

Seminario CIGRE 2012: “Estado del Arte de la Tecnología en los Sistemas de Transmisión”.

Perturbaciones en las redes eléctricas
Dispositivos para su reducción
convencionales y actuales

GRID |



GRID |

ALSTOM

Actualmente durante las maniobras normales de explotación de interruptores de poder (operaciones de cierre y apertura), existen elevados riesgos de provocar fenómenos transitorios durante la conmutación de tensión y corrientes fuertes.

Es importante tener en consideración que estos transitorios, si bien se producen en los circuitos de poder, es posible que estos fenómenos se reflejen también en circuitos de control y servicios auxiliares, así como en sistemas de baja tensión circundantes.

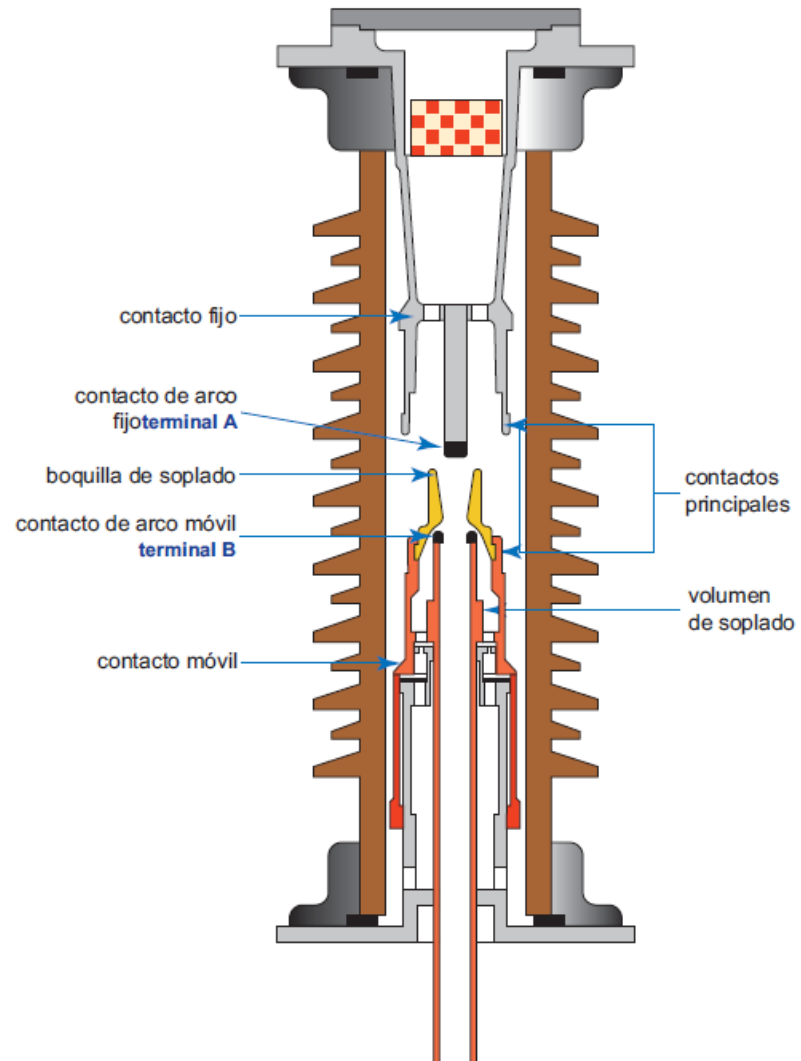
❖ La energización de bancos de condensadores, reactores shunt, transformadores de poder y líneas en vacío, pueden causar transitorios graves sobretensiones elevadas o corrientes de inrush elevadas.

❖ Por otro lado, la desenergización de cargas capacitivas, filtros de armónicas o reactores en derivación, pueden producir recibidos o reencendidos, que resultan en impulsos de tensión progresivos escarpados.

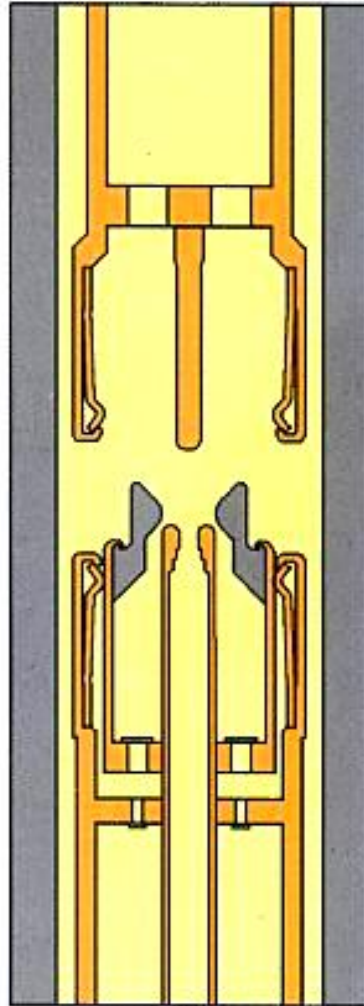
❖ La magnitud de estos fenómenos transitorios dependen, en forma aleatoria, del punto en la onda donde se produce la apertura y/o cierre de los contactos principales del interruptor de poder.

❖ Actualmente existen dispositivos convencionales, para reducir estas anomalías, como resistencias de pre-inserción, reactores de amortiguación, o descargadores, a fin de limitar la magnitud y efecto de los transitorios de conmutación, sin embargo, estos dispositivos son costosos y en algunos casos resultan ser ineficaces o inseguros.

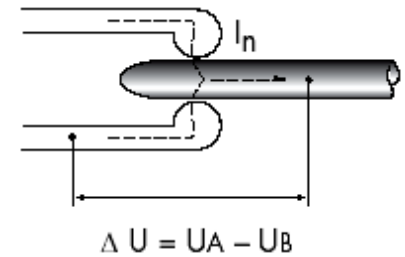
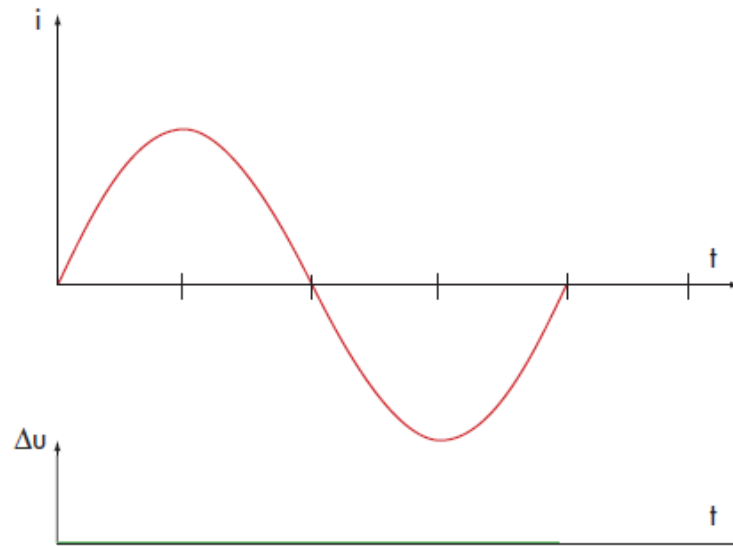
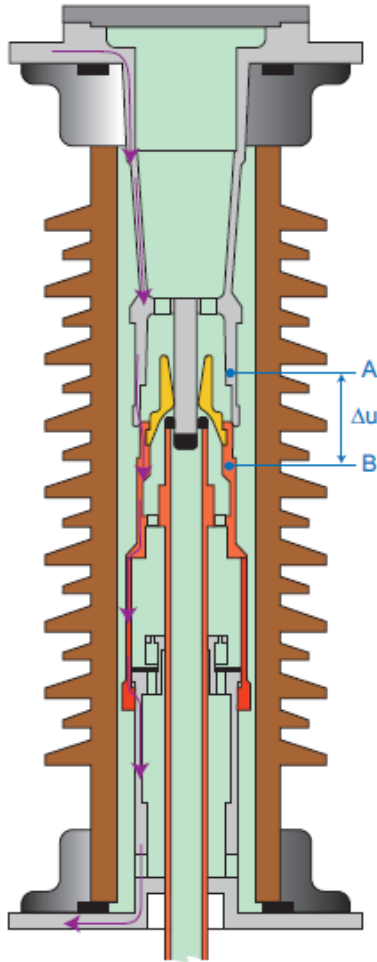
Principio de funcionamiento de una cámara



Principio de funcionamiento de una cámara



Condición: Interruptor cerrado



Noción

Aumentando la presión entre dos electrodos, aparecen chispas y una columna gaseosa o un arco eléctrico.

La apertura de un circuito por un interruptor comienza por la separación de los contactos cuyo efecto inmediato es la aparición del arco eléctrico.

