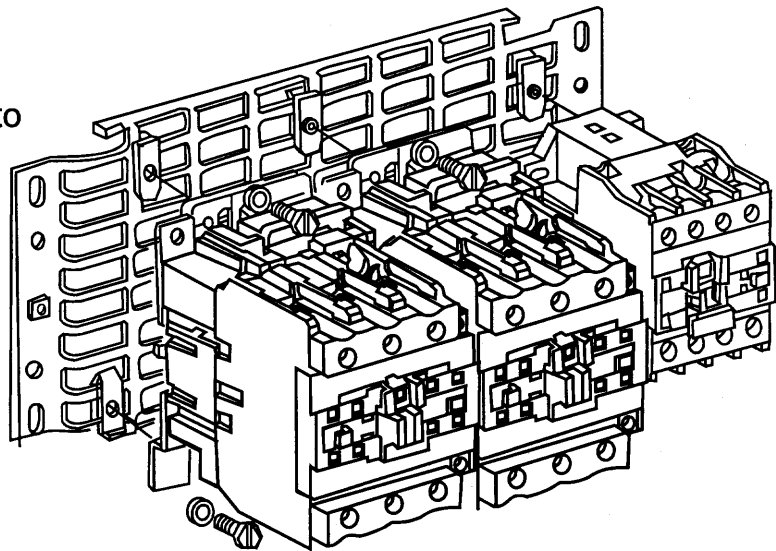
Probar arranque estrella - triángulo

Verificar elementos, montar, conectar y probar secuencia de arranque estrella - triángulo.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control.

- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado
- Especificaciones técnicas



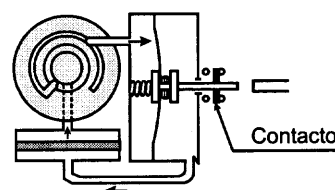
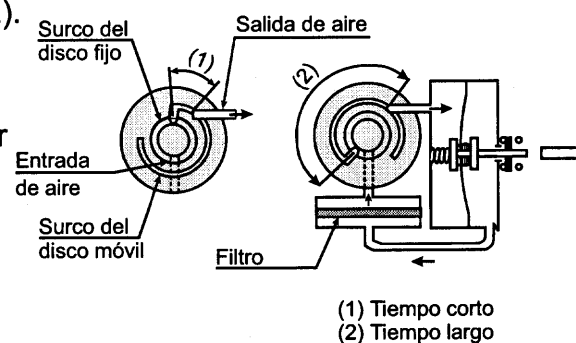
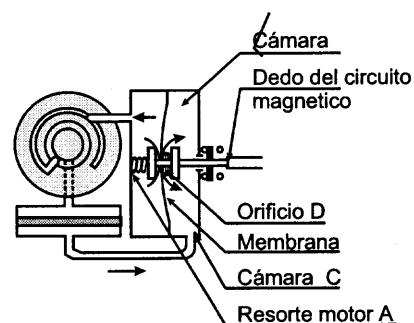
2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control.

3. Conecte elementos.

4. Regule el tiempo de arranque.

5. Realice prueba de funcionamiento:

- Active disyuntor unipolar (circuito de control).
- Active disyuntor motor (circuito de potencia).
- Pulse S2, energiza la bobina del contactor k3 ($\wedge$), al cerrar su contacto auxiliar K3 (13-14) energiza la bobina del contactor k1 y la lámpara H1. Activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella, al 58% de su tensión nominal.
- Transcurrido el tiempo regulado, el motor cambia de conexión estrella (k3) a triángulo (k2) y trabaja al 100 % de su tensión nominal.
- Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor .
- Pulse S1, el motor para.



Principio de funcionamiento de un aditivo temporizado neumático

ARRANQUE ESTRELLA - TRIÁNGULO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

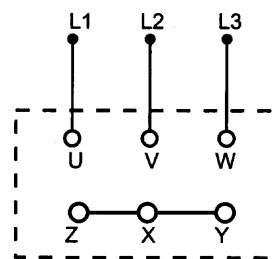
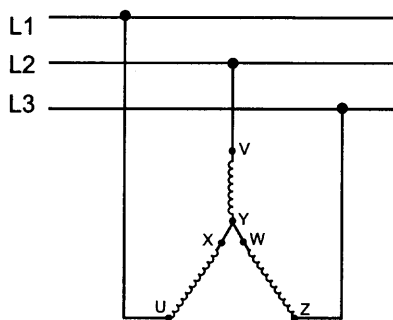
Durante la puesta en tensión de un motor, la corriente solicitada es considerable y puede provocar una caída de tensión que afecte al funcionamiento de los receptores, especialmente en caso de insuficiencia de la sección de la línea de alimentación. En ocasiones, la caída puede llegar a ser perceptible en los aparatos de alumbrado.

Para poner remedio a estos inconvenientes, las normas eléctricas prohíben el uso de motores de arranque directo que superan cierta potencia. Se recurre al uso de arranques a tensión reducida.

Uno de los arranques a tensión reducida muy difundida es el arranque estrella - triángulo, ya que la corriente inicial de arranque estará solamente entre 1,3 a 2,6 veces la corriente nominal. Sólo es posible utilizar ese modo de arranque en motores de 6 terminales en caja de bornes. Por otra parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red: por ejemplo, en el caso de una red trifásica de 220v, es preciso utilizar un motor con conexiones 220v en triángulo y 380v en estrella.

• CONEXIÓN ESTRELLA

Consiste en unir los terminales (x-y-z) de las tres bobinas del estator, alimentando sus terminales (u-v-w) con las tres fases de la red (L1,L2,L3) de manera que cada bobina recibirá una tensión equivalente a la tensión de fase (tensión de línea dividida por $\sqrt{3}$: 58% de la tensión nominal)



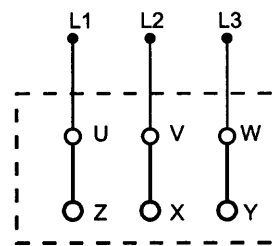
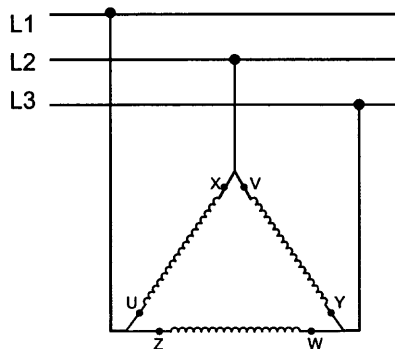
Conexión estrella en caja de bornes

• CONEXIÓN TRIÁNGULO

Consiste en unir los terminales U-Z, V-X y W-Y.

La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par motor y el par resistente, normalmente entre el 70 y 80% de la velocidad nominal.

En ese momento, los devanados se acoplan en triángulo y el motor trabaja con sus valores nominales de tensión, corriente y potencia. Un temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.



Conexión triángulo en caja de bornes

En la práctica, el tiempo de regulación en el temporizador estará supeditado al par acelerante e inercia de las partes integrantes. De hecho la limitación está dada por:

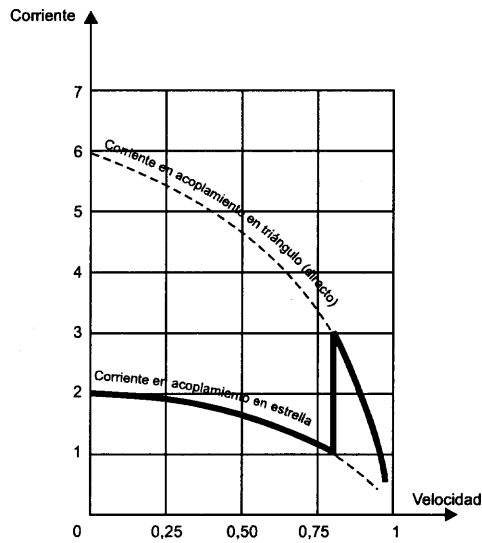
- El relé térmico que no tolerará tiempos muy prolongados (normalmente no más de 30 segundos)
- El motor, que tiene un límite de calentamiento.
- La misma fuente de corriente eléctrica (que tiene un determinado valor de amortiguamiento del pico)

En motores con potencias superiores a 30 ó 40 HP, se presentan tensiones inducidas que permanecen en el motor aún después de que se ha realizado la desconexión estrella, y si se realiza inmediatamente la conexión triángulo, pueden presentarse en oposición de fase con la red y ser suficientemente altas, como para generar una violenta corriente transitoria.

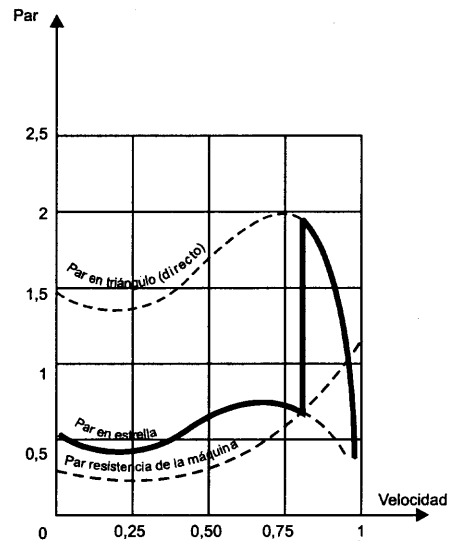
Este inconveniente se elimina retardando un poco la conexión triángulo, pero cuidando que la pérdida de velocidad durante este tiempo no sea demasiado sensible.

El arranque estrella triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o que arrancan en vacío.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL ARRANQUE ESTRELLA - TRIÁNGULO



Curva de corriente/velocidad del arranque estrella - triángulo



Curva de par/velocidad del arranque estrella - triángulo

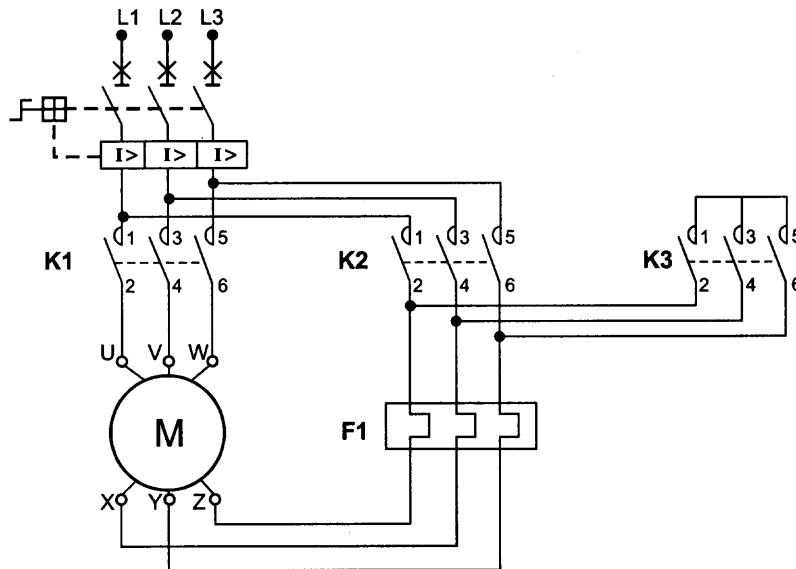
CONSTRUCCIÓN DE ARRANCADORES ESTRELLA - TRIÁNGULO

Cuando se tenga que montar un arrancador por conmutación estrella - triángulo se debe tener en cuenta:

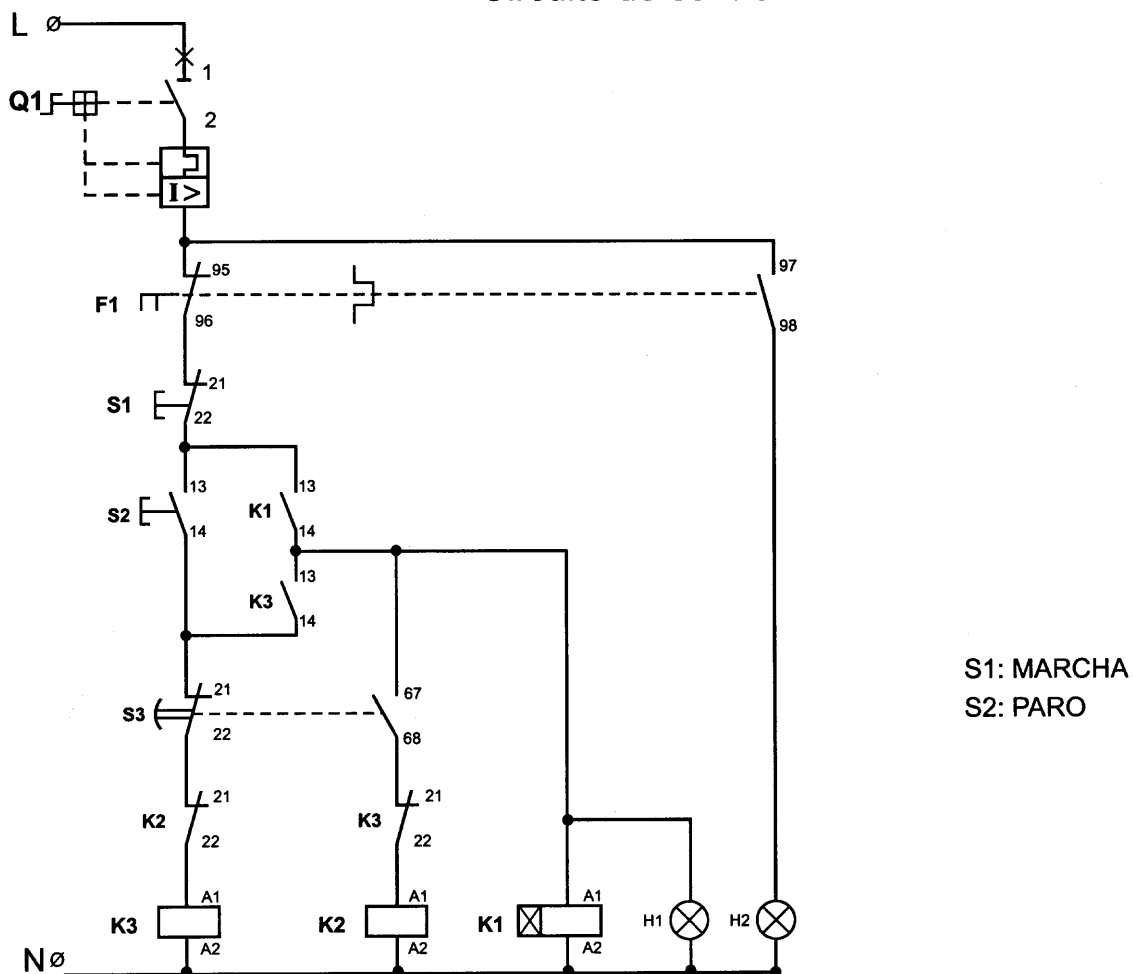
- El arrancador necesita tres contactores y temporizador.
- Los contactores de red y triángulo deben estar dimensionados para soportar un 58% de la intensidad nominal, y el relé térmico regulado para esa misma intensidad.
- El contactor estrella debe ser dimensionado para soportar un 33% de la intensidad nominal.
- Se necesita tres conductores entre la red y el arrancador y seis conductores entre el arrancador y el motor.
- En el momento de la conmutación existe un corto período en el cual el motor queda desconectado de la línea de alimentación.
- Los contactores K3 (estrella) y K2 (triángulo) se conectan en la parte de mando de manera similar a la de un inversor, con enclavamiento auxiliar eléctrico o mecánico.
- El uso de estos arrancadores es muy amplio porque permite cubrir un gran porcentaje de las aplicaciones del motor en corto circuito, presentando gran seguridad en la maniobra.

