

Aplicaciones del Efecto Térmico



Introducción

Gracias al efecto térmico se pueden construir multitud de dispositivos de gran aplicación práctica, como son lámparas incandescentes, elementos de caldeo y fusibles.

Contenido

- Elementos de caldeo.
- Control de temperatura mediante el termostato.
- Lámparas incandescentes.
- El cortocircuito y la sobrecarga.
- El interruptor automático.
- Relé magnético y relé térmico.

Objetivos

- Aplicar el efecto Joule para la fabricación de dispositivos capaces de aprovecharse de la corriente eléctrica.
- Distinguir entre cortocircuito y sobrecarga.
- Describir el funcionamiento del fusible y del interruptor automático, y seleccionar el calibre adecuado para cada aplicación.

5.1 Elementos de caldeo

Son resistencias preparadas para transformar la energía eléctrica en calor (Figura 5.1). Se utilizan para la fabricación de estufas, placas de cocina, hornos, planchas eléctricas, secadores, calentadores eléctricos de agua, soldadores, etc.



Figura 5.1. Resistencias calefactoras.

El calor eléctrico presenta múltiples ventajas frente a otras formas de producir calor, como la ausencia de llama y gases de combustión, la limpieza y la facilidad para controlar y regular su funcionamiento.

Los elementos de caldeo se fabrican, por lo general, con hilos de aleaciones metálicas resistivas cubiertos por materiales aislantes que soportan altas temperaturas.

El elemento básico de control de temperatura que suelen poseer la mayoría de los aparatos calefactores es el termostato. Con este dispositivo prefijamos la temperatura de funcionamiento del aparato. Una vez alcanzada dicha temperatura el termostato abre el circuito y desconecta el calefactor hasta que la temperatura vuelve a descender, momento en el cual se vuelve a cerrar el circuito. De esta forma, abriendo y cerrando el circuito de alimentación del calefactor se consigue mantener la temperatura prefijada (Figura 5.2).

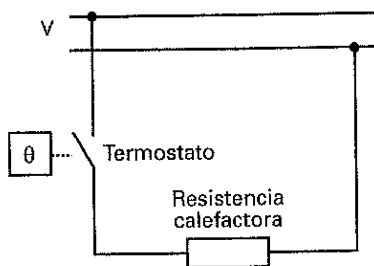


Figura 5.2. Esquema del control de temperatura por termostato.

Los termostatos pueden ser de varios tipos, los más utilizados son los bimetálicos y los electrónicos.

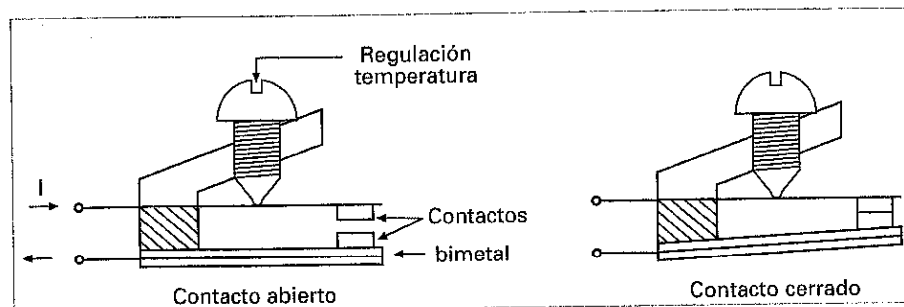


Figura 5.3. Termostato bimetálico.

En la Figura 5.3 se puede apreciar la composición de un termostato bimetálico. El elemento fundamental es el bimetálico, que está fabricado a base de unir dos metales de muy diferente coeficiente de dilatación. Al calentarse, una de las láminas tiende a estirarse más que la otra y provoca un arqueamiento del bimetálico. Este movimiento puede aprovecharse para abrir o cerrar un contacto eléctrico.

Los termostatos no sólo son útiles para prefijar la temperatura, por ejemplo, el aire de una habitación o del agua de un termo eléctrico, sino también como elemento de seguridad en los calefactores, ya que así nos aseguramos que la temperatura de funcionamiento de los aparatos nunca alcance valores peligrosos. Por ejemplo, los secadores de pelo llevan integrado un pequeño termostato en el interior del aparato; así nos aseguramos de que, aunque el motor que ventila a la resistencia de caldeo deje de funcionar, la temperatura de las resistencias calefactoras no podrán alcanzar temperaturas peligrosas, ya que en este caso el termostato abre el circuito de alimentación hasta que se reponga la temperatura.

