

Motor eléctrico monofásico

Parte 4: Protección

Por Prof. Ing. Alberto Luis Farina
Asesor en ingeniería eléctrica y supervisión de obras
alberto@ingenierofarina.com.ar



Introducción

En la nota anterior (*Ingeniería Eléctrica* 316, diciembre de 2016) se han visto las distintas formas de controlar un motor eléctrico monofásico (MEM). Es notorio que aquellas están íntimamente relacionadas con la protección de estos. En lo que sigue, se analiza cada una de las posibilidades de protección para este tipo de motor.

Protección

Con los MEM se dan dos situaciones de funcionamiento. La primera: los más pequeños forman parte de los equipos electrodomésticos. En ese caso, para protegerlos, lo más común es colocarles sensores para detectar la temperatura (tipo bimetálicos) que alcanzan los bobinados durante el funcionamiento; ella se elevará en caso de sobrecarga y en determinado momento los desconectará. De producirse un cortocircuito, será la protección del circuito de la instalación eléctrica al cual están conectados quien actúe.

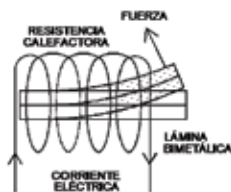


Figura 1

La segunda situación se da en el caso de motores de mayor potencia que se encuentran acoplados a determinados equipos (bombas, compresores, etcétera).

Elementos de protección

Los distintos elementos de protección más comunes que se pueden emplear son los que se describirán a continuación. Señalamos que estos se han visto incorporados en los circuitos de control y que se han mostrado en las figuras 1 a 6 de la nota anterior.

- » Fusible. Se pueden emplear tres tipos: diazed, NH y cilíndricos industriales. Estos últimos tienen la ventaja de que su base también oficia de seccionador.



Figura 2. Cartucho fusible diazed



Figura 3. Cartucho fusible NH



Figura 4. Cartucho fusible cilíndrico industrial

- » Interruptor automático termomagnético. Conocidos también como PIA (pequeño interruptor automático). Se deben emplear los bipolares (figura 5).



Figura 5. Interruptor bipolar tipo PIA

- » Relé de protección por sobrecarga. Existen dos tipos constructivos: electromecánicos (figura 6) y electrónicos (figura 7). Es la protección clásica de todos los motores eléctricos y se asocia a algún tipo de elemento de maniobra como muestran los esquemas de las figuras 7 a 9 de la nota anterior.



Figura 6. Relé de protección electromecánicos

- » Guardamotor termomagnético. Es un interruptor automático termomagnético diseñado para cumplir las funciones de protección contra cortocircuito y sobrecarga de los motores eléctricos. El aspecto de uno de ellos se muestra en la 8.



Figura 7. Relé de protección electrónico



Figura 8. Guardamotor



Figura 10. Guardamotor asociado a un MEM

» Guardamotor magnético. Es un interruptor automático para realizar la protección contra cortocircuitos solamente. Exteriormente, presenta la misma forma que el descrito anteriormente. Se lo emplea asociado a un relé de protección contra sobrecarga como el descrito en el ítem anterior.

Nota: estos dos últimos dispositivos se pueden asociar a un elemento de maniobra como puede ser un contactor para realizar maniobras de conexión y desconexión del motor eléctrico (figura 10).