ESQUEMA DE ARRANQUE ESTRELLA - TRIÁNGULO DE UN MOTOR 3~

Circuito de potencia



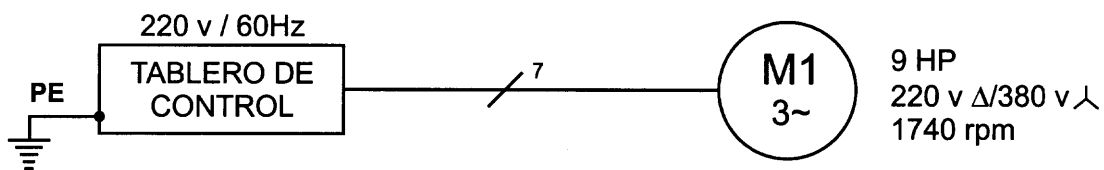
Circuito de control



DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE ARRANQUE ESTRELLA - TRIÁNGULO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO.

Con un ejemplo práctico, se indicará la forma correcta de selección de los materiales para la instalación de un motor trifásico en arranque estrella - triángulo.

MOTOR	POTENCIA	TENSIÓN	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	TIPO DE ARRANQUE	DISTANCIA AL TABLERO
M1	9 HP	220 v	84 %	0,80	ESTRELLA - TRIANGULO	27 m



Se recomienda usar conductores de tipo THW, tendido en tubo PVC SAP, temperatura ambiente máxima: 32° C. Ambiente de trabajo moderado. Altura sobre el nivel del mar 380m. Servicio continuo.

1.- Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \varphi} \quad I_n = \frac{9 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,80 \times 0,80} \quad I_n = 25,3 \text{ A}$$

2.- Cálculo de la corriente de fase del motor (I_f)

En conexión triángulo: $I_f = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{25,3}{\sqrt{3}} = 14,62 \text{ A}$

3. Selección del disyuntor motor.

Se selecciona en función de la corriente nominal del motor.

$$I_D \geq I_n \quad I_D \geq 25,3 \text{ A}$$

4.- Selección de los contactores electromagnéticos.

- Contactor principal (K1) y contactor triángulo (K2)

Se seleccionan en función de la corriente de fase del motor.

$$I_{CK1} = I_{CK2} \geq I_f \quad I_{CK1} = I_{CK2} \geq 14,62 \text{ A}$$

K1: 01 Contactor de 16 A, con bobina de 220 V/ 60 HZ y un contacto auxiliar normalmente abierto.

K2: 01 contactor de 16A, con bobina de 220 V/60HZ y un contacto auxiliar normalmente cerrado.

- **Contacto estrella (K3):**

Se selecciona con el 33% de la corriente nominal

$$I_{CK3} \geq 33\% I_n \quad I_{CK3} \geq 8,34 \text{ A}$$

K3: 01 contactor de 9A, con bobina 220 V/ 60HZ, un contacto auxiliar normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado.

5.- Selección del relé térmico diferencial.

Se selecciona en función de la corriente de fase del motor.

* Índice de regulación mínimo:

$$I_{\min} = I_f \times 0,8 = 14,62 \times 0,8 = 11,7\text{A}.$$

* Índice de regulación máximo:

$$I_{\min} = I_f \div 0,8 = 14,62 \div 0,8 = 18,28\text{A}.$$

Normalizado, tenemos el relé térmico diferencial con rango 12 - 18A.

6.- Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor.

Aplicaremos dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión.

Del motor al tablero de control irán 7 conductores (6 conductores de alimentación y 1 de protección), de igual sección. La sección mínima permitida para fuerza motriz es del conductor N° 14 AWG. Sección = 2,08 mm²

Calculo por capacidad de corriente

Observando la tabla N° 01, de conductores tipo THW, tenemos una capacidad de corriente de 30A, que corresponde a un conductor N° 10 AWG.

A este valor se le aplica los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de conductores en tubo (Tabla N° 02 y 03)

$$30 \times 0,88 \times 0,7 = 18,48\text{A}.$$

El valor obtenido (18,48A) es mayor que la corriente de fase del motor (14,62A)

- Conductor N° 10 WG (Sección: 5,26 mm²).

Cálculo por caída de tensión.

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la tensión de línea.

$$\Delta V = \frac{0,0309 \times \Sigma I \times L \times \cos\phi \times 100}{S \times V}$$

$$\Delta V = \frac{0,0309 \times 14,62 \times 27 \times 0,8 \times 100}{5,26 \times 220}$$

$$\Delta V = 0,84\% < 3\% \quad \text{OK}$$

Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el N° 10 AWG, tipo THW. El conductor de protección (PE), también será del mismo calibre.

7.- Selección de la tubería.

El diámetro de la tubería lo obtenemos de la tabla N° 04.

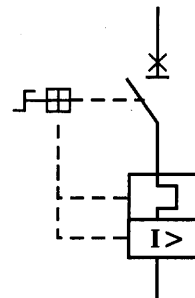
Para 7 conductores N° 10 AWG le corresponde un diámetro de tubo de 1" PVC SAP.

8.- Selección de la protección del sistema de control.

El disyuntor de control, específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecarga puede utilizarse como alternativa a los fusibles.

$$I_{DC} = 1 \text{ A}$$

DISYUNTOR UNIPOLAR
MAGNETOTERMICO

**9. Accesorios del sistema de control**

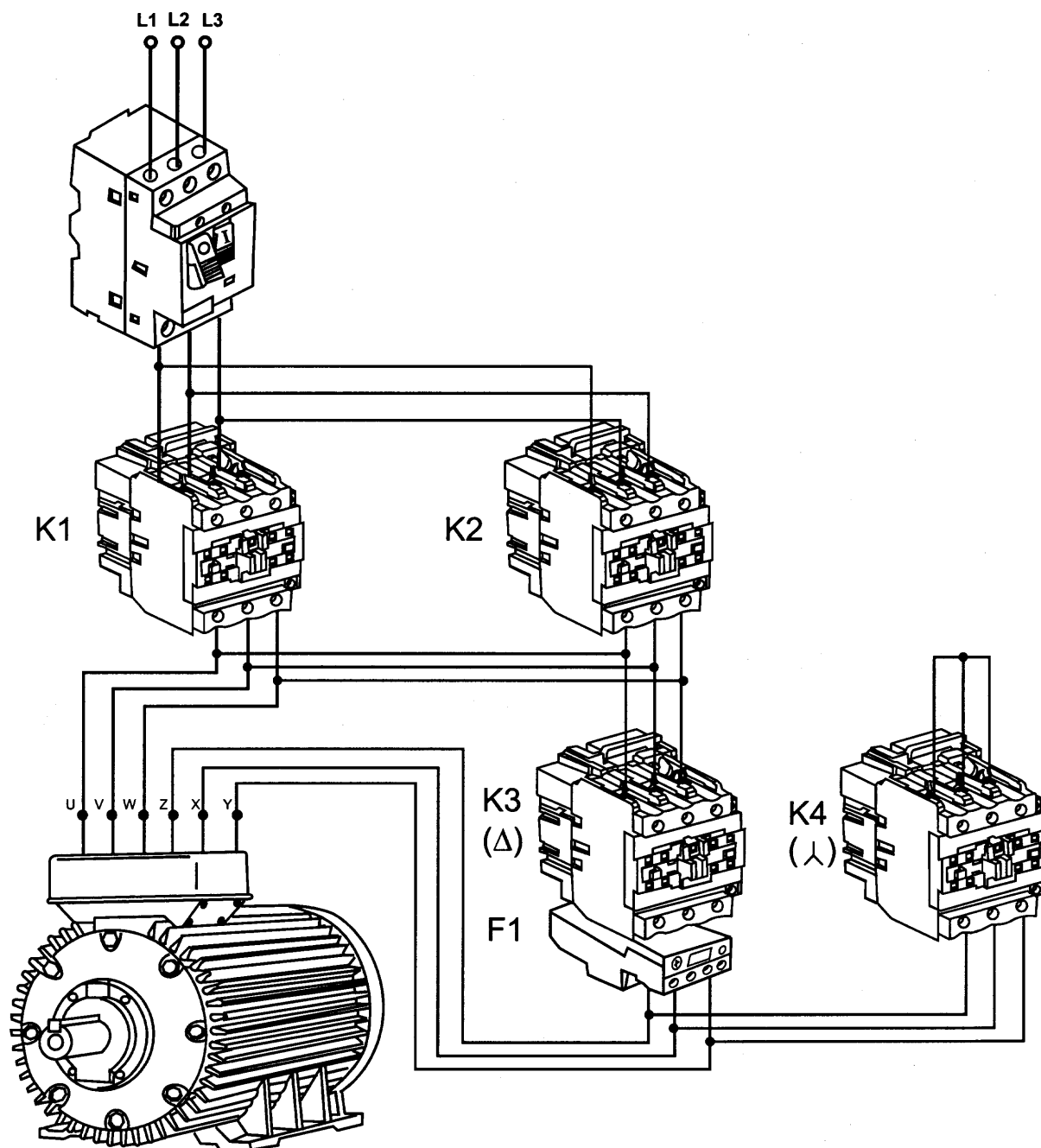
- ▶ 01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.
- ▶ 01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.
- ▶ 01 lámpara de señalización, color verde, 220V/60HZ.
- ▶ 01 lámpara de señalización, color rojo, 220v/ 60HZ.
- ▶ 01 temporizador ON Delay, regulación 0-30 seg.
- ▶ Conductor N° 18 AWG tipo TFF.
- ▶ Borneras
- ▶ Marcadores

TEMPORIZACIÓN DEL ARRANQUE ESTRELLA - TRIANGULO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD

- › El arranque estrella-triángulo, consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en estrella, una vez que haya alcanzado aproximadamente el 70% de su velocidad de régimen, se conecta en triángulo.
- › Es importante determinar el tiempo, en el cual se realiza el cambio de conexión de estrella a triángulo. Si el tiempo es corto, se genere una intensidad pico que puede alcanzar valores muy altos, y en caso contrario se podría provocar el paro del motor, con el peligro de dañar los bobinados.

• Aspectos prácticos en el manejo de temporizadores:

- › Antes de conectar un temporizador es necesario ver si tiene solamente contactos temporizados, o si por el contrario posee contactos instantáneos y temporizados, para darles el uso correcto a cada uno de ellos.
- › Si un temporizador requiere de un contacto auxiliar de sostenimiento, pero no tiene contactos instantáneos, se debe conectar en paralelo con él un contacto auxiliar, para que cubra dicha necesidad.
- › Como norma general, tan pronto un temporizador cumpla plenamente su función, éste debe ser desenergizado.
- › Al realizar un diseño es necesario tener en presente si los contactos temporizados son de apertura lenta o brusca, y si están o no completamente separadas.
- › Por lo general, los bloques temporizados se asocian a contactores auxiliares (excepcionalmente a contactores principales). En estos casos, los contactores temporizados se identifican con la misma marca del contactor.
- › En casos en que el temporizador tiene su propio elemento motor o de alimentación, puede identificarse por la letra T y un subíndice (si son varios)
- › Finalmente, tengamos presente lo dicho sobre la función y conexionado de pulsadores de conexión - desconexión, ya que los contactores temporizados tiene gran similitud en estos aspectos.



