

TECNOLOGÍA DE CONTROL



COMANDO Y PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS:

Contactores

Relés Térmicos de Protección

El Interruptor Termomagnético

El Fusible de Baja Tensión

El Guardamotor

4°B – ELECTRÓNICA

2012



1. CONTACTORES

Los contactores son los aparatos de maniobra más utilizados en la industria y en las instalaciones eléctricas de edificios, viviendas y comercios. Habitualmente se lo utiliza para la maniobra de motores asincrónicos trifásicos. Su gran ventaja frente a los interruptores es que permite maniobrar la carga a distancia, realizar funciones de bloqueo, enclavamiento, secuencia, señalización, es decir, automatismos en general.

Un contactor no es más que un relé, es decir, una bobina de accionamiento que, al recibir tensión entre sus bornes, cierra una armadura. El movimiento de esta armadura se transmite mediante un "portacontactos" a los contactos del aparato. La diferencia entre un contactor y un relé es que los contactos de un contactor son capaces de manejar la corriente de un motor. Esta corriente tiene características que habitualmente un relé común no puede manejar: alta intensidad de corriente de arranque, la duración de esta corriente de arranque y su bajo factor de potencia.

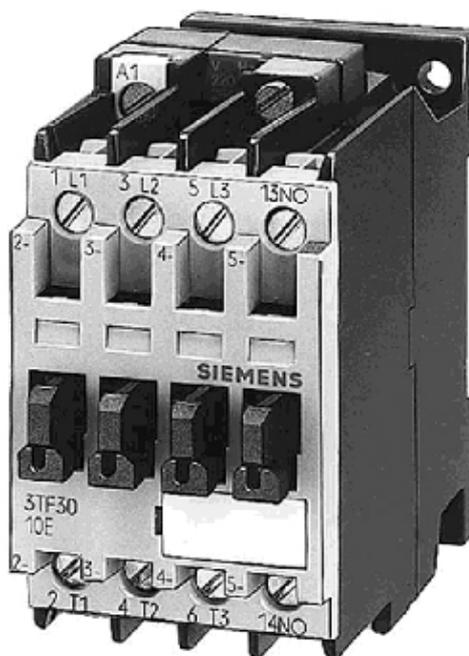
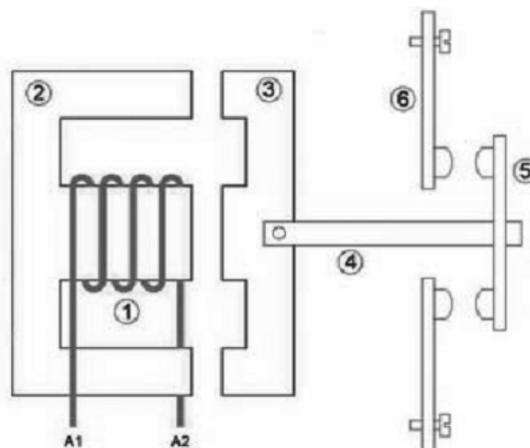


Figura 1.- Contactor para el manejo de cargas trifásicas.

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El contactor, como un relé, cuenta con una bobina de accionamiento que, al recibir tensión entre sus bornes, produce un campo magnético que cierra a un electroimán. El movimiento de la parte móvil del electroimán mueve a un portacontactos donde están instalados las piezas móviles de los contactos del aparato. Tenemos así, un aparato de maniobras con las características de un relé con el que podemos realizar tareas de automatismo y mando a distancia; algo que con los aparatos de mando manual no es posible.

Cuando a la bobina del electroimán se le aplica una tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de sus contactos un circuito entre la red de alimentación y la carga. Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre, interrumpiendo así el paso de la corriente hacia la carga. Los contactos de maniobra del contactor se llaman contactos principales y realizan las tareas de cierre y apertura del circuito y se encuentran incluidos en el "porta-contactos", el cual es desplazado por la bobina.



- 1.- Bobina de accionamiento.
- 2.- Parte fija del núcleo del electroimán.
- 3.- Parte móvil del núcleo del electroimán.
- 4.- Porta contactos.
- 5.- Pieza de contacto móvil.
- 6.- Pieza de contacto fija.

Figura 2.- Esquema básico de un contactor.

El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando (bobina) recorrido por una corriente de baja intensidad.
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma manual o 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 confiable, 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 cortes en el suministro eléctrico (mediante pulsadores de control).
- Facilita la distribución de los puestos de parada 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 a la carga contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Puede incluirse en equipos de automatismos sencillos o complejos.

1.3 PARTES CONSTITUTIVAS

1.3.1 El electroimán

El electroimán es el elemento motor del contactor. Sus elementos 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.



En el caso de un contactor, cuya bobina sea alimentada con C.A, su circuito magnético se encuentra compuesto por dos piezas en forma de "E", una fija y otra móvil. Estas piezas se encuentran formadas por chapas de acero al silicio remachadas, para reducir las *corrientes de Foucault* (ver apéndice A). El cierre del circuito magnético deja un pequeño entrehierro que evita que se forme un magnetismo remanente que impida la abertura cuando cese la corriente. Para asegurar la abertura, todos los contactores disponen de resortes de retorno; que, además, tienen la misión de garantizar una apertura brusca. Al estar la bobina alimentada por una corriente alterna, se genera un flujo magnético alterno, lo que produciría una vibración. Para evitar este inconveniente se utiliza una o dos "espiras de sombra" o "espiras de Frager" que generan un flujo desfasado 120° del principal, de manera que, cuando el flujo principal pasa por cero, el auxiliar tiene un valor tal que evita que la armadura se abra.

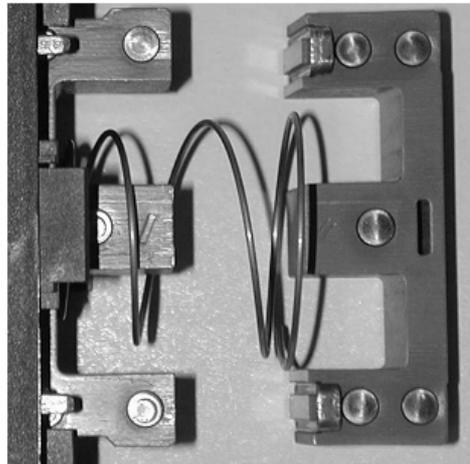


Figura 3.- Circuito magnético de un contactor de C.A.

Para C.C no se presentan en el núcleo las pérdidas por calentamiento que producen las corrientes de Foucault por lo que el núcleo puede ser macizo y de construcción robusta. Un núcleo formado por chapas puede ser utilizado sin inconvenientes en C.C, pero los núcleos de C.C no pueden utilizarse en C.A.

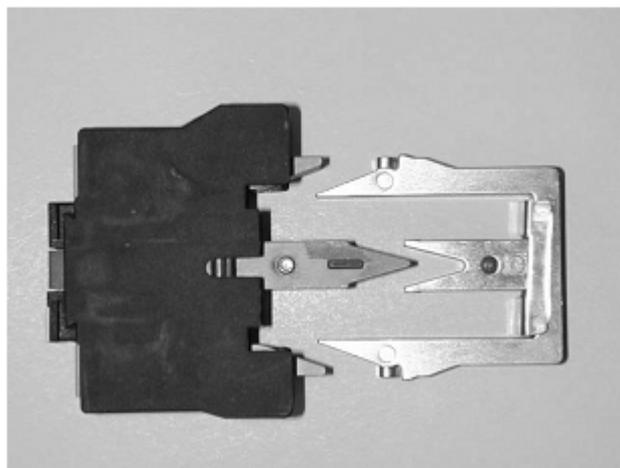


Figura 4.- Circuito magnético de un contactor de C.C.



La bobina genera el flujo magnético necesario para atraer la armadura móvil del electroimán. Está 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.

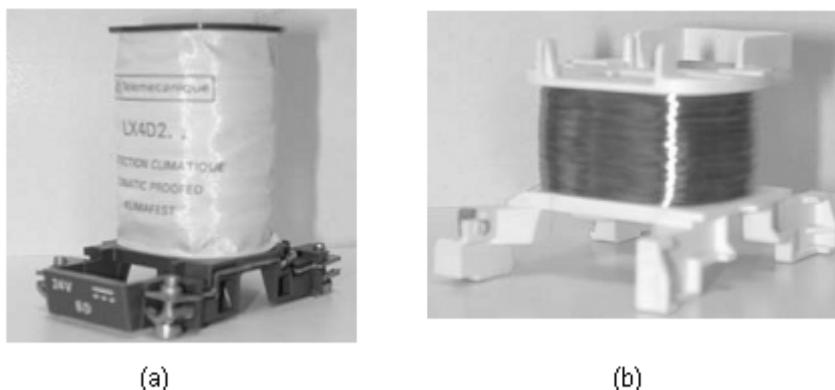


Figura 5.- Bobina de un contactor: (a) C.C - (b) C.A.

En corriente alterna, el valor de la corriente de la bobina se determina por su impedancia. La presencia de un entrehierro de grandes dimensiones (al encontrarse el contactor en reposo) determina que la reluctancia¹ del circuito magnético sea muy elevada, por lo que la impedancia que presenta la bobina es de un valor muy bajo.