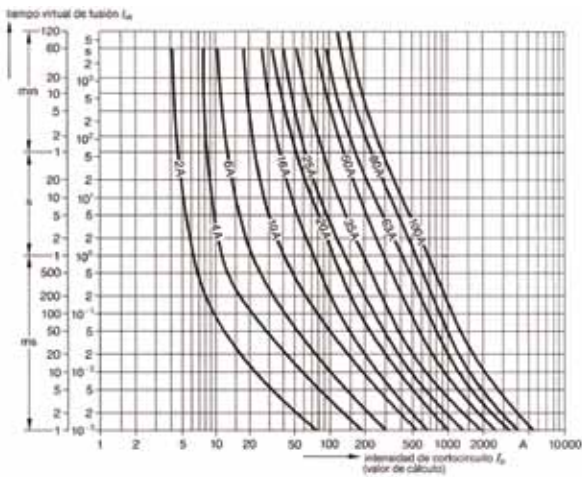


Figura 11. Curvas correspondientes a los fusibles tipo diazed

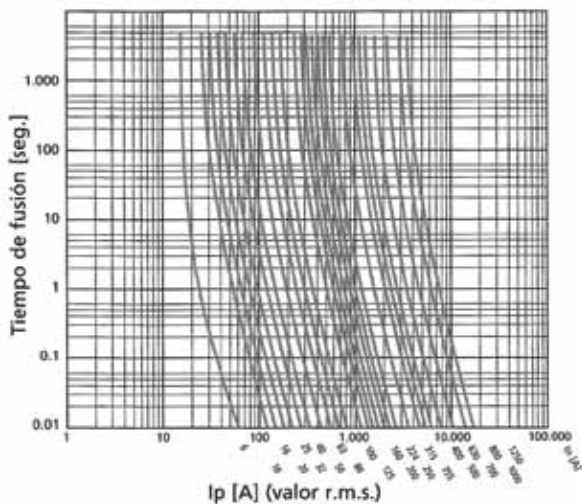


Figura 12. Curvas correspondientes a los fusibles tipo NH

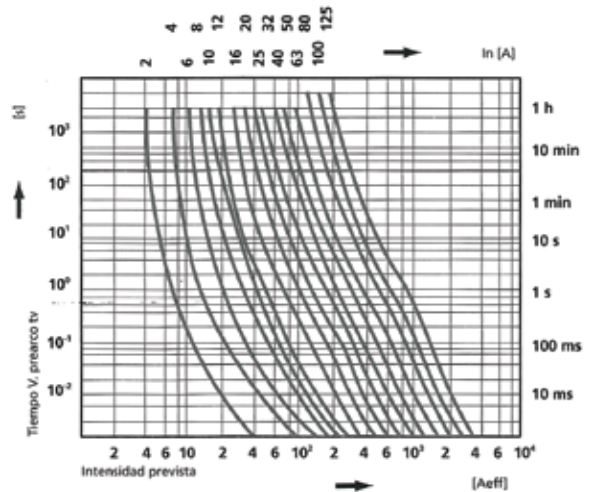
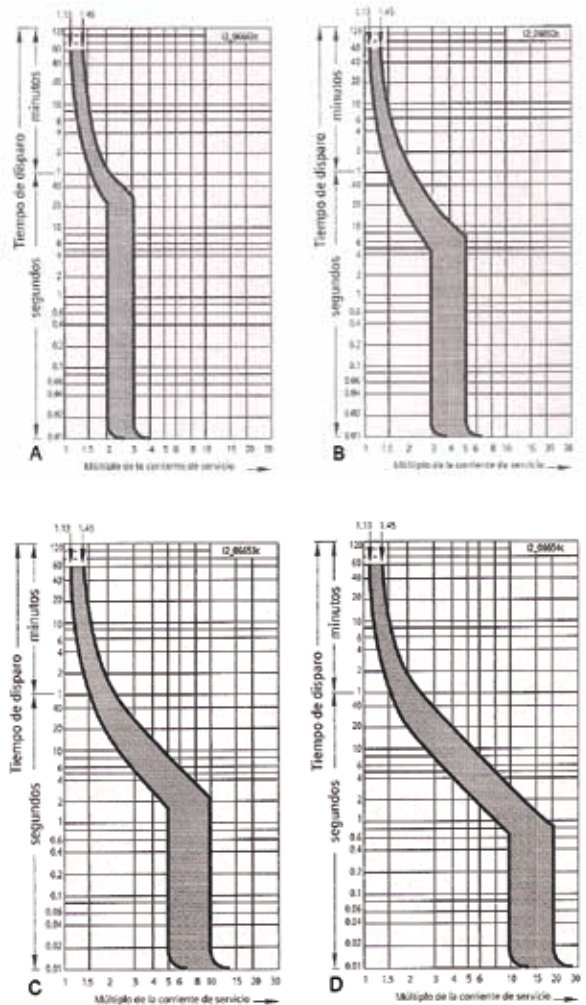


Figura 13. Curvas correspondientes a los fusibles cilíndricos industriales



Figuras 14. Curvas características de los PIA

Actuación de las protecciones

Las actuaciones de todos los elementos destinados a la protección de los circuitos eléctricos se ven reflejadas en las curvas de respuesta. Estas muestran en forma gráfica la respuesta que tendrá el elemento de protección frente a las magnitudes que está controlando en relación al tiempo (por ejemplo, corriente eléctrica vs. tiempo).