5.2 Lámparas incandescentes

El funcionamiento de una lámpara incandescente es muy sencillo. Al atravesar la corriente un filamento resistivo, éste alcanza una gran temperatura (unos 2.000 °C) poniéndose al rojo blanco, o sea incandescente, lo que provoca una emisión de radiaciones luminosas (Figura 5.4).

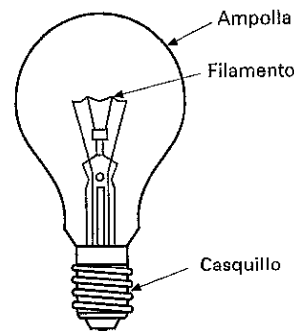


Figura 5.4. Lámpara incandescente.

Las lámparas incandescentes son muy utilizadas por su bajo coste y por la facilidad de su montaje. Sin embargo, poseen un rendimiento luminoso bastante bajo frente a otro tipo de lámparas, como por ejemplo las fluorescentes. Además, la duración de las mismas no suele superar las 1.000 horas de funcionamiento.

5.3 Inconvenientes del efecto térmico

El efecto térmico se vuelve indeseable cuando no es esperado. Éste caso se da: - En el calentamiento de conductores en las líneas eléctricas, lo que nos condiciona la sección de los conductores en función de la intensidad de la corriente que los atraviesa.

- En los conductores que forman los bobinados de transformadores, motores y generadores que nos limita su potencia nominal.
- En resistencias que tienen la misión de limitar corriente y tensión al ser conectadas en serie con la carga (reostatos, potenciómetros, resistores en circuitos electrónicos, etc.)
- En ciertos fallos, como el cortocircuito y la sobrecarga, que pueden llegar a dañar las instalaciones eléctricas si no se emplea la protección adecuada.

5.3.1 El cortocircuito

El cortocircuito se produce cuando se unen accidentalmente las dos partes activas del circuito eléctrico. Estos accidentes suelen ser provocados por un error en el montaje de la instalación, fallo de un aislamiento que separa las partes activas o por una falsa maniobra. (Figura. 5.5).

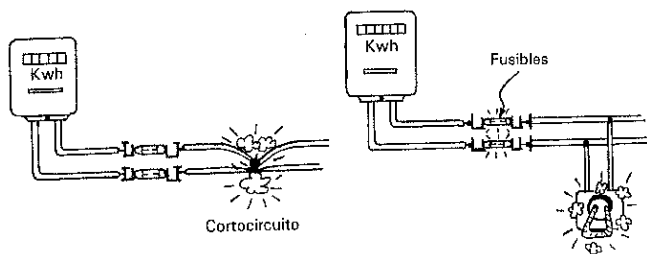


Figura 5.5. Ejemplos de cortocircuito accidental.

Experiencia 5.1: Vamos a comprobar experimentalmente el efecto del cortocircuito. Para ello consigue una pila y una lámpara y conéctalos. Seguidamente une mediante un conductor los terminales de la lámpara (Figura 5.6).

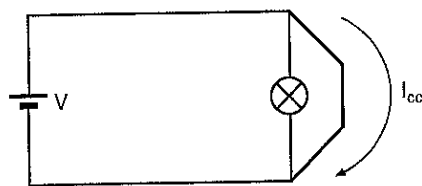


Figura 5.6

Se podrá observar como la lámpara se apaga, ya que toda la corriente eléctrica tiende a derivarse por el conductor de menos resistencia que el filamento. Mediante un amperímetro comprueba el valor de la corriente.

Esta experiencia se puede realizar porque la pila no es capaz de suministrar una corriente muy grande, ya que de haber provocado un cortocircuito, por ejemplo, en una base de enchufe de la red eléctrica, la corriente habría alcanzado valores muy elevados y peligrosos para los conductores eléctricos.

En un cortocircuito la intensidad de corriente que aparece es muy elevada, debido a que la única resistencia que existe

en el circuito es la propia de los conductores de línea (Figura 5.7).

$$I_{cc} = \frac{V}{R_{Línea}}$$

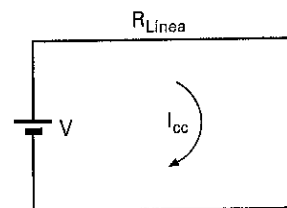


Figura 5.7

Ejemplo: 5.1

Determinar la intensidad de cortocircuito que aparecerá en una toma de corriente si la energía proviene de un transformador de distribución de 125 V y la línea de alimentación consiste en cable de cobre de 4 mm² de sección con una longitud total de 100 m.

