

Protecciones eléctricas

La determinación de los límites técnicos de utilización de materiales conductores y aislantes en instalaciones y en los artefactos, sin producir sobrecalentamiento y cortocircuitos, han permitido que se construyan elementos que cumplan con las protecciones necesarias en baja tensión (50 a 1000 VAC).

1. Fallas en circuitos y redes eléctricas

1.1 Cortocircuito

Se denomina cortocircuito al fallo en un aparato o línea eléctrica por el cual la corriente eléctrica pasa directamente del conductor activo o fase, al neutro o tierra en sistemas monofásicos de corriente alterna, entre dos fases o entre polos opuestos en el caso de corriente continua.

El cortocircuito se produce normalmente por los fallos en el aislante de los conductores, cuando estos quedan sumergidos en un medio conductor como el agua o por contacto accidental entre conductores aéreos por fuertes vientos o rotura de los apoyos.

Debido a que un cortocircuito puede causar importantes daños en las instalaciones eléctricas e incluso incendios en edificios, estas instalaciones están normalmente dotadas de fusibles o interruptores magneto térmicos.

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo.

Los circuitos deben estar todos protegidos contra los accidentes que pueden sobrevenir, y contra la persistencia de ciertas condiciones de funcionamiento anormales que sin poderse llamar accidentes, no son admisibles. Las protecciones utilizadas en las instalaciones comunes se conectan en serie, y son mecanismos que actúan sacando de servicio la sección averiada, porque la persistencia de esas condiciones provoca la inutilización de elementos, o incendios.

1.2 Sobrecarga

Es toda corriente que sea superior a un valor asignado. En los conductores, el valor asignado es la corriente admisible por los mismos.

Para algunas cargas inductivas como motores o lámparas de descarga, la sobreintensidad puede ser un fenómeno transitorio ocurrido en general en el momento de su conexión a la red eléctrica. Esta característica deberá tenerse en cuenta al momento de la elección de la protección.

1.3 Corriente de fuga (corriente defecto).

Se entiende a la derivación de la corriente eléctrica por caminos distintos a los hilos activos, provocada, generalmente, por un deterioro del aislamiento del conductor. La misión de los diferenciales es reducir el tiempo de paso de la corriente por el cuerpo humano, mediante la interrupción rápida de la misma. En el caso de una falla de aislación en el circuito, impedir la circulación de corriente de fuga a tierra que produce pérdidas de energía y posibles incendios.

Existen 2 tipos de corrientes de fuga, no peligrosas, que no son debidas a defectos de aislamiento:

a) Corrientes de fuga permanente

Estas corrientes son debidas a:

- Las características de los aislantes.
- Las frecuencias de las corrientes empleadas.
- Los condensadores de los filtros capacitivos.

b) Corrientes de fuga transitorias o debidas a perturbaciones

Estas corrientes son generadas principalmente por:

- Sobretensiones de maniobra.
- Sobretensiones atmosféricas (rayos).
- Puesta en tensión de circuitos que poseen una elevada capacidad respecto a tierra.

Es necesario entender que en instalaciones eléctricas que no poseen disyuntor diferencial, o que su sistema de puesta a tierra no esté en buenas condiciones, o peor aún, la puesta a tierra esté usada como neutro, podrá aparecer la segunda señal característica más difícil de detectar que es el consumo energético sin haber conectado ningún elemento.

Causas:

- Artefactos defectuosos conectados al circuito.
- Conexiones en mal estado o fallas de aislamiento, que generan la unión de un conductor activo y la descarga a tierra. (por ejemplo la unión entre la fase y la descarga a tierra.)
- Empalmes mal aislados.
- Exposición de cajas de derivación u otro tipo a humedad.

1.4 Falta de neutro

La falta del conductor de neutro se puede deber a un cortocircuito anterior que haya afectado éste conductor o también empalmes o conexiones mal realizados.

Su señal característica además de la ausencia de energía es que todos los terminales del dispositivo eléctrico se encuentran a tensión de fase. En los sistemas trifásicos se produce un aumento excesivo de tensión en los dispositivos monofásicos.

