

Protección de motores asíncronos

Andrés Granero



Este Post está limitado a los motores asíncronos de cierta potencia, sea en alta o en baja tensión y en todo caso, a aquellos sistemas de protección mediante relés indirectos, es decir, los conectados al secundario de transformadores de medida.

Como cualquier otra parte del sistema, los motores deben disponer de protección contra cortocircuitos, lo que se logra mediante relés de sobreintensidad y/o diferenciales; pero sin duda, la más específica protección de los motores, es aquella destinada a prevenir el calentamiento por razones de sobrecarga.

1.- Protección contra cortocircuitos

Como en el caso de los generadores, la protección diferencial resulta muy adecuada, sin embargo su empleo está restringido a motores de gran potencia, sea como fuere no se trata en este post esta protección, porque su esencia es la misma que para los generadores que se expone en el post: "Protección de grandes generadores de corriente alterna" ver en el link:

De no emplearse diferencial, serán necesarios tres relés de sobreintensidad de tiempo inverso con unidad instantánea para faltas entre fases y otro para defectos a tierra. El ajuste de la unidad inversa de los relés de fases estará por encima de la intensidad nominal con un tiempo de funcionamiento tal que permita el arranque del motor. Las unidades instantáneas se ajustarán a un valor mayor que la máxima corriente asimétrica de arranque, siendo así que solamente proporcionarán protección en el caso de faltas muy violentas. El relé de tierra se puede disponer en el circuito residual de los transformadores de intensidad, cuando el neutro del sistema está conectado a tierra rígidamente, o bien, conectado a un transformador de intensidad toroidal que abarque a las tres fases, si el neutro está a tierra a través de elemento limitador (figura 1).

En relación con la figura 1, cuando se utiliza el transformador de intensidad toroidal, la armadura del cable debe ser puesta a tierra como se muestra en el dibujo, de otro modo la corriente de falta retornaría por la pantalla y dejaría inactivo el relé.

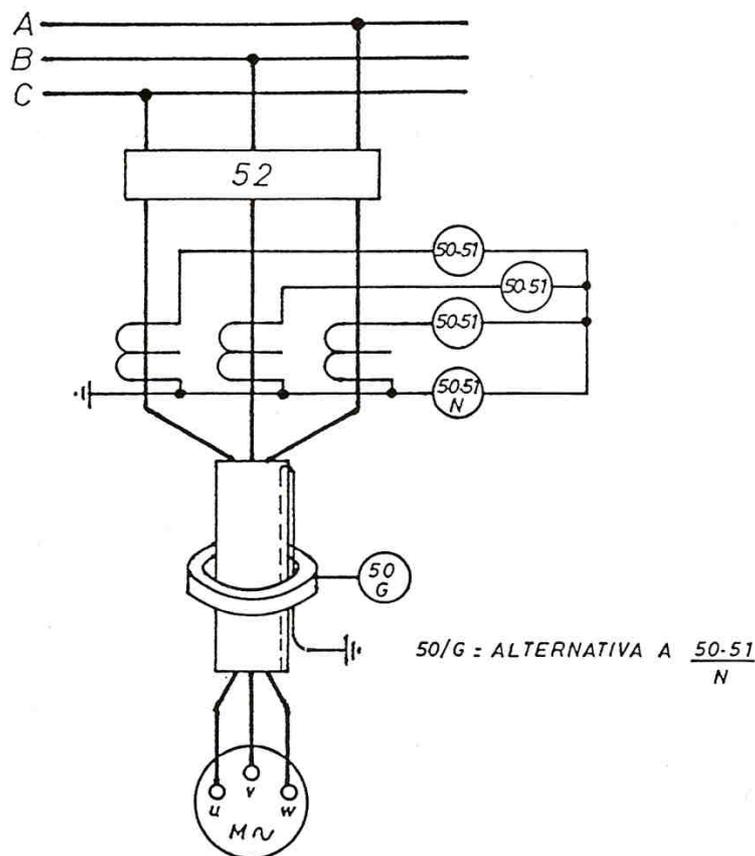


Figura 1: Protección de motores con relés de sobreintensidad

El empleo de relés de sobreintensidad con característica normalmente inversa es siempre problemático, ya que, al ajustarlos para arrancar justo por encima de la nominal del motor, en caso de sobrecarga dan tiempos de disparo innecesariamente cortos e incluso hacen imposible el arranque del motor si éste es muy largo. Por otro lado, si elevamos el valor de arranque para resolver el problema, resulta que hay una zona de sobrecarga sin protección que obliga a

emplear otros relés para sobrecarga. Frecuentemente se utilizan relés con característica inversa de tiempo largo, que resuelven ambos problemas, es decir, dan protección contra faltas y además la proporcionan contra sobrecargas como se verá más adelante.