Solución: La resistencia del conductor, es:

$$R_L = \rho \frac{L}{S} = 0,017 \frac{100}{4} = 0,425\Omega$$

La corriente de cortocircuito queda limitada por esta pequeña resistencia:

$$I_{cc} = \frac{V}{R_L} = \frac{125}{0,425} = 294 A$$

En el caso de que la resistencia del cortocircuito sea muy baja o cuando trabajamos con tensiones elevadas se pueden llegar a establecerse miles de amperios. Si esta fuerte intensidad no se corta inmediatamente, los conductores se destruyen por efecto del calor ($Q = 0,24 \cdot R_{Línea} \cdot I^2 \cdot t$) en un corto período de tiempo (a veces no llega a unos pocos milisegundos).

5.3.2 La sobrecarga

Se produce una sobrecarga cuando hacemos pasar por un conductor eléctrico más intensidad de corriente que la nominal (intensidad para la que ha sido calculada la línea).

Las sobrecargas pueden venir provocadas por conectar demasiados receptores en una línea eléctrica (Figura 5.8), por un mal funcionamiento de un receptor que tiende a un mayor consumo eléctrico o por un motor eléctrico que es obligado a trabajar a más potencia que su nominal.

Las sobrecargas originan un aumento de intensidad por los conductores que, con el tiempo suficiente, puede llegar a provocar su destrucción por elevación de temperatura.

Para medir una sobrecarga hay que tener en cuenta dos factores:

- El número de veces que se supera la intensidad nominal.
- El tiempo que dura la sobrecarga.

Una sobrecarga provoca daños cuando estos dos factores son considerables. Así, por ejemplo, si provocamos una sobrecarga en un conductor de dos veces su intensidad nominal durante unos pocos segundos, seguro que el mismo no sufre daños. Sin embargo si el tiempo es de horas, esta sobreintensidad puede llegar a dañar seriamente los aislantes del conductor.

carga o cortocircuito, la intensidad se eleva a valores peligrosos para los conductores de la línea, y el fusible, que es más débil, se funde debido al efecto Joule, e interrumpe el circuito antes de que la intensidad de la corriente alcance esos valores peligrosos (Figura 5.9).

Para que el hilo fusible se caliente antes que los conductores de la línea, debe ser de mayor resistencia eléctrica. Esto se consigue con un hilo de menor sección o con un hilo de mayor coeficiente de resistividad. Por otro lado, este hilo debe tener un punto de fusión más bajo que los conductores de línea que protege.

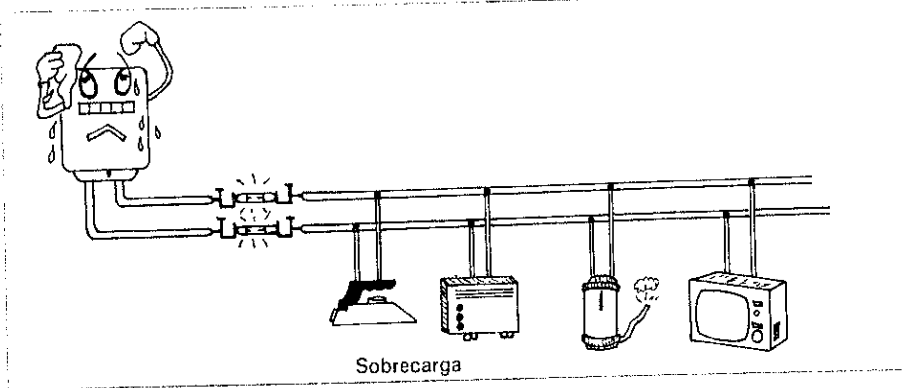


Figura 5.8. Sobrecarga causada por conectar a una línea un exceso de receptores.

Hoy en día, para la fabricación de hilos fusibles, se emplean aleaciones especiales estudiadas para conseguir los mejores resultados. Estas aleaciones pueden ser de cobre-plata, plomo-estaño, etc.

