

Llaves de corte

Llave termomagnética

Una llave termomagnética es una llave de corte que se acciona cuando hay una elevación significativa en la corriente de fase.



Dependiendo de la cantidad de fases que se unan a ella, una llave termomagnética puede ser:

- Unipolar (o monopolar): sólo se une una fase.
- Bipolar: se une una fase y un neutro
- Tripolar: se unen tres fases
- Tetrapolar: se unen tres fases y un neutro

En cualquiera de estos casos, la llave termomagnética sólo cuenta con una palanca para activarla o desactivarla.

Para explicar el funcionamiento de este dispositivo se tomará como modelo a una llave termomagnética unipolar, es decir que sólo se une a una fase.

El dispositivo consta de dos partes, un mecanismo de corte accionado por un electroimán y otro accionada por una lámina bimetálica, conectados en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga. Cada una de estas dos partes tienen diferencias en su funcionamiento, tiempo de reacción y corriente mínima que lo acciona.

En el diagrama de la izquierda se muestra por separado el mecanismo magnético y el térmico.

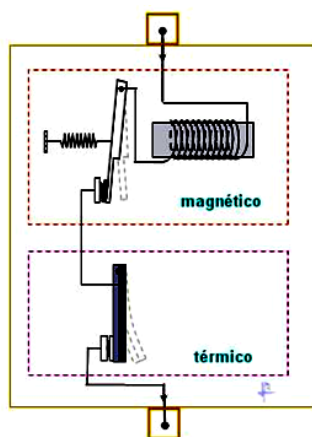


Diagrama simplificado

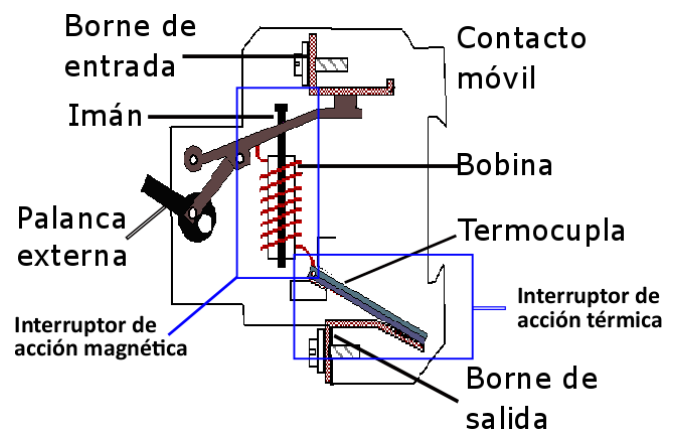


Diagrama del interior de una llave TM

Interruptor de acción magnética

La pieza fundamental consiste en una bobina que se enrolla alrededor de un imán. En el diseño que se muestra en el diagrama, el contacto móvil superior se mantiene cerrado mientras la palanca exterior esté subida. Cuando la corriente pasa por la bobina se genera un campo magnético con el polo norte hacia abajo y el polo sur hacia arriba. La intensidad del campo magnético que se genera con la corriente de trabajo habitual no es suficiente para mover el imán que se encuentra dentro de la bobina.

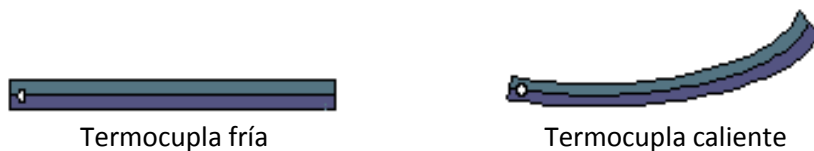
Cuando ocurre un *cortocircuito* en cualquier lugar de la instalación eléctrica, la resistencia equivalente total desciende casi hasta cero y la corriente sube a valores muy altos porque encuentra un camino prácticamente sin resistencia. En estas condiciones la corriente total que pasa por la bobina genera un campo magnético de

mayor intensidad y es suficiente para desplazar al imán hacia abajo, el cual a su vez es capaz de separar el contacto superior cortando la corriente.