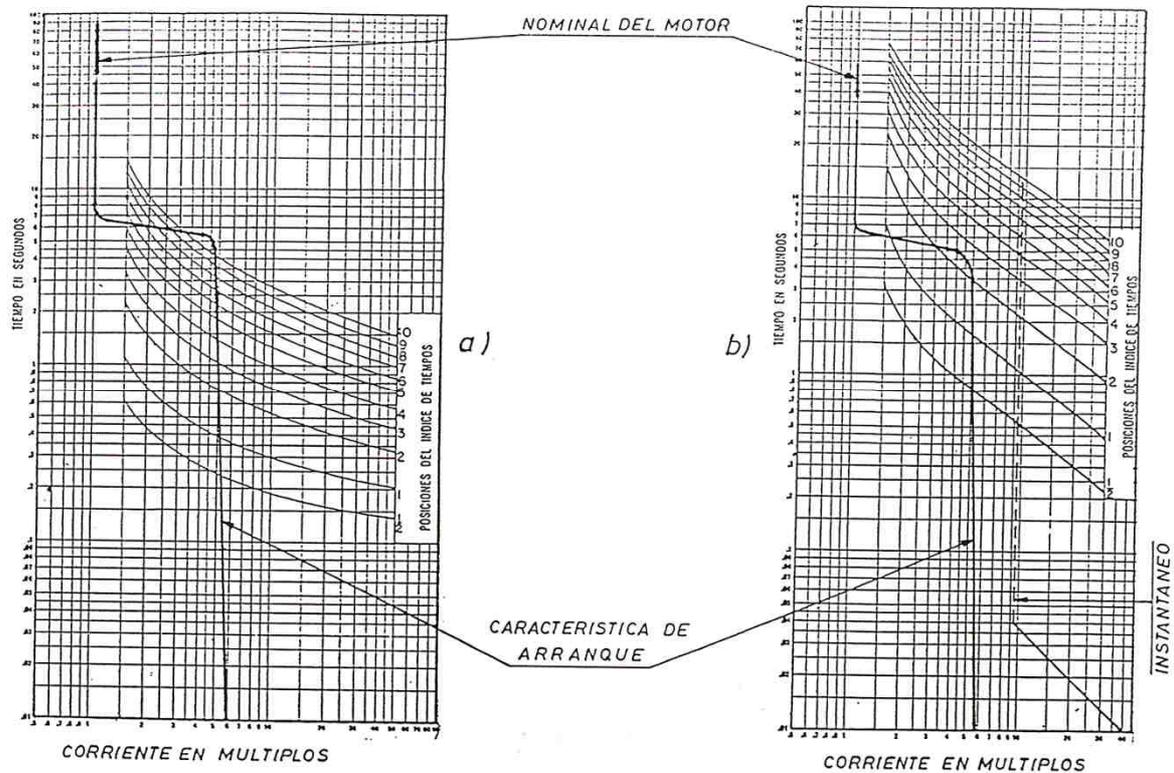


Figura 2: Comparación de curvas normal inversa e inversa de tiempo largo

En la figura 2 se muestran dos familias de curvas inversas, la a) normalmente inversa y la b) inversa con tiempos largos. Sobre ambas curvas aparece la de arranque de un motor, y es evidente que con normalmente inversas, en todos los casos no será posible el arranque, en cambio en la figura b), hay al menos ocho posibles curvas de tiempo válidas para un supuesto arranque. Asimismo en b) se ha dibujado la característica de la unidad instantánea ajustada por encima de la intensidad de arranque.

2.- Protección contra sobrecargas

Durante el funcionamiento normal de un motor, tanto en el rotor como en el estator se producen pérdidas de energía que se transforman en calor, en tanto no se rebasen las condiciones nominales y no se produzcan fallos en el sistema de refrigeración, la temperatura de la máquina se mantendrá dentro de los límites admisibles para los aislamientos. Si la carga mecánica aumenta por encima de la nominal, a temperatura se eleva hasta causar un daño irreversible. Los fabricantes proporcionan límites a la sobrecarga en función del tiempo, como en la figura 3, indica la curva de capacidad térmica del motor. Se trata de prever dispositivos de protección capaces de desconectar el motor antes de alcanzar los límites citados.

