

motor tico

BOLETÍN MENSUAL PREPARADO POR WWW.MOTORTICO.COM, COSTA RICA

JUNIO 2016

Protecciones de Motores Eléctricos de CA

Los motores eléctricos son propensos a sufrir fallas y averías durante el transcurso de su vida útil. La mayoría de los modos de falla de un motor pueden ser controlados para limitar su daño, de este modo mejorar la confiabilidad del motor y la máquina donde opera. Por ejemplo, las fallas mecánicas se controlan diseñando un sistema que soporte las fuerzas mecánicas y magnéticas que operan en el motor. Además, el diseño del sistema de aislamiento permite minimizar los esfuerzos eléctricos que deterioran al motor de manera prematura. Sin embargo, no es económicamente viable diseñar un motor que soporte todos los modos de falla posibles. La alternativa es incluir un sistema de protección que pueda detectar rápidamente condiciones anormales y tome *acciones apropiadas*.

Definición de falla y avería

En general, una **falla** se define como la terminación de la habilidad del motor de desempeñar la función requerida, bajo unas condiciones de operación dadas. Por otro lado, una **avería** de un motor se puede definir como la desviación no permitida de al menos una variable, del comportamiento aceptable/usual/estándar, sin la completa terminación de la función requerida del motor. También en motores eléctricos se habla de *modo de falla*, definido como la causa primaria de la falla, o circunstancias que acompañan a la falla concreta. Cada modo de falla puede tener una o más causas, y éstas a su vez otras causas secundarias. Al realizar un análisis de falla se busca llegar a la *causa raíz*, la cual si se controla, el motor debería operar correctamente. Para hacer frente a distintos modos de falla y averías, se deben incluir dispositivos de protección, los cuales se revisan a continuación.

Tipos de dispositivos de protección

Se distinguen dos tipos básicos de dispositivos de protección para motores, a saber:

1. **Dispositivos reaccionarios:** este tipo de dispositivos están diseñados para reconocer una cierta situación peligrosa para el motor y tomar acciones predeterminadas para remover el peligro. Usualmente la acción es desconectar el motor del circuito de potencia. El motor no está diseñado para operar en presencia de la situación peligrosa detectada. Según el tiempo de apertura, se pueden dividir en: *i)* dispositivos para fallas de corto circuito: caracterizados por actuar frente a sobre corrientes **muy altas** (mayores a 8-10 veces la corriente nominal), con un rango de actuación menor a 1 segundo (normalmente de mili-segundos); *ii)* dispositivos para fallas de sobrecarga: caracterizados por actuar frente a corrientes **altas** (entre 1-8 veces la corriente nominal), con un rango de actuación mayores a 1 segundo, llegando a varios segundos para desconectar el motor.
2. **Dispositivos de seguridad:** este tipo de dispositivos están diseñados para reconocer una cierta situación peligrosa o anómala, y tomar acciones para disminuir el peligro, ya sea por alguna acción de control o la emisión de una alarma, pero sin la desconexión de motor como acción inicial, luego de un tiempo prudencial (retardo) si se puede proceder con la desconexión. El ejemplo de este tipo de dispositivos son: sistemas de enfriamiento externo del motor (ventilación forzada), protectores por alto/bajo voltaje, protector contra voltajes transitorios, bancos de condensadores automáticos, relés de temperatura en devenados o rodamientos, sensores de vibración en línea, otros.

La forma en que opera un dispositivo de protección para motores eléctricos se detalla en la Fig. 1. El dispositivo mide una variable del motor (por ejemplo: corriente, voltaje, temperatura, vibración, otra), la cual se compara con un valor umbral o límite. Si el límite es excedido, entonces se define una acción en el elemento de decisión, el cual emite una orden de actuación al elemento de acción. Si el límite no es excedido, ninguna acción se toma.

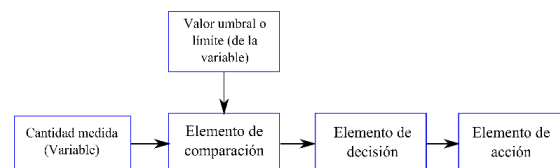


Figura 1 Esquema de operación de una protección para motor eléctrico

Protecciones para Motores Eléctricos

Para efectos de protección de un motor eléctrico se sugiere la división del motor eléctrico en *zonas de protección*. Para cada zona se necesitarán distintos dispositivos de protección, algunos de tipo reaccionarios y otros de seguridad. La Fig. 2 presenta los posibles causas de fallas, según la zona. Las zonas de protección son: 1) Alimentación Eléctrica, 2) Estator, 3) Rotor junto con el Eje, 4) Rodamientos o Descansos, 5) Base de Montaje, y 6) Sistema de Ventilación.