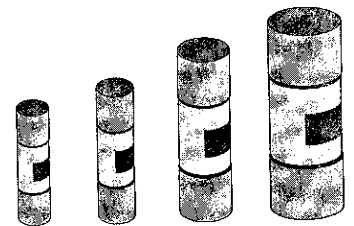
Cuando un hilo fusible se funde, las gotas de material en estado líquido se proyectan, lo que puede producir quemaduras y accidentes, incluido peligro de incendio. Por esta razón, los hilos fusibles se deben colocar en el interior de recipientes herméticamente cerrados, dando así lugar a los llamados cartuchos fusibles. En la Figura 5.10 se muestra, como ejemplo, el aspecto de

una gama de cartuchos fusibles comerciales de diferente tamaño, así como sus calibres en amperios.

5.3.3 Protección de los circuitos contra cortocircuitos y sobrecargas

Los excesos de temperatura de un conductor lo pueden destruir inmediatamente. Éste es el caso del cortocircuito (corriente muy elevada que no puede durar mucho tiempo porque destruye todo los elementos de la instalación que se encuentran a su paso). Las sobrecargas tardan más en dañar el conductor. Aun así, los excesos constantes de temperatura de los materiales aislantes hacen que se envejezcan con más rapidez, limitando la vida útil del conductor (los aislantes sometidos a altas temperaturas acaban volviéndose quebradizos y perdiendo parte de sus propiedades aislantes).

Para la protección contra cortocircuitos y sobrecargas se emplean los fusibles y los interruptores automáticos.



Tamaño	V	kA	Tipo	Calibrados A													
				2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80		
8 x 31	380	20	CL-16														
10 x 38	500	100	CL-20														
14 x 51	500	100	CL-40														
22 x 58	500	100	CL-80														

Figura 5.10. Gama de cartuchos comerciales calibrados en amperios.

5.3.4 Fusibles

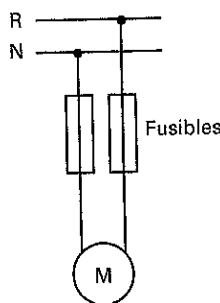


Figura 5.9. Fusibles protegiendo un motor eléctrico.

Un fusible está compuesto por un hilo conductor de menor sección que los conductores de la línea. En caso de una sobre-

carga, la intensidad se eleva a valores peligrosos para los conductores de la línea, y el fusible, que es más débil, se funde debido al efecto Joule, e interrumpe el circuito antes de que la intensidad de la corriente alcance esos valores peligrosos (Figura 5.9).

Una de las ventajas de los cartuchos fusibles es que están calibrados en amperios. El calibre de un fusible nos indica la intensidad que puede pasar por él sin fundirse. Cuando se supera esta intensidad, el fusible corta el circuito. La rapidez con que lo hace está en función de lo alta que sea la intensidad del fallo, tal como se muestra en las curvas de fusión facilitadas por los fabricantes.

En la Figura 5.11 se dan las curvas de fusión de los cartuchos fusibles mostrados en la Figura 5.10. En el eje (X) se representan los valores de la intensidad. En el eje (Y) aparecen representados los tiempos de respuesta del fusible. Para averiguar este tiempo, basta con trazar una recta, perpendicular al eje X, desde la intensidad del fallo hasta la intersección con la curva correspondiente al calibre del fusible.

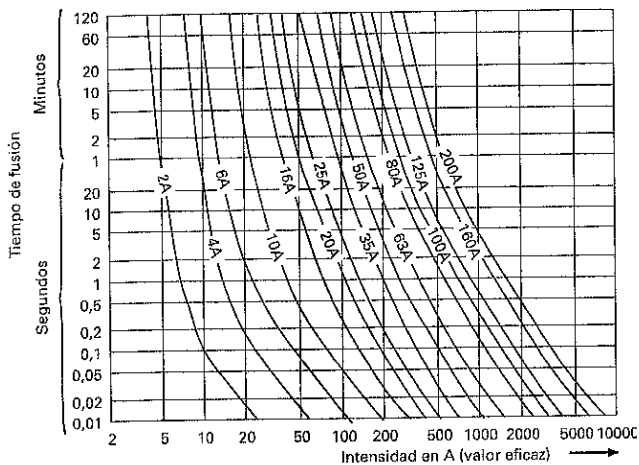


Figura 5.11. Curvas de fusión de una gama de cartuchos fusibles comerciales.

Así, por ejemplo, se puede apreciar que para una intensidad por el circuito de 25 A, el fusible de 2 A corta el circuito en un tiempo inferior a 0,01 segundos, el fusible de 6 A lo hace en un tiempo de 1 s, el de 10 A en 1 minuto, el de 16 A más de 120 minutos y el de 25 A no llega nunca a fundirse.