Lo expresado en el párrafo anterior surge de la ecuación que relaciona ambas propiedades:

$$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}}$$

La corriente de excitación de la bobina I_a tiene un valor elevado y se limita casi exclusivamente con la resistencia de la bobina. En posición de trabajo, el circuito magnético cerrado tiene una reluctancia baja que determina un fuerte aumento de la impedancia de la bobina. Esta impedancia elevada limita la corriente a un valor I_f notablemente inferior a I_a (de 6 a 10 veces menor).

En síntesis, la corriente de la bobina disminuye simplemente a causa del aumento de la impedancia resultante de la disminución del entrehierro. Esta corriente es suficiente como para mantener cerrado el circuito magnético.

Para corriente continua el valor de la corriente solo depende de la resistencia de la bobina. Las características de la bobina al ser excitada establece una corriente I_a suficiente para enclavar al contactor. Cuando el electroimán se encuentra cerrado, el valor de la resistencia sigue siendo el mismo y la corriente sigue siendo igual a la corriente de excitación I_a . En realidad, una corriente mucho menor sería suficiente para mantener al circuito magnético cerrado. A menos que el electroimán tenga un diseño especial, la bobina no puede absorber por mucho tiempo la potencia resultante del paso permanente de la corriente de excitación sin un aumento excesivo de su temperatura, por lo que es necesario disminuir su consumo una vez cerrado el circuito magnético.

¹ La reluctancia es la resistencia que el circuito magnético ofrece al paso del flujo. Se puede comparar con la resistencia de un circuito eléctrico que se opone al paso de la corriente (ley de Ohm). Para un circuito magnético homogéneo de hierro dulce, con longitud l , sección constante S y permeabilidad μ , la reluctancia sería:

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu \cdot S}$$

En la mayoría de los casos la única reluctancia es la de los entrehierros, ya que los metales magnéticos son mucho más permeables que el aire (de 100 a 1000 veces).



Para reducir el consumo se conecta en serie con la bobina una resistencia adicional de valor apropiado. La resistencia se pone en servicio a través de un contacto auxiliar de apertura que se abre cuando el contactor termina de cerrarse.

Existen también contactores de bajo consumo que pueden ser controlados directamente a través de las salidas de un autómata programable (PLC). A tal efecto, incluyen un electroimán en C.C adaptado a los niveles de tensión y corriente de este tipo de salidas (normalmente 24 VCC / 100 mA).

También podemos encontrar, particularmente en los contactores de grandes potencias, bobinas de doble devanado. En este caso una bobina actúa en el momento de atracción y la otra lo hace luego, y su función es mantener cerrado el circuito magnético. Esta configuración permite el diseño de un electroimán más pequeño y ligero.

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, a los choques y a los ambientes agresivos. Están fabricadas con hilo de cobre cubierto de un esmalte y soportan temperaturas de 155 °C, o incluso de 180 °C.

Las tensiones de trabajo más comunes son, para corriente continua 24V y para corriente alterna 24V, 110V, 220V y 380V.

La denominación de los bornes de la bobina debe ser alfanumérica, con letras mayúsculas. En los contactores siempre se encuentran identificados como A1 y A2.

1.3.2 Los contactos principales

Los contactos principales son la parte más delicada del contactor y la calidad de los mismos asegura no sólo una maniobra efectiva, sino además, su vida útil.

La función de los contactos principales consiste en establecer o interrumpir la corriente dentro del circuito de potencia. Están dimensionados para que pase la corriente nominal del contactor en servicio permanente sin calentamientos anómalos. Consta de una parte fija y una parte móvil. Esta última incluye unos resortes que transmiten la presión correcta a los contactos, los que están fabricados con una aleación de plata que posee una excepcional resistencia mecánica, a la oxidación y al arco eléctrico².

Los contactos principales se designan con un número de un dígito. De esta manera, para los contactos de entrada se utilizan números impares (1, 3, 5 y 7) y para los contactos de salida números pares (2, 4, 6 y 8). La correspondencia entre ambos es: 1-2; 3-4; 5-6 y 7-8. Estos contactos son siempre NA (normal abierto).

² Normalmente el contactor se abre para interrumpir la corriente eléctrica que previamente atravesaba a la carga (motor, etc.), la que normalmente es de carácter inductivo. Cuando la corriente que circula es superior a 1A y se produce la apertura de los contactos se establece un arco eléctrico entre ambos. El arco es una forma de descarga eléctrica en los gases o en vacío. Se trata de un plasma formado por electrones libres y de iones arrancados de los electrodos por efecto térmico y que circulan en el medio gaseoso impulsados por el campo eléctrico establecido entre los contactos. La parte central puede alcanzar una temperatura que supera en varios miles de grados la temperatura que pueden tolerar los metales. Por lo tanto, la duración del arco debe ser breve: ni demasiado larga para que no se deterioren los materiales metálicos de los contactos, ni demasiado corta para limitar las sobretensiones derivadas de los cambios de corriente.

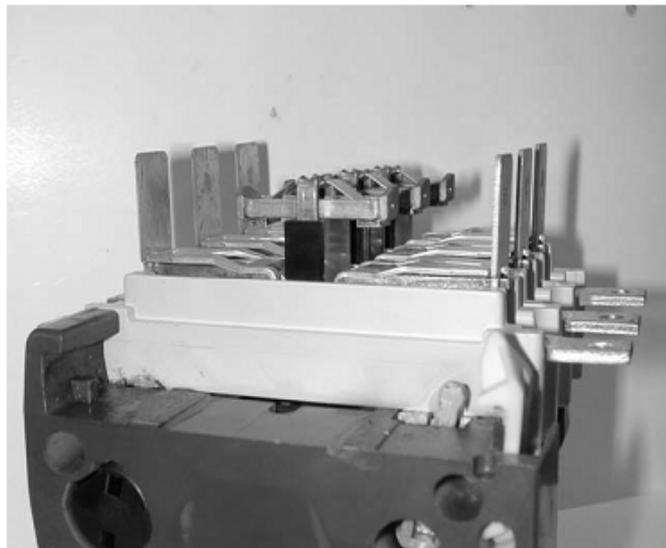


Figura 6.- Contactos principales de un contactor.

1.3.3 Los contactos auxiliares

Como su nombre lo indica, estos contactos no se utilizan para maniobrar una carga (motor, por ejemplo) sino que cumplen con funciones auxiliares de bloqueo, enclavamiento, secuencia, señalización, es decir, automatismos en general.

Cuando el contactor cierra el circuito magnético, arrastra no solo a las piezas móviles de los contactos principales, sino también a las de los contactos auxiliares. Estos, en su mayoría, suelen ser de dos tipos: normal abierto (NA o NO) y normal cerrado (NC).

Un contacto NA es aquél que se encuentra abierto mientras la bobina del contactor está desenergizada. Cuando la bobina del contactor es excitada, el contacto normal abierto se cierra y permanece en este estado mientras la bobina tenga aplicada una tensión. Cuando la bobina se desenergiza, el circuito magnético se abre y el contacto pasa a su posición de reposo, abierto.

Un contacto NC es aquél que se encuentra cerrado mientras la bobina del contactor está desenergizada. Cuando la bobina del contactor es excitada, el contacto normal cerrado se abre y permanece en este estado mientras la bobina tenga aplicada una tensión. Cuando la bobina es desenergizada, el circuito magnético se abre y el contacto pasa a su posición de reposo, cerrado.

En los esquemas eléctricos los contactos auxiliares se dibujan siempre en la posición de reposo, es decir, cuando la bobina de accionamiento del contactor no se encuentra excitada.

Existen contactores que llevan uno o varios contactos auxiliares incorporados; otros no, se suministran sin contactos auxiliares. Para estos contactores, cada fabricante, ofrece bloques de contactos, para montaje en el frente del contactor o a sus lados. Cada contactor permite la adición de una cantidad máxima de contactos auxiliares. Esta información la suministra el fabricante.



Figura 7.- Contactos auxiliares: (a) frontales - (b) laterales.

Los contactos auxiliares se identifican mediante un número de dos cifras, el primero indica el número de orden y el segundo indica el tipo de contacto, a saber:

- 1 y 2 indican un contacto normal cerrado (NC)
- 3 y 4 indican un contacto normal abierto (NA o NO)
- 5 y 6 indican un contacto normal cerrado temporizado
- 7 y 8 indican un contacto normal abierto temporizado

En la figura 8 se observa un diagrama eléctrico esquemático en el que se indica la numeración antes mencionada. Se hace notar que los contactos principales son siempre del tipo NA, mientras que los auxiliares (los 2 contactos restantes) pueden ser del tipo NA o NC. Por último, se puede apreciar que los terminales de la bobina de comando se identifican como A1 y A2.

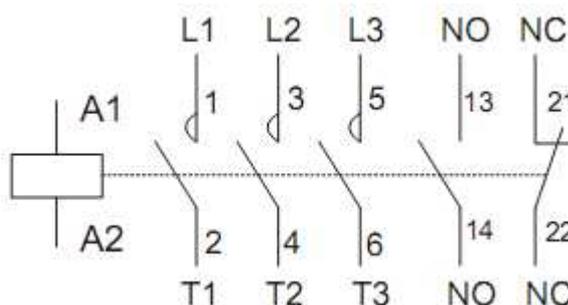


Figura 8.- Numeración de contactos principales y contactos auxiliares.

