

<i>Automatismos eléctricos</i>	<i>1</i>
<i>1. Conveniencia de los circuitos de mando</i>	<i>1</i>
<i>2. Necesidad de los elementos de protección</i>	<i>1</i>
<i>3. Elementos en una instalación eléctrica</i>	<i>2</i>
3.1. Pulsador	2
3.2. Contactor	3
3.3. Relé	4
3.3.1 Relés usados en protección	4
3.3.2 Relés usados en control	4
3.4. Cortacircuitos fusible o fusible	5
3.5. Seccionador	5
3.6. Disyuntor	5
3.7. Interruptor	6
3.8. Interruptor automático	6
3.8.1 Pequeño interruptor automático	6
3.9. Interruptor diferencial	7
<i>4. Designación de aparatos y puntos de conexión</i>	<i>7</i>
<i>5. Esquemas de arranque de máquinas de inducción</i>	<i>10</i>
5.1. Arranque directo de un motor de inducción	10
5.2. Arranque con inversión de giro	11
5.3. Arranque estrella-triángulo	12

Automatismos eléctricos

Un automatismo eléctrico constará de uno o varios circuitos cuya finalidad es la de alimentar eléctricamente a unos actuadores encargados de realizar un trabajo. Este trabajo será típicamente mecánico aunque también podría ser calorífico, o generar un aviso luminoso, sonoro... El resultado del actuador también podría ser la conexión de sistemas de potencia o generadores eléctricos.

1. Conveniencia de los circuitos de mando

Cuando se pretende alimentar un actuador o sistema eléctrico permitiendo cierto grado de maniobra -no limitada únicamente a la apertura o cierre- es conveniente separar el esquema eléctrico en dos: uno principal o de potencia y otro secundario o de mando (y señalización).

El circuito principal será el encargado de transmitir la potencia al elemento accionado. Constará de tres o cuatro hilos o conductores en el caso de alimentación alterna trifásica o de dos hilos en caso de alimentación monofásica o de corriente continua y a los niveles adecuados de tensión (220 V o superior). Estos conductores deberán soportar el paso de la corriente para el que las máquinas estén diseñados.

El circuito de mando será el encargado de realizar las funciones de temporización, autorretención, enclavamiento, etc. que nos permitan un mayor control del proceso o dispositivo. Consta de dos hilos porque se trabaja generalmente con alimentación alterna monofásica de 220 V o menor. Los elementos que forman parte del circuito de mando no maniobran con elevadas potencias y por tanto no se les exigen las mismas condiciones que los elementos del circuito de potencia (son más baratos).

De este modo, al separar el circuito en dos, se consigue:

- Una simplificación en los esquemas, pues se trabaja con dos esquemas diferentes más sencillos
- Un ahorro en cableado, pues el mando se encarga a un circuito monofásico en vez de trifásico (el usual en la industria)
- Un ahorro en los elementos, pues a los elementos del circuito de mando no se les exigen las mismas características que a los de potencia.

Si el elemento a alimentar es de escasa potencia y la maniobra que se pretende realizar es simple, no suele haber esta separación.

2. Necesidad de los elementos de protección

Además de las acciones de maniobra que pueden englobarse en lo que se denominaría la operación normal de la instalación, existen otras acciones que son necesarias para proteger los elementos de la instalación o para proteger a las personas. De estas acciones se encargan los elementos de protección.

Dentro del primer grupo, los destinados a la protección de los elementos, se encuentran todos los dispositivos encargados de detectar condiciones anormales de funcionamiento y de realizar las acciones oportunas para evitar las consecuencias dañinas de ese mal funcionamiento. Estas acciones generalmente provocan la interrupción de la alimentación del elemento en situación anormal. Esta acción de interrupción a veces es instantánea tras la detección de la situación y otras veces permite cierto retardo en función de la gravedad de la situación. Los principales elementos dentro de este grupo son los relés térmicos o magnetotérmicos y los fusibles, que se encargan de detectar (los relés) o detectar y despejar (los fusibles) las sobrecargas y cortocircuitos.