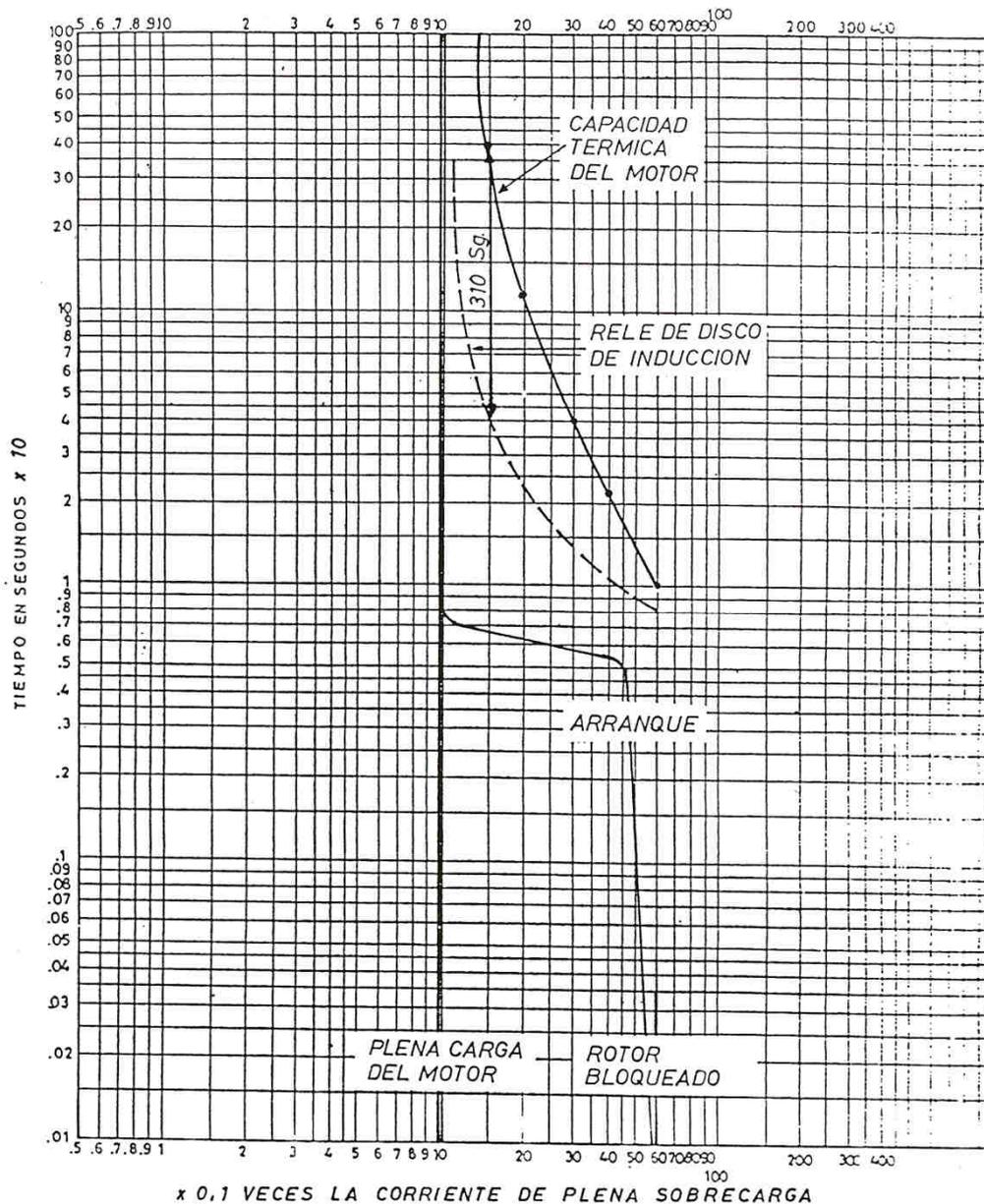


Figura 3: Protección de motores contra sobrecargas

2.1.- Motor con carga desequilibrada

Cuando las corrientes de línea que absorbe el motor no son iguales y equilibradas, aparece una corriente de secuencia negativa o inversa (I_2) que produce un campo magnético que gira en sentido contrario al del rotor, este campo, corta a la periferia del rotor a una velocidad próxima al doble de la sincrónica produciendo un calentamiento anormal.