1.5 Falta de una o dos fases

La falta de las mismas puede provocar el funcionamiento anormal de dispositivos eléctricos monofásicos, bifásicos y/o trifásicos.

En el caso de motores trifásicos, al perder una fase, pueden absorber mayor corriente que la nominal si están funcionando, o no arrancar y quemar sus bobinados en caso de no actuar otra protección.

1.6 Sobre tensión.

La sobretensión puede tener un origen atmosférico (transitorio) u otras causas relativas a inconvenientes en las redes de distribución eléctrica (permanentes).

La naturaleza de sobretensiones de origen atmosférico es abrupta y no depende de la frecuencia de red, se considera transitoria y su valor oscila entre varias decenas o centenas de veces la tensión nominal.

Causas: Descargas de rayos en las líneas de AT o cercana a las mismas o cierre y/o apertura de interruptores de AT o MT en condiciones extremas

Las sobretensiones de otro origen duran varios ciclos en la tensión alterna y se consideran permanentes y su valor oscila entre 2 y 10 veces la tensión nominal.

Causas: cercanía de una fábrica o taller que produzca en la vecindad elevación abrupta de la tensión, mal servicio dado por la empresa proveedora de energía y/o falta de neutro en la instalación.

1.7 Subtensión

La tensión inferior a la nominal trae aparejado funcionamiento anormal de dispositivos o rotura de los mismos.

2. Dispositivos de protección

2.1 FUSIBLE

El fusible es un dispositivo protector, cuyo principio de interrupción se basa inicialmente en la fusión de un elemento conductor.

El fusible es un elemento de protección contra las sobrecargas que dependiendo del tipo de curva que éste posea protegerá contra sobrecargas y cortocircuitos o solamente contra cortocircuitos.

El principio del fusible está basado en que al ser construido mediante una aleación metálica al circular una corriente elevada o sobrecarga que exceda el valor predeterminado del fusible se funde interrumpiendo el circuito, protegiéndolo.

Sus características básicas son las siguientes:

- **Tensión nominal:** tensión para la que ha sido previsto su funcionamiento, los valores más habituales son: 250, 400, 500 y 600 V en baja tensión.
- **Intensidad nominal:** es la intensidad que puede soportar indefinidamente, sin sufrir ningún deterioro los componentes de dicho elemento. 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, 1250 A.
- **Intensidad de fusión y de no fusión del fusible:** la intensidad de fusión es la intensidad a la cual el fabricante asegura su fusión. La intensidad de no fusión es la máxima intensidad del fusible que el fusible es capaz de soportar con la seguridad de no fundir.

Tipos de fusibles

Se pueden clasificar según su tipo-tamaño y en función de su clase de servicio.

a. Cartuchos cilíndricos:

Tipo CI00, de 8,5 x 31,5 mm, para fusibles de 1 a 25 A.

Tipo CI0, de 10 x 38 mm, para fusibles de 2 a 32 A.

Tipo CI1, de 14 x 51 mm, para fusibles de 4 a 40 A.

Tipo CI2, de 22 x 58 mm, para fusibles de 10 a 100 A.

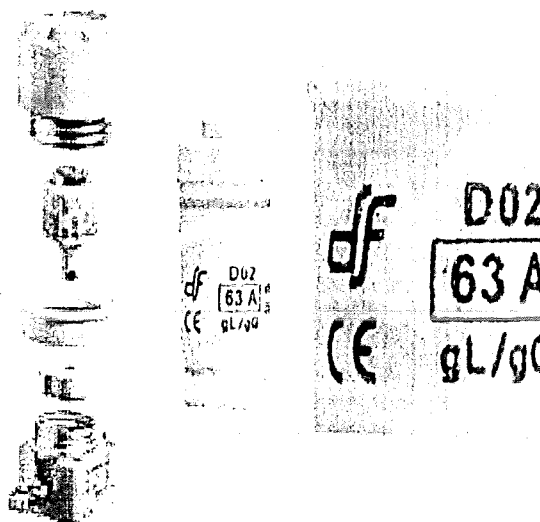


b. Fusibles tipo Dfazed:

Tamaño de 25 A, para fusibles de 2 a 25 A.