Tal como se aclaró previamente, para el contacto auxiliar cuyos terminales se numeran con "13" y "14", se entiende que se trata del primer contacto auxiliar debido a los "1" ubicados en el lugar de la "decena", mientras que los números "3" y "4" ubicados en el lugar de las "unidades" informan que se trata de un contacto normal abierto. Con el mismo criterio, el contacto siguiente es el segundo contacto auxiliar (los "2" de la "decena") y se trata de un contacto normal cerrado ("1" y "2" en la posición de las unidades). La línea de puntos que atraviesa a todos los contactos y que está unida al electroimán indica que todos los contactos se mueven juntos por acción de este último, abriendo los contactos "normal cerrado" y cerrando los "normal abierto".



A un contador, también se le puede añadir un bloque con dos contactos (NA y NC) temporizados. Este tipo de contactos no cambia solidariamente con los del contador, sino que tiene un retardo.

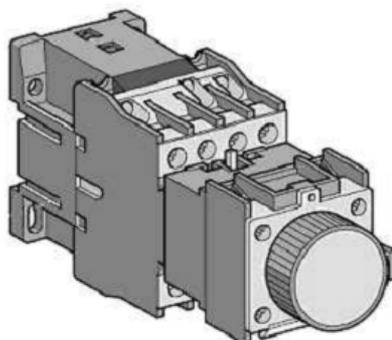


Figura 9.- Contactor con bloque de contactos auxiliares temporizados.

El retardo citado admite dos variantes:

- Con retardo a la conexión (**TON**, *Timer ON Delay*): en este caso, cuando el contactor se activa, los contactos tardan un cierto tiempo en cambiar de estado. Cuando el contactor se desactiva, estos contactos vuelven instantáneamente a su posición de reposo.
- Con retardo a la desconexión (**TOF**, *Timer OFF Delay*): en este caso, cuando el contactor se activa, los contactos cambian instantáneamente de estado. Cuando el contactor se desactiva, estos contactos tardan un cierto tiempo en volver a su posición de reposo.



(a)



(b)

Figura 10.- Contactos auxiliares temporizados: (a) TON - (b) TOF.

El tiempo de retardo es regulable entre dos valores extremos, que fijan su rango de temporización. Encontramos rangos tales como:

- 0,1 – 3 segundos.
- 0,1 – 30 segundos.
- 1 – 30 segundos.
- 10 – 180 segundos.
- Otros valores.

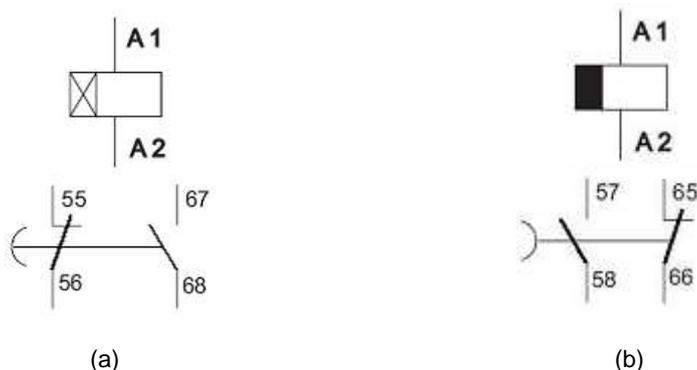


Figura 11.- Contactos auxiliares temporizados: (a) TON - (b) TOF.

1.4 CATEGORÍAS DE SERVICIO

Existen contactores de muy diversos tamaños para conmutar la amplia gama de potencias de los motores y de los receptores eléctricos en general. Una característica importante para la elección del contactor para un receptor eléctrico es la naturaleza de éste y su modo de ser conmutado. Los contactos principales de un contactor deben soportar:

- En el instante de su cierre, la intensidad de establecimiento. Dicha intensidad puede ser prácticamente la nominal del receptor si su naturaleza es resistiva, pero será alta (la de arranque) si se trata de un motor.
- Mientras permanecen cerrados, la intensidad de consumo nominal del receptor o motor. Dicha intensidad puede producir en ellos unos calentamientos excesivos si no están debidamente dimensionados.
- En el instante de la apertura en carga, la intensidad de corte. Este es el momento de máximo deterioro de los contactos, ya que la "chispa" producida por el arco eléctrico vaporiza fragmentos del metal que constituye a los contactos principales.

Resulta, entonces, que un contactor puede conectar y desconectar un receptor de determinada intensidad nominal, en diversas circunstancias. Por este motivo se define la categoría de empleo o de servicio de un contactor.

Cada categoría se caracteriza por distintos valores de corriente de cierre y apertura, tensión y factor de potencia que debe manejar el contactor. Es importante tener en cuenta que el contactor es el mismo y solo cambia su utilización variando la característica de la carga que puede comandar. Es decir que si elegimos un contactor para comandar un motor (en categoría AC-3), el mismo contactor podría ser utilizado para comandar una carga resistiva de potencia mayor, pero en categoría AC-1.



La norma IEC 947-4 establece 12 categorías en corriente alterna y 4 en corriente continua que a continuación se detallan:

Categorías de servicio	Aplicaciones típicas
AC-1	Cargas no inductivas o levemente inductivas ($\cos\phi \geq 0,95$). Ejemplos: resistencias para calefacción, hornos, etc.
AC-2	Motores con rotor bobinado (de anillos rozantes): arranque y desconexión.
AC-3	Motores jaula de ardilla: arranque y desconexión durante la marcha del motor.
AC-4	Motores jaula de ardilla: arranque, frenado, inversión de giro y marcha por impulsos.
AC-5A	Maniobra de lámparas de descarga gaseosa.
AC-5B	Maniobra de lámparas incandescentes.
AC-6A	Maniobra de transformadores.
AC-6B	Maniobra de bancos de capacitores.
AC-7A	Cargas levemente inductivas en aplicaciones domésticas o similares.
AC-7B	Motores en aplicaciones domésticas o similares.
AC-8A	Mando de motocompresores herméticos para refrigeración con rearme manual de los disparadores de sobrecarga.
AC-8B	Mando de motocompresores herméticos para refrigeración con rearme automático de los disparadores de sobrecarga.
DC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas.
DC-2 y DC-3	Corresponde al accionamiento de motores de excitación en paralelo (o shunt).
DC-4 y DC-5	Corresponde al accionamiento de motores de excitación en serie.

- **AC-1 (condiciones de servicio ligeras):** corresponde a todo tipo de cargas de C.A con un $\cos\phi \geq 0,95$. Para este tipo de aplicaciones (por ejemplo resistencias para calefacción) se considera un número de ciclos de maniobra reducido. El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal de la carga y del tiempo de paso de esta corriente. El contactor abre y cierra el circuito a la corriente y tensión de red nominal.
- **AC-2 (condiciones de servicio normales):** corresponde a la operación de motores asíncronos de rotor bobinado. Podemos considerar a la categoría de empleo AC-2 como una variante de la AC-3. En dicha categoría, tanto la corriente de establecimiento como la de corte se sitúan en el mismo valor, 2,5 veces la corriente nominal del motor. Se encuentran en esta categoría algunos equipos para puentes grúa y máquinas de gran potencia con tiempos de arranque prolongados.
- **AC-3 (condiciones de servicios difíciles):** un contactor trabaja en esta categoría de empleo cuando conmuta motores trifásicos asíncronos del tipo jaula de ardilla y éstos llegan a estabilizar su velocidad de régimen. En estas condiciones, el contactor tiene por



intensidad de establecimiento la de arranque del motor, (del orden de las 5 a 7 veces mayor que la corriente nominal del motor) y por intensidad de corte, la nominal del motor. Algunos ejemplos de aplicación son ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, compresores, climatizadores, etc.