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre tres y veinte veces (según la letra B, C, D, etc.) la intensidad nominal y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. La corriente presunta de cortocircuito alcanza valores de 3 kA con corrientes nominales de 1 a 63 A, y 10 kA para corrientes nominales de 80 y 100 A.

Interruptor de acción térmica

La pieza fundamental consiste en una termocupla o par bimetálico que consiste en dos planchas de dos metales con diferente coeficiente de dilatación térmica. Todos los metales aumentan su tamaño al ser calentados pero cada metal lo hace en distinta proporción. A este incremento se lo llama coeficiente de dilatación térmico y es específico de cada material. En el caso de una termocupla los dos metales están soldados entre sí y al ser calentados uno crece más que el otro. Dado que sus extremos están unidos, la única forma en que uno crezca más que el otro es que ambos se curven.



La termocupla forma parte del recorrido que hace la corriente antes de salir de la llave termomagnética, de modo que recibe toda la corriente que está ingresando en la instalación. El paso de la corriente hace que los conductores se calienten por efecto Joule y cuando supera el valor límite establecido para el dispositivo, la termocupla comienza a curvarse lentamente hasta que al final se desconecta el contacto inferior y se corta la corriente o bien empuja un resorte que hace desconectar al dispositivo en otros diseños. Esta corriente es la que se llama calibre del aparato, y es la característica principal del dispositivo, los valores más normales de calibre son: 5A, 10A, 16A, 20A, 25A, 30A, 40A, 50A.

En las instalaciones eléctricas las conexiones a todos los aparatos eléctricos se hacen en paralelo para que mantengan la misma tensión en todas las derivaciones. La consecuencia de esto es que a medida que se conectan más aparatos eléctricos disminuye la resistencia equivalente total y aumenta la corriente sin llegar a alcanzar valores tan altos como en un cortocircuito (que activaría al interruptor de acción magnética) pero lo suficiente como para alcanzar el punto de fusión del metal de los cables de la instalación. A este fenómeno se le llama *sobrecarga*. De llegar a esta temperatura se fundirían los cables y sería necesario cambiarlos. Para evitar esto, el interruptor de acción térmica debe comenzar a curvarse a una temperatura menor y esa temperatura está determinada por el calibre del dispositivo.

Disyuntor diferencial

El disyuntor diferencial es una llave de corte de corriente alterna que se acciona cuando hay una diferencia significativa entre la corriente de entrada y la de salida. La diferencia de corriente que hace que se accione el dispositivo varía de un producto a otro. Los valores estándares son de 10 mA y 30 mA para los disyuntores bipolares y de 30 mA y 300 mA para los tetrapolares.

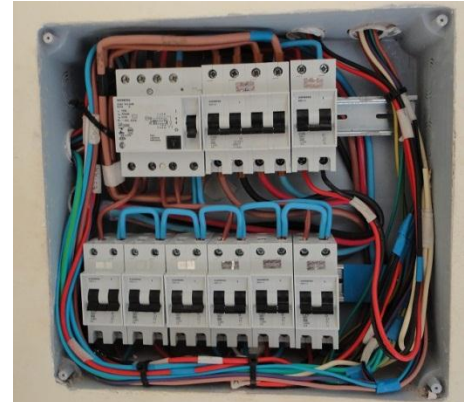
El disyuntor diferencial monofásico se puede reconocer en un tablero eléctrico porque siempre tiene cuatro bornes mientras que el trifásico tiene seis bornes. La mitad de los bornes se encuentran por encima del dispositivo y los otros demás por debajo. Los dos de la derecha se conectan con la fase y los dos de la izquierda se conectan con el neutro. Generalmente a cada borne le corresponde un tornillo en el frente del dispositivo. Otra característica que distingue al disyuntor diferencial tanto monofásico como trifásico, es que en el frente siempre tiene una sola llave y un botón probador. Con la llave se activa o se desactiva al dispositivo y con el botón probador se lo desactiva solamente. El botón probador simula una fuga de corriente dentro del dispositivo sin generarla realmente.