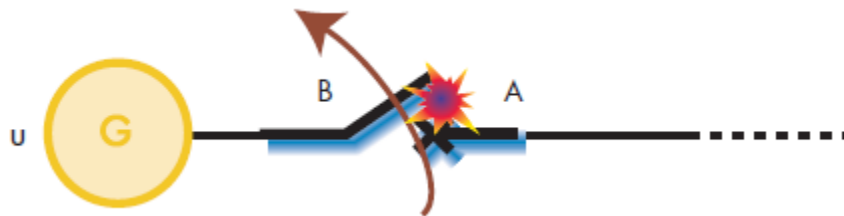
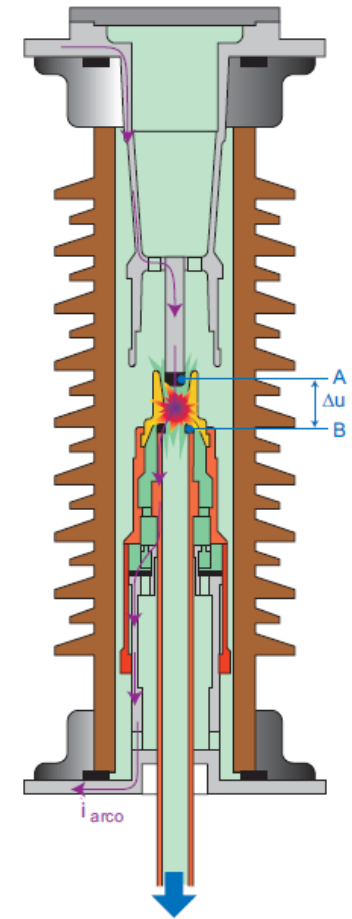
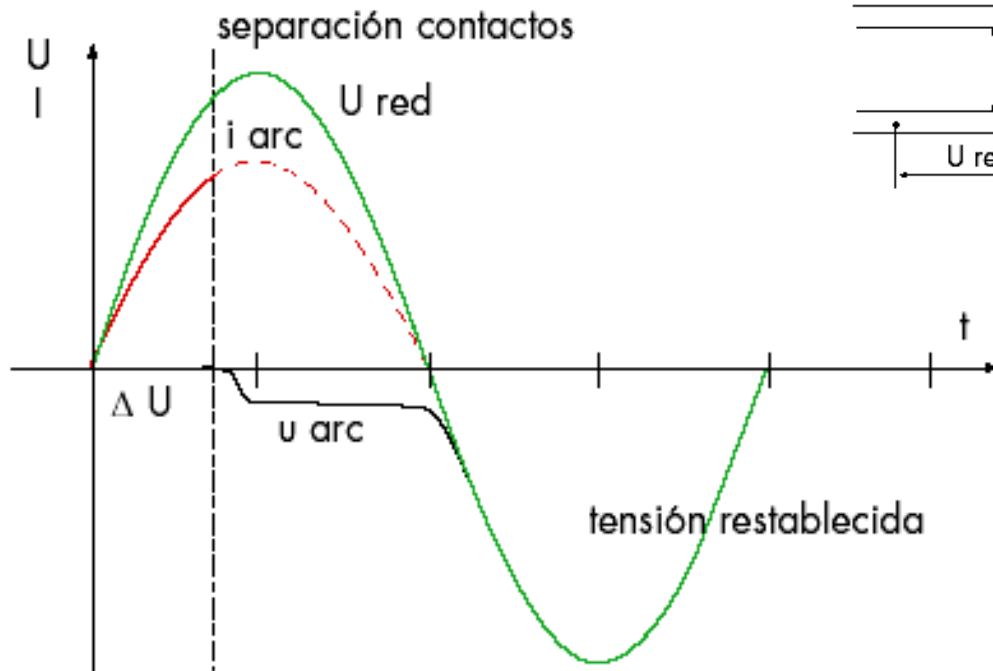
Durante esta primera fase, la tensión entre los bornes del arco (tensión de arco) es muy reducida y el arco se comporta como un conductor casi perfecto (resistencia reducida del arco).

Condiciones de extinción del arco

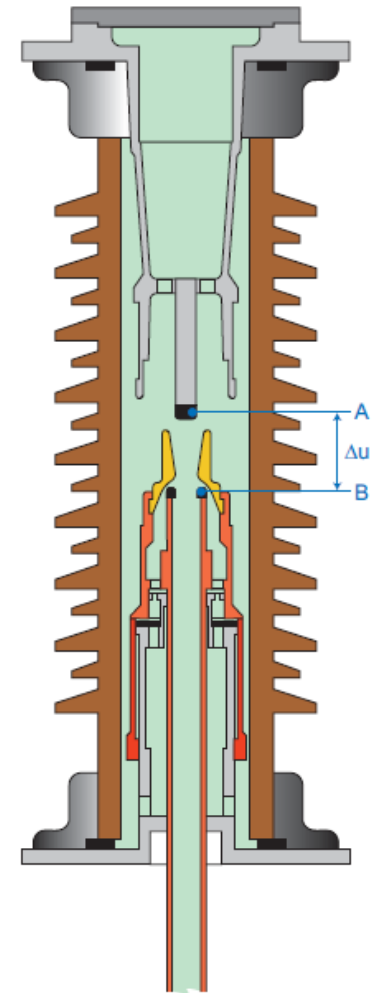
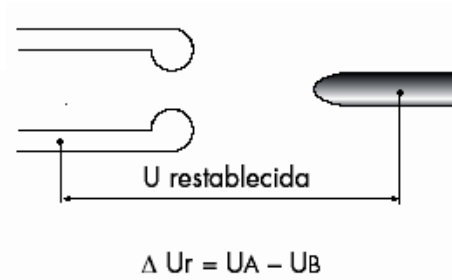
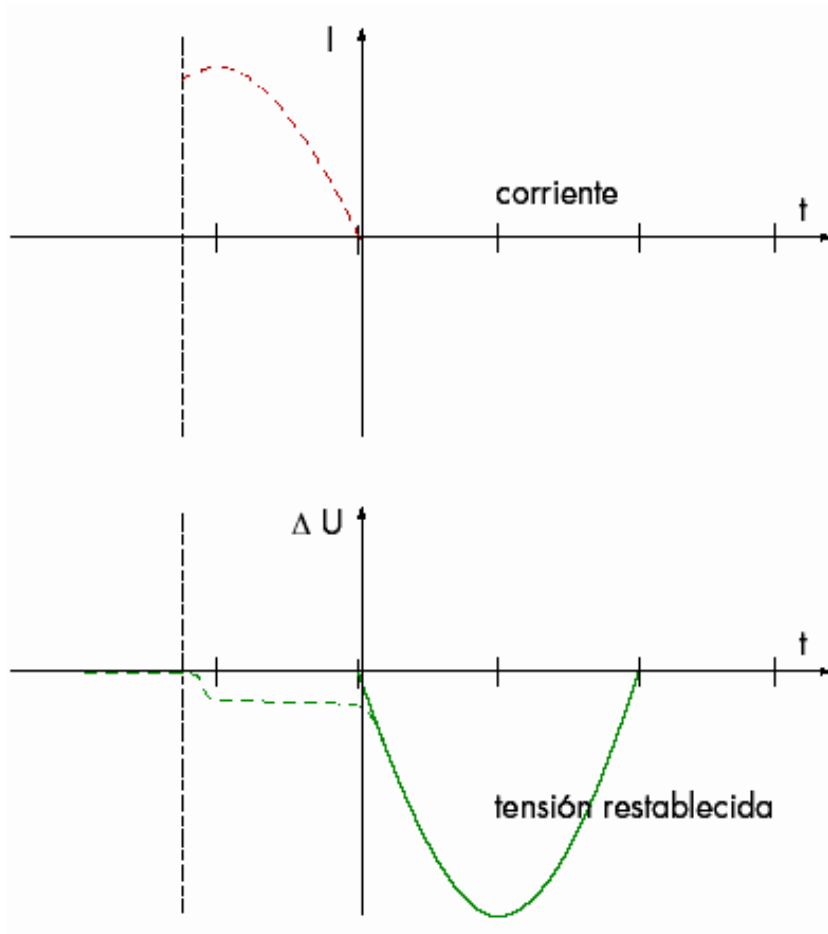
La extinción del arco eléctrico está condicionada por los parámetros siguientes :

- el paso de la corriente por cero,
- una distancia interelectrodos suficiente para soportar el restablecimiento de la tensión,
- el enfriamiento del arco por soplado de SF_6 ,
- la renovación y el restablecimiento del medio eléctrico.

Condición: Apertura resistiva



Condición: Apertura final

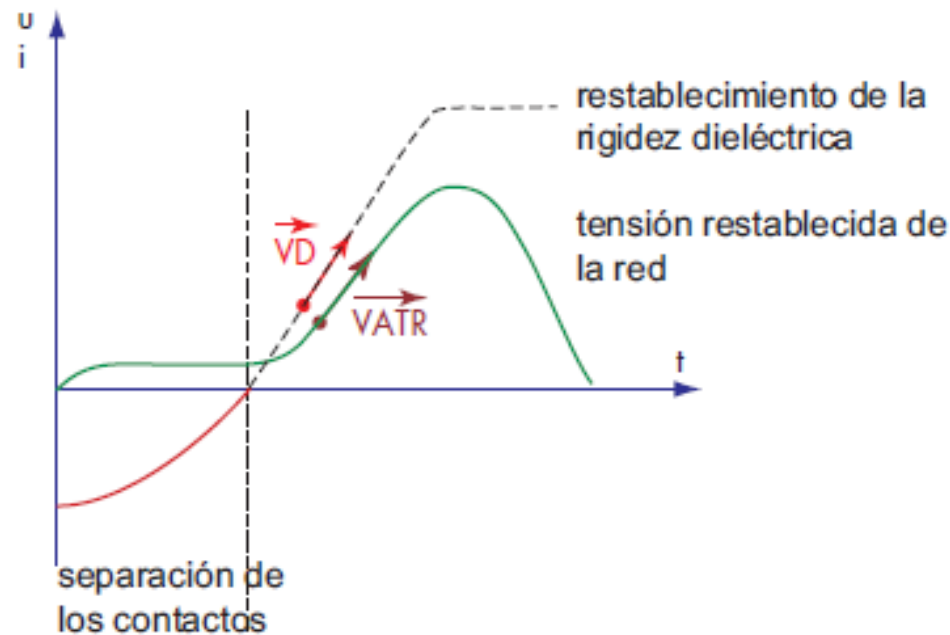


Cuando el arco se extingue al pasar por cero se observan 2 fenómenos:

La tensión del arco tiende a alcanzar la tensión restablecida de la red.