N°	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	➤	Elaborar esquema de arranque estrella - triangulo con inversión de giro	➤	Motor trifásico de inducción (01)
02	➤	Probar arranque estrella triangulo con inversión de giro.	➤	Disyuntor motor (01)
			➤	Contactor electromagnético (04)
			➤	Relé térmico diferencial (01)
			➤	Cables eléctricos
			➤	Pulsador normalmente abierto (02)
			➤	Pulsador normalmente cerrado (01)
			➤	Lámparas de señalización (02)
			➤	Destornillador plano
			➤	Alicate universal
			➤	Multitester.
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
	Realiza el arranque estrella - triangulo con inversión de giro de un motor 3~		HT 8	REF.
	CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

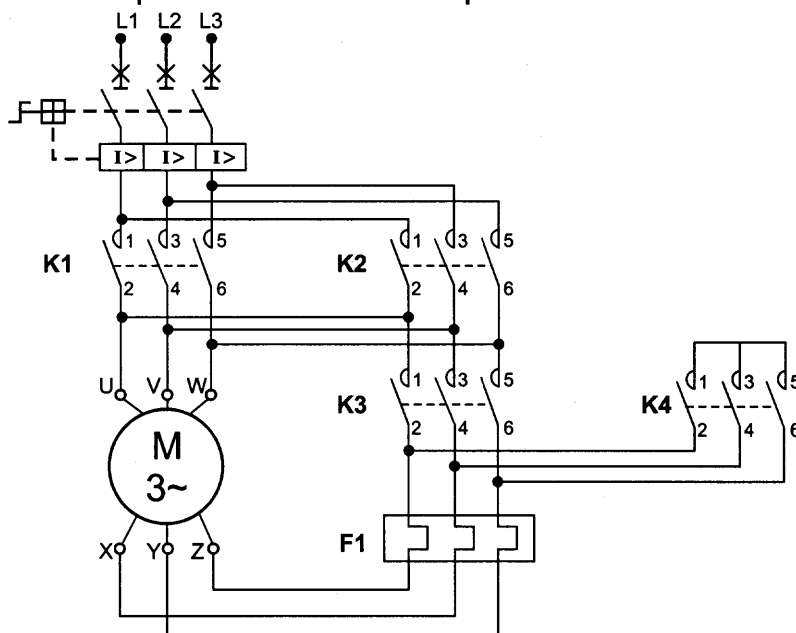
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque estrella - triángulo con inversión de giro

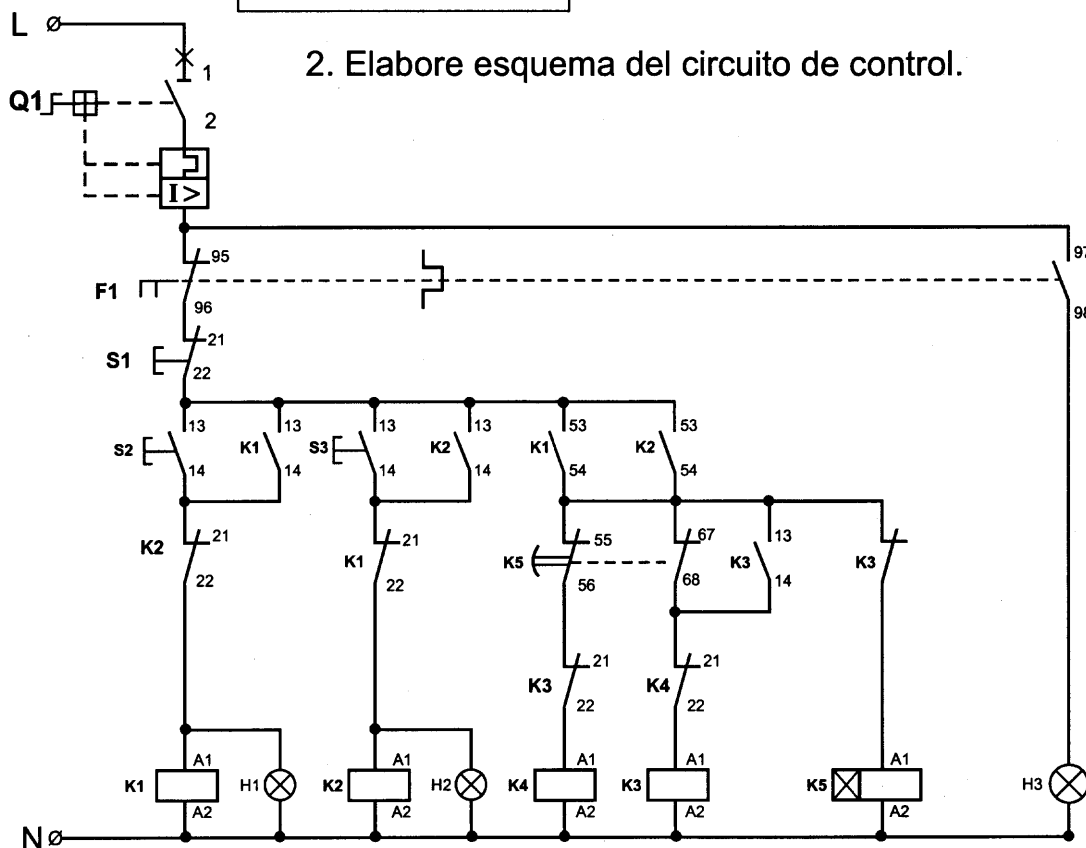
El motor realiza el arranque estrella - triángulo en sentido horario o en sentido antihorario, según las ordenes asignadas por los pulsadores.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia.



2. Elabore esquema del circuito de control.



OPERACIÓN:**Probar arranque estrella - triángulo con inversión de giro**

Verificar elementos, realizar montaje y conexonado, regulación de tiempo y prueba de funcionamiento.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control.

- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado.
- Específicamente técnicas

2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control

Marcha 1

Arranque : K4 - K1 (∧)

Trabajo : K1 - K3 (△)

3. Conecte elementos.

Marcha 2

Arranque : K4 - K2 (∧)

Trabajo : K2 - K3 (△)

4. Regule el tiempo de arranque

5. Realice prueba de funcionamiento

- a. Active disyuntor unipolar (circuito de control)
- b. Active disyuntor motor (circuito de potencia)
- c. Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1, y la lámpara H1, al cerrar su contacto auxiliar K1 (53-54) energiza la bobina del contactor K4(∧). Activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella, al 58% de su tensión nominal y gira en sentido horario.
- d. Transcurrido el tiempo regulado, el motor cambia de conexión estrella (K4) a conexión triángulo (K3) y trabaja el 100% de su tensión nominal.
- e. Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.
- f. Pulse S1, el motor para.
- g. Pulse S3, energiza la bobina del contactor K2 y la lámpara H2, al cerrar su contacto auxiliar K2(53-54) energiza la bobina del contactor K4 (∧). Activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella, al 58% de su tensión nominal y gira en sentido antihorario.
- h. Idem "d", "e" y "f"

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN LA CONEXIÓN ESTRELLA POR CONTACTORES

- Se presenta corrientes transitorias importantes en el momento del paso del acoplamiento estrella al acoplamiento triángulo. Este inconveniente se elimina retardando un poco la conexión triángulo, pero cuidando que la pérdida de velocidad durante este tiempo no sea demasiado sensible.
- Con el fin de asegurar que los contactores que realizan la conexión estrella y triángulo trabajan al mismo tiempo, se debe establecer un sistema de enclavamiento mecánico o eléctrico. De no ser así, puede producirse un cortocircuito entre fases y quemar los bobinados.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN LA TEMPORIZACIÓN DE LA CONMUTACIÓN ESTRELLA - TRIÁNGULO

- El tiempo de regulación en el temporizador esta supeditado al par acelerante e inercia de las partes integrantes. La conmutación de estrella a triángulo debe realizarse tan pronto el motor alcance entre el 70% y 80% de su velocidad nominal, porque si ésta se produce demasiado pronto, la intensidad pico puede alcanzar valores muy altos, y en caso contrario podría provocar el paro el motor, con el peligro de dañar los bobinados.

Por lo tanto es muy importante determinar correctamente el tiempo de arranque.

- Duración del arranque de la velocidad 0 a la velocidad W_n con un par acelerador constante T_a :

$$t = \frac{J \cdot W_n}{T_a} \quad \text{ó} \quad t = \frac{J \cdot W_n^2}{P_n} \cdot \left(\frac{1}{T_a / T_n} \right)$$

T: Tiempo de arranque en segundos

J: momento de inercia total de las masas en movimiento (motor + carga)
en kilogramos - metros cuadrados = $m \cdot r^2$

W_n : Velocidad nominal angular en radianes por segundo = $\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$

T_a : Par acelerador en newtons - metros

P_n : Potencia nominal del motor en vatios

T_n : Par nominal en newtons - metro = P_n / W_n

m : masa en kilogramos

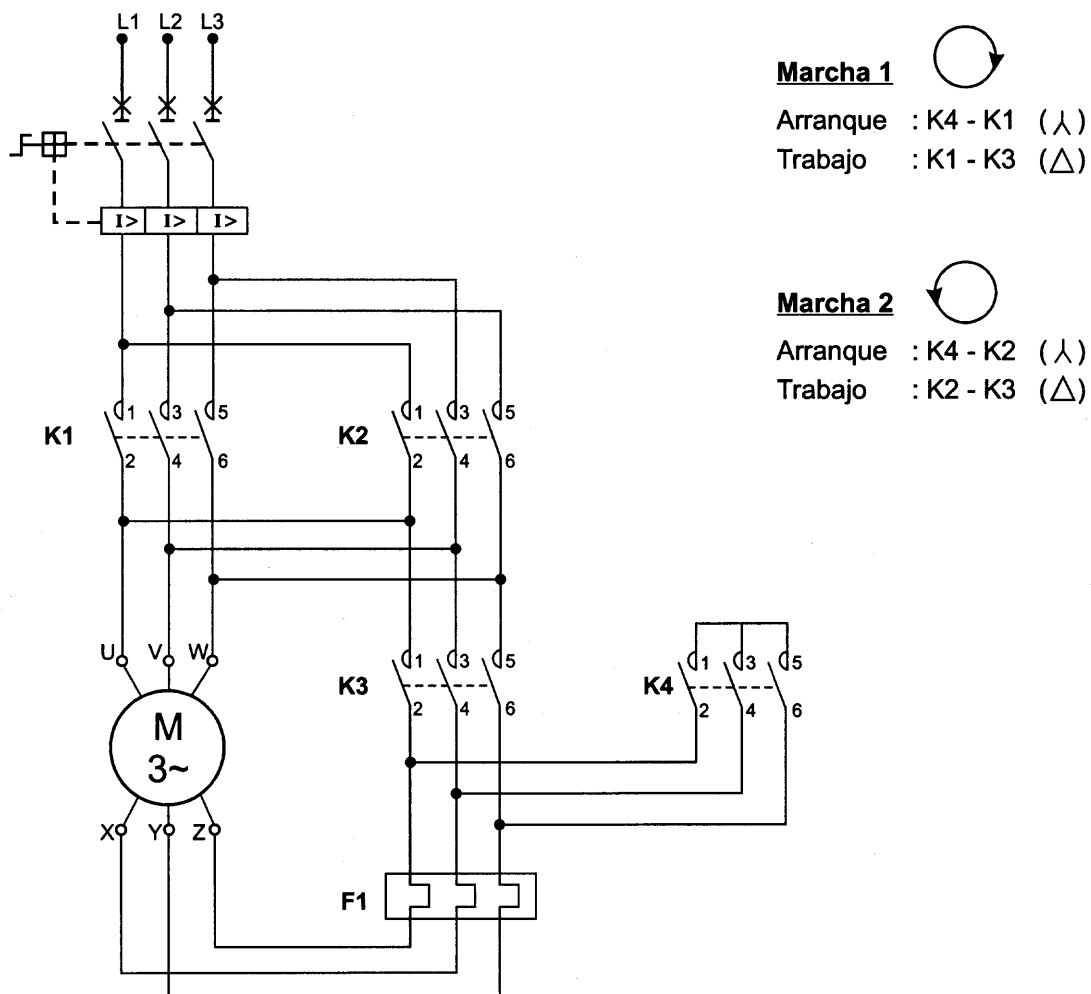
r: radio de giro en metros

n: velocidad de rotación en revoluciones por minuto.

ARRANQUE ESTRELLA - TRIANGULO CON INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

En muchas aplicaciones a nivel industrial es necesario de realizar el arranque estrella - triángulo con inversión de giro de un motor de inducción trifásico. Se tiene arranque en sentido horario (MARCHA 1) y arranque en sentido antihorario (MARCHA 2).

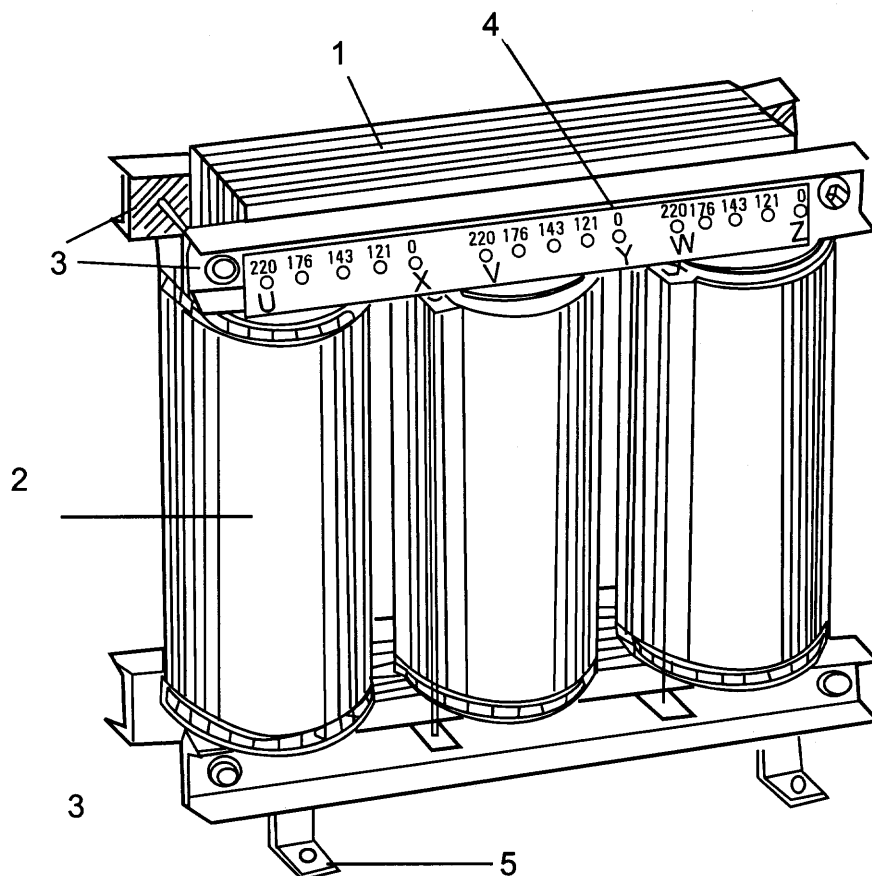
- MARCHA 1: El motor de arranca en conexión estrella (K4 - K1), transcurrido el tiempo regulado cambia a conexión triángulo (K1 - K3). Giro horario.
- MARCHA 2: El motor de arranca en conexión estrella (K4 - K2), transcurrido el tiempo regulado cambia a conexión triángulo (K2 - K3). Giro antihorario.



TAREAS 9 - 10

- Realiza el arranque por autotransformador de un motor de inducción 3Ø.
- Realiza el arranque de un motor de inducción 3Ø en conexión Dahlander..

AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO PARA ARRANQUE DE MOTORES



- 1. NÚCLEO
- 2. DEVANADO
- 3. HERRAJES
- 4. TERMINALES
- 5. BASES DE APOYO

Nº	OPERACIONES		MATERIALES / INSTRUMENTOS	
01	›	Elaborar esquema de arranque por autotransformador.	›	Motor trifásico de inducción (01)
			›	Disyuntor motor (01)
			›	Contactador electromagnético (03)
02	›	Probar autotransformador	›	Relé térmico diferencial (01)
			›	Autotransformador trifásico (01)
			›	Pulsador normalmente abierto (01)
03	›	Probar arranque por autotransformador	›	Pulsador normalmente cerrado (01)
			›	Lámparas de señalización (02)
			›	Temporizador On Delay (01)
			›	Destornillador plano
			›	Alicate universal
			›	Multitester.
01	01			
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN		OBSERVACIONES
		Realiza el arranque por autotransformador de un motor 3~	HT 9	REF.
		CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES	TIEMPO:	HOJA: 1/1
			ESCALA:	2002

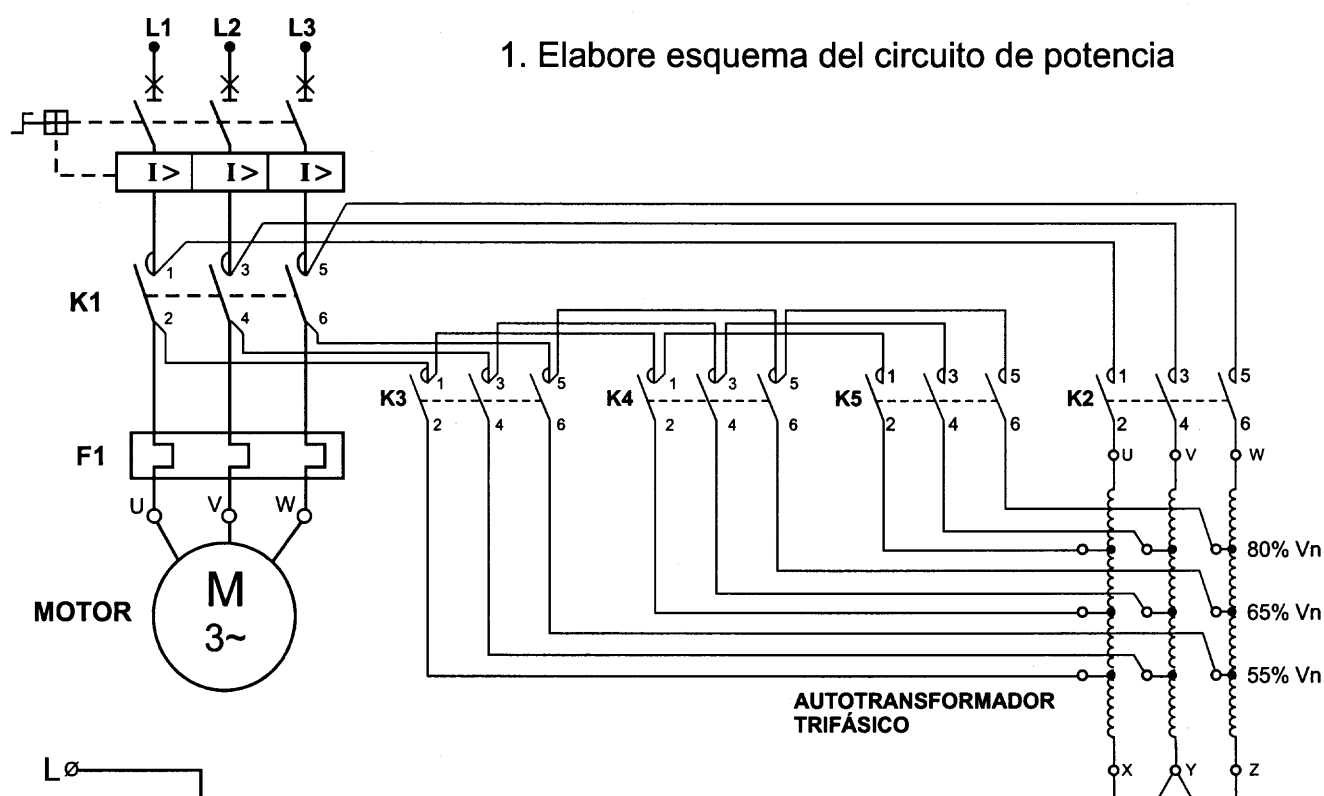
OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque por autotransformador

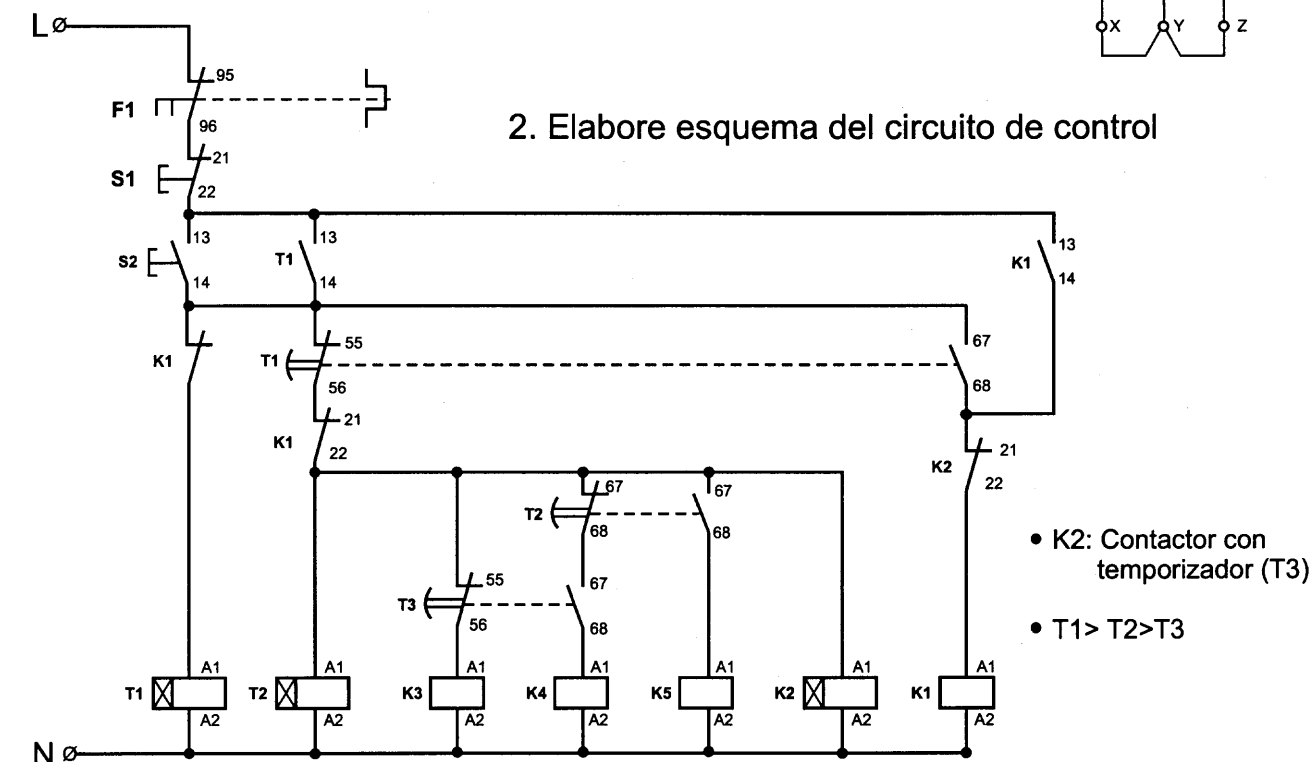
El motor debe arrancar a tensión reducida, en escalones: 55%, 65% y 80 % de la tensión nominal. Transcurrido el tiempo de arranque, el motor trabaja al 100% de su tensión nominal.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia



2. Elabore esquema del circuito de control



OPERACIÓN:

Probar autotransformador

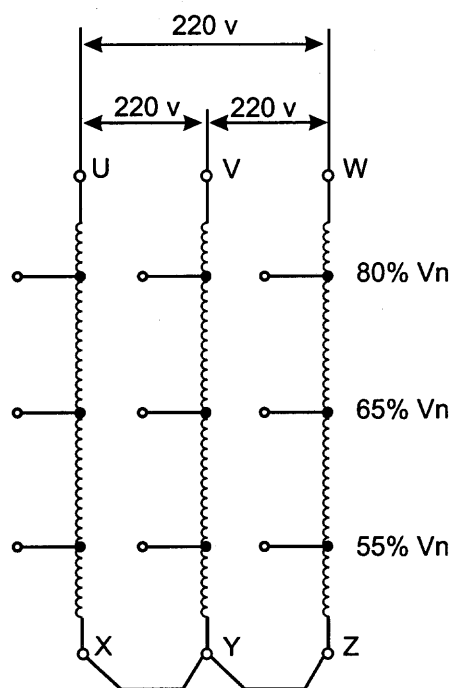
Verificar conexiones, pruebas de aislamientos, medir resistencia de los bobinados, aplicar tensión en los terminales de los bobinados y verificar relación de transformador

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique conexiones del autotransformador
2. Mida resistencia de aislamiento entre los terminales del bobinado y núcleo
3. Conecte en estrella los terminales X - Y - Z
4. Conecte tensión de 220 v a los terminales U - V - W
5. Verifique relación de transformación al 55 % Vn, 65% Vn y 80% Vn.

	55% Vn	65% Vn	80% Vn
VALOR MEDIDO			

Conexión del autotransformador



OBSERVACIONES:

- Al solicitar un autotransformador, indíquese:
 - Que se trate de un autotransformador de entrehierro (a ser posible).
 - La punta de corriente del motor en arranque directo (indicado por el fabricante del motor).
 - El valor de la tensión a la salida con respecto a la tensión de red, en porcentaje.
 - La derivación de la puesta bajo tensión del autotransformador y el número de arranques por hora.
- Generalmente se debe prever tomas de 0,55 Vn / 0,65 Vn / 0,80 Vn y 5 arranques de 8 segundos por hora. Sin características específicas del motor, tomar:

$$I_a / I_n = 6$$

OPERACIÓN

Probar arranque por autotransformador

Verificar elementos, realizar montaje y conexión, regulación de tiempo y prueba de funcionamiento.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control

- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado.
- Especificaciones técnicas

2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control

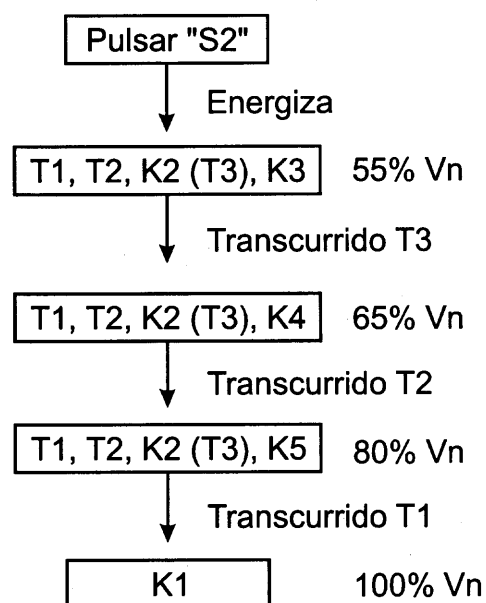
3. Conecte elementos

4. Regule el tiempo de arranque por escalones

5. Realice prueba de funcionamiento.

- a. Active disyuntor unipolar (circuito de control)
- b. Active disyuntor motor (circuito de potencia)
- c. Pulse S2, activan los temporizadores, al energizar el contactor K2, aplica tensión al autotransformador conectado en estrella. Energiza el contactor K3 y el motor arranca al 55% de la tensión nominal.
- d. Transcurrido el tiempo regulado, en el temporizador montado en K2, desenergiza al contactor K3 y energiza el contactor K4. El motor recibe el 65% de la tensión nominal.
- e. Transcurrido el tiempo regulado, en el temporizador montado T2, desenergiza al contactor K4 y energiza el contactor K5. El motor recibe el 80% de la tensión nominal.
- f. Al cumplirse el tiempo regulado en el temporizador T1, desenergiza el contactor K5 y K2 (desactiva el autotransformador). Energiza el contactor K1 y el motor trabaja al 100% de su tensión nominal.
- g. Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.

Secuencia de arranque



EL AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO

El transformador es un dispositivo que convierte energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre sí eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético, la única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

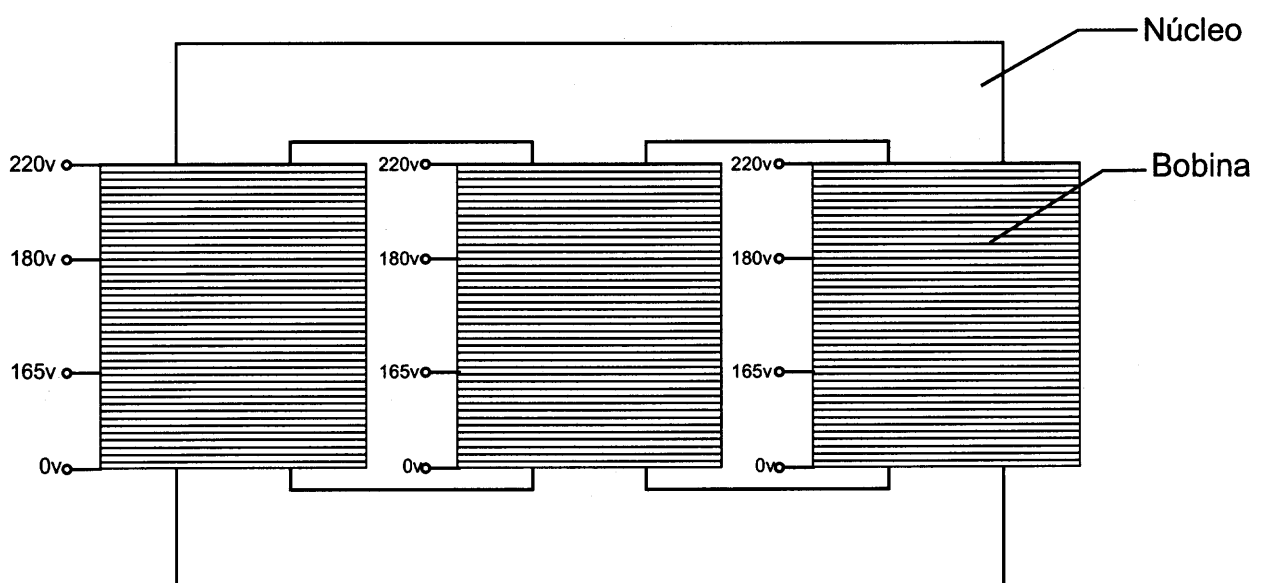
Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos formas. Una de ellas consiste en tener tres unidades monofásicos y conectarlos en bancada trifásica. La otra alternativa es proveer un transformador trifásico constituido por tres juegos de devanados arrollados sobre un núcleo común.