Disyuntor tetrapolar para líneas trifásicas

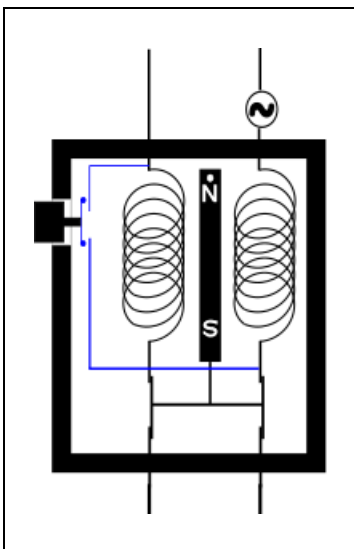


Disyuntor bipolar para líneas monofásicas



Tablero eléctrico en el que se observan varias llaves termomagnéticas y un disyuntor diferencial arriba a la derecha

Por dentro del disyuntor, la corriente de entrada y la de salida generan sendos campos magnéticos inducidos que se oponen mutuamente. El diseño dentro del dispositivo puede variar, pero se basan en el mismo principio. Si la corriente de entrada y la de salida es la misma, los campos se anulan entre sí y no hay otro efecto. En cambio si las dos corrientes son diferentes, la diferencia entre ambos hace que se desconecte la corriente.



En el diagrama se puede ver un diseño sencillo para entender este sistema. La línea de fase que viene del transformador (derecha) se conecta al dispositivo y pasa por un solenoide, luego por un interruptor y luego sale del dispositivo. Esta línea de fase que se conecta al borne de salida es la que da corriente a toda la instalación. El consumo realizado por la instalación se denomina *carga*. La línea de neutro que vuelve de la instalación se conecta al borne inferior de la izquierda, pasa por un interruptor, luego pasa por un solenoide y finalmente se llega al borne de salida que se conecta con la línea de neutro que va al transformador. En medio de ambos solenoides hay un imán con el extremo superior fijo y el inferior libre pero unido al interruptor, de modo que cuando el imán gira abre el interruptor.

Además hay otra conexión que es la que corresponde al botón de prueba y está representada con una línea azul. Esta línea conecta la línea de fase luego de que la corriente haya pasado por el solenoide, a la línea de neutro saltando el solenoide de neutro.

Cuando el disyuntor está funcionando, circula la corriente por ambos solenoides pero con rotación opuesta por lo que generan campos magnéticos en direcciones opuestas y se cancelan mutuamente. De esta manera el imán que se encuentra en medio no recibe ninguna atracción ni repulsión (diagrama A).

Si en algún lugar de la instalación hay una descarga de fase a tierra (diagrama B) la corriente tendrá una “*fuga*” dado que no regresa la misma cantidad que entró. Eso genera que la corriente en el solenoide de neutro sea menor y por lo tanto el campo magnético que genera es menor y no cancela totalmente al campo magnético producido por solenoide de fase (diagrama C). Esta diferencia entre los campos magnéticos generados hace que el imán sea atraído por el solenoide de fase, rote y por lo tanto abra los contactos, cortando la corriente (Diagrama F).