Los desequilibrios pueden tener su causa en la propia tensión de alimentación, en la diferente reactancia de las fases del motor, etc. Como la reactancia de secuencia negativa es muy pequeña 0,15 a 0,2 p.u. bastará un pequeño desequilibrio en la tensión para que haya una gran intensidad de secuencia negativa.

Los relés de intensidad convencionales no tienen en cuenta el hecho anterior y por tanto no pueden dar protección adecuada si el régimen es desequilibrado.

Para motores importantes, una solución consiste en instalar además de los relés de sobrecarga convencionales uno de sobreintensidad de secuencia negativa como el utilizado para protección de generadores, ver en el post: “Protección contra corrientes de secuencia inversa en grandes generadores” en el link:

<http://imseingenieria.blogspot.com.es/2015/07/proteccion-contracorrientes-de.html>

2.2.- Condición de rotor bloqueado

Cuando por avería el rotor no puede girar, estando el motor alimentado a su tensión nominal, una corriente importante (igual a la de arranque) fluye por el arrollamiento del motor (figura 3). Como además en máquinas autoventiladas, esta no opera, el tiempo que el motor puede permanecer en estas condiciones es menor que el que pudiera esperarse si con esa corriente el rotor estuviera girando (ventilando). Por lo tanto, un relé de protección que se ciña justo por debajo de la curva de la capacidad térmica del motor no protegerá adecuadamente en la situación comentada.

La solución más común, consiste en un relé instantáneo ajustado un poco por debajo de la corriente de rotor bloqueado, este relé activará un temporizado ajustado al tiempo de duración del arranque normal. Si transcurrido ese tiempo, la intensidad no ha descendido al valor correspondiente a la carga, el relé temporizado disparará el interruptor del motor.

2.3.- Protección de sobrecarga con relés de disco de inducción a tiempo inverso

Como ya se ha indicado, un relé de sobreintensidad de característica inversa de tiempo largo puede dar protección contra sobrecargas en un motor. En la figura 3 con línea de trazos se presenta la característica que más se ajusta sin cruzarse al límite térmico del motor y se advierte que, por ejemplo, para sobrecargas de 1,5 veces la nominal el relé disparará más de cinco minutos antes de lo necesario, por lo tanto, podemos decir que hay un exceso de protección. El problema apuntado, se puede resolver eligiendo en el relé una curva de tiempo más alta de manera que de protección adecuada en la zona lógica de sobrecarga, es decir, entre la nominal y 2 a 3 veces la misma, en cuyo caso la curva del relé cortará a la característica térmica del motor y no dará protección en la zona de bloqueo del rotor teniendo que recurrir a la protección de bloqueo de rotor indicada en 2.2 para proteger esta zona.

Los relés de disco de inducción con característica inversa de tiempo largo, operan en la zona de baja sobrecarga con un par muy pequeño, de tal manera, que cualquier leve agarrotamiento por suciedad u otras causas, conlleva un incremento en el tiempo de operación que a menudo es inadmisibles, y este, es el mayor inconveniente para el empleo de estos relés. Ciertamente este tipo de relé, tampoco proporciona protección contra corrientes desequilibradas.

2.4.- Protección de sobrecargas con relés térmicos

Un relé térmico de protección contra sobrecargas, es aquel que alimentado a partir de la corriente de línea del motor reproduce en una imagen térmica la característica de calentamiento del motor. Estos relés proporcionan una buena protección en la zona de sobrecarga discreta pero dan tiempos muy largos en la zona de carga fuerte como se indica en la figura 4.

