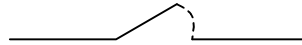


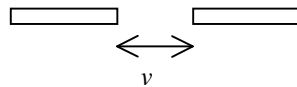
DISYUNTORES

El arco eléctrico

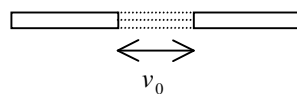


Cuando se abre un circuito eléctrico, entre los dos electrodos que se separan aparece un arco eléctrico que mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando una corriente (inercia debida a la presencia de las componentes sélficas). Este arco está constituido por electrones y gas ionizado a temperaturas muy altas (2500 °C a 10000 °C); el arco es un conductor gaseoso. Al contrario de lo que sucede en los conductores metálicos ordinarios, la caída de tensión Δv a través del arco disminuye cuando aumenta la corriente i , porque el arco, más caliente y más ionizado, ofrece una resistencia R menor al paso de la corriente: $\Delta v = Ri$ disminuye con i porque la influencia de $R(i)$ decreciente es más importante que el crecimiento con i .

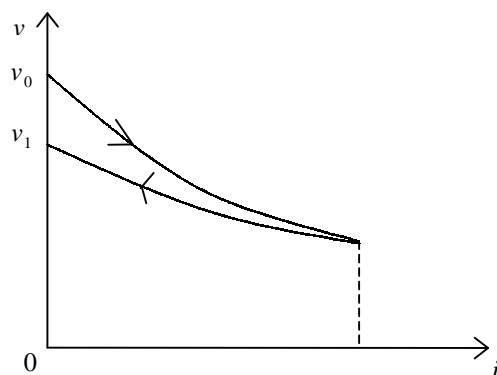
Experimentalmente:



Se aplica un voltaje entre los dos electrodos y el arco aparece a partir de un cierto valor v_0 , que depende del medio y de la distancia entre los electrodos (v_0 crece con esa distancia).

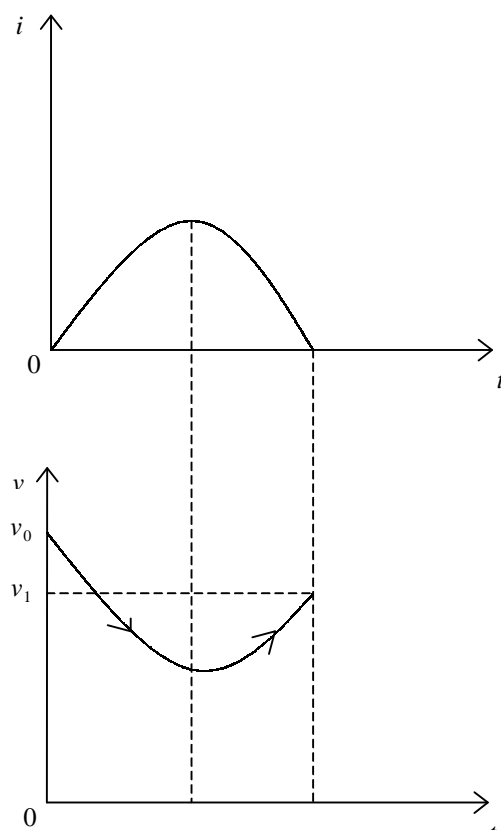


Si se aumenta la intensidad de la corriente, la tensión v entre electrodos disminuye:

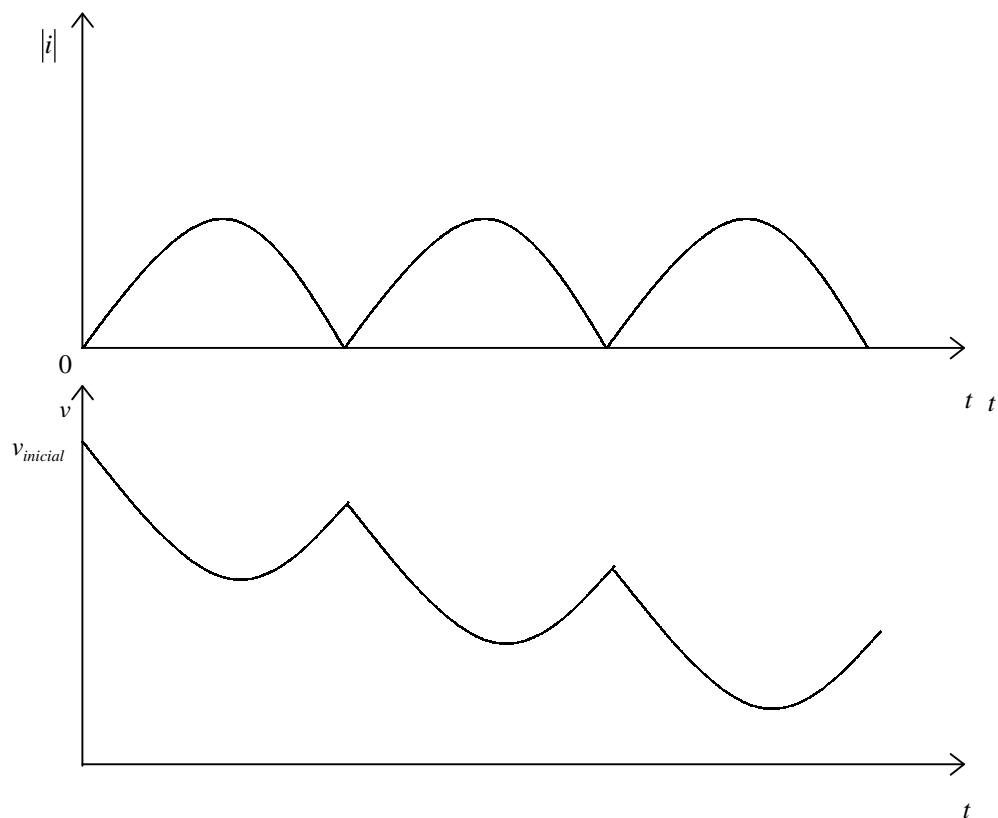


Pero si en un cierto momento, se baja i , v vuelve a aumentar hasta un valor $v_1 < v_0$, para el cual el arco se extingue.

Por este motivo, cuando la corriente i es sinusoidal en el tiempo, el voltaje presenta la siguiente variación:



Si miramos la evolución de $|i|$ y v en el caso de corriente sinusoidal, tenemos la siguiente variación:



El arco se extingue cuando v es menor que el valor v_0 para la distancia entre electrodos (observar que en el caso de un interruptor esa distancia va aumentando al separarse los electrodos por actuación de los mecanismos de apertura). Lo normal es que la corriente se extinga al tercer pasaje de la corriente por cero; el hecho de que la corriente alterna pase por cero 100 veces por segundo (frecuencia 50 Hz) facilita mucho el fenómeno de interrupción en corriente alterna.