Estas curvas se representan en un plano formado por dos ejes perpendiculares: a uno se asigna la magnitud de la corriente eléctrica (A) a una determinada tensión, y al otro, el tiempo (t). Por convención, estos ejes se dibujan en escala logarítmica para que las curvas sean de más fácil comprensión y utilización.

En lo que sigue, se mostrarán las curvas correspondientes a cada uno de los elementos de protección mostrados hasta aquí.

Tipo	Empleo
A	Protección limitada de semiconductores. Protección de medición con transformadores.
B	Protección de conductores. Uso domiciliario con limitaciones.
C	Protección de conductores. Uso domiciliario con limitaciones. Uso industrial con limitaciones.
D	Protección de cables en circuitos de baja tensión (110 volts). Uso industrial con fuertes corriente eléctricas de inserción.

Tabla 1. Características y usos de las curvas de protección

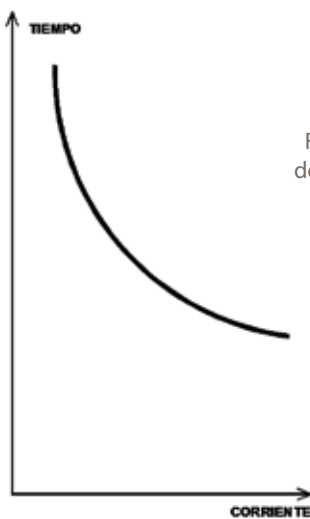


Figura 15. Curva genérica de un relé de protección de sobrecargas

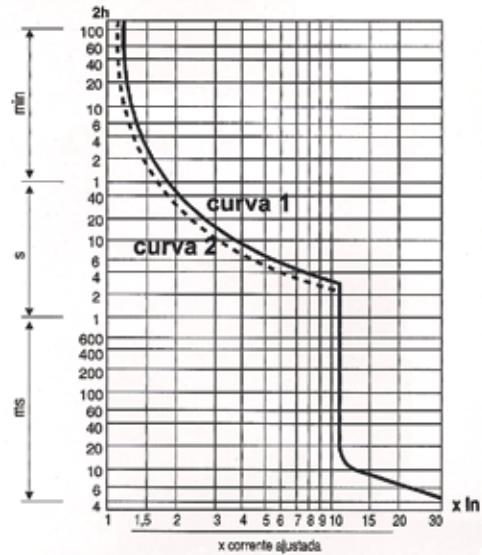


Figura 16. Curva de protección de un guardamotor electromagnético

De la observación de las curvas características de los PIA, se pueden apreciar las distintas respuestas en tiempo y corriente eléctrica de cada una de ellas (A, B, C y D). En la tabla 1 se muestran las posibles aplicaciones de cada una de estas curvas.

Mecánica de la actuación de las protecciones

A los fines de explicar el funcionamiento de los tipos de protecciones, recurriremos a un PIA y luego, a la aplicación específica de un motor eléctrico.

En la figura 17 se muestran las curvas de respuestas genéricas de un interruptor automático tipo PIA. En ellas se puede apreciar que están compuesta a su vez por dos tipos de curvas, indicadas con 0-1 y 0-2 respectivamente, las que se intersectan en el punto cero.

La primera de ellas (1) representa la respuesta de la protección por sobrecarga, y la segunda (2), por cortocircuitos; ambas, combinadas, ofrecen una protección completa frente a estas dos anomalías que pueden presentarse en los distintos tipos de circuitos eléctricos. Estas curvas son proporcionadas por los fabricantes, a través de los catálogos técnicos.

Existen elementos de protección que realizan estas funciones en forma separada, como es el caso de los guardamotors magnéticos y los relés de sobrecarga.