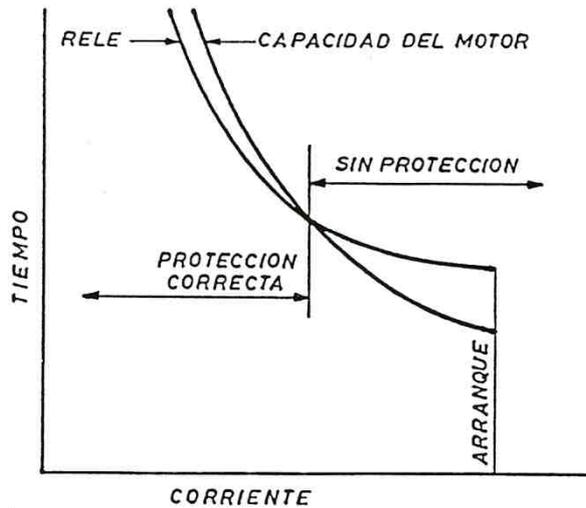


Figura 4: Protección con relé térmico

Contrariamente a los relés de inducción, los térmicos son más fiables en la zona de baja carga y menos adecuados para cargas fuertes, zona ésta en la que los de inducción son muy seguros. Precisamente por esto, una buena manera de lograr protección adecuada es combinando las ventajas de ambos como se muestra en la figura 5.

El empleo de la protección indicada en la figura 5 está restringido por razones económicas ya que requiere dos relés por fase y aun así tampoco disponemos protección en condiciones desequilibradas.

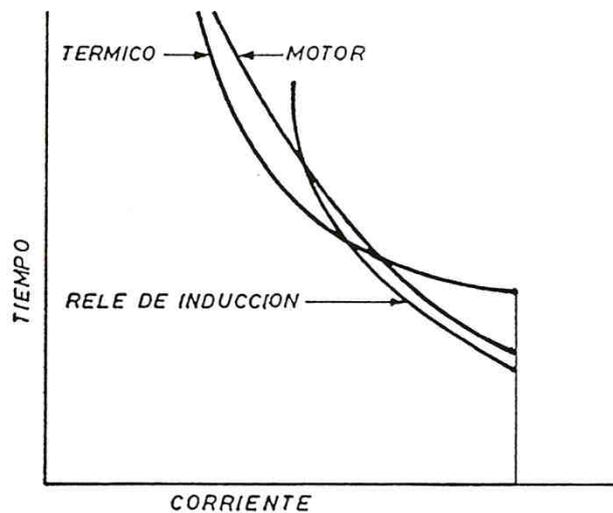


Figura 5: Protección más completa de motor

2.5.- Protección de mínima tensión

Los motores en general requieren protección contra bajadas de tensión tanto en el arranque como en marcha normal. Durante el arranque el par motor se ve muy afectado por el valor de la tensión, de manera, que si ésta es tan baja que el arranque no está asegurado, el relé de mínima tensión debe impedirlo, y en marcha, si desciende la tensión manteniendo la carga en el eje, se puede llegar a la zona de inestabilidad del motor.

No hay reglas fijas para establecer los niveles de tensión límite ya que esto, depende de las características del motor y las condiciones de la carga, pero valores de ajuste muy frecuentes son: 90% para el arranque y 70% para la marcha normal.

2.6.- Resumen de protecciones de motor

En la figura 6 a) y b), se indican esquemáticamente las protecciones recomendadas por un fabricante de motores de inducción de alta tensión, para potencias por debajo a) y por encima b), de 1500 C.V.