La rigidez dieléctrica del medio entre los electrodos se regenera.

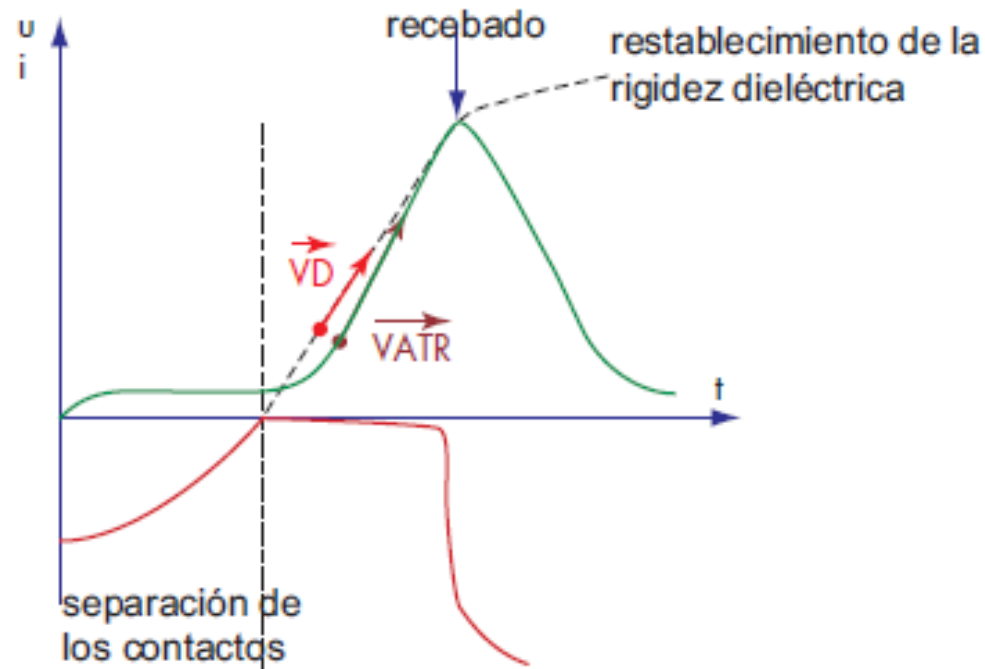




El corte sólo será exitoso si:

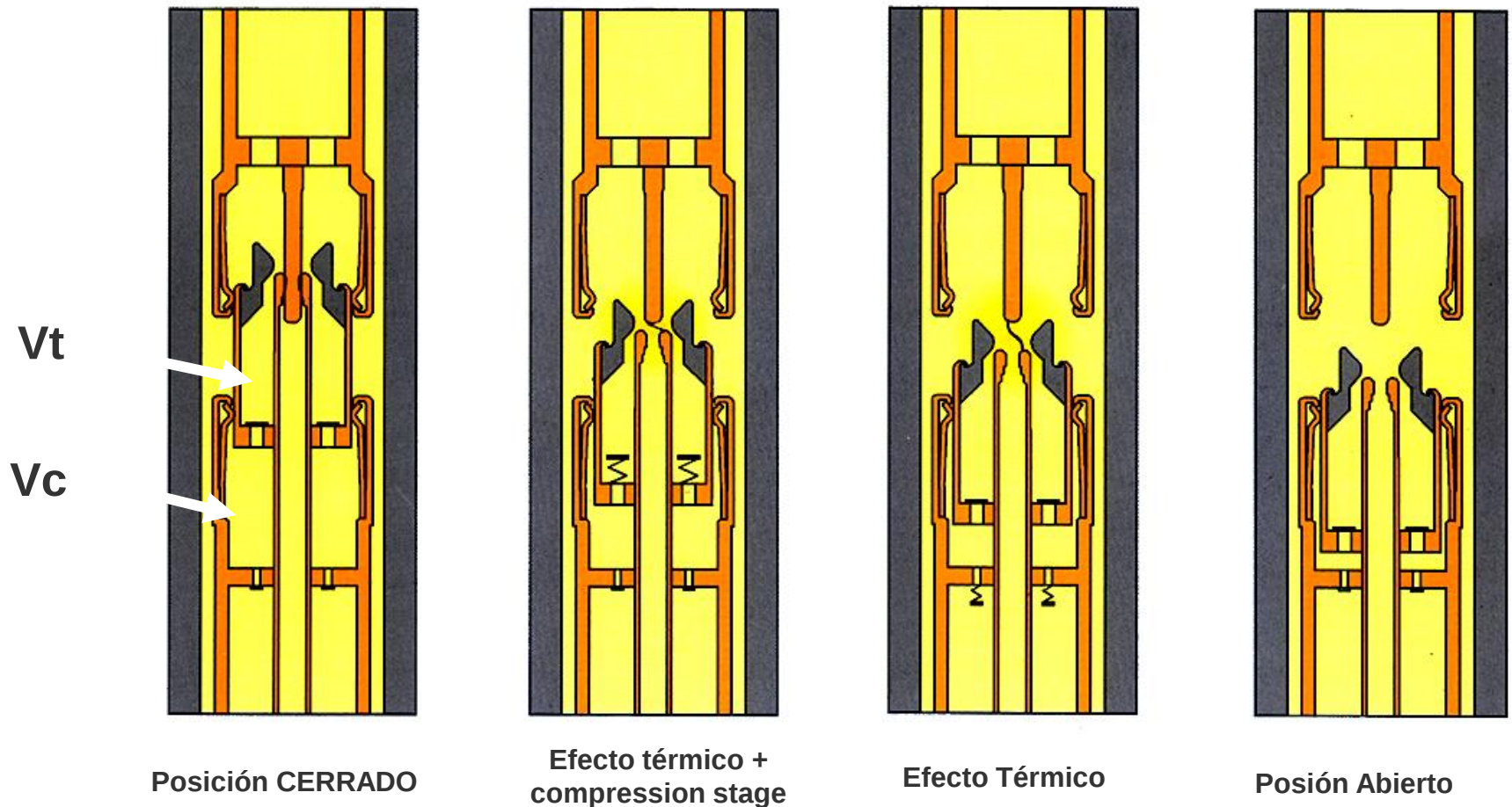
La velocidad de restablecimiento de la rigidez dieléctrica (VD) es superior a la velocidad de aumento de la tensión transitoria de restablecimiento de la red (VATR).

Nociones básicas del arco eléctrico



En el caso contrario, $\vec{V}_{ATR} \geq \vec{V}_D$ tan pronto se observa un cebado entre los contactos de arco con creación de una tensión y de una corriente de arco. El corte habrá fracasado, hasta el próximo paso de la corriente por cero.