En este sentido conviene introducir el concepto de condiciones nominales. Son aquellas por encima de las cuales el equipo no está garantizado que funcione perfectamente durante el periodo de vida del mismo:

- Si se trabaja por encima de la tensión nominal, es posible que los aislamientos no soporten esa tensión y se produzcan descargas y contorneamientos. También puede dar lugar a corrientes mayores de las esperadas.
- Si se trabaja por encima de la intensidad nominal las pérdidas por efecto Joule son demasiado elevadas y es posible que el sistema de refrigeración del equipo no permita disipar ese calor, con lo que la temperatura sube excesivamente y puede dañar el aislamiento. Por otro lado, un par por encima del nominal en una máquina rotativa puede producir una fatiga excesiva del material o directamente ocasionar la rotura del eje.

Dentro del segundo grupo de dispositivos de protección, los que se refieren a la protección de las personas, el principal es el relé diferencial, que detecta fugas de corriente.

3. Elementos en una instalación eléctrica

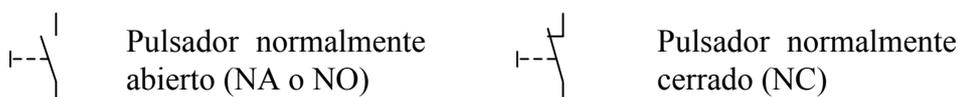
A continuación se describirán brevemente los principales elementos de los circuitos de mando, protección y potencia de baja tensión.

3.1. Pulsador

Es un contacto que tienen una sola posición estable. Esta posición estable permitirá el paso de corriente y en este caso será un pulsador normalmente cerrado o pulsador de apertura (o pulsador de paro), o bien no lo permitirá y será un pulsador normalmente abierto o pulsador de cierre (o pulsador de marcha).

Cuando el pulsador normalmente cerrado es activado manualmente (se pulsa), el contacto se abre, y abre también el circuito durante el tiempo en que se mantiene pulsado. Cuando el pulsador normalmente abierto es activado, el contacto se cierra, y realiza la conexión eléctrica entre sus contactos. Al dejar de pulsar, el circuito se abre y cesa la alimentación del elemento maniobrado.

Se encuentra en el circuito de mando o control y su representación es (según las normas DIN).



3.2. Contactor

Es un elemento de accionamiento electromagnético con una posición de reposo. Su misión es la de establecer la corriente de alimentación de un dispositivo eléctrico (típicamente un motor) al ser accionado, o bien modificar la forma en que sea alimentado el dispositivo eléctrico. Esto se consigue aplicando tensión a la bobina del contactor. Cuando la bobina deja de ser excitada, sus contactos volverá a su estado de reposo dejando de alimentar la instalación o motor al que estaba conectado. En definitiva, el contactor permite, al ser activado, o impide, al ser desactivado, el paso de corriente en una parte del circuito de potencia.

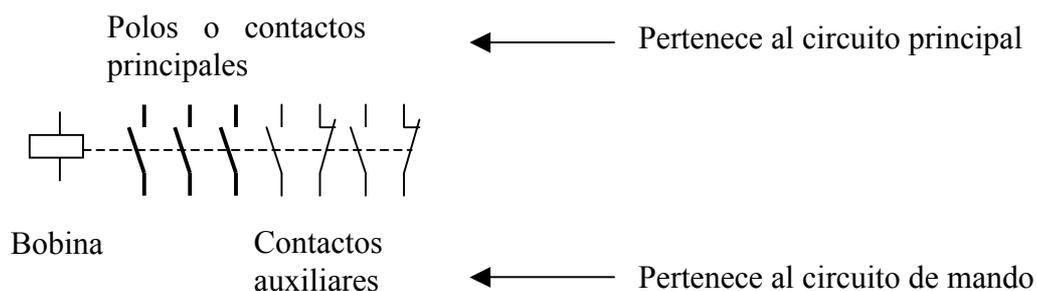
Es, por tanto, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito incluidas las de leve sobrecarga.

El contactor sirve para comunicar las órdenes finales obtenidas del circuito de mando al circuito principal, aunque no hay contacto eléctrico entre ambos.