EL AUTOTRANSFORMADOR

Tiene un solo bobinado en cada columna del núcleo trifásico. Se utiliza cuando la relación de voltajes es pequeña.

$$\frac{\text{Volt}_{\text{máx}}}{\text{Volt}_{\text{mín}}} \leq 2$$

En estos casos sería un despilfarro y saldría excesivamente costoso emplear un transformador convencional de dos arrollamiento en cada columna.



AUTOTRANSFORMADOR TRIFÁSICO 220 - 180 - 165 v

ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO

El motor se alimenta a tensión reducida mediante un autotransformador que, una vez finalizado el arranque, queda fuera del circuito.

El arranque se lleva a cabo en tres tiempos:

- En el primer tiempo, el autotransformador comienza por acoplarse en estrella y, a continuación, el motor se acopla a la red a través de una parte de los devanados del autotransformador. El arranque se lleva a cabo a una tensión reducida que se calcula en función de la relación de transformación.

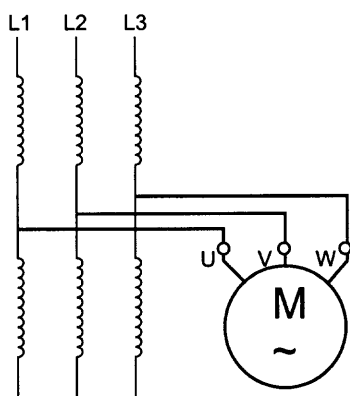
Generalmente el autotransformador está dotado de tomas que permiten seleccionar la relación de transformación y, por tanto, el valor más adecuado de la tensión reducida.

- Antes de pasar al acoplamiento a plena tensión, la estrella se abre. En ese momento, la fracción de bobinado conectado a la red crea una inductancia en serie con el motor. Esta operación se realiza cuando se alcanza la velocidad de equilibrio, al final del primer tiempo.
- El acoplamiento a plena tensión interviene a partir del segundo tiempo, normalmente muy corto (una fracción de segundo). Las inductancias en serie con el motor se cortocircuitan y a continuación, el autotransformador queda fuera del circuito.

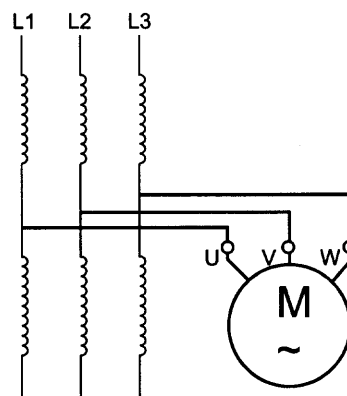
La corriente y el par de arranque varían en la misma proporción. Se dividen por $(U_{red}/U_{reducida})^2$ y se obtienen los valores siguientes:

$$I_d = 1,7 \text{ a } 4 I_n$$

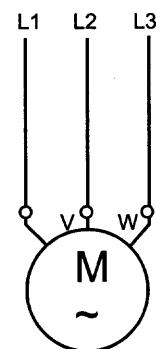
$$C_d = 0,5 \text{ a } 0,85 C_n$$



1er tiempo



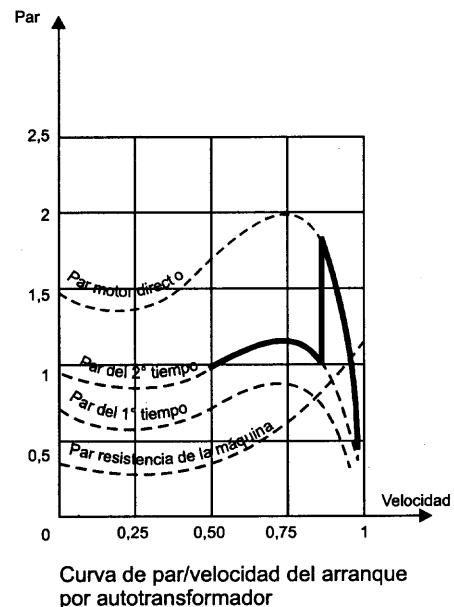
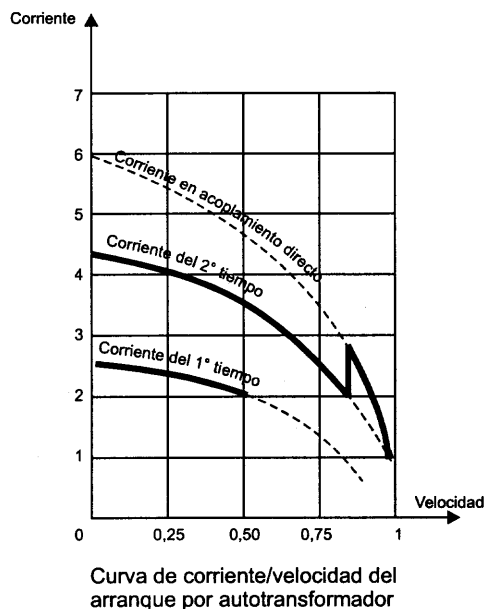
2do tiempo



3er tiempo

El arranque se lleva a cabo sin interrupción de corriente en el motor, lo que evita que se produzcan fenómenos transitorios. No obstante, si no se toman ciertas precauciones pueden aparecer fenómenos transitorios de igual naturaleza durante el acoplamiento a plena tensión. De hecho, el valor de la inductancia en serie con el motor tras la apertura de la estrella es importante si se compara con la del motor. Como consecuencia, se produce una caída de tensión considerable que acarrea una punta de corriente transitoria elevada en el momento del acoplamiento a plena tensión.

Con este tipo de arranque se obtienen características más favorables que las que se obtienen con el arranque por resistencias estáticas, como un par de arranque más elevado con una corriente pico menor, con lo cual este sistema se emplea para el arranque de elevada potencia (>100KW)

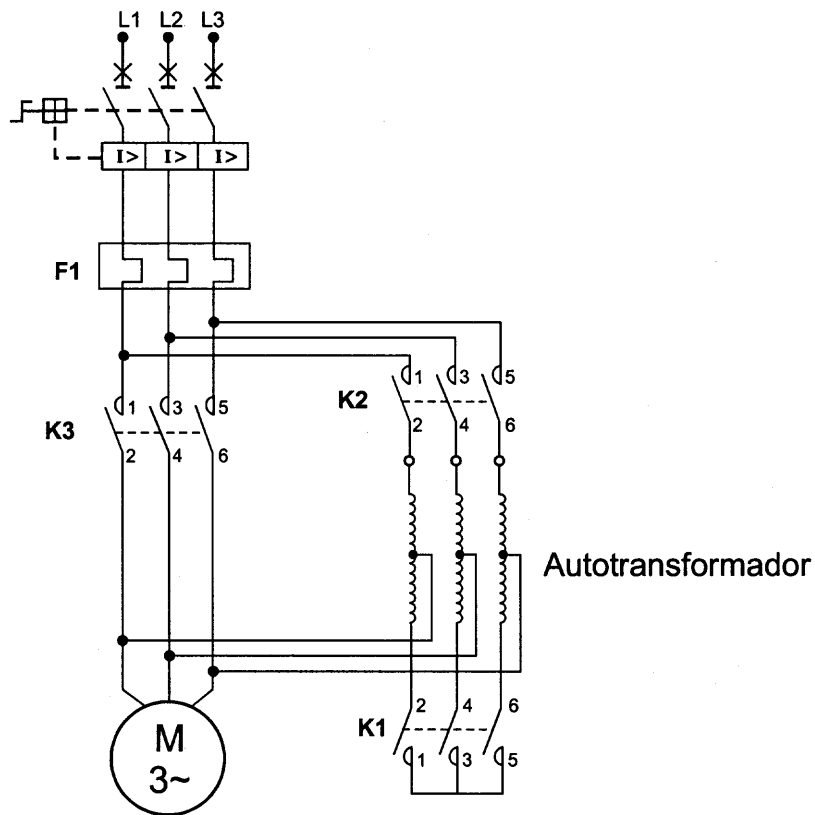


Normalmente se emplean autotransformadores con salidas que corresponden al 50, 65 y 80% de la tensión de red, con las cuales se obtienen valores de 25, 42 y 64%, respectivamente de los pares que se obtienen en un arranque directo.

Por otra parte, la corriente en el primero se reduce aproximadamente con el cuadrado de la relación de tensión del secundario al primario, de tal manera que si se desprecia la corriente magnetizante del autotransformador, las salidas del mismo proporcionarán intensidades de arranque del 25, 42 y 65% de lo que se obtendrán con la tensión total.

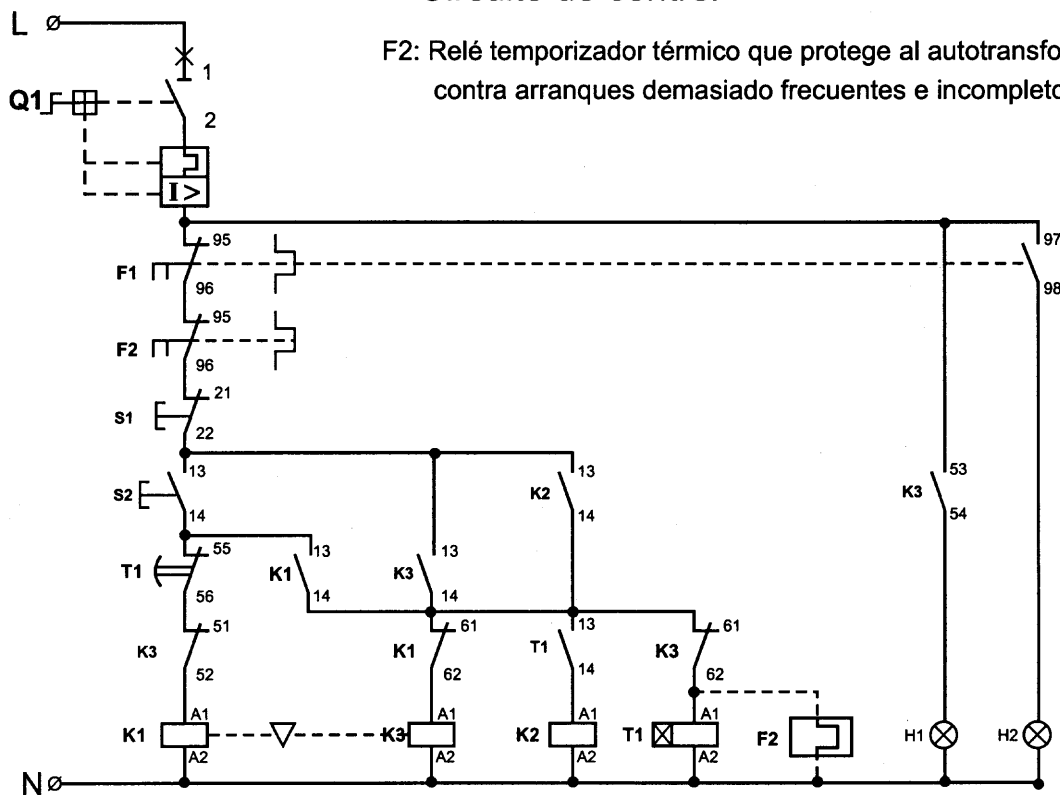
ESQUEMA DE ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

Circuito de potencia



Circuito de control

F2: Relé temporizador térmico que protege al autotransformador contra arranques demasiado frecuentes e incompletos.



Dimensionamiento del circuito de arranque por autotransformador de un motor de inducción trifásico.

Placa de característica del motor trifásico.

Potencia : 12 HP
Voltaje : 220V
Corriente : 33A
R.P.M. : 1750
Hz. : 60

Cálculo del Autotransformador.**Características a tenerse en cuenta:**

- Autotransformador trifásico en estrella (人)
- Derivaciones para el arranque del motor:
 1. Derivación para el arranque a 55% del voltaje nominal.
 2. Derivación para el arranque a 65% del voltaje nominal.
 3. Derivación para el arranque a 80% del voltaje nominal.
- › **Corriente de arranque:**

- a 55% En:

$$I_a = \frac{\text{Voltaje aplicado}^2}{\text{Voltaje requerido}^2} \times 6 I_n$$

$$I_{a_1} = \frac{(220 \times 0.55)^2}{220^2} \times 6 \times 33 = 59.90 \text{ A}$$

- a 65% En:

$$I_{a_2} = \frac{(220 \times 0.65)^2}{220^2} \times 6 \times 33 = 83.66 \text{ A}$$

- a 80% En:

$$I_{a_3} = \frac{(220 \times 0.80)^2}{220^2} \times 6 \times 33 = 126.72 \text{ A}$$

• Potencia resultante

- a 55% En:

$$KVA_1 = \frac{E \times I \times \sqrt{3}}{1000} = \frac{(220 \times 0,55) \times 59,9 \times \sqrt{3}}{1000} = 12,55 \text{ KVA}$$

- a 65% En:

$$KVA_2 = \frac{E \times I \times \sqrt{3}}{1000} = \frac{(220 \times 0,65) \times 83,66 \times \sqrt{3}}{1000} = 20,72 \text{ KVA}$$

- a 80% En:

$$KVA_3 = \frac{E \times I \times \sqrt{3}}{1000} = \frac{(220 \times 0,80) \times 126,72 \times \sqrt{3}}{1000} = 38,63 \text{ KVA}$$

Potencia promedio: 23,97 KVA ($P_{\text{autotransformador}}$)

Equivalencia de la potencia del Autotransformador como transformador:

$$\text{- Pot. Transf.}_1 = \text{Pot. Autotransf.}_1 \times \frac{(E - E_1)}{E} = 12,55 \times \frac{(220 - 121)}{220} = 5,65 \text{ KVA}$$

$$\text{- Pot. Transf.}_2 = \text{Pot. Autotransf.}_2 \times \frac{(E - E_2)}{E} = 20,72 \times \frac{(220 - 143)}{220} = 7,25 \text{ KVA}$$

$$\text{- Pot. Transf.}_3 = \text{Pot. Autotransf.}_3 \times \frac{(E - E_3)}{E} = 38,63 \times \frac{(220 - 176)}{220} = 7,73 \text{ KVA}$$

$$\text{Potencia promedio: } \frac{20,63}{3} = 6,88 \text{ KVA } (P_{\text{Transformador}})$$