Principio de interrupción

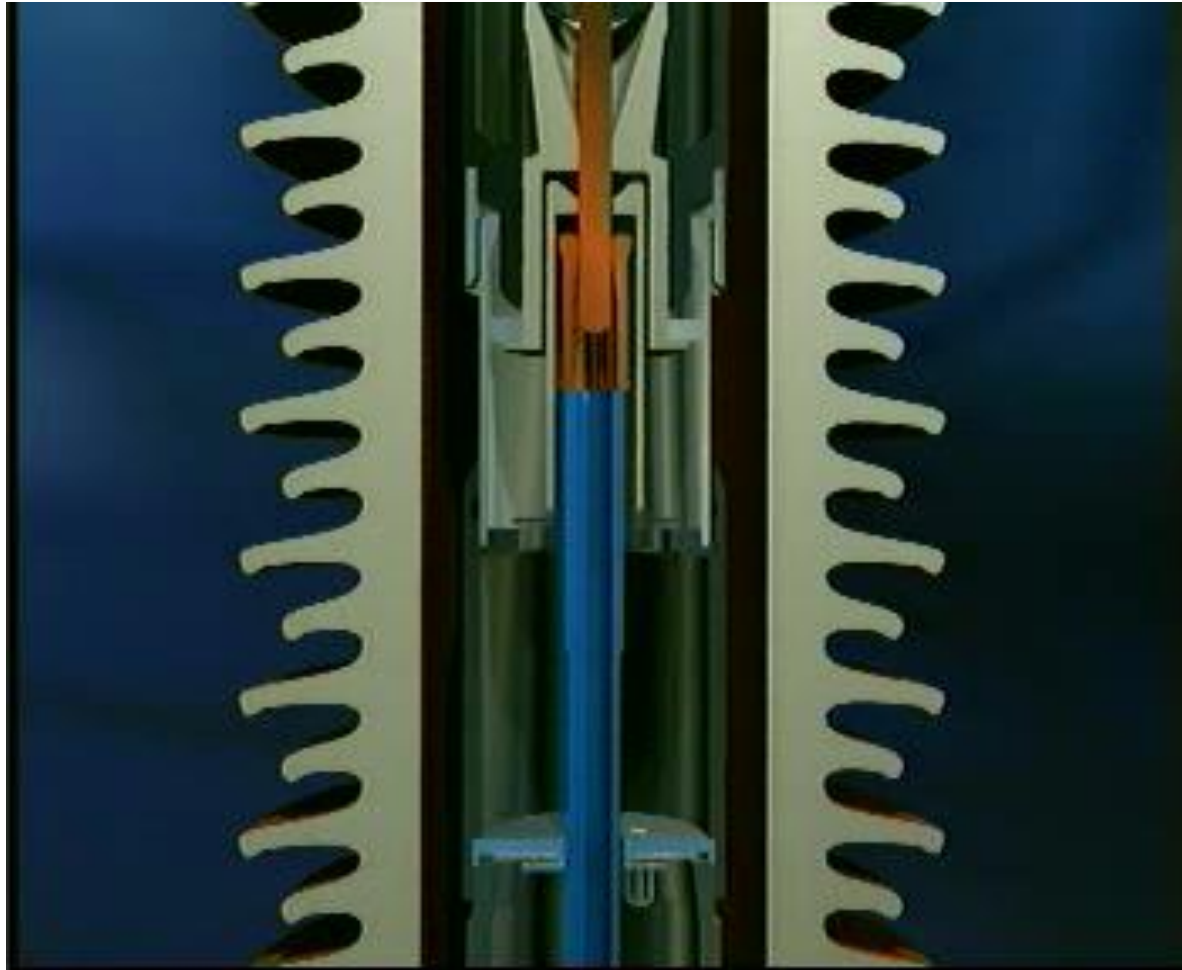


V_t : Volumen Térmico

V_c : Volumen de Compresión

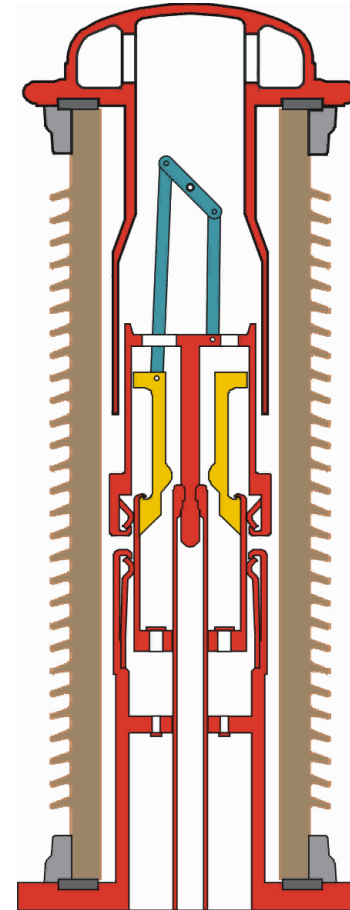
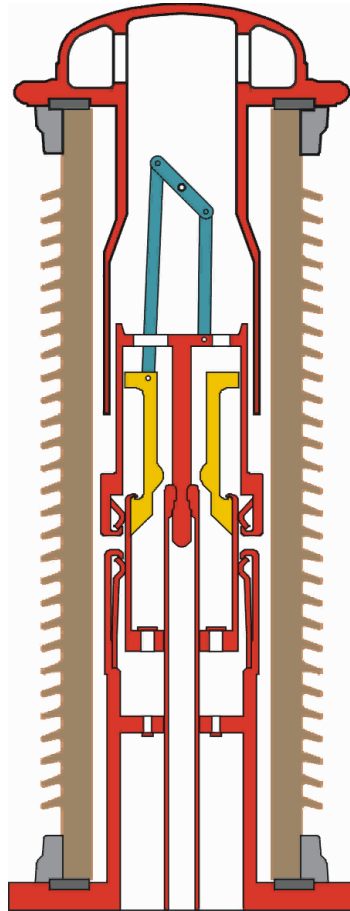
Cámara de corte

Descripción



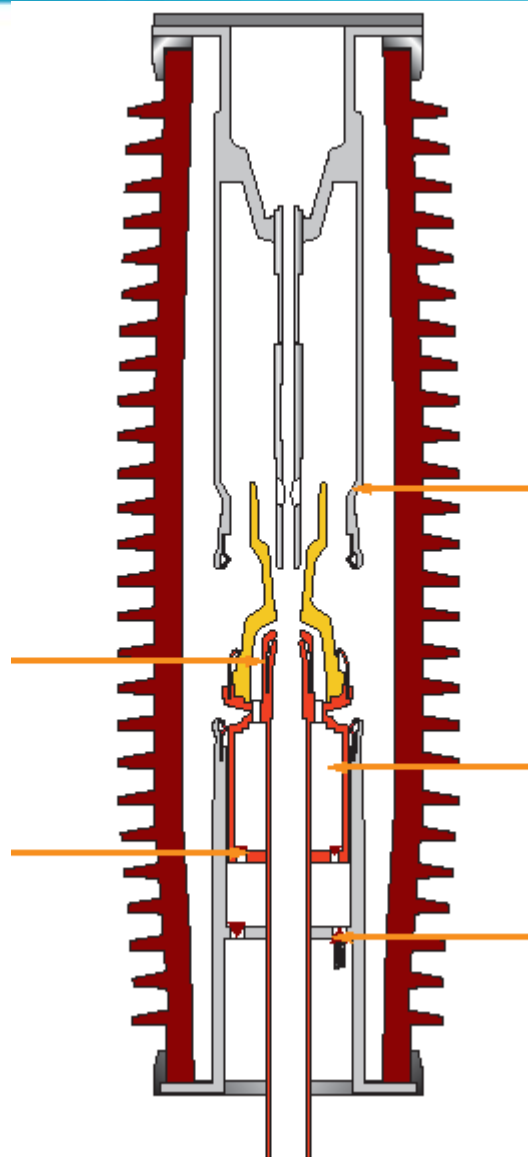
Cámara de corte

Descripción



Cámara de corte

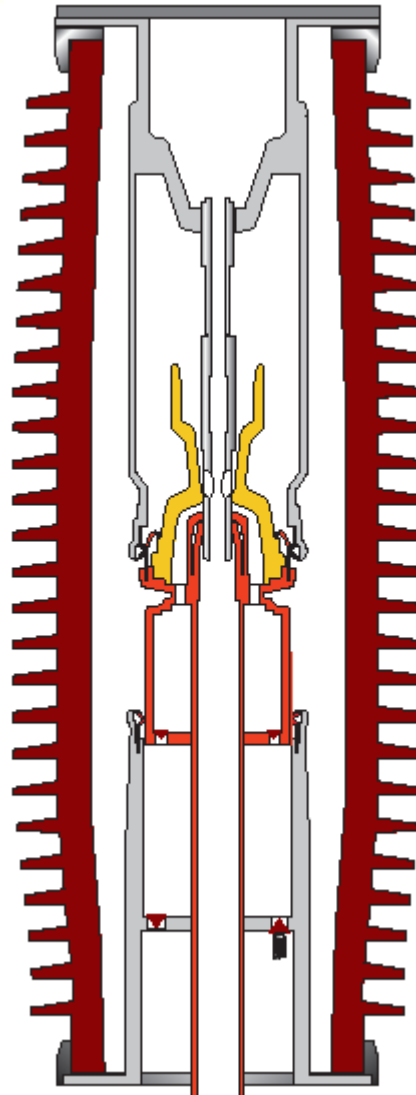
Descripción



Cámara de corte

Secuencia:

Cierre

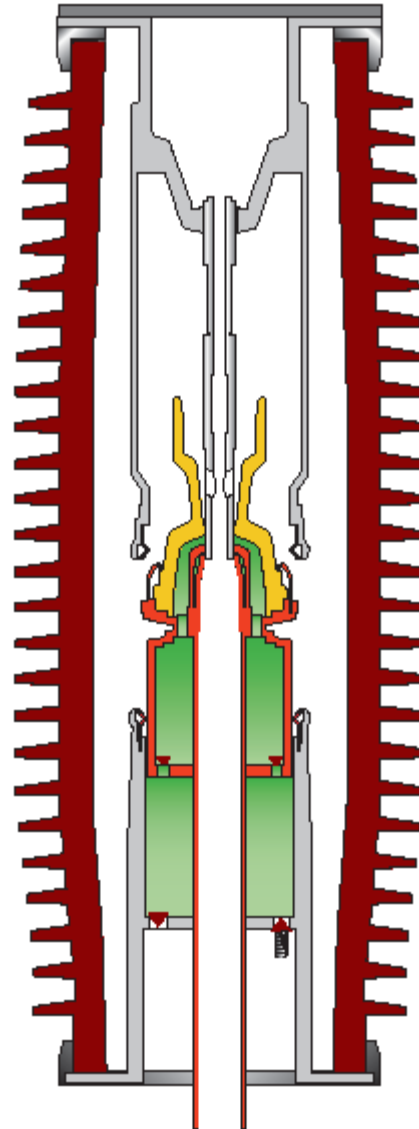


Cámara de corte

Secuencia:

Apertura

Separación de los contactos
principales

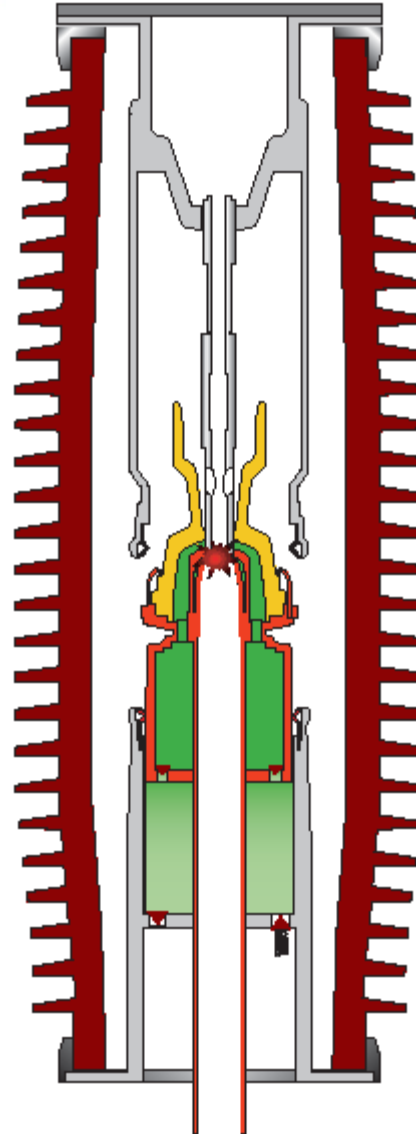


Cámara de corte

Secuencia:

Apertura

Separación de los contactos de
Arco



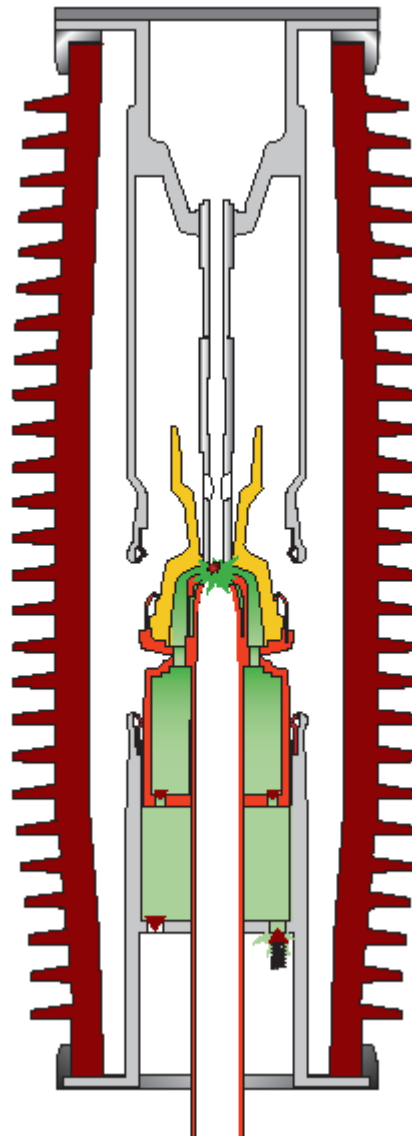
Cámara de corte

Secuencia:

Apertura

Soplado

Extinción del Arco

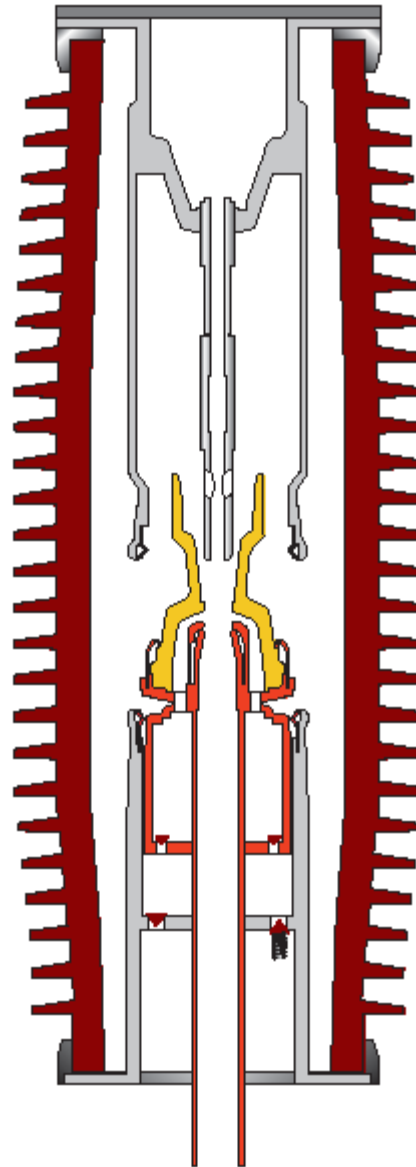


Cámara de corte

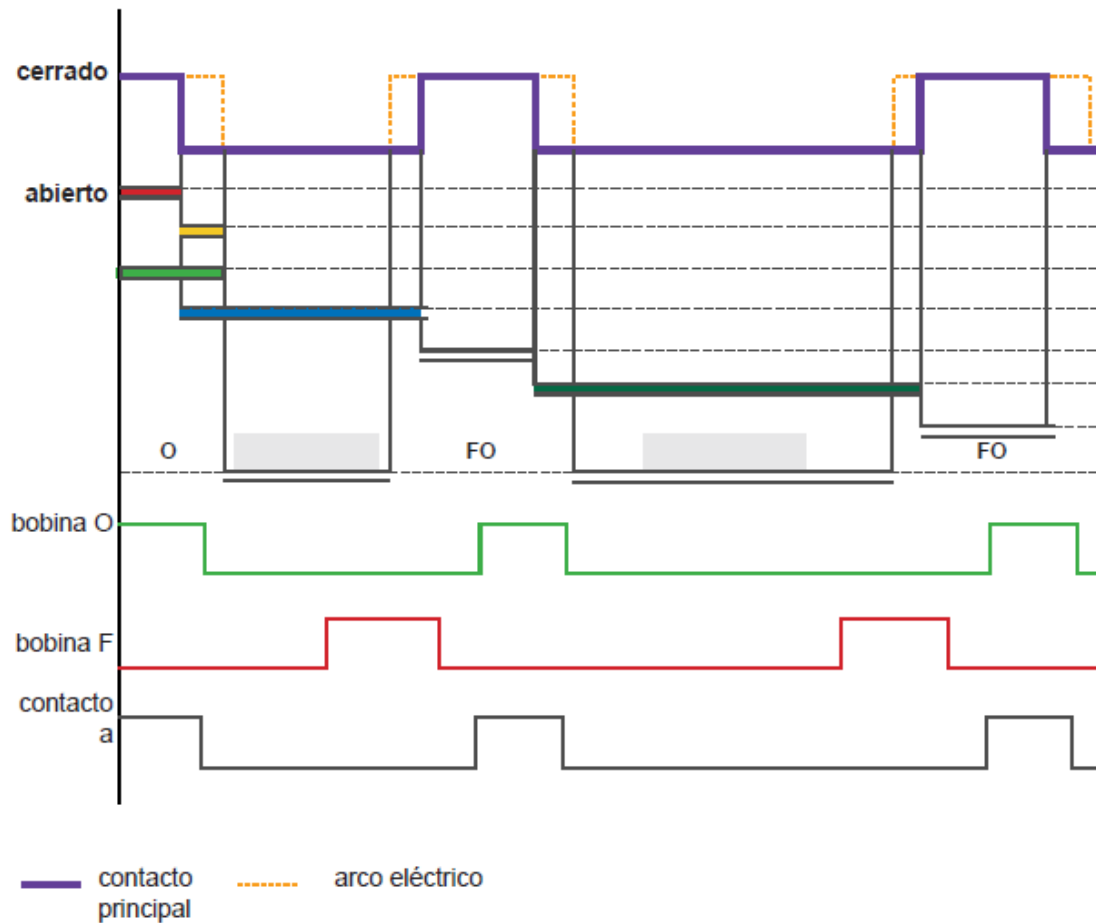
Secuencia:

Apertura

Posición final



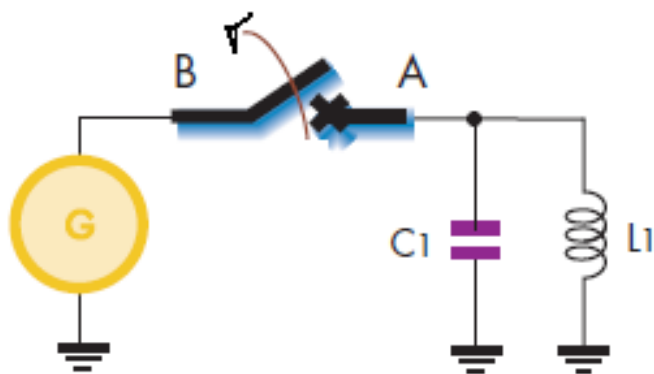
Secuencia de maniobra



Cierre: $C_p < C_{aux}$.

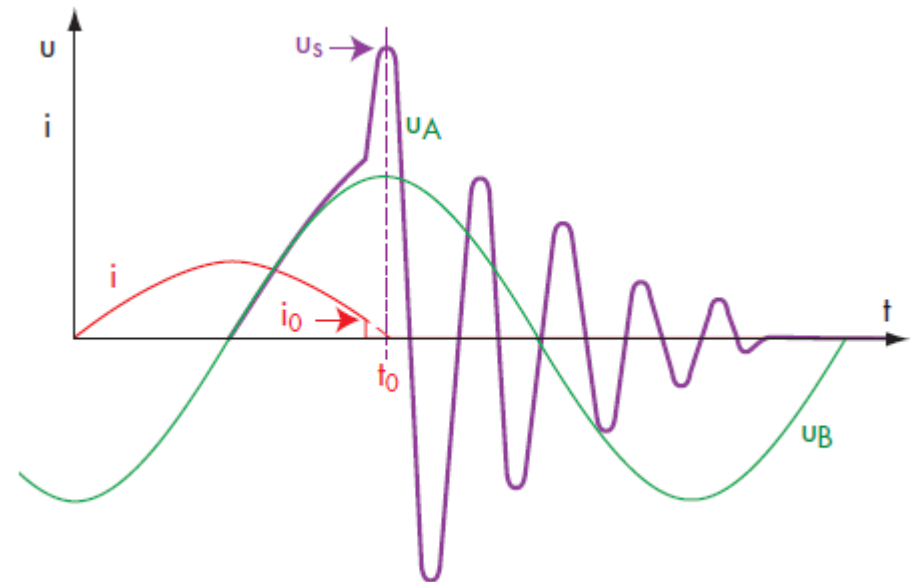
Apertura: $C_p > C_{aux}$.