Los principales constituyentes son:

1. El electroimán: Formado por un circuito magnético y una bobina. Es el órgano activo. Cuando se aplica una tensión a la bobina, el yugo (parte fija del circuito magnético) atrae al martillo (parte móvil), y este, en su movimiento, arrastra a todos los contactos que van solidariamente unidos a él. De esta manera, la aplicación de una tensión a la bobina del contactor (dentro del circuito de mando) se transforma en la apertura y cierre de una serie de contactos (del circuito de potencia y también del de mando).
2. Los polos o contactos principales: Son los elementos que establecen y cortan las corrientes del circuito principal. Esto se consigue por unión o separación de sus contactos, lo que produce un arco eléctrico que hay que controlar, especialmente en la desconexión. Por eso, los contactos de los polos son las piezas que están sometidas al trabajo más duro en el contactor.
3. Contactos auxiliares: Son los elementos que establecen y cortan corrientes en el circuito de mando. Realizan las funciones de señalización, enclavamiento, autorretención...

Una de las formas en que se representa el contactor (en este caso un contactor trifásico con dos contactos auxiliares NC y dos NA) es



Es accionado (directa o indirectamente) por pulsadores (marcha), o relés térmicos.

3.3. Relé

Elemento típicamente usado en protección aunque por su funcionamiento puede desempeñar funciones de maniobra.

3.3.1 Relés usados en protección

Son dispositivos que muestrean una o varias magnitudes eléctricas y en función de su valor o de la relación entre las magnitudes son capaces de detectar si existe un mal funcionamiento del sistema que están controlando.

Esta condición suele ser la de una excesiva intensidad, pero también puede producirse el disparo (apertura de contactos), por una excesivamente grande o pequeña tensión o frecuencia, por una inadecuada dirección de la potencia (funcionamiento como motor de alternadores), por una baja o elevada intensidad en el circuito de excitación de máquinas síncronas...

Al advertir una determinada condición indicativa de un mal funcionamiento, o bien se produce la apertura de sus polos (contactos) interrumpiendo la alimentación de un circuito eléctrico o máquina, o bien dan la orden de apertura al dispositivo encargado de la desconexión. Aunque pocos, existen también relés que al detectar dicha condición, la acción que producen es distinta a la de interrupción de la alimentación como puede ser un aviso a los operarios de mantenimiento.

En baja tensión y para pequeñas potencias al elemento sensible que detecta la condición de apertura se le incorpora en el mismo cuerpo otro elemento actuador que realmente produce la apertura de los polos. En alta tensión o con potencias elevadas estos dos elementos están separados en un órgano sensible (relé propiamente dicho) y el órgano actuador o mecanismo de disparo (contactor o contactor más disyuntor¹).

Los principales y más sencillos relés de protección que se encuentran en una instalación son los:

- **relés térmicos** que protegen al circuito frente a sobrecargas (intensidades por encima de la nominal); no actúan instantáneamente sino que el tiempo que tardan en abrir sus polos (o dar la orden de apertura) depende de cuánto más elevada es la intensidad por encima de la nominal
- **relés magnetotérmicos** que unen a su característica térmica un elemento que opera instantáneamente por acciones electromagnéticas cuando la intensidad es muy superior a la nominal, previsiblemente porque existe un cortocircuito cercano; la acción magnética puede llevar incorporada un retardo independiente de la intensidad

3.3.2 Relés usados en control

Se encuentran en el circuito de control. Son muy típicos los:

- **relés de tiempo o temporizados** como los relés de retardo a la conexión que no abren o cierran sus contactos hasta que no ha transcurrido un cierto tiempo desde que se le da la orden (desde que se excita la bobina del relé); o los relés de

¹ Quizá de forma confusa, pero muy extendida en alta tensión, se denomina también interruptor al elemento actuador que interrumpe la alimentación cuando el relé detecta una situación anómala.

retardo a la desconexión, que conmutan sus contactos cuando se da la orden, manteniendo esta conmutación hasta pasado un tiempo desde que se deja de aplicar dicha orden

- **relés de conmutación** que abren o cierran sus contactos cuando se alimenta su bobina, sin temporización; se asemejan a los contactores pero sin contactos principales.