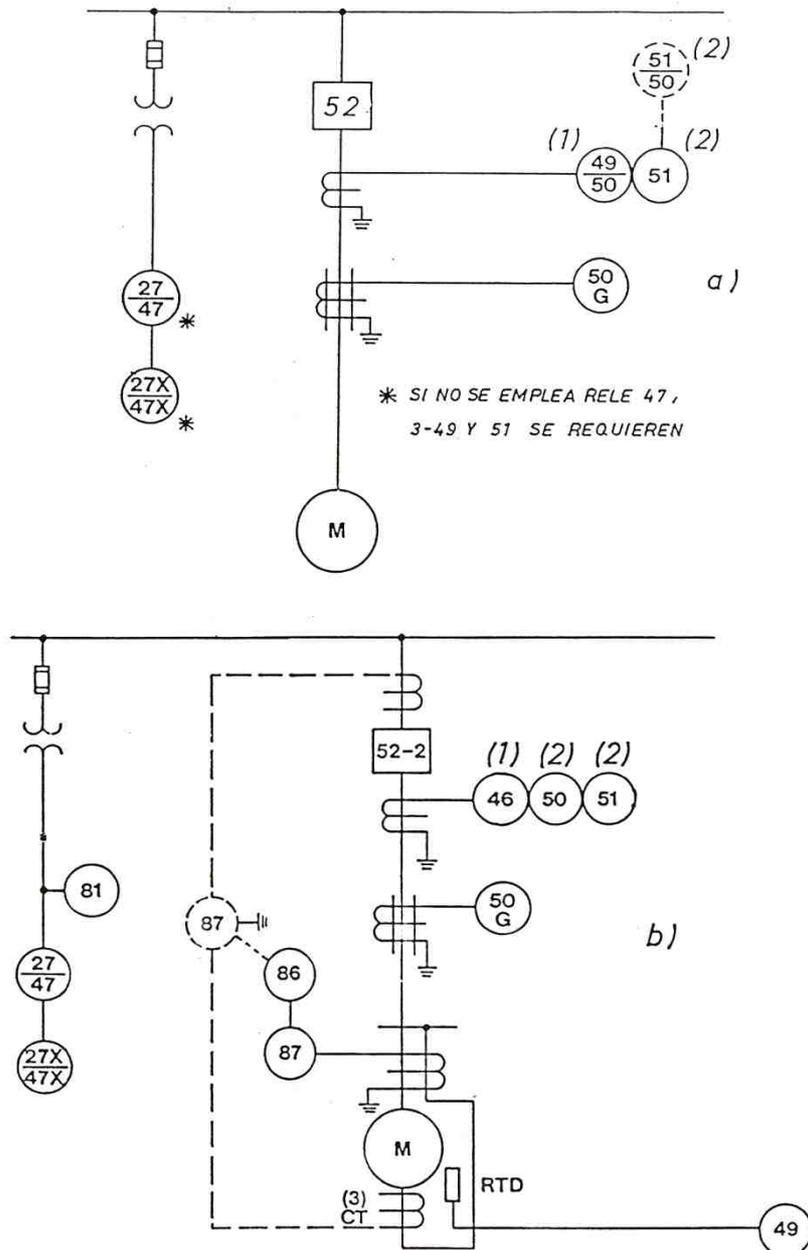


Figura 6: Protección de motores = a) inferiores a 1500 CV
b) superiores a 1500 CV

3.- Protección de motores con un único relé

Como se ha podido observar, la protección de grandes motores asíncronos es un asunto complejo que requiere el empleo de muchos dispositivos de protección unitarios, la solución a este problema es reagrupar en una sola unidad la mayor parte, aunque no todas, las protecciones requeridas por el motor.

Estos relés operan a partir de las corrientes de línea y básicamente proporcionan las funciones siguientes de protección:

- Protección contra sobrecargas equilibradas
- Protección contra sobrecargas desequilibradas
- Protección contra cortocircuitos entre fases
- Protección contra cortocircuitos fase tierra
- Protección contra bloqueo de rotor
- Protección contra arranques largos
- Protección contra arranques en monofásico
- Imagen térmica

Las diferentes unidades de medida, son elementos estáticos en general y solamente los dispositivos de salida de órdenes y eventualmente de señalización son unidades electromecánicas.

En la figura 7 se representa el diagrama de bloques de uno de estos relés.