Corte inductivo particular: la reactancia (o corte de un transformador en vacío)



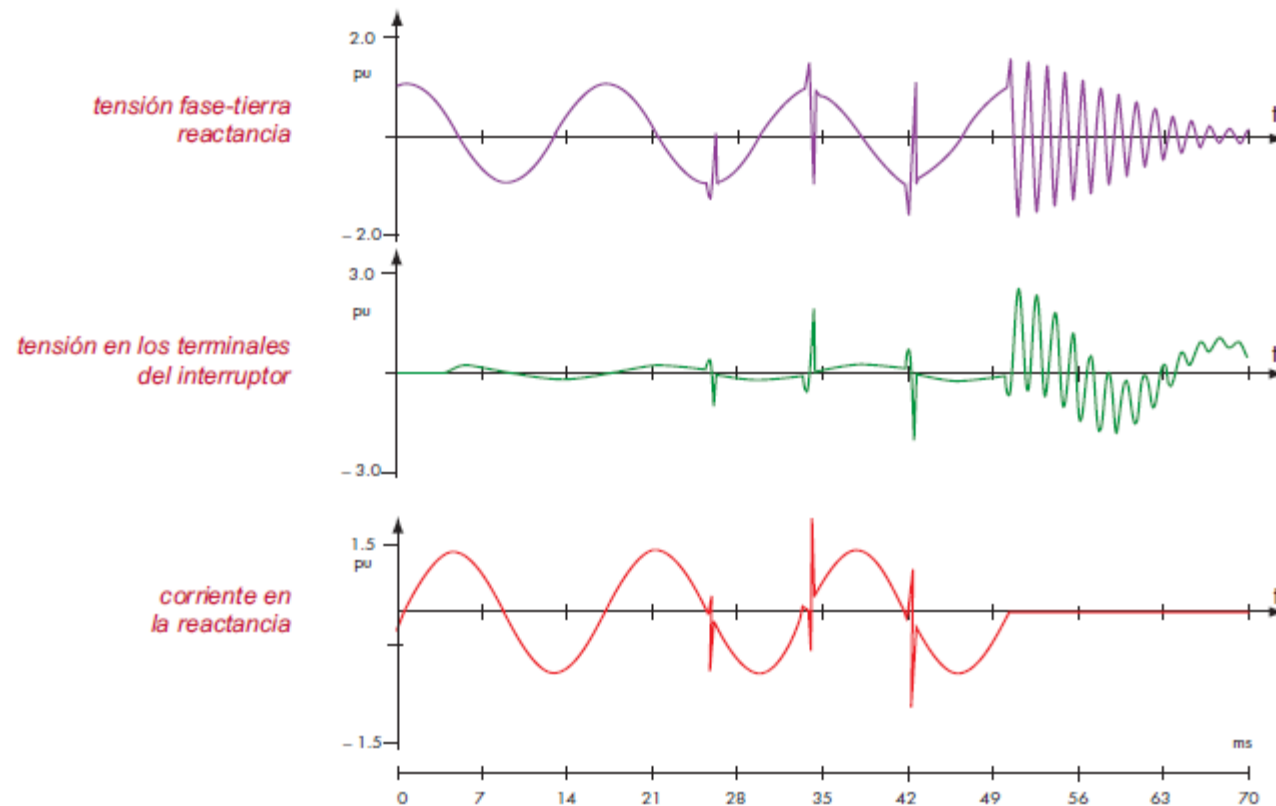
L1 y C1 self inductancia y capacidad del transformador en vacío o de la reactancia

Los sistemas de soplado, sobredimensionados para este tipo de aplicación, «arrancarán» la corriente antes de su paso por cero.



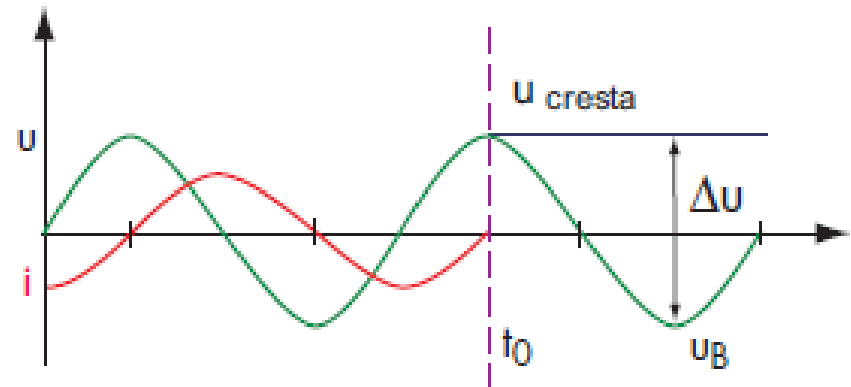
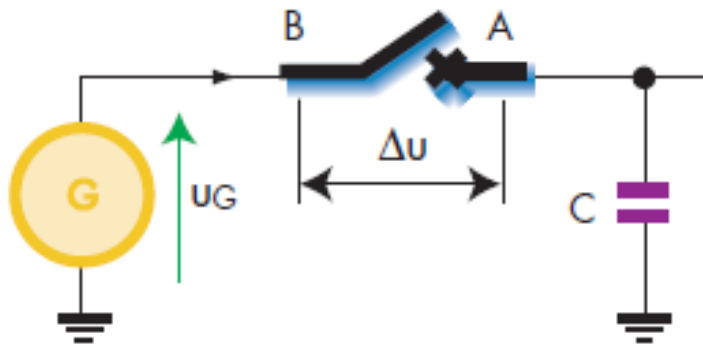
*u_B : TTR circuito dirección arriba
u_A : TTR circuito dirección abajo
i₀ : valor de la corriente arrancada
U_s : sobretensión de corte en los terminales del transformador*

Maniobras típicas



En el momento del arrancamiento de la corriente en el primer paso por cero, la distancia entre electrodos no es suficiente para soportar la TTR creada. Se observa un recebado entre los contactos hasta el siguiente paso a cero.

El corte capacitivo



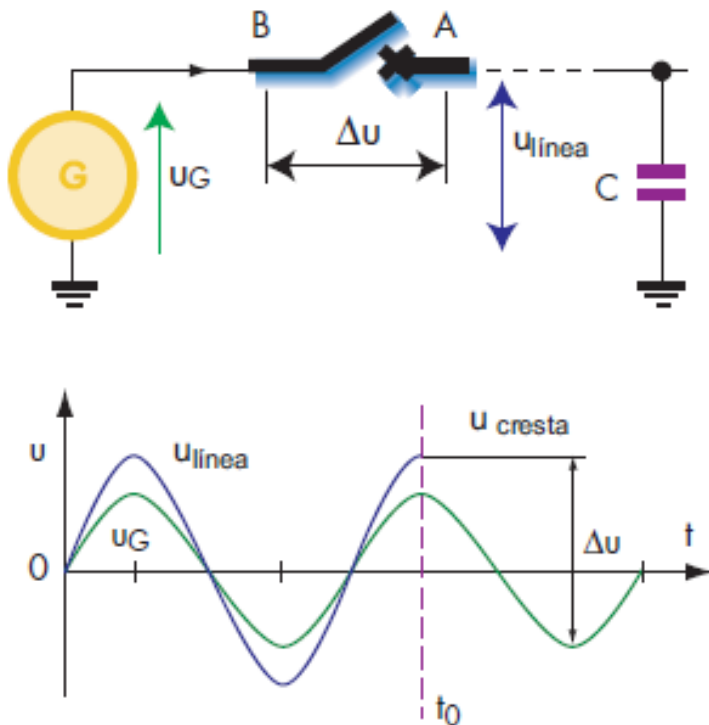
En el momento de la apertura del interruptor, éste verá en sus bornes, dirección abajo, la tensión máxima y arriba, la tensión alterna de la red.

La diferencia de tensión de los bornes del interruptor va como máximo en 10 ms pasar de 0 a 2 veces la tensión simple de la red.

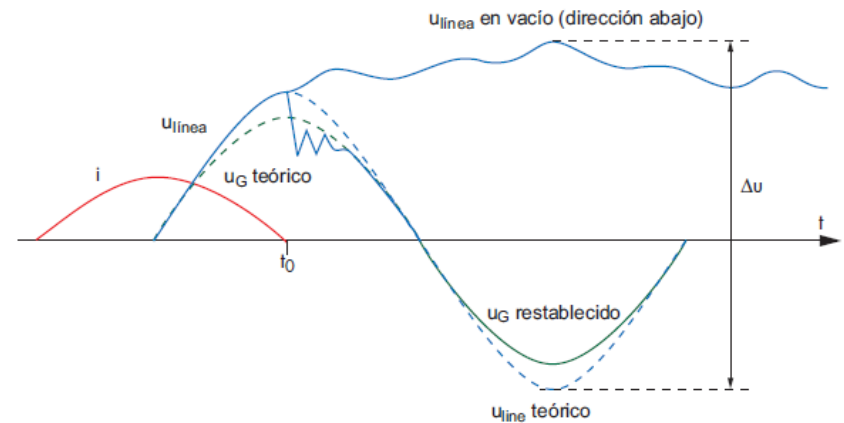
$$u_A - u_B = 2 u_{\text{red}}$$

En este caso de corte capacitivo, prácticamente no hay tensión transitoria.