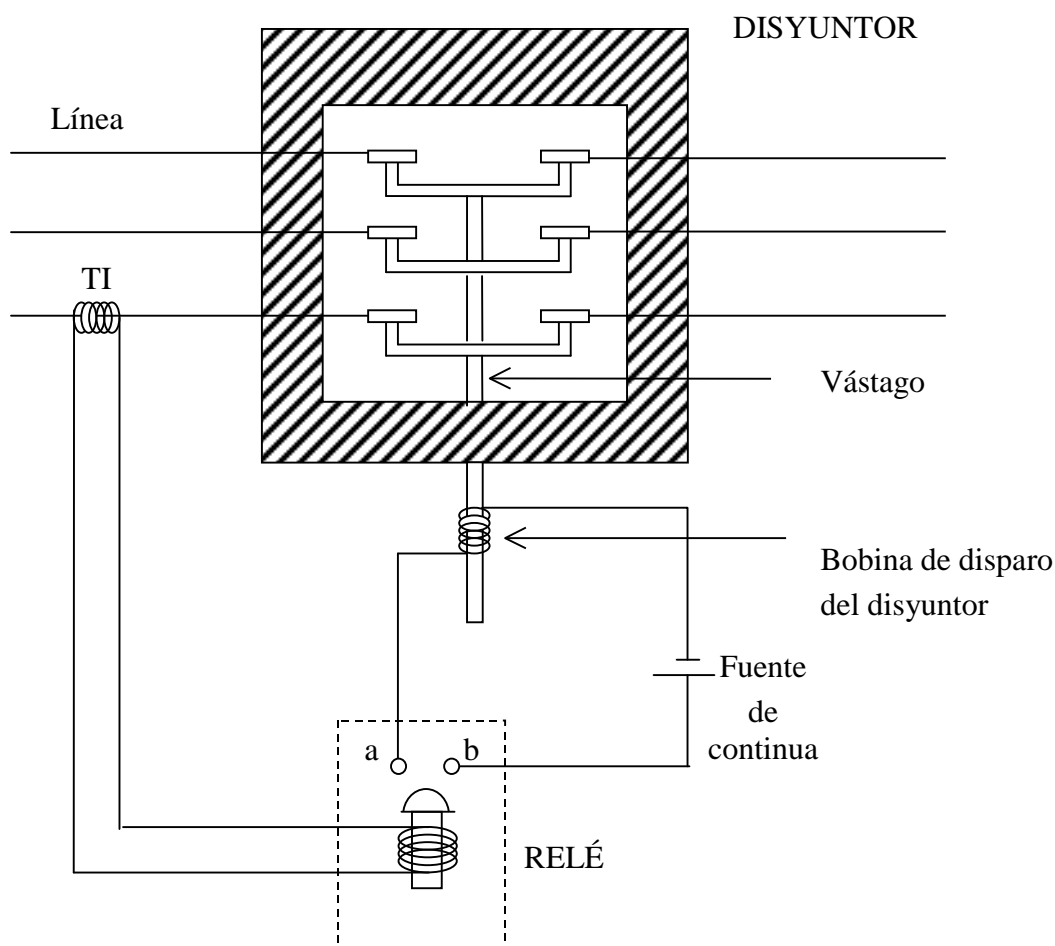
Funciones de un disyuntor o interruptor

El aparato debe cumplir con dos funciones fundamentales:

1. Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco sin que se dañe el equipo.
2. Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos una vez extinguido el arco, o sea que la rigidez dieléctrica del medio quede en todo momento por encima del voltaje de recuperación (es decir que resulte siempre $v < v_0(d)$).

Acción del disparo con relé

Hacemos un esquema de principio para explicar el funcionamiento de un disyuntor accionado por un relé de sobreintensidad:



Cuando la corriente en la línea supera un valor preestablecido, esa corriente (a través del transformador de intensidad TI) hace cerrar los contactos a-b del relé, lo cual establece una corriente en el circuito de la bobina de disparo del disyuntor. Se realiza entonces el movimiento del vástago del disyuntor, lo cual provoca la interrupción del circuito principal.

Tipos de disyuntores

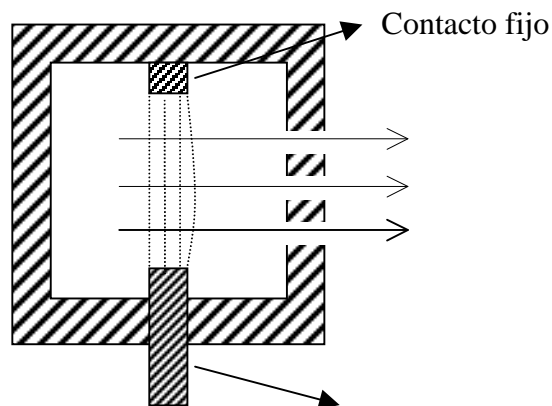
Según el medio eléctrico en el cual se encuentran los contactos, los tipos empleados para los disyuntores son los siguientes:

1. En aceite.
2. En SF₆ (hexafluoruro de azufre).
3. De soplo de aire.
4. En vacío.

Describimos los diferentes tipos:

1. En aceite:

Se aprovecha la energía desprendida por el arco mismo para apagarlo:



La separación de los contactos se hace en baño de aceite, lo cual tiene dos ventajas para aumentar el poder de corte:

- a) La rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a presión atmosférica.
- b) El arco descompone el aceite, generando hidrógeno, que es un medio refrigerante superior al aire.

Los contactos están en un pequeño recipiente, llamado cámara de explosión, provista de orificios de salida. El hidrógeno desprendido por el arco y contenido en la cámara de explosión aumenta la presión, lo cual hace crecer la rigidez dieléctrica del aceite. Además el gas a presión que atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara lo alarga, lo enfría y lo apaga.