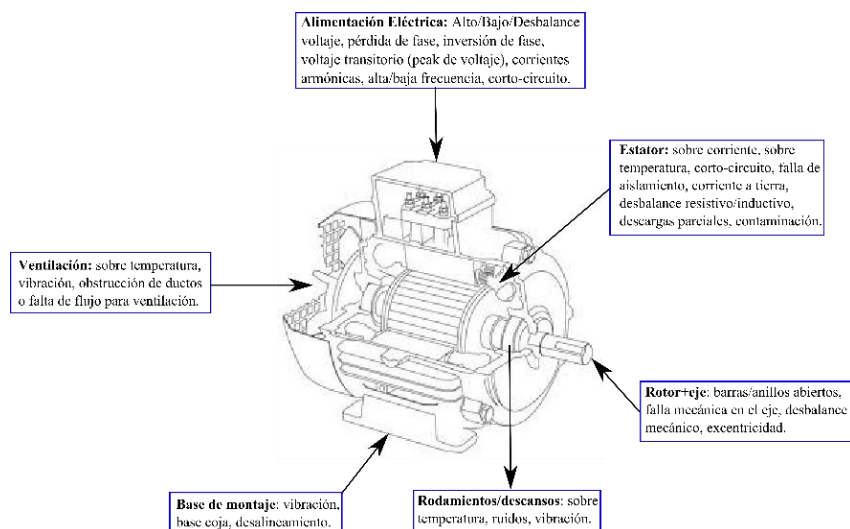


Figura 2 Zonas de protección en un motor eléctrico y causas de falla

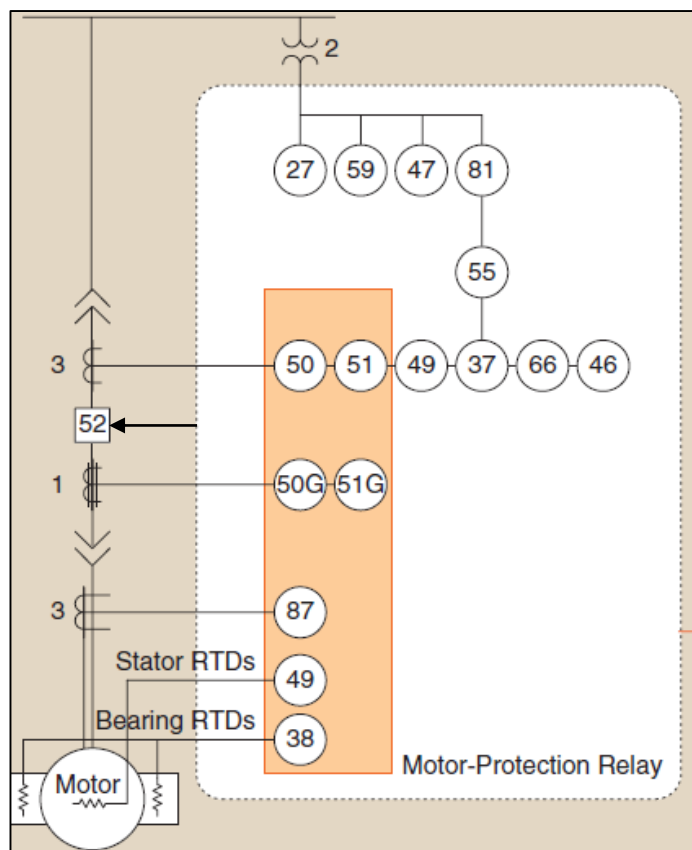
Esto se puede enlazar con estudios de fallas en motores eléctricos los cuales, en resumen, determinan que las causas de fallas se dividen en 3 grupos, estas son: *i*) fallas eléctricas (33%); *ii*) fallas mecánicas (31%); y *iii*) fallas por razones ambientales-mantenimiento-otras (36%). Es decir, la mayor preocupación se debe orientar en proteger el motor por fallas eléctricas y mecánicas, que en conjunto son las mayores (64% del total).

Protección de sobrecorriente y análisis de caso

Cuando el motor de inducción sufre una sobrecarga mecánica, la corriente tiende a aumentar, con lo cual la temperatura subirá (efecto Joule). Si la temperatura alcanza niveles peligrosos, el sistema de aislamiento puede quedar comprometido. Por tal razón, se debe proveer una protección de sobrecorriente. Si bien en una protección de sobrecorriente la *variable medida* es la **corriente** (Amperios), la *variable a controlar* es la **temperatura del devanado** (°C). Hay diferencias según la potencia y tensión del motor, en cuanto a la forma de medir la corriente. También el tipo de protección define la forma de medir, sea bimetálica o electrónica. En general, se pueden dividir en: 1) sensado directo de la corriente (como las bimetálicas) hasta 250A; 2) sensado por medio de transformadores de corriente (como protecciones electrónicas o para motores de media tensión). Por ejemplo, en la Fig. 3 se muestra el diagrama típico de una protección para un motor de media tensión (más de 1000V), indicando la nomenclatura ANSI (por las siglas de American National Standards Institute) para cada función del relé. En media tensión el relé de protección (Motor-Protection Relay) cumple las funciones hasta el elemento de decisión (según la Fig. 1), mientras que el elemento de acción está en el interruptor externo (52). La Fig. 3 incluye:

Figura 3 Diagrama de conexión de relé de protección para motor de media tensión

- **52:** Interruptor o circuit breaker. El relé actúa sobre este elemento en caso de presentarse una falla.
- **2:** Transformador de potencial para sensado de voltage.
- **3:** Transformador de corriente para sensado de corriente, antes y después del interruptor.
- **1:** Transformador de corriente para sensado de corriente a tierra.
- **Stator y Bearing RTDs:** Sensado de temperatura en el estator y los rodamientos por medio de RTDs (o termistores).
- **Protecciones eléctricas:** Función 50/50G para protección por cortocircuito entre fases y a tierra, 51/51G protección de sobrecarga en fases y tierra, y 87 para protección diferencial.
- **Protecciones mecánicas:** Función 27 protección por bajo voltaje, 59 por sobrevoltaje, 46 desbalance de corriente, 47 desbalance de voltaje, 49 sobretemperatura en estator, 55 factor de potencia, 66 excesivos arranques, y 81 protección por desviación en frecuencia.
- **Condiciones anormales:** Función 32 para protección potencia inversa, 37 protección por baja corriente, y 38 temperatura en rodamientos.



El relé de protección del motor de media tensión de la Fig. 3 incluye todas las funciones indicadas, las cuales en caso de sobrepasar algún valor umbral, enviará una señal de apertura (desconexión) al interruptor, para mantener seguro al motor.