3.4. Cortacircuitos fusible o fusible

Elemento únicamente de protección frente a cortocircuitos. Se compone de un hilo delgado que se funde por efecto Joule al ser atravesado por la corriente de cortocircuito. En altas potencias, existen fusibles trifásicos que al fundirse alguno de los hilos, produce la apertura en las otras fases, evitando así una peligrosa (para motores) alimentación desequilibrada.



Las características de los fusibles dependen del elemento al que protegen. Así los fusibles destinados a proteger dispositivos semiconductores han de fundirse rápidamente al sobrepasar la intensidad nominal mientras que los destinados a proteger motores deben aguantar las puntas de arranque sin fundirse durante el tiempo que dura el arranque de los motores.

3.5. Seccionador

Elemento de maniobra más propio de alta tensión o altas intensidades.

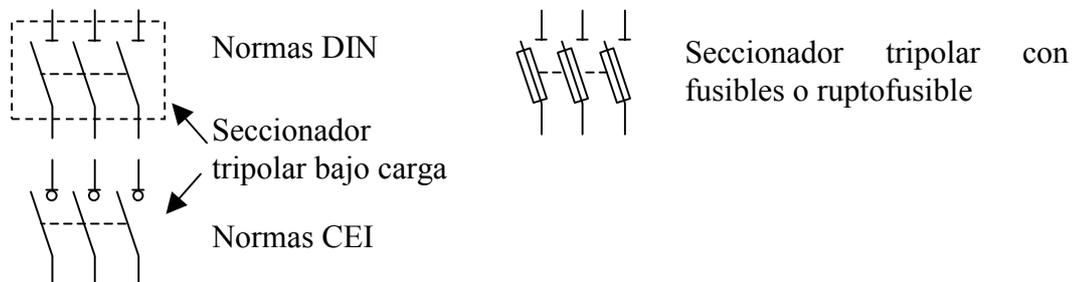


Asegura la apertura de un circuito dejando partes de la instalación sin tensión. Son muy útiles, por ejemplo, para realizar labores de mantenimiento en una línea o equipo.

No pueden abrir ni cerrar bajo carga (pasando intensidad), a menos que no se produzca cambio apreciable de tensión en los bornes de cada uno de sus polos.

En el caso de poder abrir o cerrar bajo carga, se denominan *seccionadores bajo carga* o interruptores-seccionadores. Pueden llevar un fusible incorporado, que actuaría ante cortocircuitos, y se denominaría *ruptofusible*.

Estos últimos son más usuales en la industria.

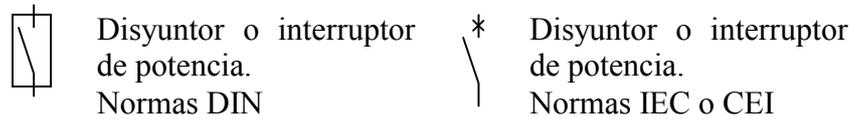


3.6. Disyuntor

Elemento de protección accionado por un relé. Es capaz de interrumpir corrientes de cortocircuito (muy elevadas). Su poder de corte (intensidad que es capaz de interrumpir)

depende principalmente de las características de los polos y de la capacidad de eliminar el arco que se establece al intentar interrumpir una intensidad elevada por la separación de los polos.

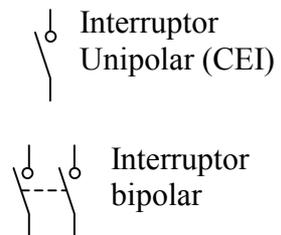
También puede interrumpir intensidades de operación normal o sobrecarga, o establecer la corriente eléctrica (es más fácil cerrar un circuito y establecer una corriente que abrir el circuito e interrumpir la misma corriente).



3.7. Interruptor

Elemento de maniobra con dos posiciones estables. Interrumpe o establece la intensidad nominal o con leve sobrecarga. Aunque se confunde este término con el de disyuntor, el interruptor propiamente dicho de baja tensión no interrumpe la intensidad de cortocircuito.

Dentro de los circuitos de control en baja tensión es posible encontrarlos como elemento de maniobra, aunque en estos casos se suele emplear otros términos como *posicionador*, *selector*, *interruptor de posición* o *conmutador*. Es un contacto con dos posiciones estables. En una el contacto está abierto y en la otra, cerrado. Algunos tipos de conmutadores, pueden establecer más de un circuito, o bien abrir un circuito a la vez que cierran otro.