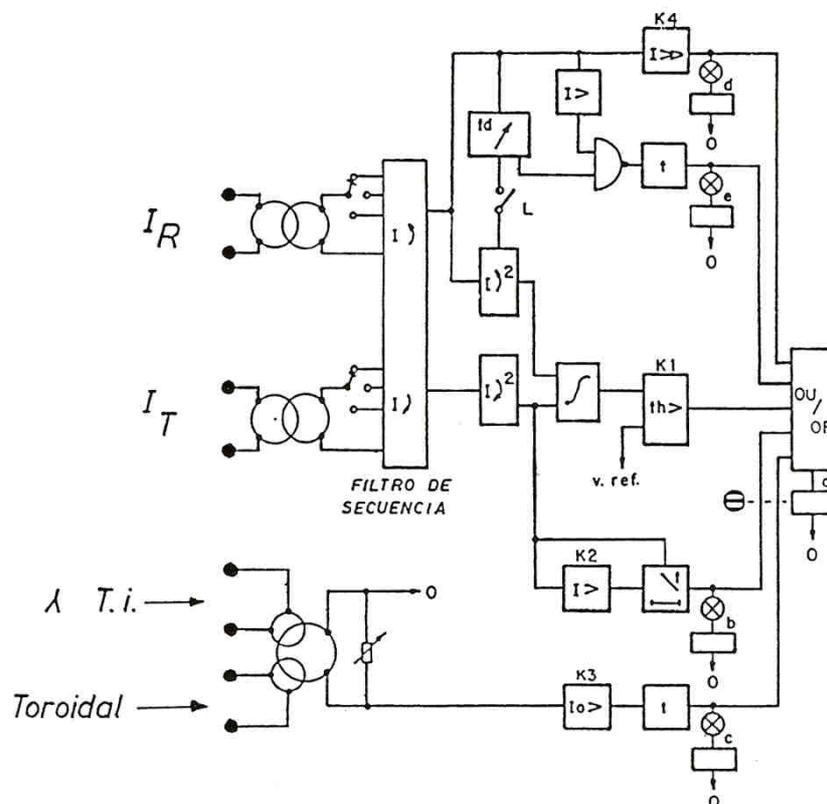


Figura 7: Relé estático de protección de motores

Brevemente, estos relés, descomponen las corrientes de línea en un filtro para obtener las componentes directa I_1 e inversa I_2 de la corriente, ambas I_1 e I_2 se aplican a un dispositivo de imagen térmica, de manera que el efecto de la I_2 es mayor que la I_1 , con ello, se logra una curva térmica que reproduce el calentamiento del motor incluido el efecto térmico de posibles desequilibrios.

La componente homopolar se obtiene desde el circuito residual de los transformadores de medida o bien, desde un toroidal y alimenta una unidad instantánea (ajustable) para proporcionar protección contra faltas a tierra.

La componente I_1 se utiliza en otra vía para alimentar una unidad instantánea ajustable para protección contra cortocircuitos entre fases. Igualmente la I_2 se utiliza para prevenir la condición de arranque en monofásico.

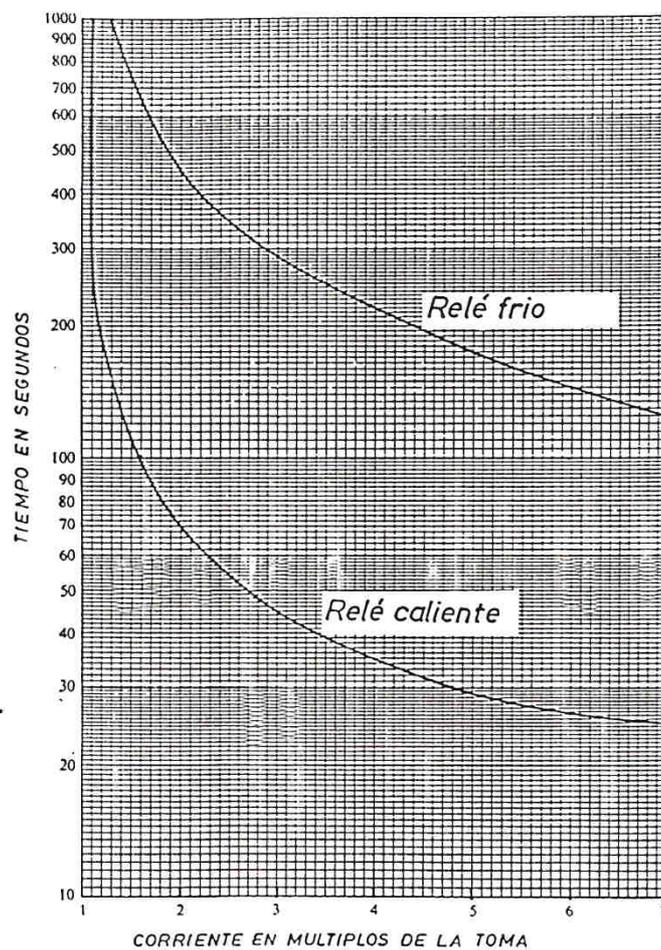


Figura 8: Curvas de la unidad de imagen térmica

La unidad de imagen térmica tiene unas curvas de respuesta, que en algunos tipos de relés son ajustables para poder ceñirse a la característica térmica de cada motor. Una de estas curvas se muestra en la figura 8 las dos curvas del gráfico se refieren al estado frío o caliente del relé. Es importante destacar que cuando se llega al disparo, el relé no permite la reconexión hasta que ha transcurrido un tiempo de enfriamiento.

No obstante la amplia gama de situaciones protegidas por estos relés, en caso de motores de gran potencia, es preciso además instalar protecciones complementarias, tales como diferencial y de mínima tensión, en razón, de que una vez ocurrida la avería hay que intentar disminuir el costo de reparación, y aquí, el tiempo muy corto de actuación de los relés diferenciales es primordial.