Tamaño de 63 A, para fusibles de 35 y 50 A.

Tamaño de 100 A, para fusibles de 80 y 100 A.



c. Fusibles tipo de cuchillas o también llamados NH de alto poder de ruptura (APR):

Tamaño 00 (000), 35 a 100 A

Tamaño 0 (00), 35 a 160 A

Tamaño 1, 80 a 250 A

Tamaño 2, 125 a 400 A

Tamaño 3, 315 a 630 A

Tamaño 4, 500 a 1000 A Tamaño 4a, 500 a 1250 A

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

• Primera letra: Función

Categoría "g": fusibles de uso general.

Categoría "a": fusibles de acompañamiento

• Segunda letra: Objeto a proteger

Objeto "I": Cables y conductores.

Objeto "M": Aparatos de conexión.

Objeto "R": Semiconductores.

Objeto "B": Instalaciones de minería.

Objeto "Tr": Transformadores.

La combinación de ambas letras nos da múltiples tipos de fusibles, pero tan solo pondré los más habituales o utilizados:

Tipo gF: Fusible de fusión rápida. Protege contra sobrecargas y cortocircuitos.

Tipo gT: Fusible de fusión lenta. Protege contra sobrecargas sostenidas y cortocircuitos.

Tipo gB: Fusibles para la protección de líneas muy largas.

Tipo aD: Fusibles de acompañamiento de disyuntor.

Tipo gG/gL: Norma CEI 269-1, 2, 2-1. Es un cartucho limitador de la corriente empleado fundamentalmente en la protección de circuitos sin puntas de corriente importantes,

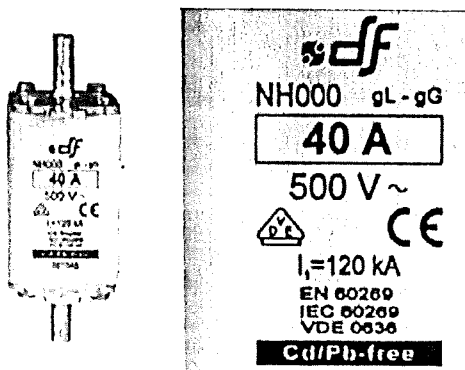
tales como circuitos de alumbrado, calefacción, etc.

Tipo gI: Fusible de uso general. Protege contra sobrecargas y cortocircuitos, suele utilizarse para la protección de líneas aunque se podría utilizar en la protección de motores.

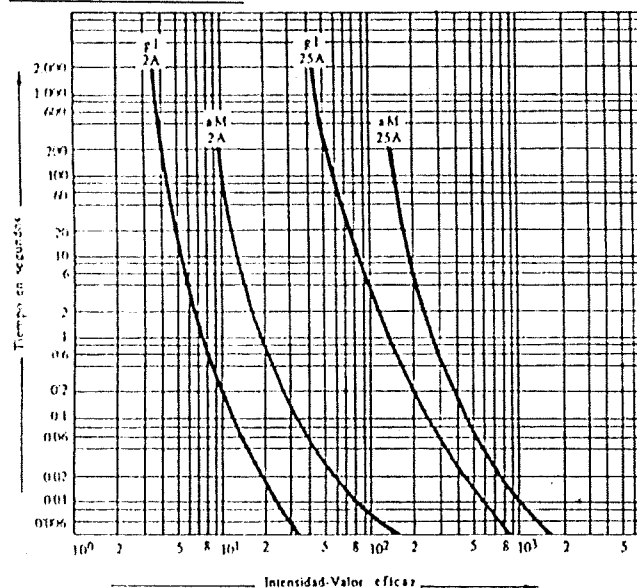
Tipo gR: Semiconductores.

Tipo gII: Fusible de uso general con tiempo de fusión retardado.