Otra de las características de los cartuchos fusibles calibrados es que son *selectivos*, lo que significa, tal como hemos podido apreciar en el ejemplo, que siempre funde más rápido aquel fusible que posee el menor calibre. Esto tiene una gran importancia en instalaciones con muchas ramificaciones, ya que ante un cortocircuito se consigue separar rápidamente de la red solamente la zona afectada y, además, en el tiempo más breve posible. Además no se perturba innecesariamente el servicio de energía al resto de los consumidores.

Ejemplo: 5.2

La potencia máxima que se prevé para la electrificación de un vivienda es de 5.750 W. Determinar el cartucho fusible necesario para la protección del contador y de la derivación individual si la tensión de suministro es de 230 V.

$$\text{Solución: } I = \frac{P}{V} = \frac{5.750}{230} = 25 \text{ A}$$

Si consultamos la gama de cartuchos fusibles comerciales de la Figura 5.10, el calibre del fusible que más se acerca es el de 25 A. Aunque si no queremos fusiones intempestivas podríamos seleccionar un calibre de 32 o 40 A, siempre y cuando no exista antes una protección de menos calibre.

Los fusibles resultan muy seguros en la protección de cortocircuitos, pero presentan el inconveniente de que son difíciles de reponer. Al fundirse el fusible queda inutilizado, por lo

que hay que encontrar otro de las mismas características y realizar la operación de recambio. En muchas ocasiones esta operación resulta engorrosa y si no se hace por un especialista, puede ser hasta peligrosa. Además, los fusibles reaccionan muy lentamente ante las sobrecargas. Por ejemplo, un fusible de 10 amperios tarda 2 minutos en fundirse cuando se le somete a un paso de corriente de sobrecarga de 20 amperios, según las curvas de la Figura 5.11. En ciertas aplicaciones este tiempo puede ser suficiente para destruir alguna parte vulnerable de la instalación.

5.3.5 Los interruptores automáticos

Los interruptores automáticos, también conocidos con el nombre de disyuntores, están sustituyendo en muchas aplicaciones a los fusibles, ya que protegen bien contra los cortocircuitos y actúan ante las sobrecargas más rápido y de una forma más selectiva. Así, por ejemplo, en las viviendas se instala un cuadro de mando y protección con varios interruptores automáticos. Cada uno de estos dispositivos protege de las sobrecargas y cortocircuitos a cada uno de los circuitos independientes de la vivienda. En la Figura 5.12 se muestra el aspecto de una gama comercial de interruptores automáticos, junto con sus características más relevantes.

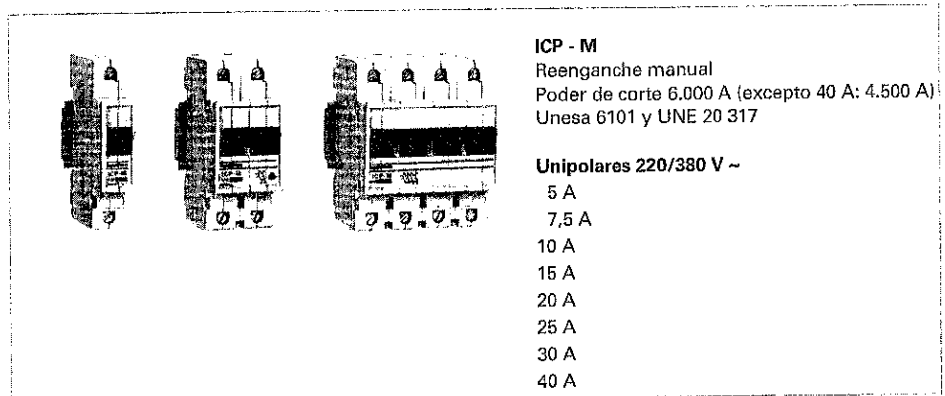


Figura 5.12. Gama comercial e interruptores automáticos calibrados en amperios.

Así, por ejemplo, en una vivienda con un nivel de electrificación básico, el número de circuitos que hay que proteger es 5: un pequeño interruptor automático de 10 A para la protección del circuito de puntos de iluminación; uno de 16 A para el circuito de tomas de corriente de uso general y frigorífico; uno de 25 A para el circuito de cocina y horno; uno de 20 A para el circuito de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico y uno de 16 A para el circuito de tomas de corriente de los cuartos de baño, así como para las bases auxiliares del cuarto de cocina (Figura 5.13).