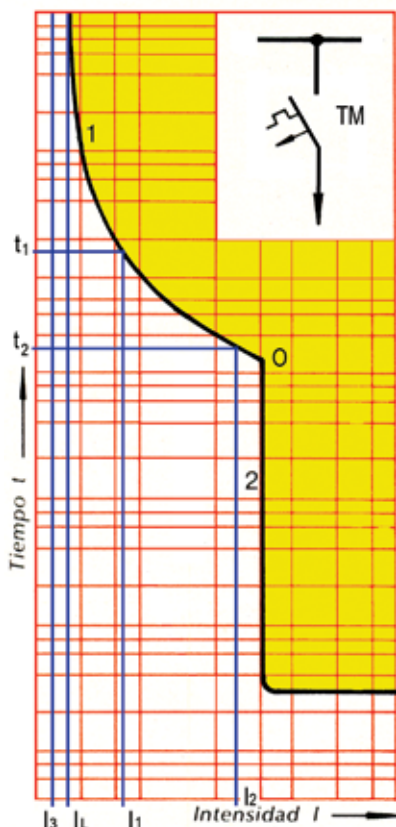


Figura 17. Curvas de las protecciones de un PIA

Volviendo a la anterior, todos los valores que se encuentran dentro de la zona de protección, que se muestra sombreada en la figura 17, corresponden a los estados en los cuales la protección actúa, desconectando el circuito eléctrico que se encuentra protegiendo.

Si se establece en el circuito una corriente eléctrica de valor I_1 , la protección actuará en el tiempo indicado con t_1 , o sea que ha transcurrido t_1 segundos desde que se estableció. De igual manera, si la corriente eléctrica establecida fuese I_2 , la protección actuaría en el tiempo t_2 ; en cambio si la corriente eléctrica fuese I_3 , la protección no actuará.

La corriente eléctrica indicada con I_L es la intensidad límite, valor crítico que cuando se sobrepasa, hace actuar el mecanismo de protección en un tiempo finito.

Protección de los motores eléctricos

Los motores eléctricos requieren dos tipos básicos de protecciones: por cortocircuito (que puede ocurrir en sus bobinados o en los cables de su alimentación) y por sobrecarga. Se pueden completar

con otras como: subtensión, sobretensión y puesta a tierra. Para hacer estas últimas protecciones se necesitan ciertos relés o dispositivos especialmente diseñados; para hacer las dos primeras de las protecciones mencionadas, se necesitan, para el caso de cortocircuito, fusibles y guardamotors magnéticos, y para el caso de las sobrecargas, relés de sobrecarga y guardamotors termomagnéticos, los cuales pueden estar relacionados con los elementos de maniobra como los contactores.

Estas relaciones entre los distintos elementos de maniobra y protección se visualizan en los denominados esquemas funcionales, los cuales se diseñan de acuerdo a la forma en que ha de trabajar el motor eléctrico y de su potencia.

La utilización de los distintos tipos de aparatos de maniobras (contactores, interruptores, interruptores automáticos, etcétera) y de protección disponibles (fusibles, guardamotors, relés automáticos, etcétera) permite la realización de diversos esquemas de comando y control para el funcionamiento, como se ejemplificó en la nota anterior.

Para la determinación de los parámetros eléctricos de la protección de los motores hace falta conocer: corriente nominal o asignada, corriente de arranque, tiempo de arranque y características del equipo impulsado. Al respecto de estos parámetros, de los dos últimos se puede decir: que el tiempo de arranque es extremadamente breve e imposible de determinar en forma simple; y en cuanto a las características del equipo impulsado, solo se puede apreciar a simple vista si el motor eléctrico lo hace rápidamente o no.

Protección contra cortocircuitos

Se emplean fusibles o guardamotors magnéticos. En el caso de los primeros, son especialmente construidos y son del tipo aM. La corriente eléctrica nominal de estos fusibles puede tomarse para los motores eléctricos con rotor en cortocircuito como: $2,0 \times I_N$. En donde I_N es la corriente nominal o asignada. El guardamotor que es solamente magnético cumple la misma función que los fusibles, y se usa la misma forma de elegir el calibre.