- **AC-4 (condiciones de servicio extremas):** un contactor trabaja en esta categoría de empleo cuando conmuta motores trifásicos asíncronos del tipo jaula de ardilla en condiciones que podemos llamar "especiales". La más notable de ellas es la marcha del motor "a impulsos", en la que éste no llega a alcanzar su velocidad de régimen porque ha sido desconectado rápidamente de la red. En tales condiciones, la intensidad de establecimiento y la de corte del contactor son elevadas (del orden de las 5 a 7 veces mayor que la corriente nominal del motor). Otro régimen del motor que obliga a utilizar un contactor en categoría AC-4 es el que tiene previsto un frenado por "contracorriente". En dicho sistema, se detiene rápidamente el motor desconectándolo de la red y volviendo a conectarlo rápida y momentáneamente con dos fases intercambiadas entre sí. El motor experimenta una abrupta desaceleración y se desconecta de nuevo de la red antes de que empiece a girar en sentido contrario. La intensidad de establecimiento es muy elevada y la de corte coincide con la de arranque. La durabilidad previsible de un contactor que trabaja en categoría de empleo AC4 es mucho menor que la que le corresponde si trabaja en AC-1 o AC-3. Algunos ejemplos de utilización serían: máquinas de impresión, elevadores, equipos de la industria metalúrgica, etc.
- **AC-5A (lámparas de descarga):** en esta categoría se encuentran las lámparas de vapor de mercurio, lámparas de vapor de sodio, tubos fluorescentes, etc. La corriente de conexión oscila, según el tipo, entre 1,6 y 2 veces la corriente nominal (en el caso de tubos fluorescentes, ligeramente superior), manteniéndose entre 3 y 5 minutos. El factor de potencia es del orden de 0,5 pudiéndose mejorar hasta cerca de la unidad mediante capacitores de compensación. Normalmente, el valor de los capacitores no suele superar los 120 μ F, pero debe ser tenido en cuenta para la elección del contactor. En el caso de los tubos fluorescentes las capacidades utilizadas para la compensación son menores a 10 μ F, por lo que pueden obviarse al momento de la selección de un contactor.
- **AC-5B (lámparas incandescentes):** la intensidad de conexión es muy elevada, del orden de 15 veces la nominal, debido principalmente a la baja resistencia eléctrica del filamento de la lámpara cuando está frío. No obstante al ser de muy corta duración, únicamente se tiene en cuenta para no sobrepasar la intensidad de conexión del contactor. El factor de potencia se mantiene siempre igual a 1. La suma de las corrientes de las lámparas a comandar no debe superar la corriente nominal del contactor en categoría AC-1.
- **AC-6A (maniobra de transformadores):** independientemente de la carga conectada en el secundario, el pico de corriente (corriente de magnetización) que se produce cuando se pone bajo tensión el primario de un transformador puede llegar a ser, durante el primer semiciclo, de 20 a 40 veces el valor de la corriente nominal (en vacío). Es necesario tenerlo en cuenta para establecer el calibre de los fusibles de protección y del contactor.
- **AC-6B (maniobra de banco de capacitores):** en instalaciones industriales de baja tensión, los capacitores son utilizados, principalmente, para la corrección de la energía reactiva (aumento del factor de potencia), Cuando estos capacitores son energizados, ocurren sobrecorrientes de gran amplitud (hasta 160 veces la corriente nominal) y frecuencia (3 a 15KHz) cuya duración varía entre 1 y 2ms. Estas sobrecorrientes se deben a corrientes armónicas producidas por los transformadores saturados, rectificadores, etc. Corrientes transitorias cuya frecuencia y amplitud dependen de la inductancia de la red y de la capacidad del capacitor. Corrientes transitorias adicionales, en el caso de conexión de un capacitor estando otros conectados, producidas por la descarga de estos capacitores. Los contactores para comando de capacitores (figura 12) son diseñados especialmente para reducir las sobrecorrientes transitorias de conexión.



Esta reducción se produce por medio de unos contactos auxiliares de "precierre" e inductancias (algunas espiras de cable de sección apropiada) o resistencias de amortiguación, las que se conectan en serie con el capacitor y luego son sacadas de servicio por los contactos principales del contactor.

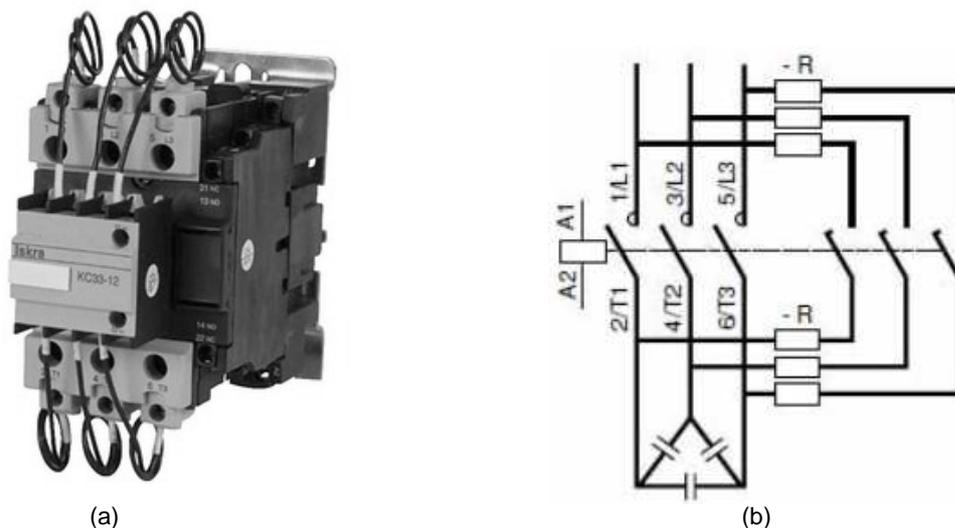


Figura 12.- (a) Contactor con contactos auxiliares de "precierre" – (b) Esquema eléctrico.

- **DC-1:** se aplica a todos los aparatos que utilizan corriente continua cuya constante de tiempo (L/R) es inferior o igual a 1 ms.
- **DC-2:** se refiere a los motores de C.C de excitación en paralelo. El corte de corriente se realiza con el motor a marcha normal. La constante de tiempo es del orden de 7,5 ms. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque cerca de 2,5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, el contactor corta la corriente nominal del motor. La tensión que aparece en sus bornes está en relación con la fuerza contraelectromotriz del motor.
- **DC-3:** se refiere a los motores de C.C de excitación en paralelo. Esta categoría incluye el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha por impulsos. La constante de tiempo es ≤ 2 ms. En el cierre el contactor establece la corriente de arranque, próxima a 2,5 veces la corriente nominal del motor. En la apertura, debe de cortar 2,5 veces la corriente de arranque con una tensión como mucho igual a la tensión de la red.
- **DC-4:** se refiere a los motores de C.C de excitación serie cuyo corte se efectúa con el motor a marcha normal. La constante de tiempo es del orden de 10 ms. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque que es de 2,5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En categoría DC-4, el número de maniobras/hora puede ser elevado.
- **DC-5:** se refiere a los motores de C.C de excitación serie. Esta categoría se aplica al arranque, al frenado a contracorriente y a la marcha por impulsos. La constante de tiempo es $\leq 7,5$ ms. El contactor se cierra bajo una sobrecorriente que puede alcanzar 2,5 veces la corriente nominal del motor. Cuando se abre, corta esa misma corriente.

1.5 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

1. **Corriente nominal de empleo (I_e):** la corriente nominal de empleo está definida a valores nominales de tensión y frecuencia, para una determinada categoría de servicio (normalmente AC-1) y de acuerdo al grado de protección.



2. **Corriente nominal térmica (I_{th}):** la corriente nominal térmica de un contactor es la máxima corriente que puede soportar durante 8 horas de servicio sin que la temperatura de las diversas partes exceda el límite especificado por las normas, en ausencia de maniobras de cierre y apertura.
3. **Corriente temporal admisible:** es la corriente que puede soportar un contactor cerrado durante un período de tiempo corto luego de un período sin carga, sin que se produzca un sobrecalentamiento peligroso. En ningún caso debe ser superior al poder asignado de cierre del contactor. La noción de corriente temporal admisible es importante, por ejemplo, en el caso del control de un motor de arranque largo (fuerte inercia de la máquina arrastrada) debido a la duración de la corriente de arranque.
4. **Tensión nominal de empleo (U_e):** es el valor de tensión que combinado con el valor de corriente nominal de empleo, determina la aplicación del contactor. A este valor están referidos el poder de cierre y apertura y la categoría de servicio o empleo. A un contactor puede asignarse un número de combinaciones de tensiones y corrientes nominales de trabajo de acuerdo a la categoría de servicio.
5. **Tensión nominal de aislación (U_i):** es el valor de tensión al cual se realizaron los ensayos dieléctricos. En ningún caso se debe sobrepasar este valor de tensión.
6. **Tensión asignada de resistencia a los choques (U_{imp}):** se define como el valor pico de una tensión de choque, de forma y polaridad preestablecida que debe poder soportar el contactor sin que se produzca una descarga eléctrica. Las sobretensiones transitorias que se puedan presentar en un circuito no deben superar este valor.
7. **Potencia nominal de empleo:** es la máxima potencia que un contactor puede controlar y esta generalmente definida con valores que se corresponden con las potencias nominales de los motores. Normalmente se encuentra expresada en kW o HP para la categoría de servicio AC-3.
8. **Durabilidad mecánica:** se refiere a la resistencia al desgaste mecánico. Se caracteriza por el número de operaciones sin carga (es decir sin corriente en los contactos principales) que debe poder realizar el contactor antes que sea necesaria la reparación o el reemplazo de sus partes mecánicas. No obstante se admite un mantenimiento normal de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
9. **Durabilidad eléctrica:** se refiere a la resistencia al desgaste eléctrico. Se caracteriza por el número de operaciones con carga, correspondiente a las condiciones de servicio definidas, que puede realizar el contactor antes que sea necesaria la reparación o el reemplazo de sus contactos.
10. **Capacidad nominal de cierre:** la capacidad nominal de cierre de un contactor es un valor de corriente determinado bajo condiciones estacionarias, que el contactor puede establecer sin que se suelden o haya un desgaste exagerado de sus contactos o emisión excesiva de llama, bajo condiciones de cierre establecidas. Es independiente de la tensión asignada de empleo.
11. **Capacidad nominal de corte:** durante la apertura en carga de un contactor, se crea un arco en cada polo entre los contactos fijo y móvil. Dicho arco es la principal causa del desgaste de los contactos, ya que, debido a su elevada temperatura, provoca la fusión y la volatilización de una parte del metal. Si la corriente cortada es demasiado importante, o si la tensión de empleo es demasiado elevada, se hace difícil extinguir el arco, y a veces imposible y el contactor puede ser dañado o incluso destruido. La capacidad nominal de corte se expresa por el valor eficaz de la corriente que el contactor puede interrumpir con una tensión de empleo determinada.