Los interruptores automáticos tienen la ventaja de que una vez que han abierto el circuito por sobrecarga o cortocircuito se pueden reponer manualmente con rapidez (una vez que se haya reparado la causa del fallo) y sin necesidad de utilizar recambios, como ocurre en el caso de los fusibles.

Al igual que los fusibles, los interruptores automáticos se fabrican calibrados en amperios. El calibre nos indica los amperios que pueden pasar por el interruptor de una forma permanente sin que éste abra el circuito; superada esta intensidad, el interruptor realiza la apertura del circuito. El tiempo de respuesta dependerá de las veces que se supere la intensi-

dad nominal del mismo. Para intensidades de sobrecargas este tiempo puede ser desde unos pocos segundos a unos pocos

minutos; para intensidades de cortocircuito la respuesta es mucho más rápida, del orden de milésimas de segundo.

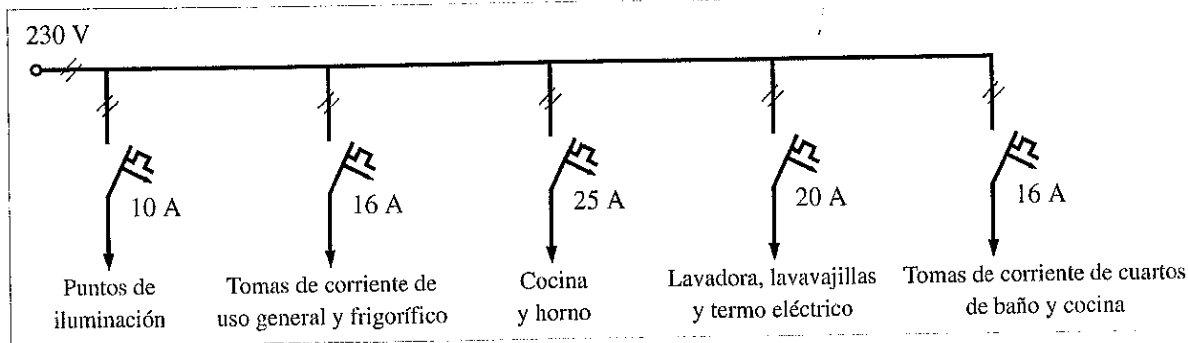


Figura 5.13. Interruptores automáticos protectores de los circuitos independientes de una vivienda de grado de electrificación elevada.

En la Figura 5.14 se muestra, como ejemplo, el aspecto de las curvas de disparo de los interruptores automáticos.

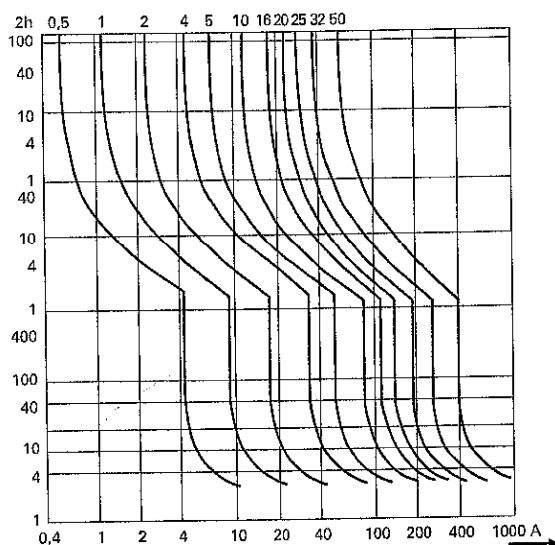


Figura 5.14. Curvas de disparo de una gama comercial de interruptores automáticos.

Los diferentes calibres de los interruptores automáticos también son selectivos.

5.3.6 Funcionamiento de un interruptor automático

El interruptor automático está compuesto por dos dispositivos de protección diferentes: el relé magnético y el relé térmico. Estos dos elementos están conectados en serie con el circuito a proteger, por lo que toda la corriente pasa por ambos.

Relé magnético (Figura 5.15): Se encarga de la protección de los cortocircuitos. Está constituido básicamente por una bobina de poca resistencia eléctrica. En su interior hay un núcleo de hierro que en posición de reposo se encuentra separado de su centro. Mientras la intensidad de corriente que atraviesa la bobina sea la nominal el interruptor permanece cerrado.

Cuando la intensidad crece rápidamente, hasta valores de cortocircuito, la bobina crea un campo magnético suficientemente fuerte como para succionar el núcleo móvil que, a su vez, provoca la apertura del interruptor.