3.8. Interruptor automático

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales como las de cortocircuito.

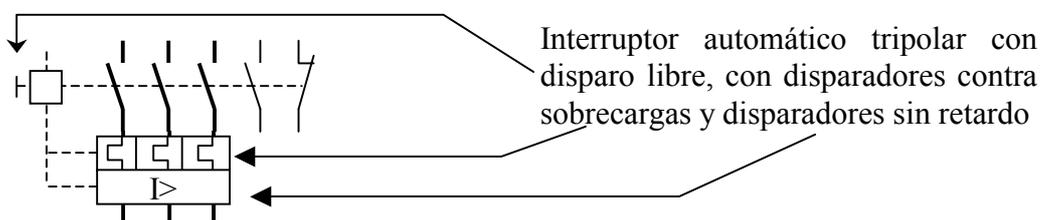
Son dispositivos diseñados de forma que al detectar cierto tipo de anomalía en el circuito, ordena su propio disparo, dejando el circuito abierto.

Es un elemento de protección que se encuentra en el circuito de potencia.

3.8.1 Pequeño interruptor automático

Interruptor automático empleado en instalaciones de baja tensión de poca potencia, por ejemplo viviendas, cuando $V < 415V$ e $I < 82A$. Es un elemento de maniobra y protección.

Los relés magnetotérmicos con mecanismo de disparo incorporado son de este tipo.



3.9. Interruptor diferencial

Elemento de protección que detecta los defectos de aislamiento. Da lugar a disparo instantáneo cuando existe una intensidad que se deriva a masa por encima de un determinado valor (30 mA o 300 mA).

Si existe un defecto de aislamiento, un conductor puede quedar unido eléctricamente a la carcasa o a alguna parte accesible por el personal, con lo que dicha parte estaría a un potencial (tensión) peligroso para el operario. Para evitarlo, si la instalación tiene una adecuada toma de tierra se derivará una intensidad en el momento en que se produzca dicho defecto de aislamiento y el interruptor diferencial interrumpirá la alimentación no permitiendo la conexión hasta que no se detecte y repare el defecto.

4. Designación de aparatos y puntos de conexión

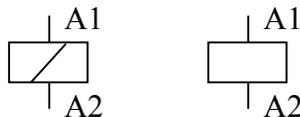
Los aparatos reciben una denominación simbólica compuesta de tres caracteres: A F N o A N F donde:

A es una letra indicativa del tipo de aparato, según la tabla I

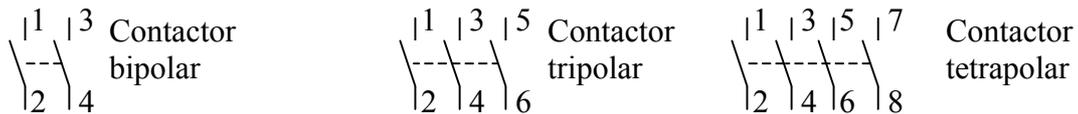
F es una letra indicativa de la función del aparato según la tabla II . No es obligatoria

N es un número ordinal para distinguir entre dos aparatos y/o funciones

Los bornes de las bobinas de los contactores se identifican con una letra y un número



Los contactos principales de los aparatos de maniobra y protección se caracterizan mediante cifras de un solo dígito. Los puntos de conexión de un contacto principal se designan mediante un número impar y el número inmediatamente superior a él.



Los contactos auxiliares de los aparatos de maniobra se caracterizan con cifras de dos dígitos. El dígito de las unidades es la cifra de función (abierto / cerrado, función especial) y el de las decenas es la cifra ordinal que indica el número de par de contactos entre los que tiene el aparato de maniobra.

Para los contactos normalmente cerrados sin función especial (de contactores, pulsadores...) se emplean 1 y 2 como cifras de las unidades. Para los contactos normalmente abiertos, se emplea 3 y 4.

Los contactos auxiliares con funciones especiales, como los contactos de acción retardada o los auxiliares correspondientes a relés de protección, se designan con las cifras de función 5 y 6 si son contactos normalmente cerrados y con las cifras 7 y 8 si son normalmente abiertos.