2. RELÉS TÉRMICOS DE PROTECCIÓN (RELEVO TÉRMICO)

Estos relés cumplen específicamente con la función de protección térmica de motores trifásicos asíncronos, principalmente del tipo "jaula de ardilla", contra sobrecargas y van asociados a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia.

Ya que se trata de dispositivos que protegen solamente contra sobrecargas y/o la falta de alguna de las tres fases, los relés térmicos deben complementarse con una protección contra cortocircuitos.



Figura 13.- Relé térmico de sobrecarga.

2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los relés térmicos trifásicos poseen tres láminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes 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, haciendo que las láminas se deformen en mayor o menor medida de acuerdo a la intensidad de dicha corriente. La deformación de las láminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo.

Si la corriente absorbida por la carga supera el valor de reglaje del relé, las láminas se deformarán lo suficiente como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción. Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé, el cual se encuentra intercalado en el circuito que controla la bobina del contactor. El rearme no será posible hasta que se enfríen las láminas.

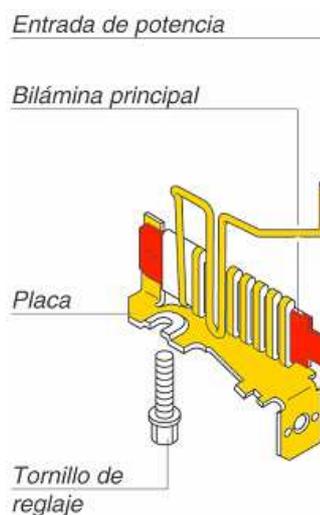


Figura 14.- Lámina bimetálica con bobinado de calentamiento.



Los relés térmicos deben proteger el motor, pero a su vez deben poder soportar la corriente de arranque durante el tiempo en el que se extiende sin que ésta provoque su disparo. Los rangos de corrientes nominales de los relés térmicos van desde 0,10A a 200A aproximadamente.

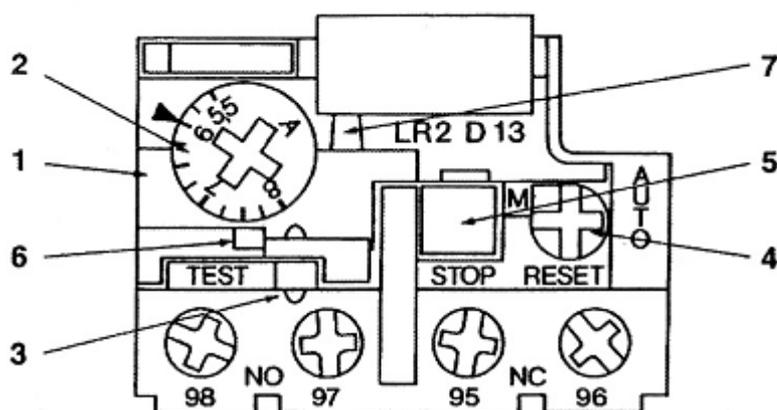
2.2 COMPENSACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

La curvatura que adoptan las láminas bimetalicas 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 lámina bimetalica de compensación sensible únicamente a los cambios de la temperatura ambiente y que está montada en oposición a las láminas principales.

Cuando no hay corriente, la curvatura de las láminas se debe a la temperatura ambiente. Esta curvatura se corrige con la de la lámina de compensación, de forma tal que los cambios de la temperatura ambiente no afecten a la posición del tope de sujeción. Por lo tanto, la curvatura causada por la corriente es la única que puede mover el tope provocando el disparo.

Los relés térmicos compensados son insensibles a los cambios de la temperatura ambiente y pueden operar entre -40°C y 60°C .

2.3 CONFIGURACIÓN



- 1.- Tapa transparente (para evitar la modificación accidental del mando de regulación)
- 2.- Mando de regulación de corriente en Amperes.
- 3.- Orificio para precinto (al precintar se evita la apertura de la tapa transparente).
- 4.- Selector de "reset" automático o manual.
- 5.- Pulsador de "stop".
- 6.- Pulsador de "test".
- 7.- Indicador de relé disparado (cambia de color).

Figura 15.- Parte frontal de un relé térmico LR2-D de la empresa *Telemecanique*.

La rueda graduada en amperes **(2)** permite regular la corriente de corte del relé con mucha precisión. La corriente límite de disparo está comprendida entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.

El selector de "reset" **(4)** permite configurar el tipo de rearme. Si este control se encuentra desplazado hacia la izquierda el rearme será automático, es decir que en caso de producirse un disparo, una vez que las láminas bimetalicas han bajado su temperatura los contactos NO (97-98) y NC (95-96) vuelven a su posición de reposo. En cambio, si el rearme está configurado como manual, una vez que se ha producido el disparo del relé y las láminas bimetalicas han recobrado su temperatura normal de funcionamiento, se debe pulsar el control de "reset" **(4)** para que los contactos NO y NC vuelvan a su posición de reposo. En ambos casos, al rearmar el relé, el indicador de disparo **(7)** pasa al color negro.



Después del disparo, los relés térmicos necesitan un periodo determinado de tiempo para que las láminas bimetálicas se enfríen de nuevo. Este periodo de tiempo se denomina tiempo de recuperación o de rearme. Sólo se podrá rearmar el relé cuando haya pasado dicho tiempo.

El accionamiento del pulsador de "stop" (5) actúa sobre el contacto NC (95-96) abriéndolo, pero no afecta al contacto NO (97-98).

El accionamiento del pulsador de "test" (6) simula un disparo del relé cambiando la posición de los contactos auxiliares NC y NO, los que provocaran la apertura del circuito de potencia y la indicación de una alarma respectivamente.

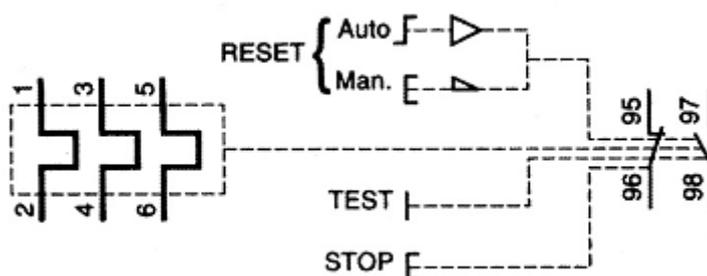


Figura 16.- Símbolo eléctrico de un relé térmico.

2.4 CLASES DE DISPARO

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir el paso de una corriente varias veces mayor que la nominal del motor. En este caso sólo debe producirse el disparo del relé si la duración de esta sobrecorriente es 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 varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. La norma IEC947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- **Relés de clase 10:** son válidos para todas las aplicaciones y la duración de la sobrecorriente de arranque debe ser inferior a 10 segundos.
- **Relés de clase 20:** admiten sobrecorrientes de arranque de hasta 20 segundos de duración.
- **Relés de clase 30:** para sobrecorrientes de arranque con un máximo de 30 segundos de duración.

Clase	1,05.I _n	1,2.I _n	1,5.I _n	7,2.I _n
	Tiempo de disparo en frío			
10 A	> 2h	< 2h	< 2min	2s ≤ t _p ≤ 10s
10	> 2h	< 2h	> 4min	2s ≤ t _p ≤ 10s
20	> 2h	< 2h	> 8min	2s ≤ t _p ≤ 20s
30	> 2h	< 2h	> 12min	2s ≤ t _p ≤ 30s

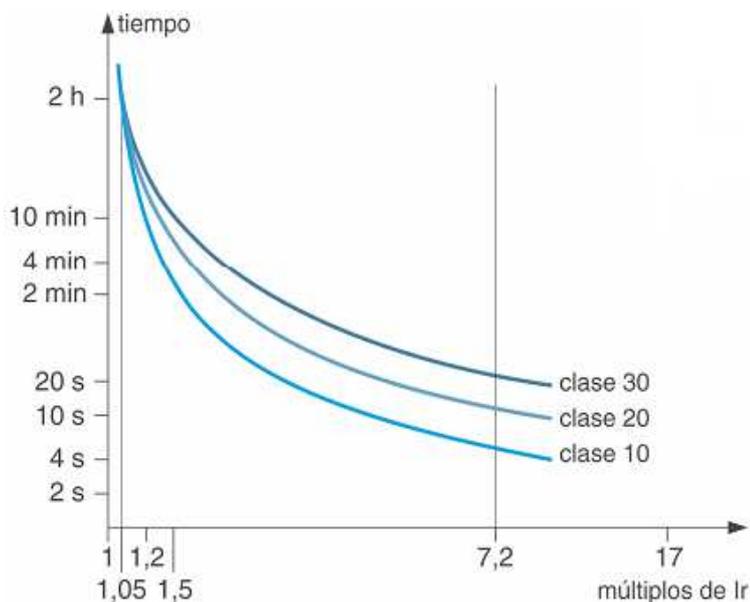


Figura 17.- Curvas de disparo de los relés térmicos.

2.5 OTROS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Los dispositivos estudiados hasta ahora calculan la temperatura en forma indirecta, a través de mediciones de corriente.