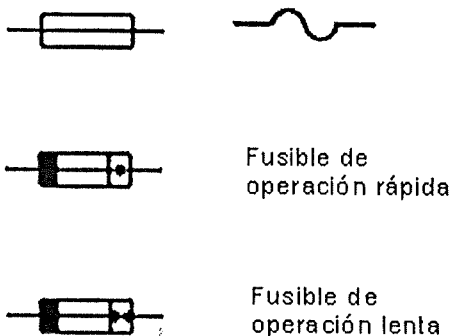
Tipo aM: Fusibles de acompañamiento de motor, es decir, para protección de motores contra cortocircuitos y por tanto deberán ser protegido el motor contra sobrecargas con un dispositivo como podría ser el relé térmico.



Curvas Características

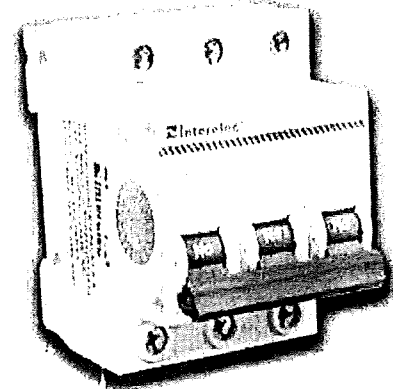


Símbolos eléctricos del Fusible



2.2 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

La **llave termomagnética**, también conocida como **térmica**, es un dispositivo eléctrico de seguridad que cumple la función de regular la conexión eléctrica de un determinado lugar. Protege en caso de cortocircuito y en caso de sobrecarga. Las llaves térmicas están diseñadas para cubrir un amplio rango de necesidades, soportando desde los 0,5 a 125 A.



Funcionamiento en caso de cortocircuito:

Cuando se produce un cortocircuito las corrientes del mismo tienden a aumentar al infinito, al ser tan grandes estas corrientes activan el accionamiento magnético del interruptor. El accionamiento magnético básicamente es un electroimán, que con las corrientes elevadas del cortocircuito activa el dispositivo de disparo.

"La protección contra cortocircuito debe ser casi instantánea (tarda en interrumpir el servicio unas pocas centésimas de segundo).

Funcionamiento en el caso de sobrecarga

La sobrecarga se puede producir por un fallo en la aislación elevado consumo por condiciones anormales de funcionamiento. Por ejemplo un motor que mueve una bomba trabada.

El accionamiento por sobrecarga lo produce una lámina bimetalica (material formado por materiales de distinto coeficiente de dilatación).

Cuando se produce la sobrecarga empieza a circular mayor corriente de la que la termo magnética está calibra para soportar, esta corriente elevada empieza a producir el calentamiento de los conductores, por ende se calienta también el bimetalico el cual activa el accionamiento de disparo.

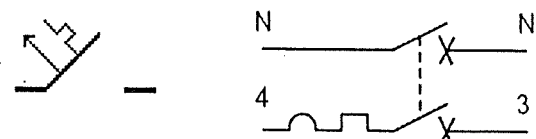
La protección contra sobrecarga es más lenta que la por cortocircuito. Tardara unos minutos en interrumpir el servicio

Selección de un interruptor termomagnético

Las características que definen un interruptor termomagnético son el amperaje, el número de polos, el poder de corte y el tipo de curva de disparo (B,C,D).

Poder de corte o capacidad de ruptura
1,5 - 3 - 4,5 - 6 y 10 kA

Símbolos eléctricos del interruptor termomagnético



Tipos de curva de disparo

Curva de disparo B

- Protección de conductores
- Principalmente en instalaciones de edificios de viviendas con limitaciones

Curva de disparo C

- Protección de conductores
- Uso domiciliario sin limitaciones
- Aplicación en instalaciones con elevadas intensidades de conexión o arranque (lámparas, motores)