Los contactos se identifican con la misma designación que el aparato a que pertenece.

Tipo de aparato	Ejemplos
A Grupos constructivos, partes de grupos constructivos	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser máser, combinaciones de aparatos
B Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas y al contrario	Transductores de presión o posición, sondas termoeléctricas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos, micrófonos, pie-up, altavoces, aparatos de campo giratorio
C Condensadores	
D Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios	Conductores de retardo, elementos biestables, elementos monoestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cintas magnéticas
E Diversos	Instalaciones de alumbrado, instalaciones de calefacción, instalaciones que no están indicadas en otro lugar de la tabla
F Dispositivos de protección	Fusibles, descargador de tensión, relés de protección, disparador
G Generadores	Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores
H Equipos de señalización	Aparatos de señalización ópticos y acústicos
J -	-
K Relés, contactores	Contactores de potencia, contactos auxiliares, relés auxiliares, relés intermitentes, relés de tiempo, relés Reed
L Inductividad	Bobinas de reactancia
M Motores	
N Amplificadores, reguladores	Circuitos integrados
P Instrumentos de medición, equipos de pruebas	Instrumentos de medición, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes
Q Aparatos de maniobra para altas intensidades	Interruptores de potencia, seccionadores, interruptores de protección, interruptores para protección de motores, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles
R Resistencias	Resistencias, potenciómetros, reostatos, shunts, resistencias en derivación, termistores
S Interruptores, selectores	Pulsadores, interruptores de posición, interruptores de mando, conmutador-selector, selector rotativo, adaptadores selectores, emisores de señales
T Transformadores	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad
U Moduladores, convertidores	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, convertidores, inversores, ondulatorios
V Válvulas, semiconductores	Válvulas de vacío, válvulas de descarga en gases, diodos, transistores, tiristores, rectificadores
W Vías de conducción, guía ondas	Hilos de conexión, cables, guía ondas, acoplamientos dirigidos por guía ondas, dipolos, antenas parabólicas
X Bornes, clavijas, enchufes	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de pruebas, regletas de bornes, regletas de soldadura
Y Equipos eléctricos accionados mecánicamente	Frenos, embragues, electroválvulas
Z Equipos de compensación, filtros, limitadores	Circuitos para imitación de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal

Tabla I. Letras para la designación de un aparato

Funciones generales	
A	Función auxiliar
B	Dirección de movimiento (adelante, atrás, subir, bajar)
C	Contar
D	Diferenciar
E	Función “conectar”
F	Protección
G	Prueba
H	Señalización
J	Integración
K	Servicio Pulsante
L	Designación de conductores
M	Función principal
N	Medida
P	Proporcional
Q	Estado (marcha, parada, limitación)
R	Reposición, borrar
S	Memorizar, registrar, grabar
T	Medida de tiempo, retardar
U	
V	Velocidad (acelerar, frenar)
W	Sumar
X	Multiplicar
Y	Analógica
Z	Digital

Tabla II. Letras para la designación de funciones generales

Función del conductor	Designación alfanumérica
Red de corriente alterna	
fase 1	L1
fase 2	L2
fase 3	L3
neutro	N
Red de corriente continua	
polo positivo	L +
polo negativo	L -
neutro	M
Conductor de protección	PE
Neutro con función de protección	PEN
Conductor de protección no puesto a tierra	PU
Tierra	E
Tierra con poca tensión proveniente de otras redes	TE
Masa	MM