Para aquellos motores, que trabajan bajo condiciones críticas (muchas maniobras, temperatura ambiente alta, etc.) su protección debe ser más eficiente. En estos casos, la protección contra sobrecargas se realiza mediante sensores de temperatura, termistores (resistencias variables con la temperatura), colocados dentro del bobinado del motor, procurando sensar la temperatura del punto más caliente. Las sondas empleadas son del tipo de coeficiente de temperatura positivo (PTC), empleándose también en ciertos casos sondas de coeficiente negativos (NTC).

La sonda se conecta a un dispositivo electrónico que controla las mediciones. Si se supera el valor crítico se conecta un pequeño relé. Los contactos de este relé, conectados en serie dentro del circuito de comando, desconectan al contactor.

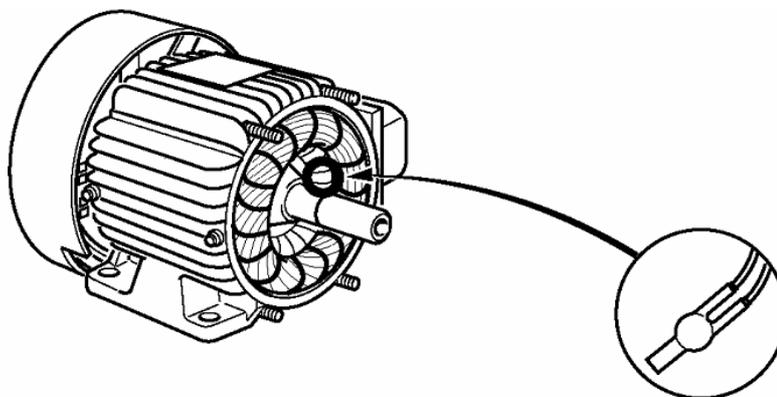


Figura 18.- Ubicación de una sonda PTC en el bobinado de un motor.

Los relés de sondas controlan directamente la temperatura de los devanados estáticos, lo que les permite proteger los motores contra los calentamientos debidos a sobrecargas, aumento de la temperatura ambiente, fallos del circuito de ventilación, número de arranques



elevado, funcionamiento por impulsos, arranque anormalmente prolongado, etc. Sin embargo, para utilizar este modo de protección, es necesario que las sondas se hayan incorporado a los bobinados durante el proceso de fabricación del motor.

Los relés de sondas también se utilizan para controlar el calentamiento de los elementos mecánicos de los motores o demás aparatos que admitan sondas: cojinetes, circuitos de engrase, fluidos de refrigeración, resistencias de arranque, disipadores de semiconductores, etc. El número máximo de sondas que se pueden asociar en serie en el mismo relé depende del tipo de relé y del tipo de sonda (100 o 250 ohmios a 25 °C).

3. EL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

El interruptor termomagnético tiene por finalidad la protección de una instalación eléctrica contra sobrecargas y cortocircuitos. El modelo para aplicaciones domésticas se observa en la figura X y existen en versiones unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Tienen un extenso rango de corrientes nominales (I_n): 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 70, 80 y 100 amperes.



Figura 19.- Interruptor termomagnético tripolar para aplicaciones domésticas.

En el caso de tratarse de una sobrecarga, el disparo lo produce un elemento térmico, conformado por una lámina bimetálica constituida por materiales con diferentes coeficientes de dilatación. La lámina, al ser atravesada por una sobrecorriente se deforma, debido a que uno de los metales se alarga más que el otro, produciendo una fuerza sobre un resorte que dispara el interruptor.

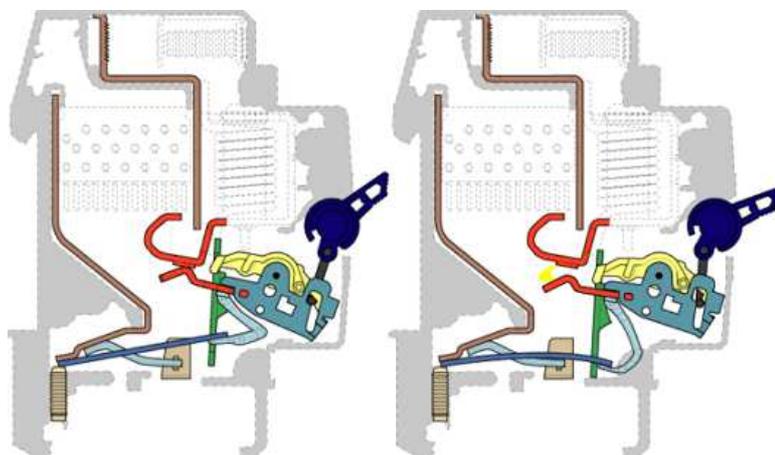


Figura 20.- Disparo de un interruptor termomagnético debido a una sobrecarga.



En el caso de un cortocircuito actúa un elemento de disparo magnético. En este caso la corriente a controlar circula por una bobina y cuando la corriente alcanza un determinado múltiplo de la intensidad nominal la bobina atrae a una pieza metálica cuyo movimiento provoca el disparo de la protección.

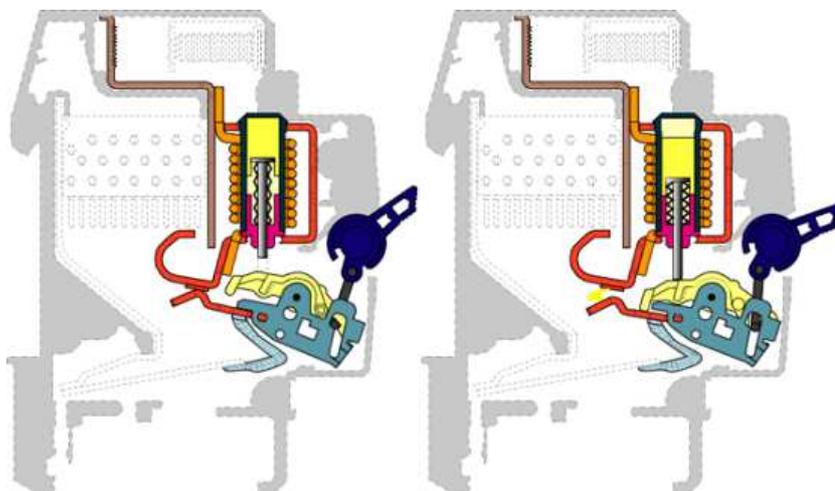


Figura 21.- Disparo de un interruptor termomagnético debido a un cortocircuito.

Para aplicaciones industriales de mayor potencia (corrientes superiores a 100A) existen interruptores del tipo electrónico que protegen contra cortocircuitos y pueden llegar a manejar corrientes nominales de hasta 800A (dependiendo el fabricante).

3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

1. **Corriente nominal (I_n):** representa el valor de corriente que el interruptor puede conducir en servicio continuo.
2. **Tensión nominal (U_e):** es el valor de tensión que junto con la corriente nominal determina la aplicación del propio equipo. Este valor generalmente se establece por el valor de tensión entre fases.
3. **Tensión nominal de aislamiento (U_i):** es el valor al cual se refieren las tensiones de las pruebas dieléctricas y la distancia de seguridad y de aislamiento superficial. En ningún caso la tensión nominal de empleo puede ser superior a la tensión de aislamiento. En caso de que no se indique algún valor de tensión de aislamiento se considerará del mismo valor que la tensión nominal.
4. **Capacidad de corte (I_{cu}):** representa la corriente máxima que la llave puede interrumpir en condiciones de cortocircuito. Luego de esto, el interruptor debe tener la capacidad de operar correctamente en la apertura y cierre, garantizar la protección de sobrecarga, pero puede no tener la capacidad de llevar continuamente la corriente nominal. Los valores típicos son: 3; 4,5; 6; 10; 15 y 25 kA.
5. **Capacidad de corte de servicio (I_{cs}):** representa el valor máximo de corriente de cortocircuito I_{cc} que la llave puede interrumpir. Luego de esto el interruptor debe operar correctamente (abrir y cerrar), garantizando la protección contra sobrecarga y mantener continuamente su corriente nominal.

3.2 CURVA CARACTERÍSTICA

Se establecen tres rangos de operación diferentes para el disparo magnético, en los que los interruptores automáticos deben operar. Las diferentes curvas características B-C-D representan los diferentes campos específicos de aplicación dentro de los cuales los



interruptores pueden disparar. La tabla siguiente indica los 3 rangos de disparo de los interruptores automáticos. Como se observa en las figuras 22, 23 y 24 la curva característica de disparo de un interruptor termomagnético está formada por un tramo que representa el disparo retardado (protección contra sobrecargas) y otro tramo que simboliza el disparo instantáneo (protección contra cortocircuitos).

Característica	Rango del disparo magnético	Aplicación
B	$3 - 5 I_n$	Protección de generadores y cables de gran longitud
C	$5 - 10 I_n$	Protección de cables de instalaciones que alimentan equipos de uso normal
D	$10 - 20 I_n$	Protección de cables que alimentan cargas con altas corrientes de arranque

3.2.1 Curva B

El interruptor de curva B tiene como característica principal el disparo instantáneo para corrientes entre 3 y hasta 5 veces la corriente nominal. De esta manera, son aplicados principalmente en la protección de circuitos con características resistivas o con grandes distancias de cables. Ejemplos: lámparas incandescentes, duchas, calentadores eléctricos, etc.