Curva de disparo D

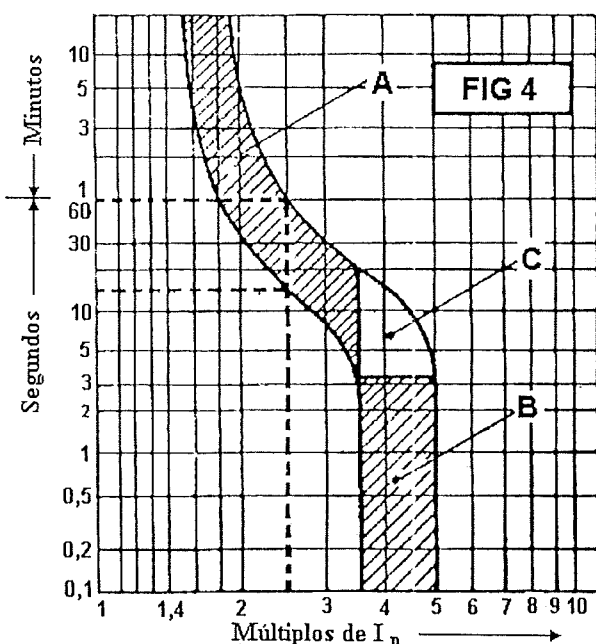
- Protección de conductores
- Uso industrial con picos de corriente de inserción y arranque elevados (transformadores, capacitores, etc.)

Es importante aclarar que la llave termomagnética como todo elemento de maniobra o protección, puede perder su eficacia y actuar sin tener causa aparente más que algún elemento conectado a la misma. En estos casos se debe medir la corriente que está soportando y verificar que la corriente nominal de la llave sea siempre mayor o igual a la corriente circulante.

Si esto no sucede, comprobar que la corriente del elemento es la esperada, si es así, se deberá reemplazar la llave por otra de valor mayor, si la corriente del elemento es mayor a la esperada, verificar el elemento.

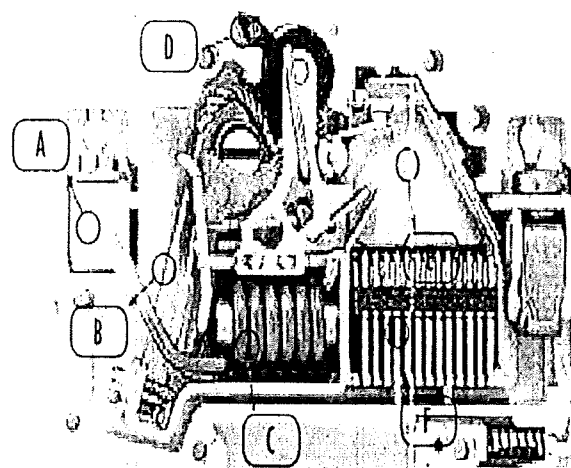
Ahora, si la corriente circulante es menor a la nominal de la llave, y aún así actúa la llave termomagnética, es señal de que esa llave ha perdido su eficacia y deberá proceder a su reemplazo.

Curva característica de un magnetotérmico



Referencias:

- A. Borne de conexión
- B. Disparo térmico
- C. Disparo magnético
- D. Manija de accionamiento
- E. Cámara de prearco



F. Cámara apagachispas

2.3 RELÉ TÉRMICO

Son elementos de protección contra sobrecargas, cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales (bimetales) bajo el efecto del calor. Cuando alcanzan una temperatura determinada, accionan el sistema de contactos del relé, lo que permite gobernar la maniobra del sistema arrancador.

El bimetal está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación soldados entre sí. El calor necesario para deflectar la lámina bimetalica, es producido por unas resistencias arrolladas al bimetal, a través de las cuales circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetales empezarán a deformarse cuando la corriente sobrepase el valor nominal para el cual se construyeron las resistencias; este desplazamiento provoca la conmutación de los contactos auxiliares. La acción da lugar a la desenergización de la bobina y a la activación de los elementos de señalización que corresponda.

El tiempo de respuesta de los relés térmicos, es inversamente proporcional a la magnitud de corriente que circule por los arrollados del bimetal. A mayor intensidad, menor será el tiempo de disparo.

Todos los relés térmicos son ajustables. El ajuste debe realizarse a través de la perilla externa al valor de la corriente nominal del motor.