Protección contra sobrecarga

Se puede realizar mediante el empleo de guardamotors termomagnéticos o bien con relés de sobrecarga, los cuales se pueden acoplar a los contactores o bien a un guardamotor magnético. En los ítems anteriores se han graficado las curvas que representan la actuación general de estos. En la figura 18 se muestra: la evolución de la corriente eléctrica de arranque (I_{ar}) en el tiempo (T_{ar}), una posible corriente eléctrica de sobrecarga admisible (I_{sc}) en forma permanente (5 al 10%), la acción combinada de los relés de protección por sobrecarga (térmica) (1-0) y por cortocircuito (magnética) (0-2) y la acción combinada de ambas protecciones (zona sombreada).

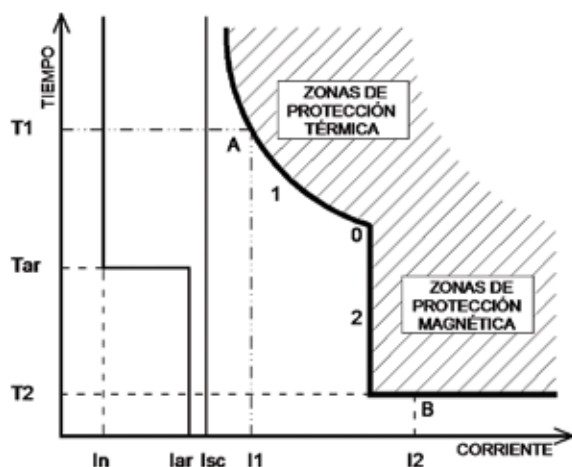


Figura 18. Esquema de la actuación de las protecciones

Las acciones combinadas de estas protecciones que se pueden dar:

- » cuando la corriente eléctrica de funcionamiento (I_1) sobrepase la línea que representa la de posible sobrecarga (I_{sc}) e intercepte la curva de la protección térmica (0-1) en el punto A, en cuyo caso el relé dará la señal de apertura al contactor, abriendo el circuito en un tiempo t_1 ;
- » si se produjese un cortocircuito, la corriente eléctrica (I_2) tomaría un valor mucho más alto que la de sobrecarga, tal que la línea que la representa intercepte a la curva de la protección magnética (0-2) en el punto B, con lo cual también dará la correspondiente señal de apertura

al contactor haciéndolo desconectar el ME en el tiempo t_2 .

Cuando se hace arrancar un ME, este toma una corriente arranque (I_{ar}) que aproximadamente dé seis y medio a siete veces la nominal, durante el tiempo de arranque (T_{ar}); en consecuencia, la regulación de los relés de protección debe ser tal que las curvas representativas de estas corrientes de arranque (I_{ar}) no intercepten a las de las protecciones (1-0-2).

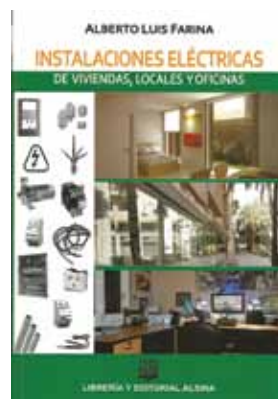
Esta es la razón por la cual se emplean las protecciones combinadas, denominadas "termomagnéticas" y más específicamente cuando se trata de MEM los guardamotors termomagnéticos, como los mostrados.

La parte de la protección magnética actúa en caso de cortocircuito, mientras que la parte térmica (bimetálica) acciona en caso de una sobrecarga poco pronunciada pero de larga duración, en cambio insensible a una elevación pasajera de la corriente eléctrica.

Para seguir ampliando conocimientos...

Alberto Luis Farina es ingeniero electricista especializado en ingeniería destinada al empleo de la energía eléctrica y profesor universitario. De la mano de la *Librería y Editorial Alsina*, ha publicado libros sobre los temas de su especialidad:

- » *Instalaciones eléctricas de viviendas, locales y oficinas*
- » *Introducción a las instalaciones eléctricas de los inmuebles*
- » *Cables y conductores eléctricos*
- » *Seguridad e higiene, riesgos eléctricos, iluminación*
- » *Riesgo eléctrico*



Nota del editor: la quinta y última parte de esta serie de notas se publicará en la próxima edición de "Suplemento instaladores", *Ingeniería Eléctrica* 321, junio 2017.