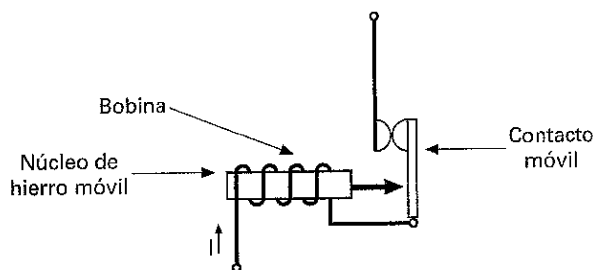


Figura 5.15. Relé magnético.

Relé térmico (Figura 5.16): Se encarga de la protección de las sobrecargas. La corriente se hace pasar por un elemento bimetalico similar al de un termostato. Cuando la intensidad se eleva a valores considerados de sobrecarga, la lámina bimetalica se calienta por efecto Joule, deformándose y actuando sobre el sistema de apertura del interruptor.

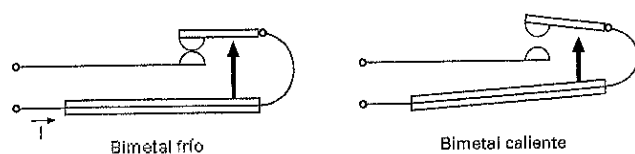


Figura 5.16. Relé térmico.

En la Figura 5.17 se muestra el aspecto interno de un interruptor automático (también llamado interruptor magnetotérmico), donde se incluye el relé magnético y el térmico conectados en serie.

El relé térmico garantiza la protección de las sobrecargas mucho mejor que el fusible. Así, por ejemplo un automático de 10 amperios tardaría 15 segundos en cortar el circuito cuando se dé una sobrecarga de 20 amperios, según las curvas de la Figura 5.14. Recordar que el fusible tardaba en esta misma situación 2 minutos.

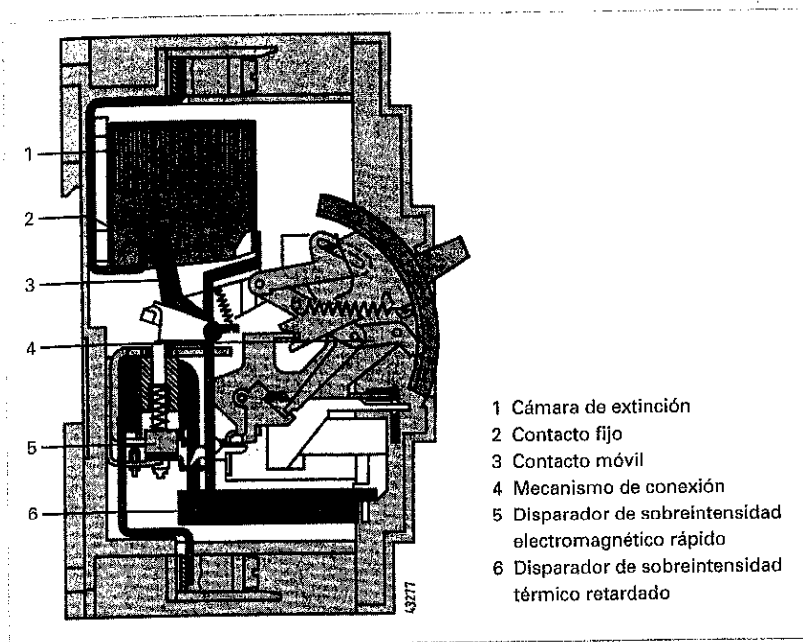


Figura 5.17. Aspecto interno de un interruptor automático.

5.3.7 Los motores pueden producir sobrecargas en su funcionamiento

Cuando un motor trabaja por encima de sus valores nominales se dice que está sometido a una sobrecarga. En otras palabras, cuando nosotros exigimos a un motor que arrastre una carga mecánica más alta que la nominal, éste lo hace a costa de absorber más intensidad de la red. Estas sobrecargas aumentan la temperatura de los bobinados del motor y si no se

cortan en un tiempo prudencial destruyen a los mismos (el aislante de los conductores de las bobinas es una especie de barniz que se destruye con facilidad a una cierta temperatura).

Tomemos, por ejemplo, el motor de un ascensor. Supongamos que el ascensor está preparado para mover a cuatro personas y sin embargo, se suben seis y, además pesadas. El motor que mueve el ascensor sigue funcionando, pero lo hace de una forma forzada y a costa de absorber una mayor intensidad de corriente de la red. La única forma de cortar esta sobrecarga, antes de que el motor se sobrecaliente e incluso llegue a quemarse, es incorporando en el circuito un relé térmico especial para la protección de motores (Figura 5.17).