Una vez que el relé térmico se haya disparado, se podrá reactivar de las siguientes maneras:

* **Rearme manual:** con el objeto de evitar una nueva conexión en forma automática, al bajar la temperatura del bimetal.

* **Rearme automático:** la reconexión del contactor podrá producirse después del enfriamiento del bimetal.

En casos especiales, en los que la corriente pico de arranque es muy alta, se pueden usar relés térmicos de acción retardada, cortocircuitar el relé durante ese tiempo, o bien hacer uso de transformadores de intensidad.

La solución para el caso en que la frecuencia de maniobras sea elevada, es ajustar el relé por encima de la intensidad nominal del motor, pero únicamente hasta ciertos valores, ya que de lo contrario la garantía de protección y eficiencia del relé se reducirá.

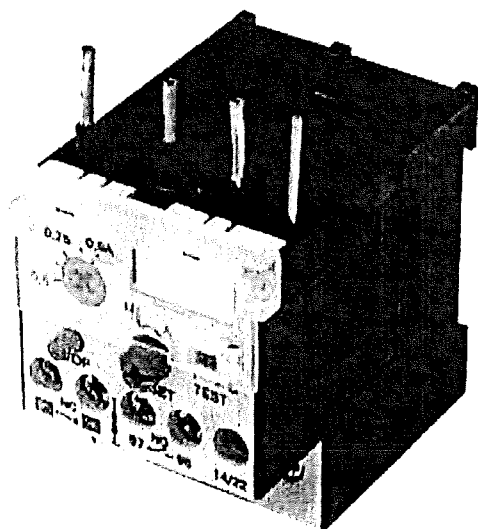
El ajuste de un relé térmico, es correcto, si corresponde exactamente a la intensidad nominal del motor, salvo las excepciones expuestas anteriormente. Una regulación baja impide desarrollar la potencia total del motor, y una

regulación alta no ofrecerá protección completa, si se producen las sobrecargas.

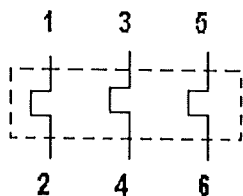
Si un relé correctamente ajustado, desconecta con mucha frecuencia el motor, será necesario disminuir la carga del motor o cambiarlo por uno de mayor rango.

El térmico actuará como protección en los siguientes casos:

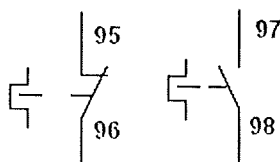
- * Cuando la corriente demandada por el motor sea muy alta causada por una sobrecarga mecánica.
- * Cuando la corriente demandada por el motor sea muy alta, ocasionada por una caída apreciable en la tensión de alimentación, estando el motor a plena carga.
- * Un arranque seguido del bloqueo del rotor de la máquina.



Símbolos eléctricos de relé térmico:



Contactos auxiliares:



2.4 DISYUNTOR O INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para el cuerpo humano en que puede producirse la fibrilación según los valores de intensidad y tiempo, se estima que la sensibilidad debe ser 25 a 30 mA y el tiempo de disparo menor de 250 milisegundos.

El diferencial está constituido por un núcleo toroidal magnético que es atravesado por las fases y neutro de la instalación monofásica¹ a proteger y al cual está enrollada

¹ En el caso de instalación trifásica el diferencial es atravesado por las tres fases y el neutro.

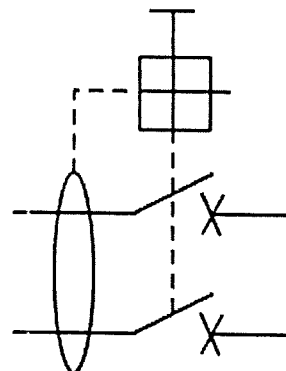
una bobina de disparo que tiene la función de operar sobre el elemento de desconexión para abrir el circuito.

La detección de la corriente diferencial está basada en que los flujos magnéticos inducidos en el núcleo del toroide por las intensidades de entrada y salida que se anulan recíprocamente. Si se produce una intensidad de defecto, el flujo magnético se desequilibra induciendo una tensión en la bobina de disparo; si esta tensión sobrepasa los límites fijados, equivalente a una derivación de 30 mA., actuando el elemento de desconexión.