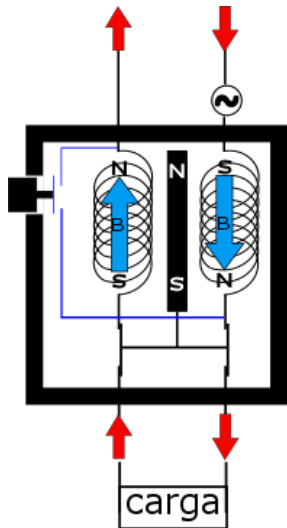


Diagrama A

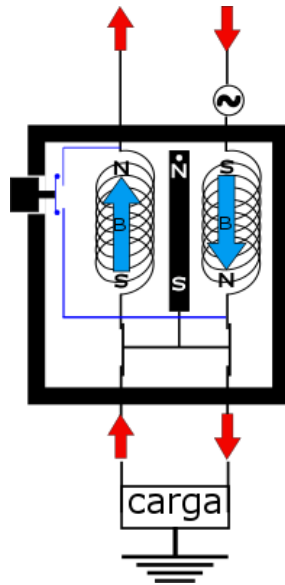


Diagrama B

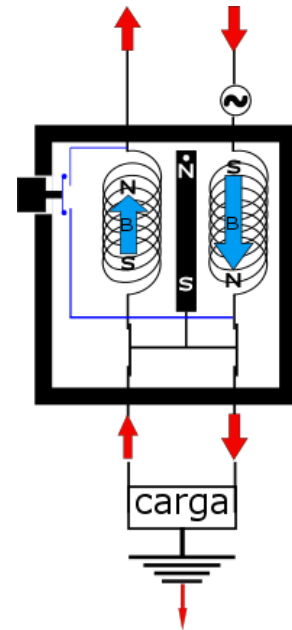


Diagrama C

El funcionamiento del botón de prueba es similar pero sin que haya realmente una fuga de corriente. Cuando se acciona este botón (diagrama D) se permite que la corriente pueda salir del dispositivo sin haber pasado por el solenoide de neutro. De esta manera no se genera ningún campo magnético para oponerse al de fase (diagrama E) y finalmente se abren los contactos por acción del imán (diagrama F).

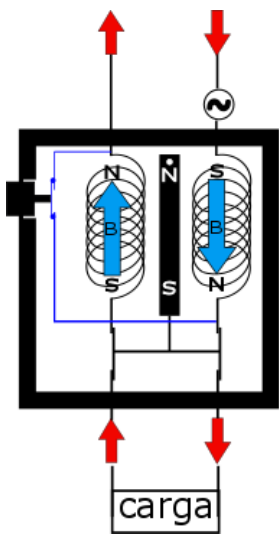


Diagrama D

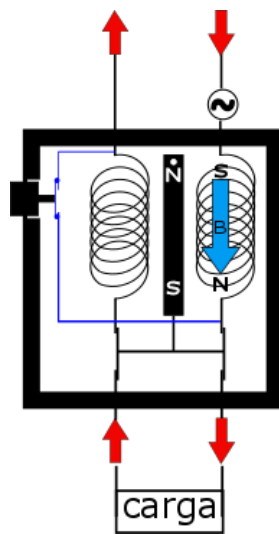


Diagrama E

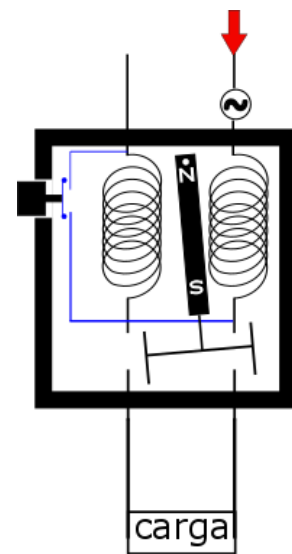
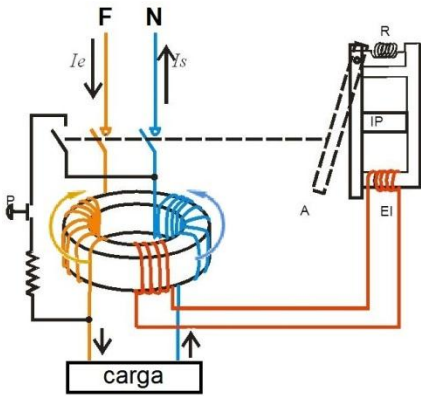


Diagrama F

Los casos en los que se puede producir una fuga de corriente son todos aquellos en los que el cable de fase entra en contacto que algún objeto o persona que esté directa o indirectamente en contacto un suelo de material conductor.



En la mayoría de los disyuntores actuales el mecanismo es un poco diferente. El diagrama se muestran los componentes fundamentales. El anillo es un imán sobre el que se enrollan tanto el hilo de fase (amarillo) como el neutro (azul). Si ambas corrientes son iguales, los dos campos magnéticos generados (flechas amarilla y azul) son iguales y se anulan.

Cuando se presenta una fuga queda un campo magnético de fase mayor que el de neutro produciendo una corriente eléctrica inducida en la bobina de detección (rojo), accionando la apertura de los contactos.

El botón de prueba funciona de igual modo que en el caso anterior.