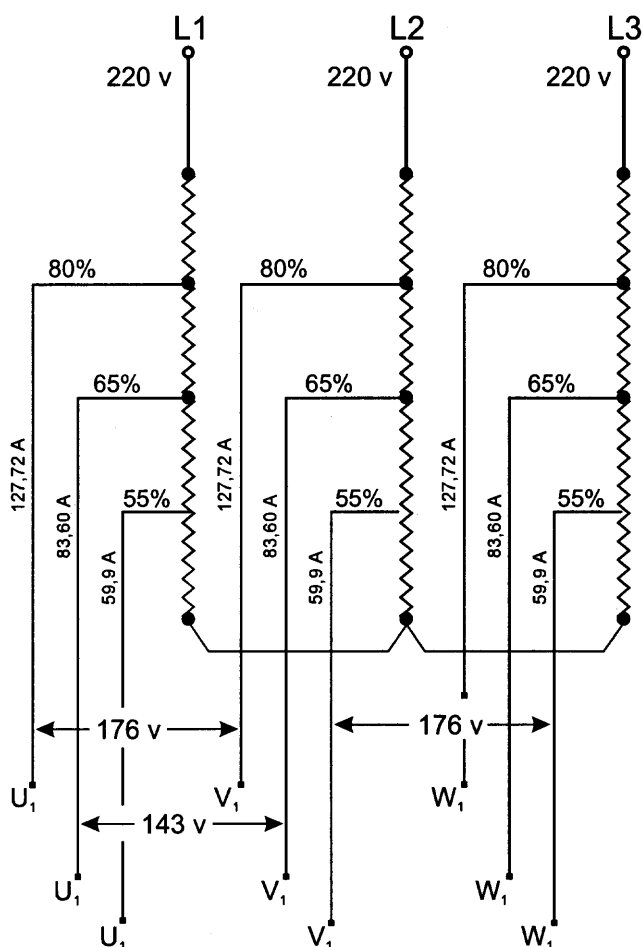
• Potencia promedio como transformador: 6,88 KVA

$$\text{• Potencia fase: } \frac{6,88}{3} = 2,29 \text{ KVA} = 2290 \text{ VA}$$

• Sección o Calibre del conductor :

$$S = \frac{\text{Intensidad resultante promedio}}{\text{Densidad de corriente en Amp/mm}^2} = \frac{27,59}{4} = 6,88$$

Sección 6,88 mm² equivalente al alambre N° 9 (6.634 mm²)



Corrientes resultantes:

$$If_1 = I - IL_1 = 59,90 - 32,93 = 26,97 \text{ A}$$

$$If_2 = I - IL_2 = 83,66 - 54,37 = 29,29 \text{ A}$$

$$If_3 = I - IL_3 = 127,72 - 101,37 = 26,35 \text{ A}$$

$$If_{\text{total}} = 26,97 + 29,29 + 26,97 = 82,61 \text{ A}$$

$$If_{\text{promedio}} = \frac{82,61}{3} = 27,54 \text{ A}$$

- Cálculo de la sección del núcleo para Potencia Transformador por fase :

$$\text{Sección del núcleo} = f \times \sqrt{VA} = 0,7 \sqrt{2290} = 33,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección bruta: } \frac{\text{Sección neta}}{\text{factor aislamiento}} = \frac{33,5}{0,95} = 35,26 \text{ cm}^2$$

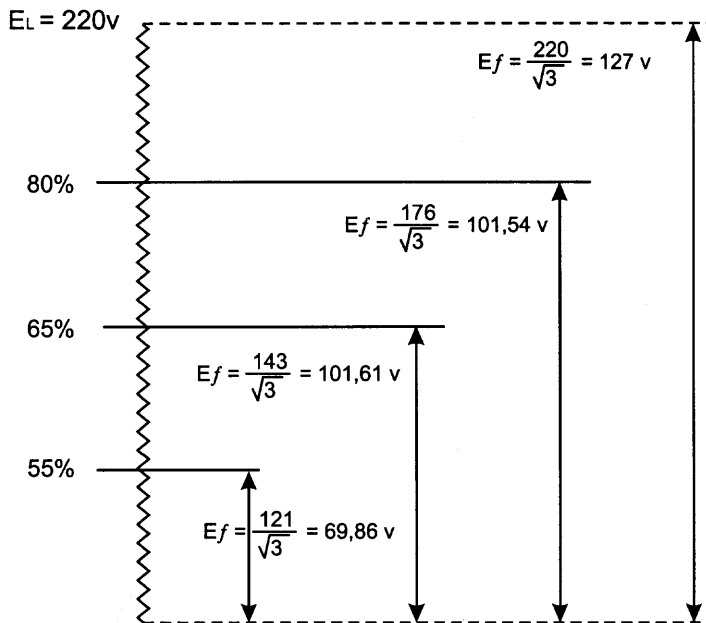
- Calculo del número de espiras / voltios:

$$\text{espiras / voltios} = \frac{1}{4,44 \times f \times S_n \times \beta \times 10^8}$$

$$\text{espiras / voltios} = \frac{1}{4,44 \times 60 \times 33,50 \times 9000 \times 10^8}$$

$$\text{espiras / voltios} = 1,245$$

REPARTO DE ESPIRAS



Corrientes resultantes:

Espiras hasta la primera derivación
55% = $69,86 \times 1,245 = 87$ espiras

espiras hasta la segunda derivación
65% = $82,56 \times 1,245 = 103$ espiras

Espiras hasta la tercera derivación
80% = $101,61 \times 1,245 = 127$ espiras

Espiras totales:
 $127 \times 1,245 = 158$ espiras

- INTENSIDAD DE LINEA A 220 V

Potencia resultante $KVA_1 = 12,55 \text{ KVA}$

$$IL1 = \frac{KVA \times 100}{E \times \sqrt{3}} = \frac{12,55 \times 1000}{220 \times \sqrt{3}} = 32,93 \text{ A}$$

Potencia resultante $KVA_2 = 20,72 \text{ KVA}$

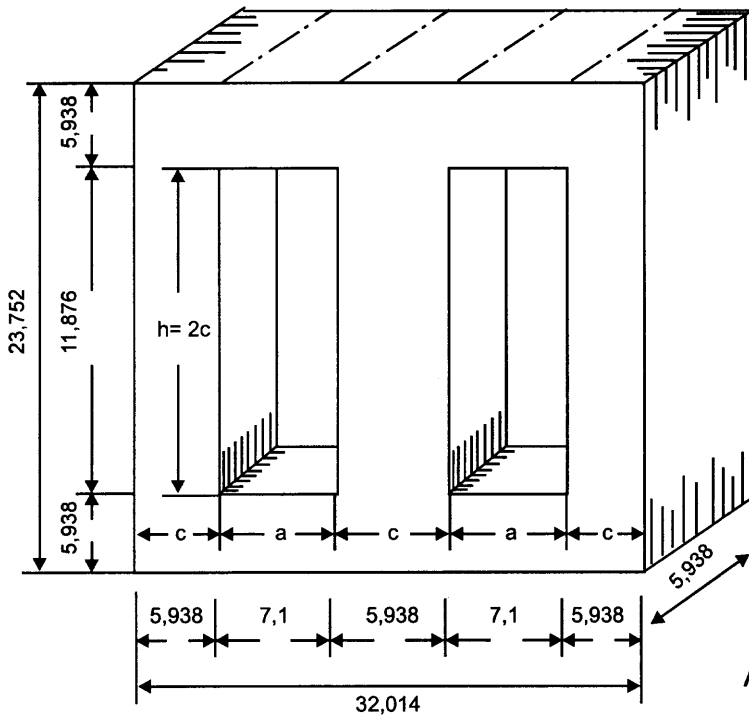
$$IL2 = \frac{KVA \times 100}{E \times \sqrt{3}} = \frac{20,72 \times 1000}{220 \times \sqrt{3}} = 54,37 \text{ A}$$

Potencia resultante $KVA_3 = 38,63 \text{ KVA}$

$$IL3 = \frac{KVA \times 100}{E \times \sqrt{3}} = \frac{38,63 \times 1000}{220 \times \sqrt{3}} = 101,37 \text{ A}$$

Dimensionado del núcleo.-

Área bruta calculada: 35.26 cm². Considerando una área cuadrada, se tiene por lado:



$$\text{Lado} = \sqrt{35,26} = 5,938 \text{ cm.}$$

Ancho de ventana (a):

Área ocupada por costado de bobina
No espiras x sección conductor:

$$158 \times 6,634 = 1,049 \text{ mm}^2$$

Esta área deberá ocupar el 25% del
área de ventana. Así:

$$\text{Área ventana} \frac{209,8}{0,25} = 839,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ancho (a)} : = \frac{839,2}{118,76} = 71 \text{ mm ó } 7,1 \text{ cm}$$

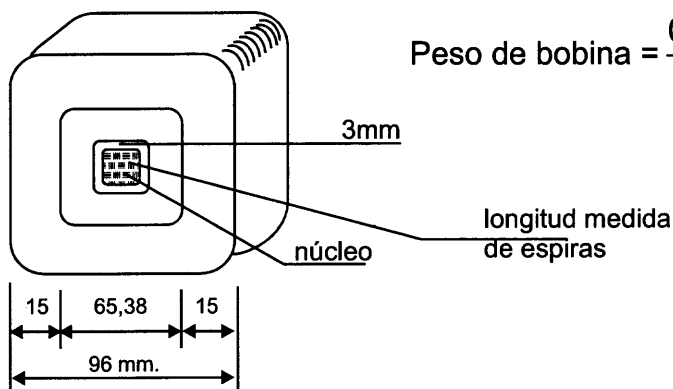
$$\frac{\text{Ancho costado bobina}}{\text{Altura Bobina (n)}} = \frac{100}{2,906} = 34 \text{ esp./capa de alambre}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Capas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ espiras}}{\text{N}^\circ \text{ esp./ capas}} = \frac{158}{34} = 5 \text{ capas}$$

$$\text{Ancho costado} = 5 \times 2,906 = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho (a) de bobina: } (2 \times 15) + 65,68 = 96$$

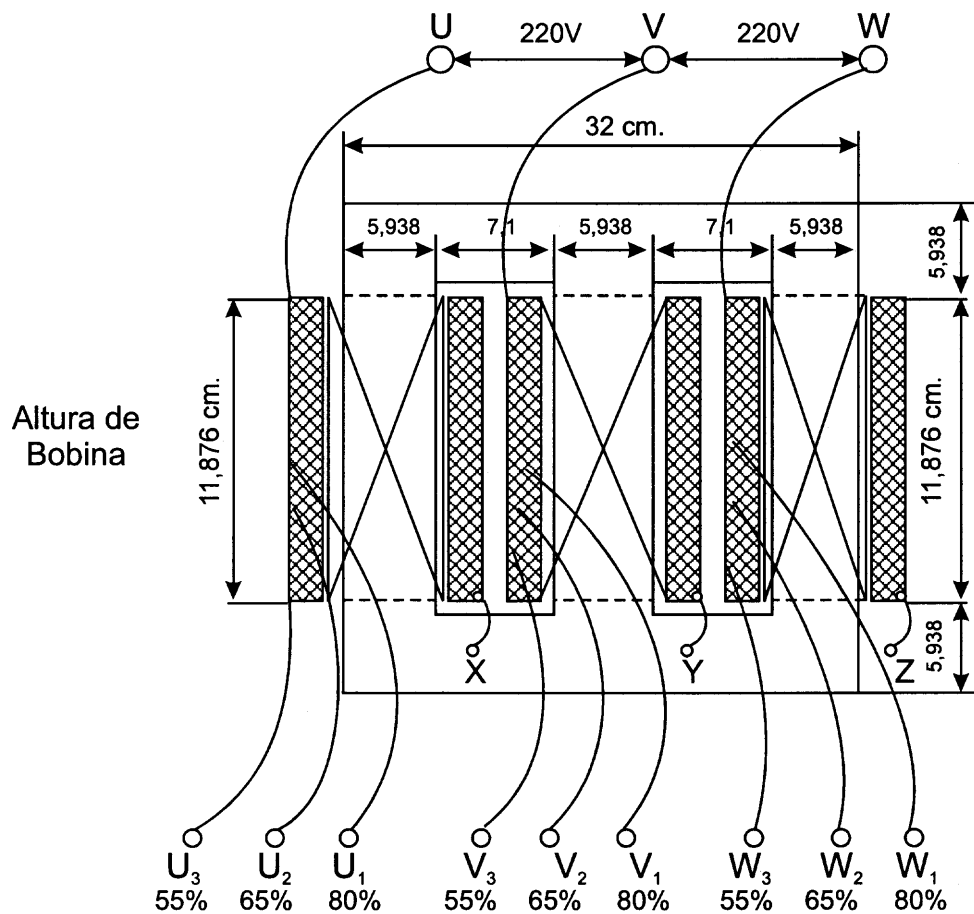
$$\text{Longitud medida de espiras: } (65,68 - 15) \times 4 = 202,72 \text{ mm} = 0,20272 \text{ m.}$$



$$\text{Peso de bobina} = \frac{0,20272 \times 6,634 \times 158 \times 8,9}{1000} = 1,89 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 1,89 \times 3 = 5,67 \text{ kg}$$

FORMA DEL BOBINADO



CONCLUSIONES FINALES.-

Autotransformador trifásico

Potencia: 24 KVA

Relación de transformación: 220/121 - 143 - 176 V

Conexión estrella (λ)

Espiras / Bobina: 158 Espiras de alambre N° 9 AWG

Derivaciones:

a 87 Espiras para el arranque a 55% En.

a 103 Espiras para el arranque a 65% En.

a 127 Espiras para el arranque a 80% En.