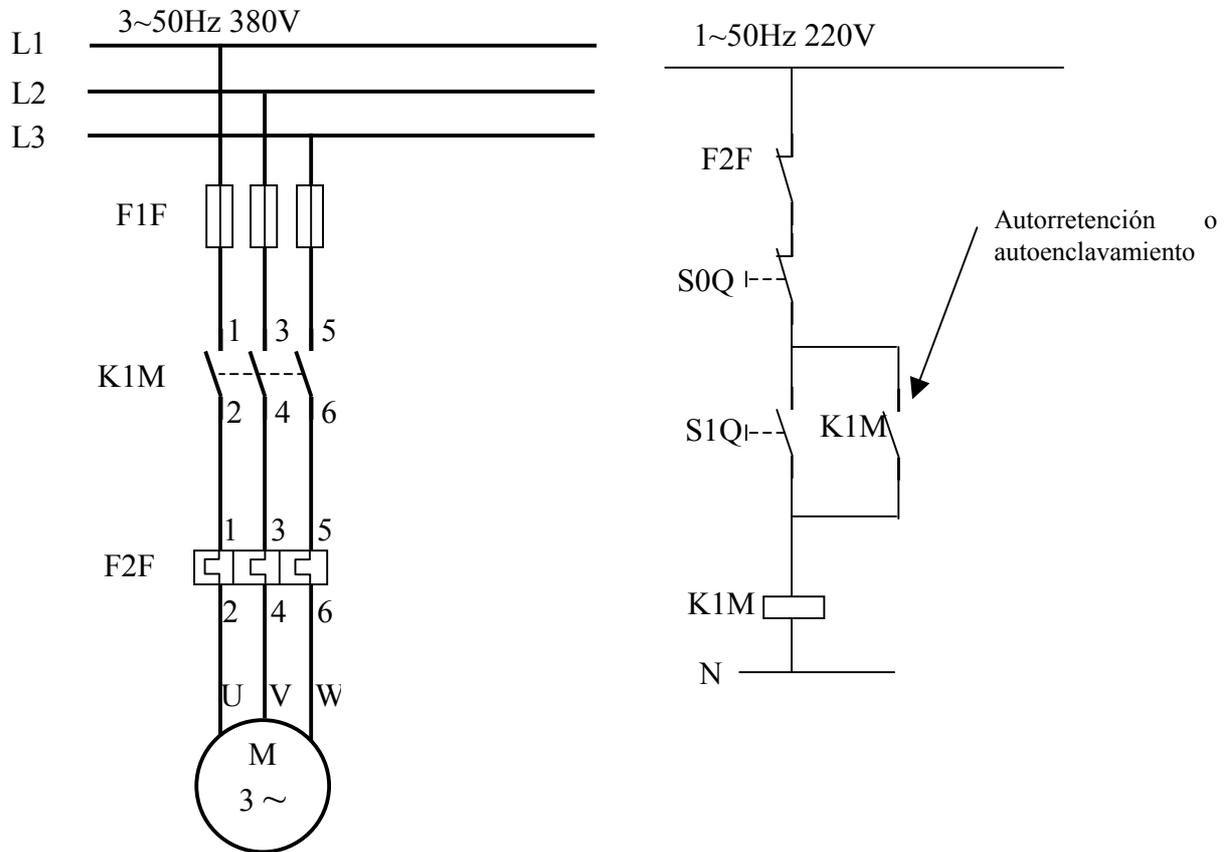
Tabla III. Designaciones de algunos conductores y sus puntos de conexión

Función del conductor	Color
Conductor a tensión en circuito de corriente alterna	Negro, gris o marrón. Se utilizarán los tres colores si es necesaria conservar la secuencia de fases
Conductor de neutro en circuito de corriente alterna	Azul
Conductor de protección	Amarillo y verde
Conductor a tensión en circuito de corriente continua	Rojo
Conductor a tensión de referencia en circuito de cc	Negro