3.2.2 Curva C

El interruptor de curva C tiene como característica principal el disparo instantáneo para corrientes entre 5 y hasta 10 veces la corriente nominal. De esta manera, son aplicados principalmente en la protección de circuitos con características inductivas. Ejemplos: lámparas fluorescentes, heladeras, lavarropas, etc.

3.2.3 Curva D

El interruptor de curva D tiene como característica principal el disparo instantáneo para corrientes entre 10 y hasta 20 veces la corriente nominal. De esta manera, son aplicados principalmente en la protección de circuitos que demandan una gran corriente de arranque, como por ejemplo la conexión de un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia.

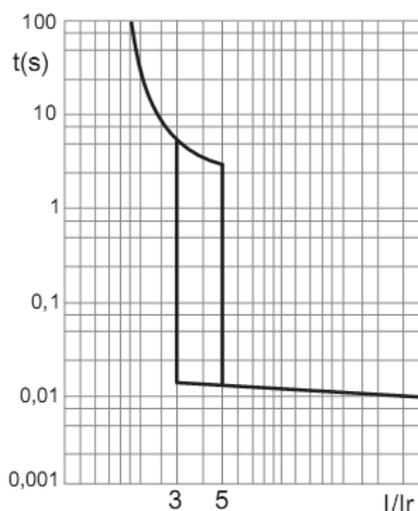


Figura 22.- Curva de disparo tipo B.

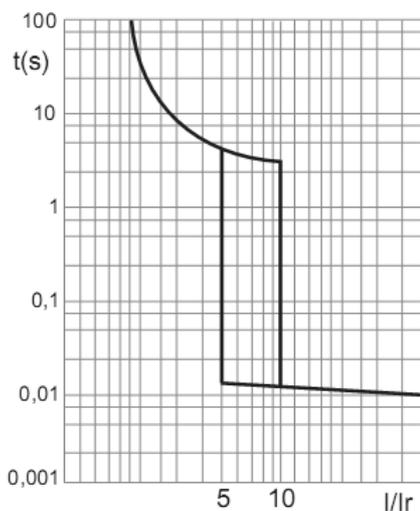


Figura 23.- Curva de disparo tipo C.

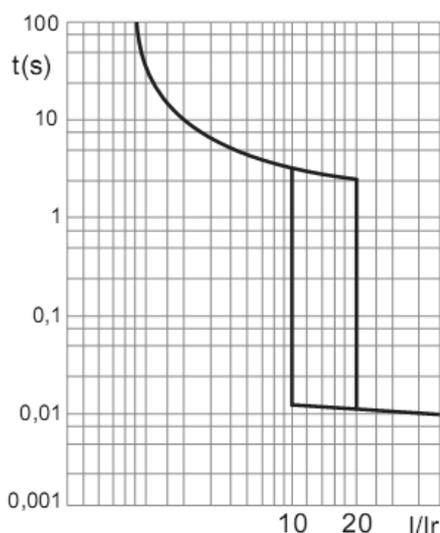


Figura 24.- Curva de disparo tipo D.

4. EL FUSIBLE DE BAJA TENSIÓN

Los fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil. Los fusibles se fabrican en diferentes formas y tamaños, según sea la intensidad de corriente a la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

El conductor fusible tiene una sección circular cuando la corriente que controla es pequeña, o está formada por láminas si la corriente es grande. En ambos casos el material del que están fabricados es siempre un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, cobre, etc. Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido.

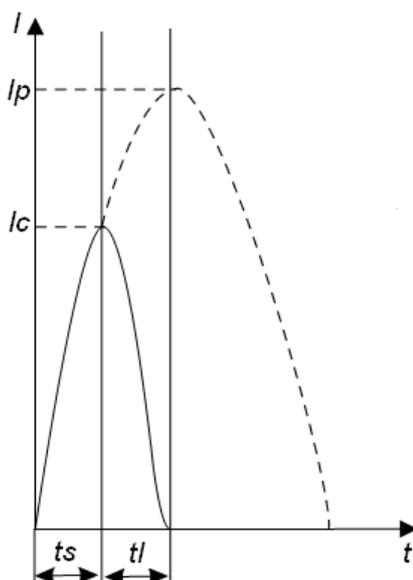
4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

1. **Tensión nominal:** es la tensión para la que ha sido previsto su funcionamiento, los valores más habituales son: 250, 400, 500 y 600 Voltios en baja tensión.



2. **Intensidad de corriente nominal:** es la corriente que puede soportar indefinidamente el fusible sin que sus componentes sufran algún tipo de deterioro. Los valores habituales son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800, 1000 y 1250 Amperes.
3. **Intensidad de fusión y de no fusión del fusible:** la intensidad de fusión es la corriente a la cual el fabricante asegura su fusión. La intensidad de no fusión es la máxima corriente que el fusible es capaz de soportar con la seguridad de no cortarse. Entre la diferencia de estos valores se crea un banda de dispersión en la cual no puede asegurarse la fusión del fusible.
4. **Curva de fusión:** indica el tiempo de desconexión en función de la corriente para un fusible concreto.
5. **El poder de corte:** es la máxima corriente en corto circuito (valor eficaz) que puede interrumpir un fusible.

Para la rentabilidad de una instalación eléctrica también es importante la limitación de la corriente que ofrece el fusible. Durante un cortocircuito, circula por la red la corriente de cortocircuito hasta que el fusible la interrumpe. La impedancia de la red es el único factor que limita la intensidad de corriente de cortocircuito. La fusión simultánea de todos los puntos previstos para este fin en la lámina fusible forma numerosos arcos parciales conectados eléctricamente en serie que aseguran la desconexión rápida, con una fuerte limitación de la corriente. La calidad de fabricación influye en gran medida en la limitación de la corriente. Así, por ejemplo, un fusible NH tamaño 2 de $I_n = 224$ A limita un probable valor eficaz de 50 kA de la corriente de cortocircuito a una corriente de paso con una intensidad pico de 18 kA. Esta fuerte limitación de la corriente protege en todo momento a la instalación eléctrica contra demandas excesivas de corriente.



I_c : Corriente limitada por el fusible.
 t_s : Tiempo antes de formarse el arco.
 t_l : Tiempo del arco.
 I_p : Corriente presumida de cortocircuito.

Figura 25.- Limitación de corriente de cortocircuito.



4.2 FUSIBLES TIPO D (DIAZED)

Es uno de los modelos más antiguo de fusibles y es el comúnmente llamado "tapón". Las corrientes nominales para este tipo de fusibles van desde los 2A hasta los 100A. La tensión nominal es de hasta 500VCA y su capacidad de corte puede llegar a 50kA.

Es muy común que estos fusibles suelen ser "reparados" un vez que se han cortado, sin embargo, hay que tener especial cuidado ya que no se puede volver a armar el fusible como originalmente sale de fábrica. Esto puede representar una peligrosa situación para la instalación eléctrica y para las personas.



Figura 26.- Fusible tipo D.

4.3 FUSIBLES TIPO N (NEOZED)

Son fusibles similares al tipo D pero dado que fueron diseñados para una menor tensión son más pequeños. Trabajan en tensiones de hasta 400VCA. Las corrientes nominales van desde 2A hasta 100A y su capacidad de corte también es de 50kA.

Al ser más pequeños que los tipo D, se pueden utilizar en pequeños seccionadores bajo carga que aumentan la seguridad en el momento del recambio ya que para abrir el dispositivo se debe desconectar previamente evitando, de esta manera, que haya exposición de partes bajo tensión.



Figura 27.- Fusible tipo N.

4.4 FUSIBLES TIPO NH

Estos fusibles fueron desarrollados en Europa denominándolos NH, que es la abreviación de "baja tensión" (*Niederspannung*) y alta capacidad de ruptura (*Hochschlatvermögen*). Los fusibles NH son fabricados para corrientes nominales de hasta 1250A para circuitos de hasta 500VCA y 250VCC. Con algunas restricciones para algunas corrientes son también fabricados para 690VCA.



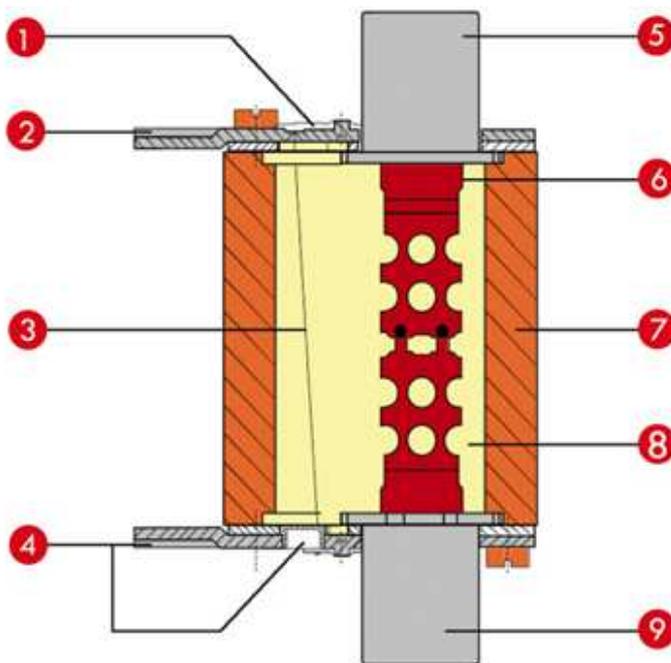
Los fusibles NH tienen un indicador de operación que funciona debido a que se encuentra en paralelo con el elemento fusible un alambre especial tensado de manera que cuando el fusible actúa, este se corta y el indicador superior se levanta indicando que el fusible actuó. Los fusibles NH se caracterizan por tener altas capacidades de corte de hasta 120kA.