El pulsador de prueba conecta una resistencia que hace circular una corriente por el neutro que no circula por el conductor del vivo que atraviesa el toroide, produciendo el disparo del interruptor general como si se tratara de un defecto. Por lo tanto para la prueba correspondiente, el dispositivo deberá estar conectado a la red.

Una característica importante es la prueba periódica del interruptor diferencial para asegurar su normal funcionamiento. Si esto no sucediera se debe reemplazar inmediatamente o verificar la descarga a tierra esté correcta en toda la instalación.

Símbolo eléctrico de interruptor diferencial



2.5 DETECTOR DE FALTA DE NEUTRO

Los sistemas detectores de falta de neutro son los denominados SDFN.1, SDFN, SDFN.N y SDFN.111. Cuando el conductor neutro de un sistema trifásico de distribución de CA., se corta, en la mayoría de las veces, aparecen sobre tensiones en los receptores monofásicos a él conectados, produciéndoles averías, conatos de incendio, etc., ya que las protecciones eléctricas actualmente existentes, no reaccionan frente a los incrementos de tensión citados. Complementando dichas protecciones con sistemas detectores de falta de neutro, estos detectaran las sobre tensiones, actuando posteriormente sobre alguna protección ya existente que dejara los receptores fuera de los efectos de la sobre tensión.

2.6 DETECTOR DE FALTA DE FASE

El detector de falta de fase de una alimentación trifásica, provee en consecuencia una detección eficaz de descompensación, inversión ó falla de fases. El voltaje de alimentación al circuito electrónico, es derivado internamente de las entradas sensoras.

Ejemplos de la aplicación:

- Detección de inversión y falla de fase en los transformadores de voltaje.

- Protección para motores trifásicos.
- Supervisión de línea en tendidos aéreos en áreas rurales.
- Protección contra inversión de las fases en maquinas que operan en marcha directa y reversa, etc.

Al aplicar alimentación al equipo, el relé se energiza al cabo de un segundo (aprox.) en el caso que las tres fases estén compensadas y en la secuencia correcta. El relé se desenergiza cuando cualquiera de los siguientes sucesos ocurre:

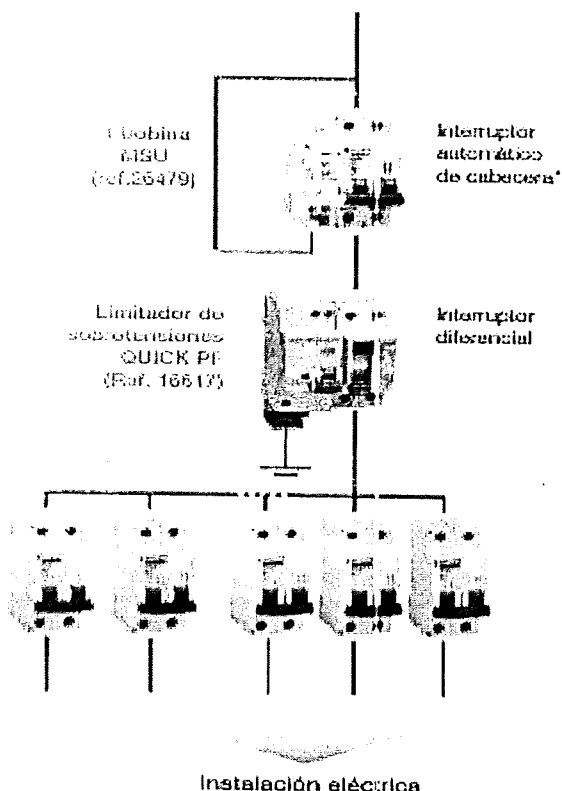
- La inversión de la secuencia de fases.
- Desequilibrio excesivo entre las fases.
- El error de ángulo de fase es excesivo.
- Falla de una o más fases

El relé se energizará nuevamente cuando se restablezcan las condiciones normales de alimentación. La sensibilidad de descompensación (porcentaje de S. N. F. ó tolerancia de voltaje) es ajustable entre el 5% y el 15%.