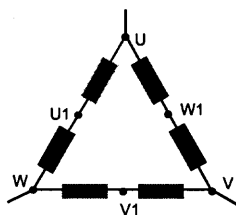
Peso del alambre por bobina: 1,890 kg

peso total: 5,670 kg de alambre de cobre doble esmalte N° 9 AWG

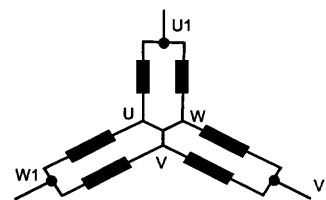
ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO EN CONEXIÓN DAHLANDER

I. Dos velocidades

Conexión
Triángulo - doble estrella
 $\Delta - YY$

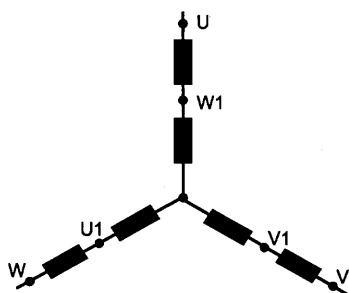


velocidad lenta

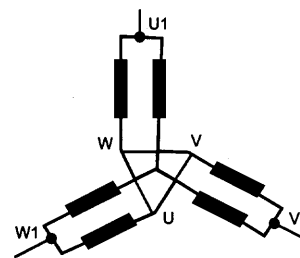


velocidad rápida

Conexión
Estrella - doble estrella
 $Y - YY$

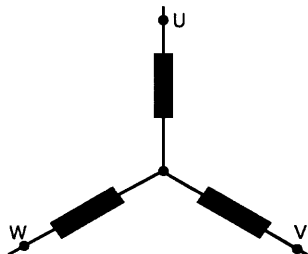


velocidad lenta

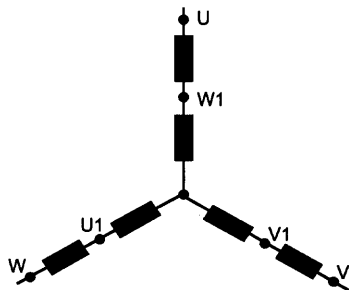


velocidad rápida

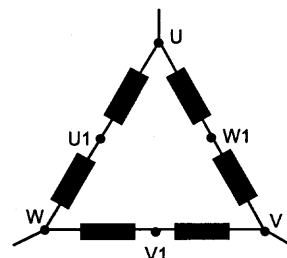
II. Tres velocidades



velocidad lenta



velocidad media



velocidad rápida

Nº	OPERACIONES	MATERIALES / INSTRUMENTOS
01	Elaborar esquema de arranque de un motor 3~ en conexión DAHLANDER	- Motor trifásico de inducción (01) - Disyuntor motor (01) - Disyuntor unipolar (01) - Contactador electromagnético (03) - Relé térmico diferencial (02) - Cables eléctricos
02	Probar motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER	- Pulsador normalmente abierto (02) - Pulsador normalmente cerrado (01) - Destornillador plano - Alicate universal - Multitester.
03	Probar arranque de un motor 3~ en conexión DAHLANDER	
01	01	
PZA.	CANT.	DENOMINACIÓN
Realiza el arranque de un motor 3~ en conexión DAHLANDER		HT 10
CONTROLISTA DE MAQUINAS Y PROCESOS INDUSTRIALES		REF.
		TIEMPO: 1/1
		ESCALA: 2002

OPERACIÓN:

Elaborar esquema de arranque de un motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER

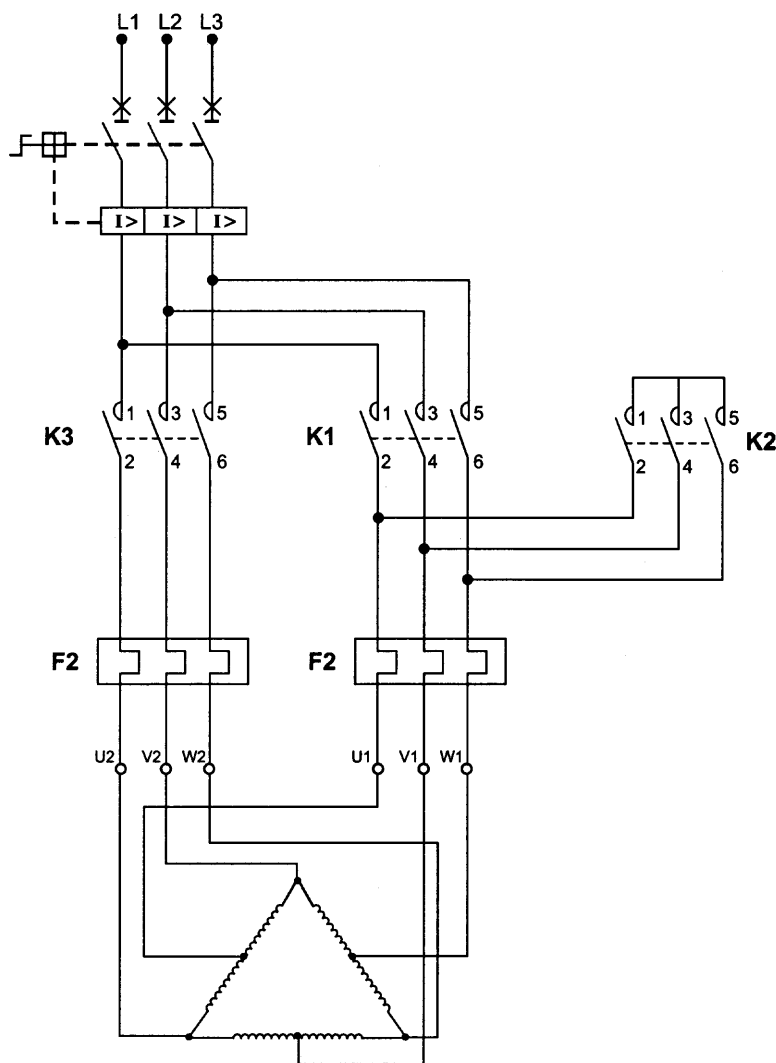
Se elabora esquema para arranque de un motor de dos velocidades, en conexión DAHLANDER : Par constante DAHLANDER.

El cambio de una velocidad a otra, se realiza mediante pulsadores (S2: velocidad 1, S3: velocidad 2, S1: Paro)

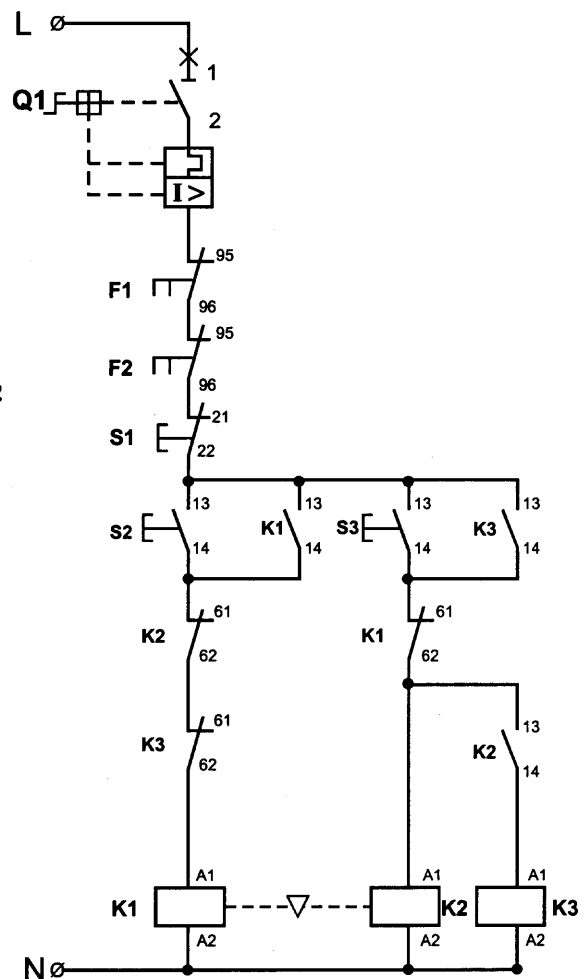
PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Elabore esquema del circuito de potencia y control

CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE CONTROL.



OPERACIÓN:

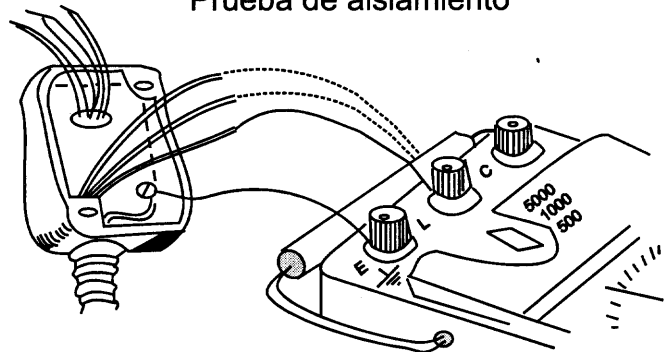
Probar motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER

Se realizará pruebas de resistencia de aislamiento, conexión en alta y baja velocidad, medición de intensidad, tensión y velocidad.

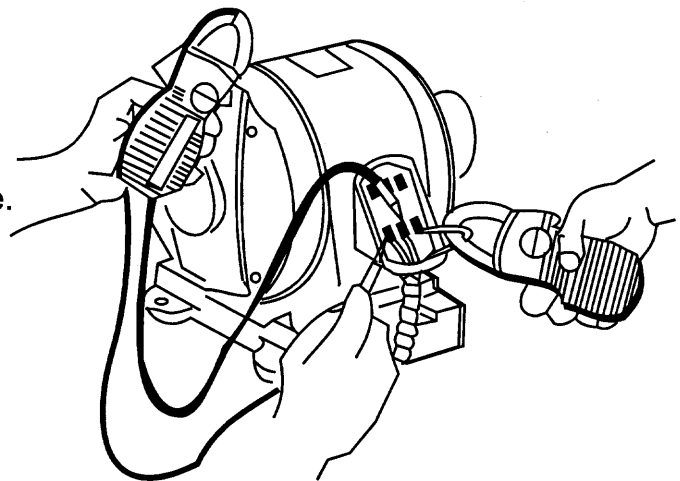
PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique conexiones
 - Baja velocidad
 - Alta velocidad
2. Mida resistencia de aislamiento del motor, conectando las puntas de prueba del megohmetro entre la carcasa y cada uno de los bornes del motor. Luego, pruebe el aislamiento entre fases, retirando las puntas terminales de la placa de bornes.
3. Asegure sobre el banco de pruebas, en forma provisional, el motor a probarse. Revise su área de pruebas y disponga lo mejor posible sus instrumentos.
4. Realice el conexionado del motor en baja velocidad, y mida tensión, intensidad de arranque, intensidad nominal y velocidad sin carga. Compare resultados con los datos anotados en la placa del motor.
5. Repita el paso anterior para el conexionado del motor en alta velocidad.

Prueba de aislamiento



Medición de tensión e intensidad



Ensayo para ruido y vibración
Destornillador



Caja de cojinete

PRECAUCIÓN:

Ante un cortocircuito o sobrecarga, verificar el origen de la falla y solucionar el problema. Resetear y habilitar el circuito cuando estén restablecidas todas las condiciones de la carga y de los aparatos que componen la salida, o volver a ajustar las protecciones de sobrecarga.

OPERACIÓN:

Probar arranque de un motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER.

Verificar elementos, realizar montaje y conexonado, prueba de funcionamiento del motor en baja velocidad y en alta velocidad.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1. Verifique elementos del circuito de potencia y control.

- Continuidad.
- Aislamiento.
- Contactos.
- Bobina.
- Conexiones.
- Testeado.
- Especificaciones técnicas

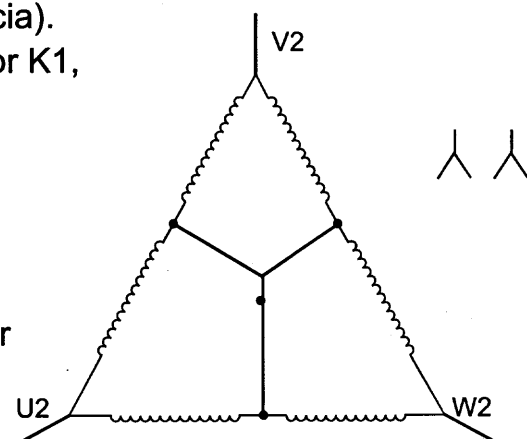
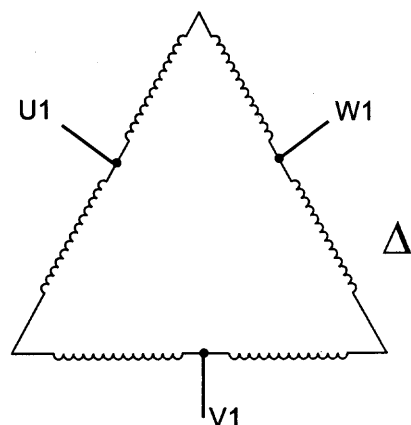
2. Realice el montaje de los elementos del circuito de potencia y control .

3. Conecte elementos.

4. Realice prueba de funcionamiento.

- a. Active disyuntor unipolar (circuito de control) .
- b. Active disyuntor motor (circuito de potencia).
- c. Pulse S2, energiza la bobina del contactor K1, el motor trabaja a velocidad lenta.(Δ)
- d. Mida tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor.
- e. Pulse S1, el motor para
- f. Pulse S3, energiza la bobina del contactor K2, a través de uno de sus contactos auxiliares abiertos K2(13-14), energiza la bobina del contactor K3. El Motor trabaja a velocidad rápida.($\Delta\Delta$)
- g. Idem 'd' y 'e'.

Conexiones



Arranque de un motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER.

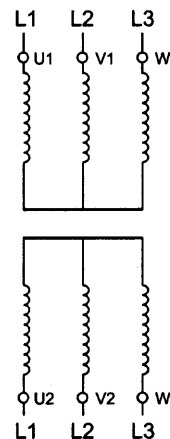
La frecuencia de giro del campo giratorio de un motor asíncrono, y con ella la frecuencia de giro del motor, depende del número de pares de polos de campo del estator.

La conexión DAHLANDER es un sistema especial para el número de polos y tiene una gran importancia cuando se conmuta entre dos frecuencias de giro diferentes. Los fabricantes de máquinas con cambio de número de polos en conexión DAHLANDER diseñan las devanadas de modo que la razón de las potencias tome valores entre:

$$\frac{P_{N, n_{\max}}}{P_{N, n_{\min}}} = 1,5 \dots 1,8$$

1. Motor de dos velocidades con bobinados separados

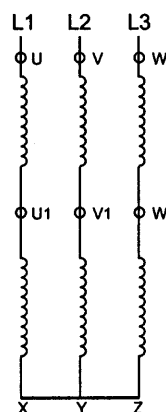
A cada bobinado corresponde una velocidad determinada, que podrá ajustarse a las necesidades del cliente, según sea su utilización. Estos motores al tener doble bobinado son de dimensiones mayores a los que corresponde a su potencia con un solo bobinado. Los dos bobinados se conectan generalmente en conexión estrella, tal como lo representa el esquema.