- 5) Frecuencia (Hz): es la del sistema en que se va a instalar el equipo.
- 6) Poder de corte nominal: Es la mayor corriente que el aparato puede cortar en condiciones normales de tensión, es decir con una tensión de restablecimiento correspondiente al voltaje nominal en bornes del interruptor (pueden darse 2 valores: V_{\min} y V_{\max} , ver punto 4). Debe hacerse un estudio detallado del régimen transitorio: si se tienen en cuenta las 2 componentes de la corriente transitoria en caso de corto-circuito, o sea la componente continua amortiguada (corriente propia del circuito) y la componente alterna (corriente forzada), se obtiene el poder de corte asimétrico; si sólo se tiene en cuenta la alterna, se tiene el poder de corte simétrico. El orden del tiempo de apertura del disyuntor es el siguiente:

$$0.01 + 0.06 = 0.07 \text{ s} \cong 0.1 \text{ s}$$

Tiempo propio
del disyuntor

Tiempo de actuación
del relé de protección

y entonces, para tiempos del orden de la décima de segundo, la componente continua ya casi desapareció, por lo cual se emplea más el poder de corte simétrico (valor eficaz de la componente alterna).

A menudo, el poder de corte se expresa en MVA:

$\sqrt{3}V_n I_{corte}$, pero lo más correcto es hablar de la corriente. El valor en MVA es útil para dar una idea acerca de la potencia del disyuntor.

Hacemos notar que un interruptor (distinguiéndolo del disyuntor) tiene un poder de corte igual a su corriente nominal, ya que sólo se usa como elemento de maniobra en una subestación (no hay relé que lo haga abrir automáticamente), accionándose voluntariamente.

- 7) Poder de cierre nominal: Cuando se proceda al cierre del aparato, puede suceder que haya aparecido un corto-circuito en la red y que el aparato se cierre sobre el corto-circuito. El valor de la corriente en ese momento (régimen transitorio) puede subir a un valor de cresta muy elevado, ya que todavía no transcurrió tiempo para que haya amortiguación. El régimen es muy severo y puede suceder entonces que sea necesario un poder de cierre del orden del doble del poder de corte. El interruptor (así como el disyuntor) debe poseer un poder de cierre adecuado pues puede ocurrir que la maniobra de cierre se realice sobre un corto-circuito.
- 8) Sobrecorrientes admisibles durante un corto-circuito: El disyuntor debe poder soportar durante 1 s su pleno poder de corte (valor eficaz) y su pleno poder de cierre como golpe de corriente (valor de cresta). El análisis preciso de estas magnitudes requiere un estudio pormenorizado del régimen transitorio y la definición precisa de

la evolución de la corriente durante el corto-circuito. Estos aspectos se estudian en cursos más especializados.

9) Mecanismo de operación: (tanto para la apertura como para el cierre)

- Para el cierre, el mecanismo puede ser:
 - de acumulación de energía (por ejemplo, resorte)
 - eléctrico (solenoido o motor eléctrico)
 - de aire comprimido
 - de líquido a presión
- Para la apertura, la energía acumulada por el aparato en posición cerrada debe ser suficiente para que abra sin que sea necesario suministrarle energía exterior; la energía se libera mediante un dispositivo adecuado:
 - mecánicamente
 - eléctricamente

10) Tiempo de apertura: Es el tiempo que transcurre entre el instante en que el relé ya dió la orden de apertura (excitación de la bobina de disparo) y el instante en que se extinguió totalmente el arco. En general, ese tiempo es de ¹orden de un décimo de segundo.

11) Ciclo de operación en caso de requerirse recierre automático: En caso de un defecto fugitivo, que puede ocurrir en una línea aérea, es conveniente que el aparato abra y luego cierre automáticamente, permaneciendo cerrado al desaparecer el defecto. Un ciclo corriente en la norma europea es:

O3CO3CO

Este ciclo es la sucesión de aperturas y cierres (bajo pleno poder de corte y pleno poder de cierre) que el disyuntor es capaz de realizar automáticamente, sin que sea necesario una inspección posterior o una puesta en condiciones. El significado de los símbolos es el siguiente:

- O - el disyuntor abre ("open")
- 3 - queda abierto 3 minutos
- C - cierra
- O - abre nuevamente
- 3 - queda abierto 3 minutos
- C - cierra nuevamente
- O - abre definitivamente

Si el defecto es fugitivo, el disyuntor queda cerrado en el primer C o en el segundo. Existen ciclos más rápidas, del orden de los segundos.