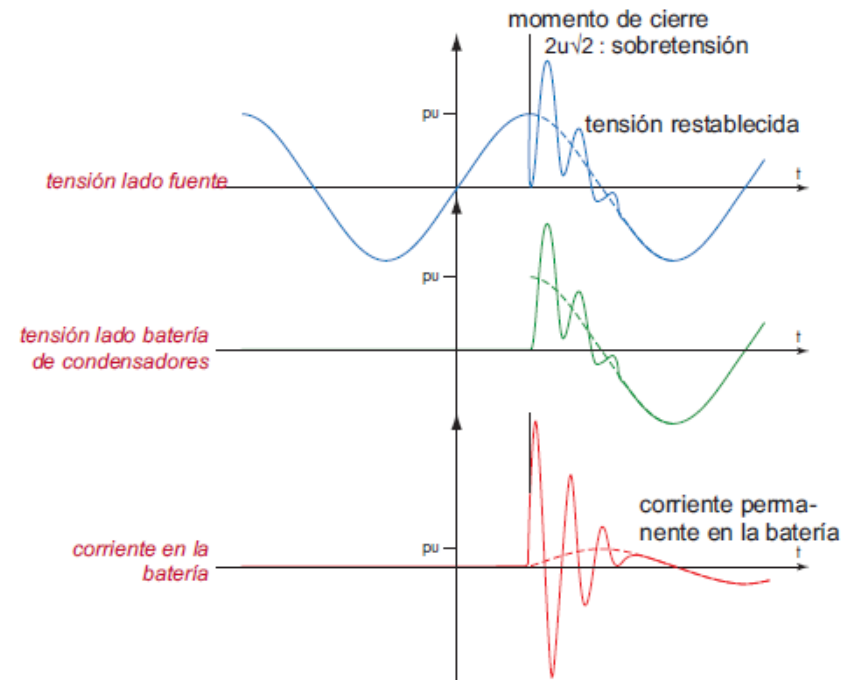
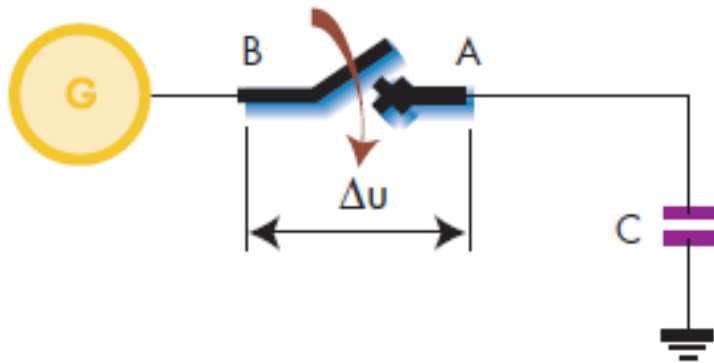
Corte reactivo: la línea en vacío



El fenómeno es más difícil que un corte capacitivo (+ elevado) a causa del efecto ferranti.

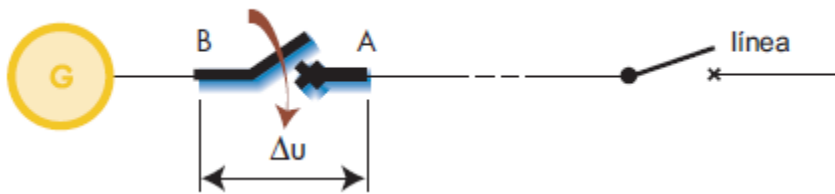


Cierre en una batería de condensadores



La puesta bajo tensión de la batería de condensadores al máximo de la tensión (lado estación) induce sobretensiones, así como corrientes de entrada muy importantes a frecuencias elevadas que pueden dañar a largo los equipos de alta tensión.

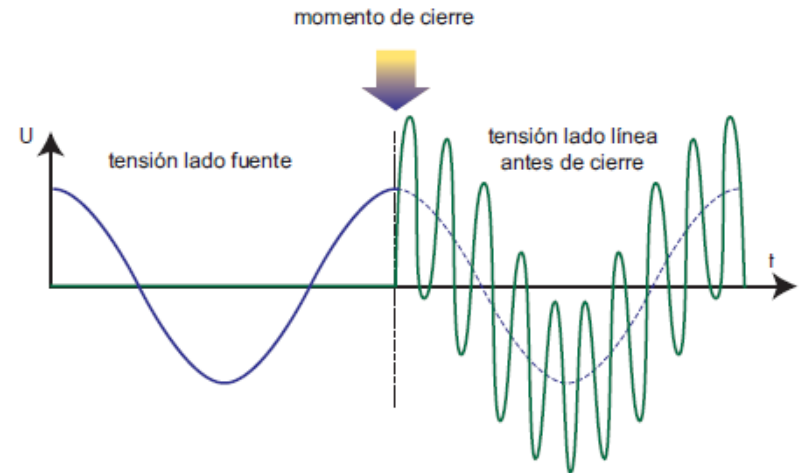
Cierre en una línea en vacío



Las sobretensiones de maniobras más elevadas son consecutivas al cierre de largas líneas en vacío del transporte.

La puesta bajo tensión de estas líneas genera una onda de tensión que se propaga en la propia línea y se refleja

El caso más desfavorable se produce cuando el cierre del interruptor interviene al máximo de la tensión lado fuente.



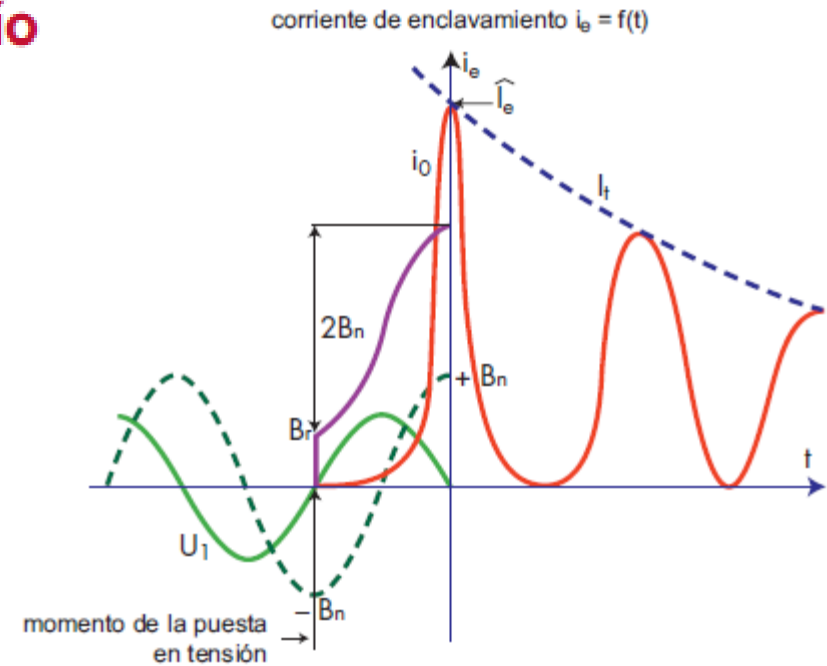
Cierre en un transformador de vacío



El tiempo de respuesta Δt , entre la puesta bajo tensión y la aparición del campo magnético genera una corriente de entrada magnetizadora cuyo valor puede alcanzar 15 veces el valor de la corriente nominal.

Este Δt depende de los siguientes parámetros :

- la tensión nominal,
- el material de construcción del transformador,
- el estado magnético residual del material.



La tensión U , primero nula, aumenta, pasa por un máximo y vuelve a ser nula; esto implica una variación $-B_n$ a $+B_n$ de la inducción, ésta, saliendo de B_r , debe elevarse al valor $B_r + 2 B_n$ de donde la punta de corriente correspondiente.



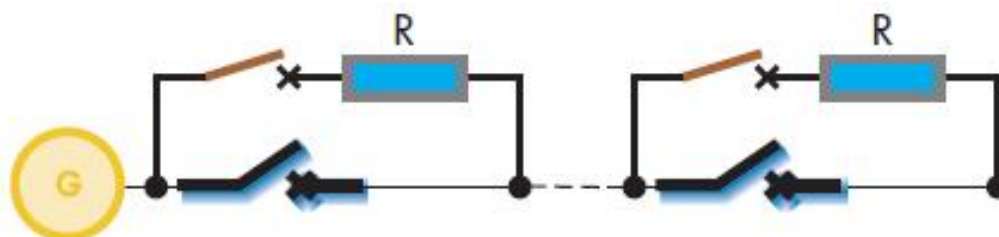
¿Sistema de Pre-inserción?

¿Sistema mecánico?

¿Para que se utiliza?

¿Conexión serie o paralelo?

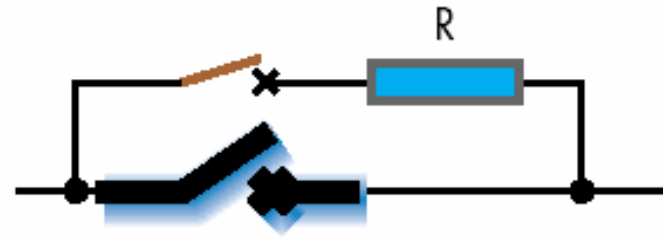
¿Permanente o transitoria?



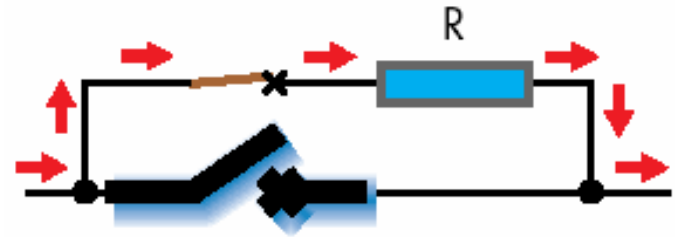
La inserción de una resistencia en el cierre del interruptor es una de las técnicas utilizadas para limitar las sobretensiones consecutivas de la puesta bajo tensión de largas líneas en vacío.