2.7 LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN

Su detección no se puede realizar en forma programada ya que cuando suceden estas descargas y se introducen en la línea ya es demasiado tarde.

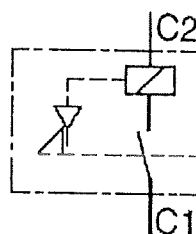
La solución consiste en la prevención en aquellos casos donde sea muy común éste tipo de descargas y en donde la instalación a proteger justifique la inversión. Para esto se dispone de los limitadores de tensión que en algunos casos se coloca en paralelo al interruptor diferencial desacoplando el mismo y conectando potencialmente fase y neutro a tierra si llegan a los valores de tensión descritos en pocos milisegundos.



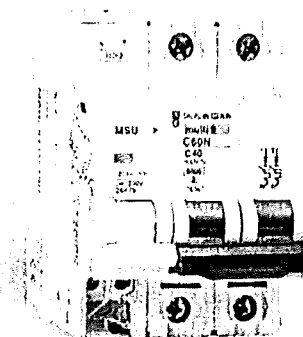
Si la sobretensión es de origen permanente, para su detección, se procede a probar la tensión entre fase y neutro

en el tablero principal en distintos horarios del día con el voltímetro, sobretodo en horas pico de comercio o industria a la mañana o en verano en el horario de mayor calor.

Algunas empresas líderes en tecnología como Siemens o Merlin Gerin tienen bobinas de apertura por alta tensión que se enganchan a la llave termomagnética y permiten desconectar la misma si se supera una cierta tensión.



Bobina de apertura para alta tensión



Bobina de apertura para alta tensión acoplada al interruptor termomagnético

2.8 BOBINA DE MÍNIMA TENSIÓN

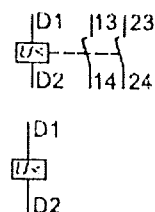
- Señal característica:

Rotura de motores especialmente de equipos de refrigeración. Encendido tenue de lámparas de tipo incandescentes y probable no encendido de las lámparas BC y/o lámparas de descarga.

Una posible solución es la utilización de bobinas de mínima tensión que se acoplan con la llave termomagnética y desconectan la misma ante ésta situación.



Bobina de mínima tensión de Siemens



Símbolo

Otra alternativa para ambos casos es la utilización de un rele combinado de sobre y subtensión con el cual se podrán ajustar los valores máximos y mínimos de disparo y en algunos casos el registro del comportamiento de la tensión y para cada caso generar una señal distinta.

2.9 GUARDAMOTOR

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magneto-térmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

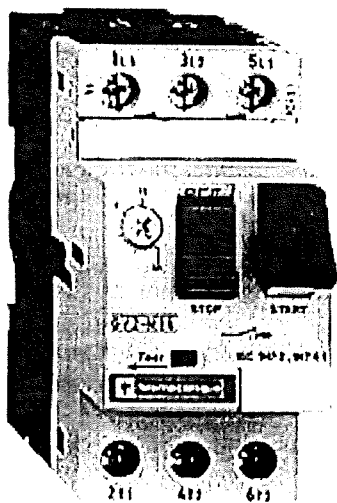
- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.

4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

Estos interruptores disponen de una protección térmica. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga consistente en unos bimetales por los cuales circula la intensidad del motor. En caso de una sobrecarga el disparo se produce en un tiempo definido por su curva característica.

Estos interruptores, en su lateral izquierdo, disponen de un alojamiento para la colocación de un bloque de contactos auxiliares. Un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto pueden servirnos para todas aquellas funciones de señalización que deseemos.



Además se pueden adicionar funciones con accesorios que poseen contactos accionados por:

- Bobina de mínima tensión que actúa con $V < 85\%$ de V_n , detectando falta de fase.
- Bloque de alarma que señala la activación del guardamotor
- Bobina de disparo a distancia.

Símbolo eléctrico de Guardamotor

Actuación por efecto de sobrecarga, cortocircuito y operación manual.