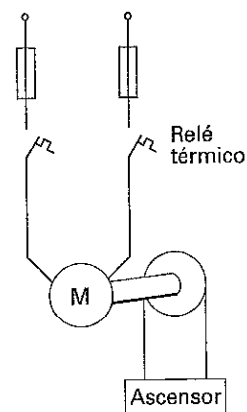


Figura 5.18. Relé térmico protegiendo un motor contra sobrecargas.

Actividades

1. Consigue catálogos comerciales sobre elementos de caldeo (resistencias calefactoras para hornos, cocinas, estufas, etc.), cocinas, hornos, sistemas de calefacción eléctrica, termos eléctricos, etc.; analiza sus características técnicas y su campo de aplicación.
2. Consigue catálogos comerciales sobre fusibles, interruptores automáticos y relés térmicos, analiza sus características técnicas y su campo de aplicación.
3. Con esta actividad vamos a comprobar que los motores no trabajan siempre a la misma potencia. Para llevarla a cabo necesitaremos un motor monofásico, un amperímetro, un vatímetro y un freno, por ejemplo, de polvo magnético, tal como se muestra en el esquema de conexiones de la Figura 5.19. Con ayuda del profesor, arranca el motor y somételo a diferentes pares de frenado. Anota los resultados obtenidos de las diferentes lecturas de los aparatos de medida.

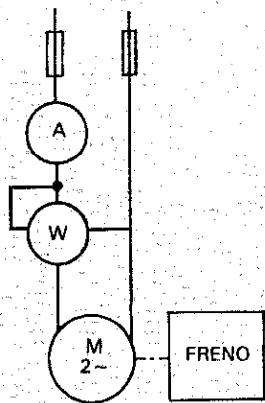


Figura 5.19. Comprobación práctica de los diferentes regímenes de trabajo de un motor.

Habrás podido comprobar, que:

- El motor cuando arranca absorbe una intensidad de corriente muy elevada, que se va suavizando cuando se alcanzan las revoluciones nominales del mismo.
- Estando el freno desactivado el motor no arrastra carga alguna, exceptuando la suya propia, por lo que **trabaja en vacío** y tanto la intensidad de corriente como la potencia a la que trabaja son inferiores a las nominales (las características nominales aparecen indicadas en la placa de características del motor).
- Según se va sometiendo al motor a pares de frenado crecientes (**trabajo en carga**), la intensidad y la potencia van aumentando, pudiendo superar, incluso, valores muy superiores a los nominales (**sobrecarga**).

Una vez analizado el funcionamiento del motor para diferentes regímenes de carga, alimenta el motor a través de un relé térmico regulado para interrumpir el circuito a la intensidad nominal del motor. Seguidamente arranca el motor y mediante el freno somételo a diferentes regímenes de carga hasta conseguir el disparo del relé térmico. Ahora aumenta la intensidad de disparo del relé térmico y repite el ensayo. Anota los resultados obtenidos y compáralos.

4. Consulta en Internet (<http://www.t2000idiomas.com/electrotécnica>) sobre los temas relacionados con este capítulo e intenta contrastar y ampliar la información obtenida.

Como en otras ocasiones, al finalizar cada una de estas actividades deberás elaborar un informe-memoria sobre la actividad desarrollada, indicando los resultados obtenidos y estructurándolos en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados, esquemas y planos utilizados, cálculos, medidas, etc.)

Autoevaluación

- 1) ¿Cómo se regula, habitualmente, la temperatura de los elementos de caldeo?
 - a) Con el termostato
 - b) Conectando resistencias en serie
 - c) Con el termopar
- 2) Indica las ventajas de la utilización de los interruptores automáticos.
 - a) Protegen adecuadamente en cortocircuitos y sobrecargas
 - b) Protegen bien en cortocircuitos y no tan bien en sobrecargas
 - c) La reposición del dispositivo, una vez actuado, es muy compleja
- 3) Determinar el calibre del cartucho fusible necesario para la protección de cortocircuitos de un horno de 2.000 W a 400 V.
- 4) Teniendo en cuenta que la tensión de uso doméstico es 230 V, averigua la potencia que se puede conectar en los diferentes circuitos de una vivienda de grado básico sin que actúen los interruptores automáticos.