Figura 28.- Fusible tipo NH tamaño 000 y 00.

Los fusibles NH vienen en diferentes tamaños y de acuerdo a este queda definida su corriente nominal. Los tamaños son:

- **Tamaño 000** (35 a 100A).
- **Tamaño 00** (35 a 160A).
- **Tamaño 1** (50 a 250A).
- **Tamaño 2** (125 a 400A).
- **Tamaño 3** (315 a 630A).
- **Tamaño 4** (500 a 1000A).
- **Tamaño 4A** (500 a 1250A).



- 1.- Indicador de fusión.
- 2.- Lengüeta para extracción.
- 3.- Alambre del indicador de fusión.
- 4.- Lengüeta para extracción.
- 5.- Cuchilla.
- 6.- Elemento fusible.
- 7.- Cuerpo aislante.
- 8.- Arena de cuarzo.
- 9.- Cuchilla.

Figura 29.- Corte de un fusible tipo NH.

4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS FUSIBLES

En cuanto a la clase de servicio los fusibles vienen designados mediante dos letras; la primera nos indica la función que va a desempeñar y la segunda el objeto a proteger:

1° letra	g	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada (I_n) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y cortocircuito.
	a	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito.
2° letra	G	Fusibles para protección de circuitos de uso general
	L	Fusibles para la protección específica de líneas (semejante al G)
	M	Fusibles para la protección de motores
	R	Fusibles de actuación rápida o ultra-rápida para protección de circuitos con semiconductores de potencia.
	Tr	Fusibles para la protección de transformadores



Fundamentalmente encontraremos dos tipos de fusibles en las instalaciones de baja tensión:

- **gL** (fusible de empleo general)
- **aM** (fusible de acompañamiento de motor)

Los fusibles de tipo gL se utilizan en la protección de líneas, estando diseñada su curva de fusión "intensidad-tiempo" para una respuesta lenta en las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos.

Los fusibles de tipo aM, especialmente diseñados para la protección de motores, tienen una respuesta extremadamente lenta frente a las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos. Las intensidades de hasta diez veces la nominal ($10 I_n$) deben ser desconectadas por los aparatos de protección propios del motor, mientras que las intensidades superiores deberán ser interrumpidas por los fusibles aM.

La intensidad nominal de un fusible, así como su poder de corte, son las dos características más importantes que definen a un fusible.

La intensidad nominal es la intensidad normal de funcionamiento para la cual el fusible ha sido proyectado, y el poder de corte es la intensidad máxima de cortocircuito capaz de poder ser interrumpida por el fusible. Para una misma intensidad nominal, el tamaño de un fusible depende del poder de corte para el que ha sido diseñado, normalmente comprendido entre 6000 y 100000A.

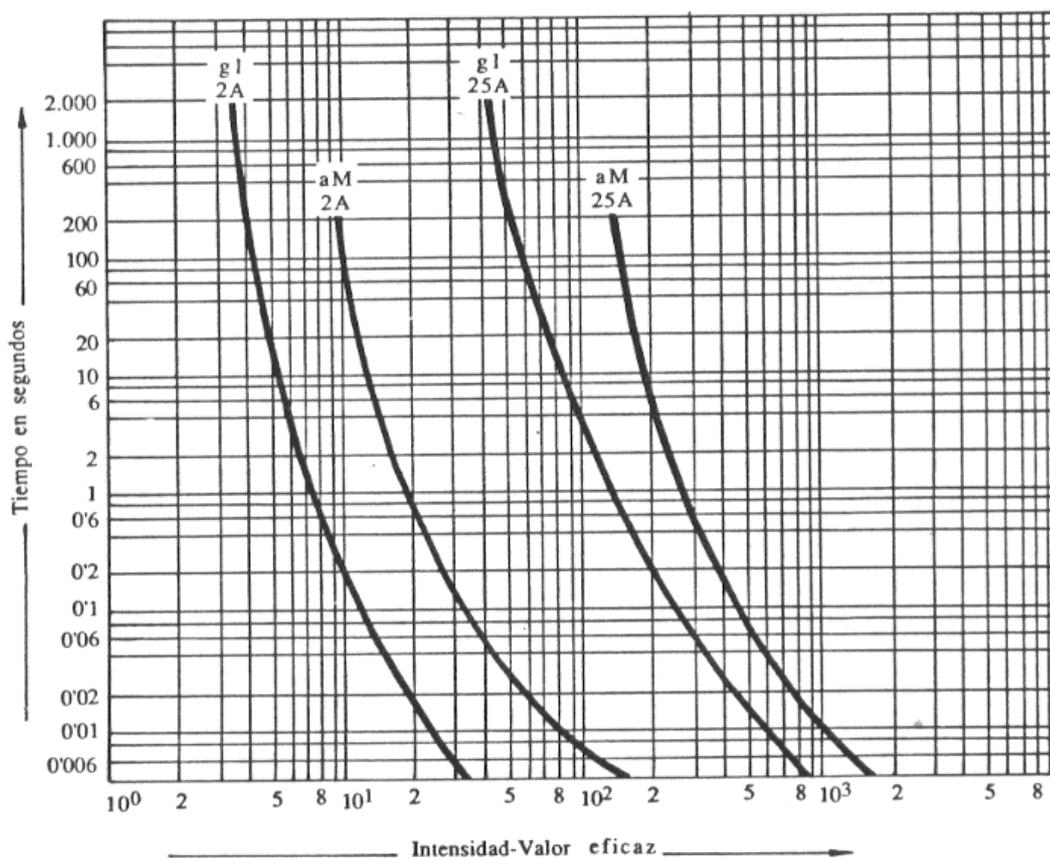


Figura 30.- Curva de fusión de fusibles gL y aM.



5. EL GUARDAMOTOR

El guardamotor es un dispositivo que permite reunir todas las necesidades de un arranque directo en un solo aparato. El mismo es básicamente un interruptor automático cuya característica de disparo es exactamente igual a la del relé térmico. Puede incluir el disparo por falta de fase, la compensación de temperatura ambiente y un disparo magnético ajustado para proteger adecuadamente al térmico. Por eso el guardamotor, dentro de ciertos límites, reemplaza al conjunto (contactor + relé térmico + fusibles). Si bien logra reunir en un solo aparato las cualidades de tres, con las consecuentes ventajas de espacio, costo, tiempo de armado y cableado, tiene una limitada capacidad de ruptura, que le impide ser colocado en cualquier instalación. Sin embargo, para instalaciones domiciliarias, inclusive edificios, el guardamotor satisface todos los requerimientos. Por su parte, su condición de interruptor le da una reducida vida útil con una limitada frecuencia de maniobras. Su accionamiento es manual, por lo que es necesario accionarlo de frente. Por ello, son nulas las posibilidades de realizar automatismos con el mismo.



Figura 31.- Diferentes modelos de guardamotors de la empresa Weg.



APÉNDICE A: CORRIENTES DE FOUCAULT

Las *corrientes de Foucault* (corrientes parásitas también conocidas como "corrientes de remolino", o *Eddy currents* en inglés) se producen cuando un conductor eléctrico atraviesa un campo magnético variable o viceversa.

Para comprender esto, el primer gran efecto que debe considerarse es la *ley de Faraday*, base del funcionamiento de las máquinas eléctricas. La ley de Faraday establece que si un flujo atraviesa una espira de alambre conductor, se inducirá en ésta un voltaje directamente proporcional a la tasa de cambio del flujo con respecto al tiempo. Esto se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$e_{ind} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde:

e_{ind} es el voltaje inducido en la bobina.

N es el número de vueltas de alambre en la bobina.

Φ es el flujo que circula por la bobina.

El signo menos en la ecuación corresponde a la *ley de Lenz*, la cual establece que la polaridad del voltaje inducido en la bobina es tal que si los extremos de ésta estuvieran en cortocircuito, se produciría en ella una corriente que generaría un flujo opuesto al flujo inicial.

La ley de Faraday explica las pérdidas debidas a las corrientes de Foucault. Un flujo variable en el tiempo induce una tensión eléctrica dentro de un núcleo ferromagnético de la misma forma que lo haría en un alambre conductor enrollado alrededor del mismo núcleo. Esta tensión eléctrica causan flujos de corrientes que circulan en el núcleo, las que disipan energía, puesto que fluyen en un medio resistivo (el hierro del núcleo). La energía disipada se convierte en calor en el núcleo.

La cantidad de energía disipada por las corrientes parásitas es proporcional a la distancia de los caminos que recorren dentro del núcleo. Por esta razón, se acostumbra cortar en delgadas tiras o láminas el núcleo ferromagnético que pudiera estar sujeto al flujo alterno. Para limitar los caminos de las corrientes parásitas a áreas muy pequeñas, en los transformadores, se utilizan óxidos o resinas aislantes entre las diferentes láminas. Debido a que las capas aislantes son extremadamente delgadas reducen la acción de las corrientes parásitas con poco efecto sobre las propiedades magnéticas del núcleo. Las corrientes parásitas reales son proporcionales al cuadrado del grosor de las láminas.