2. Motor de dos velocidades con bobinado único y conmutación de polos mediante la conexión $\lambda - \lambda\lambda$

a) Velocidad lenta

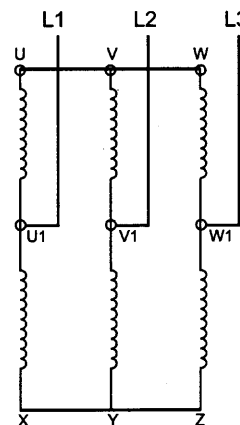
Aplicar tensión en U - V - W, el motor gira con velocidad lenta. Doble polaridad que en velocidad rápida.



(λ)

b) Velocidad rápida

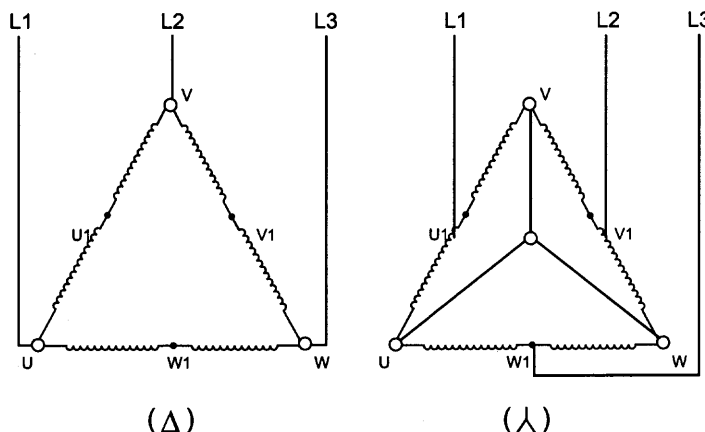
Dando tensión en U1-V1-W1 y cortocircuitando U-V-W se forma la doble estrella y el motor gira con la velocidad rápida. Mitad de polos que en la velocidad lenta.



(λλ)

3. Motor de dos velocidades con bobinado único y conmutación de polos mediante la conexión DAHLANDER, triángulo-estrella ($\Delta - \lambda$)

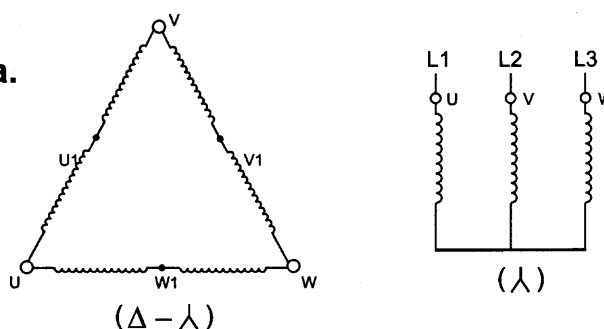
- Velocidad Lenta
Aplicar tensión en U-V-W.
Conexión Δ
- Velocidad rápida
Aplicar tensión en U1-V1-W1 y cortocircuitando en U-V-W.
Conexión λ



Estos motores, como consecuencia de la conmutación de polos, dan potencias útiles diferentes en cada velocidad.

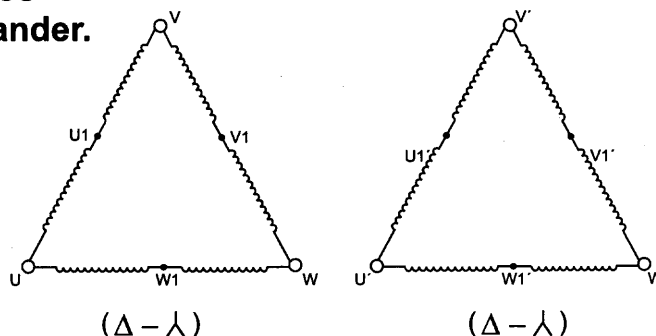
4. Motor de tres velocidades con dos bobinados separados. Uno de tipo DAHLANDER y otro generalmente en conexión estrella.

- Velocidad Lenta
Aplicar tensión en U-V-W.
Conexión Δ
- Velocidad media
Aplicar tensión en U-V-W.
bobinado independiente.
- Velocidad rápida
Aplicar tensión en U1-V1-W1 y cortocircuitar en U-V-W.
Conexión λ

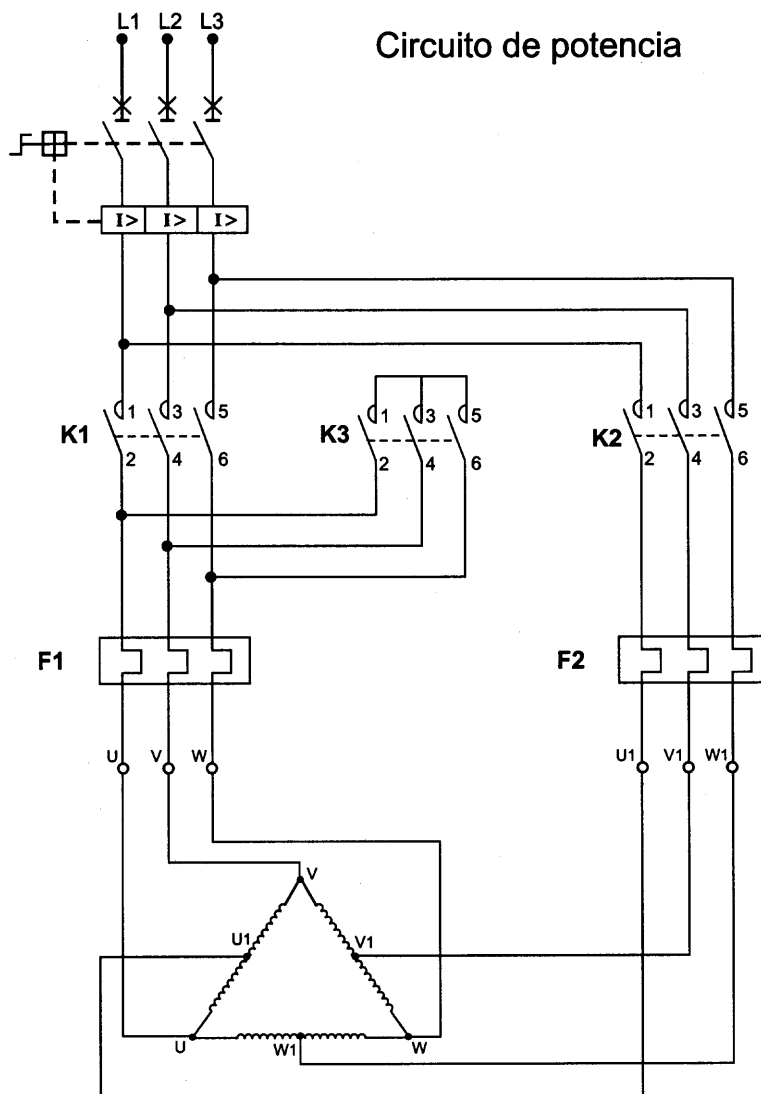


5. Motor de cuatro velocidades con dos bobinados separados de tipo Dahlander.

- Velocidad Lenta
Aplicar tensión en U-V-W.
Conexión Δ del primer bobinado.
- Velocidad semilenta
Aplicar tensión en U1-V1-W1.
Conexión Δ del segundo bobinado.
- Velocidad semirápida
- Velocidad rápida



Esquema de potencia y maniobra para la puesta en marcha de un motor trifásico de dos velocidades con bobinado único, con conmutación de polos, por el sistema DAHLANDER.



Secuencia de funcionamiento

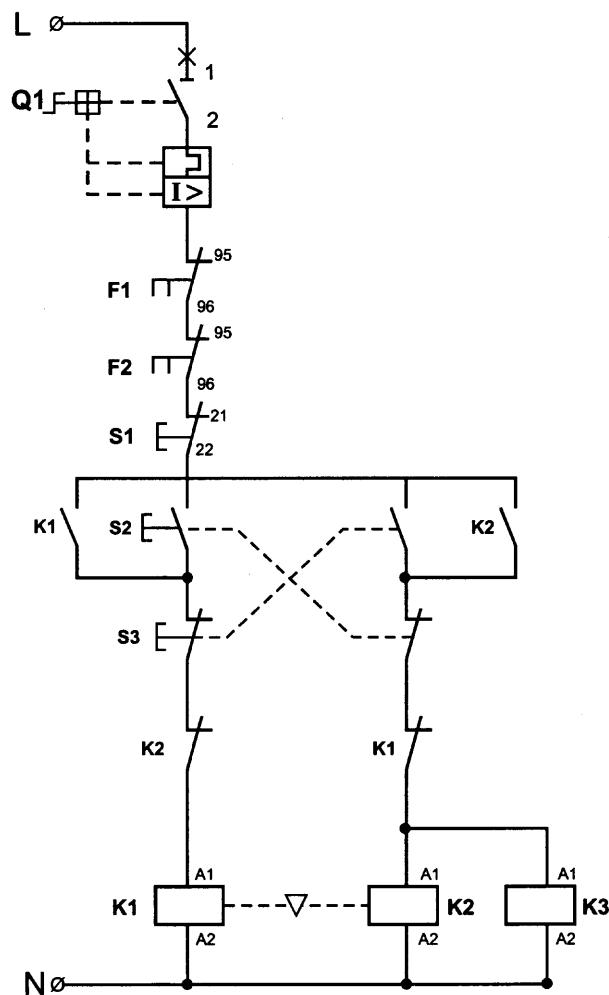
- Se puede seleccionar a voluntad la velocidad lenta o rápido.
- A l pulsar S2 entra la velocidad lenta por medio del contactor K1.
- Motor en conexión triángulo (Δ)
Pulsando S3 entra la velocidad rápida por medio de los contactores K2 y K3.
- Motor en conexión estrella ($\Delta\Delta$)
El contactor K3 cortocircuita U-V-W y el contactor K2 suministra la corriente al bobinado.

Como quiera que las intensidades absorbidas en una y otra conexión son diferentes, es necesario instalar los dos relé térmicos de protección. Los pulsadores S2 y S3 son dobles. Pulsando uno se desconecta la otra marcha si estaba en servicio, entrando a continuación la seleccionada.

El paro general se realiza a través de S1.

Entre las dos maniobras hay enclavamiento mecánico y eléctrico por contactos auxiliares y por los contactos normalmente cerrados de los pulsadores S2 y S3.

Circuito de control



The diagram illustrates the winding connections for a 4-pole, 2-pole, and 2-pole motor. The 4-pole winding is shown at the top, with 24 slots and 4 poles. The 2-pole winding is shown in the middle, with 12 slots and 2 poles. The 2-pole winding is shown at the bottom, with 12 slots and 2 poles. The diagram includes a detailed winding layout for the 4-pole motor, showing the connection of 24 slots to 4 poles. It also shows the connection of 12 slots to 2 poles for the 2-pole motor. The diagram includes a detailed winding layout for the 4-pole motor, showing the connection of 24 slots to 4 poles. It also shows the connection of 12 slots to 2 poles for the 2-pole motor.

Dimensionamiento del circuito de arranque de un motor de inducción trifásico en conexión DAHLANDER.

Realizaremos un ejemplo de la selección de elementos del circuito de potencia y control, tomando como referencia el sistema mostrando en las hojas de tarea / operación.

- Disyuntor motor

Calibre I_n motor máximo

- Contactores electromagnéticos

K1: 1 contactor 3P+ NA+NC, calibre I_n motor a baja velocidad.

K2: 1 contactor 3P+ NA+NC, calibre I_n motor a alta velocidad.

Enclavamiento mecánico entre K1 y K2 recomendado

K3 :1 contactor 3P+ NA+NC, calibre I_n motor a alta velocidad.

- Relés térmicos diferenciales

F1: 1 relé de protección térmica, calibre I_n a baja velocidad.

F2: 2 relé de protección térmica, calibre I_n a alta velocidad.

- Auxiliares de control

S1: Pulsador normalmente cerrado, color rojo.

S2: Pulsador normalmente abierto, color verde

S3: Pulsador normalmente abierto, color verde

Q1: Disyuntor unipolar de 2A

- Selección de conductores

➤ Circuito de potencia : Los conductores de alimentación del motor y el conductor de protección se selecciona en base a la I_n motor a alta velocidad.

➤ Circuito de control : Los conductores del circuito de control alimentan las bobinas de los contactores. Cable recomendado : N18 AWG tipo TFF.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD EN LA PUESTA A TIERRA

- Con la puesta a tierra de una instalación eléctrica se consigue que en caso de fallo (defecto del aislamiento) la corriente de fallo circule de la cubierta puesta a tierra del utillaje eléctrico en cuestión a través de la toma de tierra de servicio y del subsuelo hasta la toma de tierra del transformador de red.
- El método de protección por puesta a tierra consiste en una unión directa de las partes metálicas de las cubiertas de aparatos eléctricos con tomas a tierra.
- Dimensionando y proyectando adecuadamente la resistencia de difusión a tierra y el dispositivo de protección contra sobre intensidad, debe conseguirse que la corriente de fallo (corriente de cortocircuito) sea lo suficiente para que se desconecte la instalación.
- Para poder hacer una buena conexión a tierra o terrizado de un motor u otra máquina rotatoria, es necesario conocer bien la finalidad de tal conexión. El voltaje (o diferencia de potencial) entre las partes no portadoras de corriente de un motor y su equipo eléctrico, y entre esos elementos y lo que se conoce como tierra, debe limitarse a un valor seguro en todas las condiciones de funcionamiento normales y anormales, y se debe proporcionar una trayectoria de retorno de baja impedancia para la corriente de falla derivada a tierra; una impedancia elevada podría permitir la operación de voltajes peligrosos durante una falla, y ocasionar el mal funcionamiento de los aparatos protectores. Además puede producir arcos y calentamientos excesivos.

Precauciones de seguridad en la identificación de los bornes del motor trifásico en conexión DAHLANDER

- Los terminales del motor, en caja de bornes, deberán identificarse adecuadamente. Se recomienda diferentes colores del forro de los conductores terminales y marcadores engrampados y rotulados.

De no identificarse correctamente los terminales del motor, al conectarlo y darle marcha puede ocasionar daños en su bobinado y en el circuito de arranque.



**PROPIEDAD INTELECTUAL DEL SENATI
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN Y VENTA
SIN LA AUTORIZACIÓN CORRESPONDIENTE
DISEÑO ESPECIAL PARA EL MINDEF**

Edición Febrero 2012



**Este documento ha sido elaborado por el SENATI, para la
capacitación de los Licenciados del Servicio Militar**