Tabla IV. Marcado de conductores

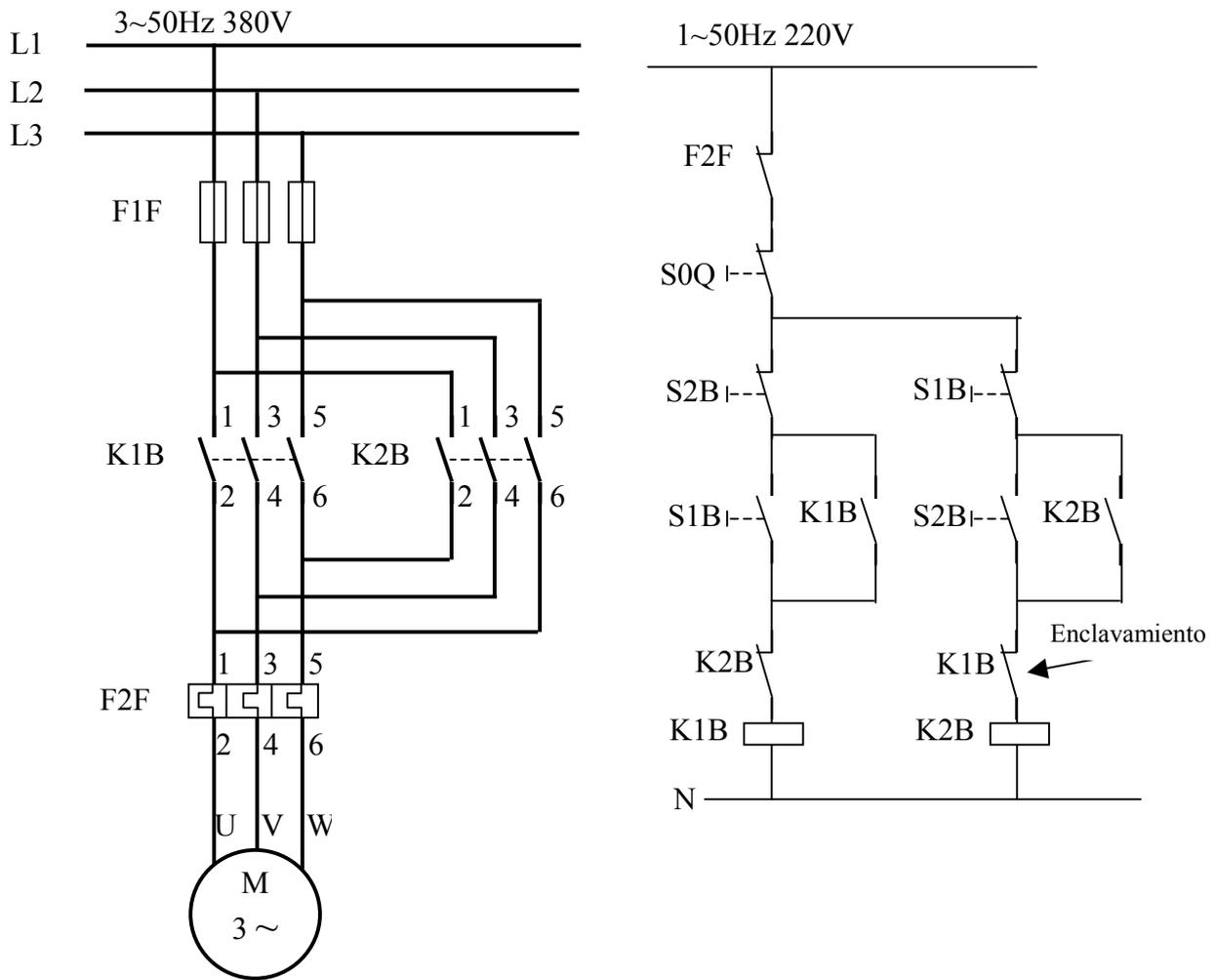
5. Esquemas de arranque de máquinas de inducción

5.1. Arranque directo de un motor de inducción



5.2. Arranque con inversión de giro

Se trata de cambiar la secuencia de fases de alimentación al motor, p.ej. L1 L2 L3 a L3 L2 L1. Para cambiar de un sentido de giro al contrario, no es necesario pulsar antes el pulsador de paro (sí sería necesario si no estuviesen los contactos normalmente cerrados de S1B S2B). El enclavamiento producido por los contactos normalmente cerrados de K2B y K1B impide físicamente que se active una bobina estando excitada la otra, con lo que evita un posible cortocircuito bifásico.



5.3. Arranque estrella-triángulo

Arranque muy utilizado en la industria pues permite disminuir en 1/3 la intensidad de arranque del motor de inducción (por la líneas de alimentación que llegan al motor), y por tanto, disminuye las caídas de tensión en los equipos cercanos. Se utiliza cuando la configuración final es triángulo. Al activar el pulsador de marcha, el motor arranca con conexión estrella. Una vez cercana a la velocidad nominal del motor, se pasa a triángulo, con lo que el motor trabaja a tensión nominal. En esta situación se quedará hasta que se active el pulsador de paro.