- Las resistencias de Pre-inserción se utilizan para limitar sobretensiones en la red, durante operaciones de conmutación.
- Las resistencias de Pre-inserción se utilizan únicamente durante el cierre y consisten en bloques de resistencias que son conectados en paralelo con la cámara de interrupción.
- Los bloques de resistencias cierran el circuito aproximadamente 8-12ms antes de los contactos de arco.
- Valor típico es alrededor de 400 Ohms.
- Las resistencias de Pre-inserción se utilizan principalmente para líneas en vacío, con tensiones de sistema superiores a 362kV.

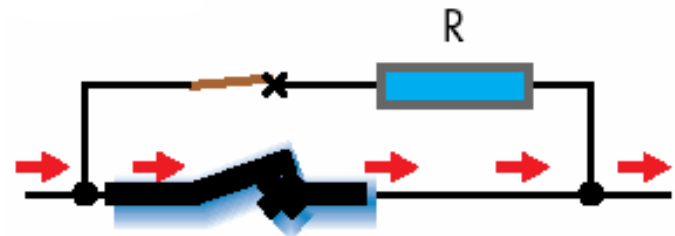
Circuito Interruptor Abierto



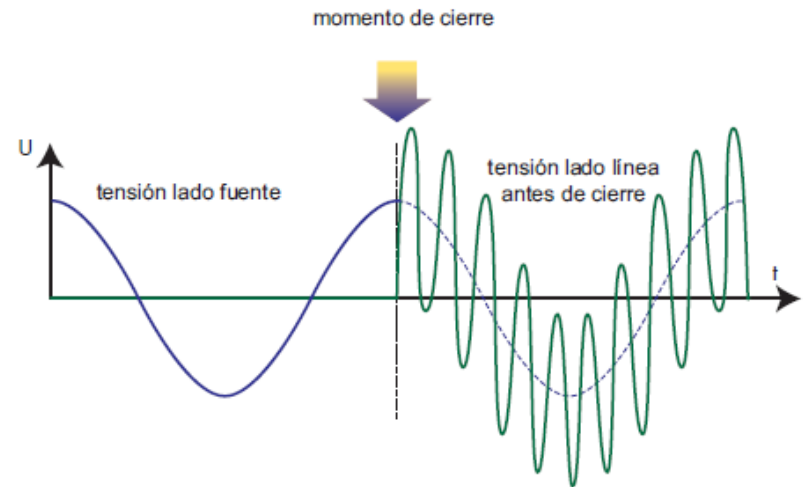
Inserción del resistor



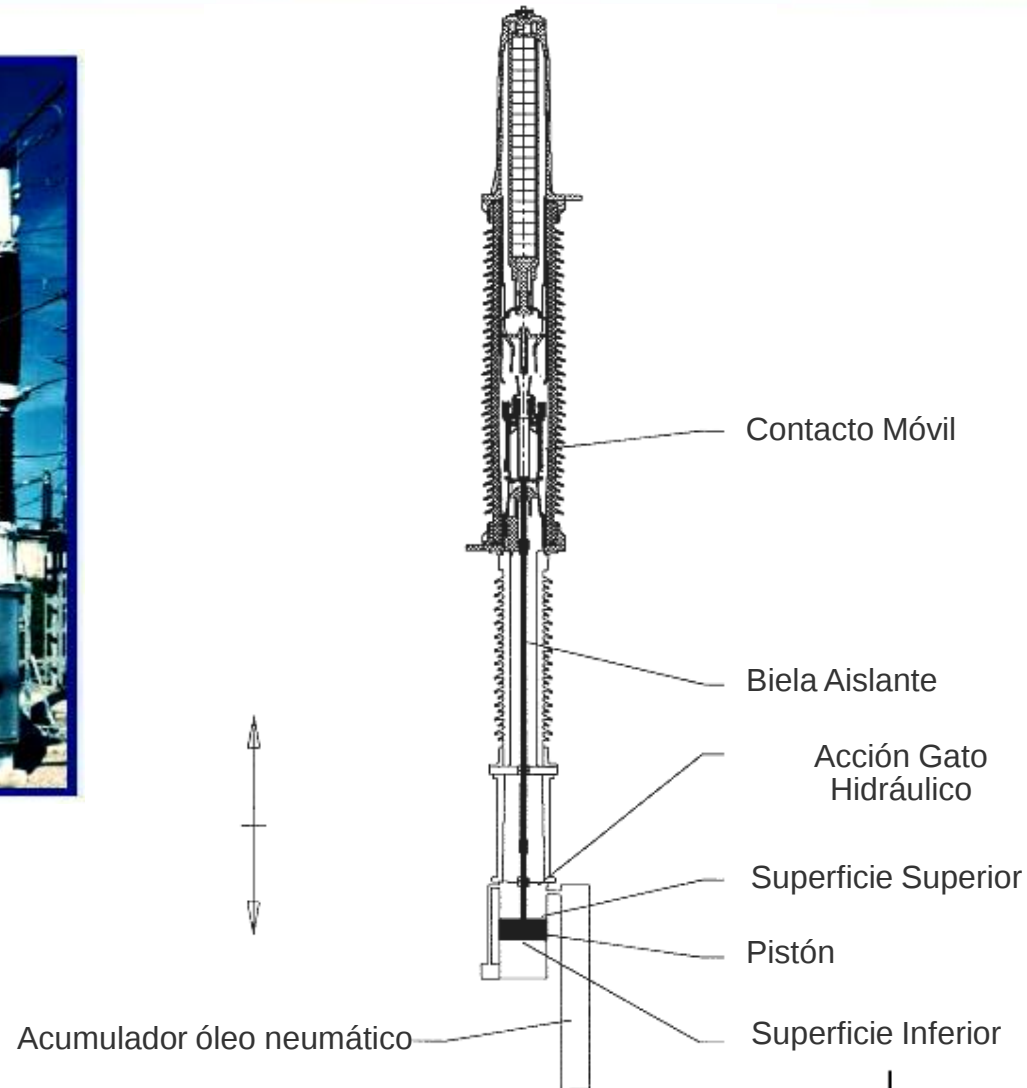
Resistencia de Corto Circuito



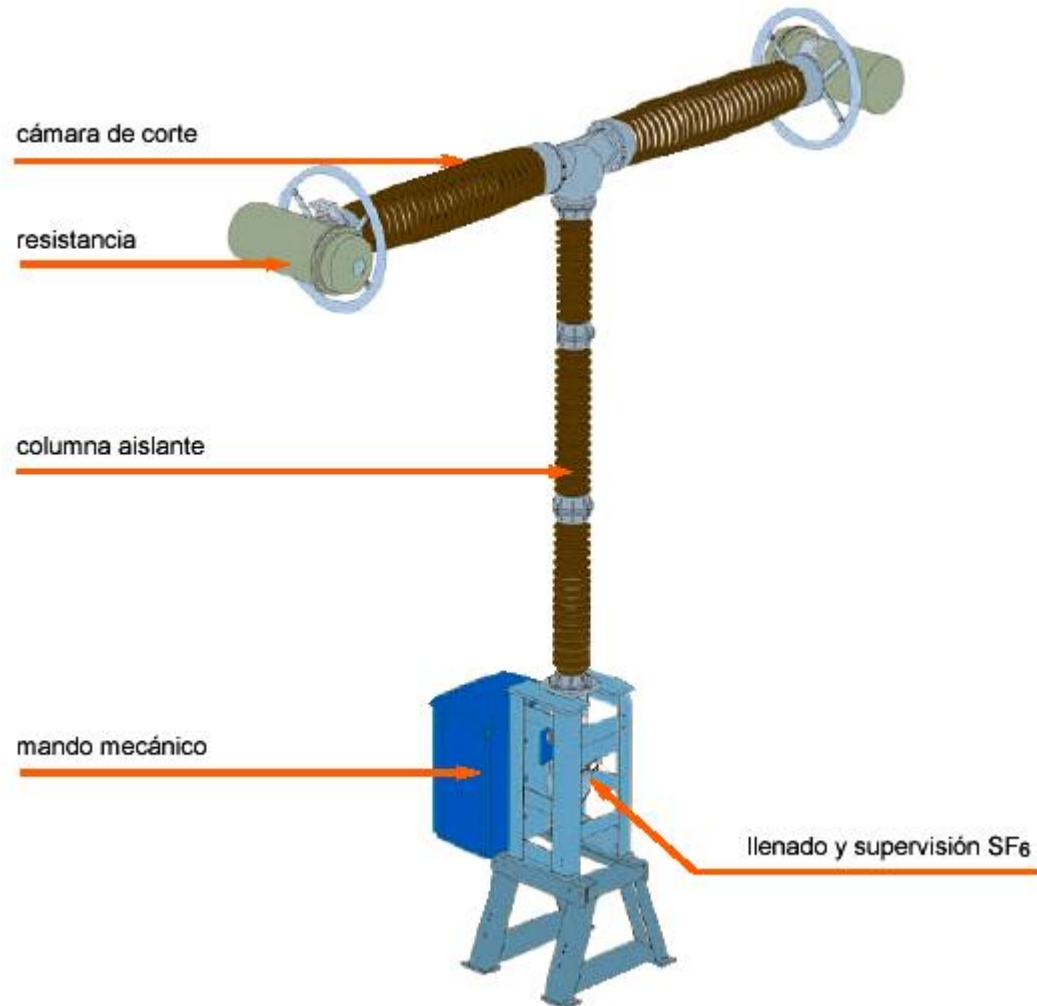
Resistencia de Pre-inserción



Cámara de corte con resistencia de Pre inserción

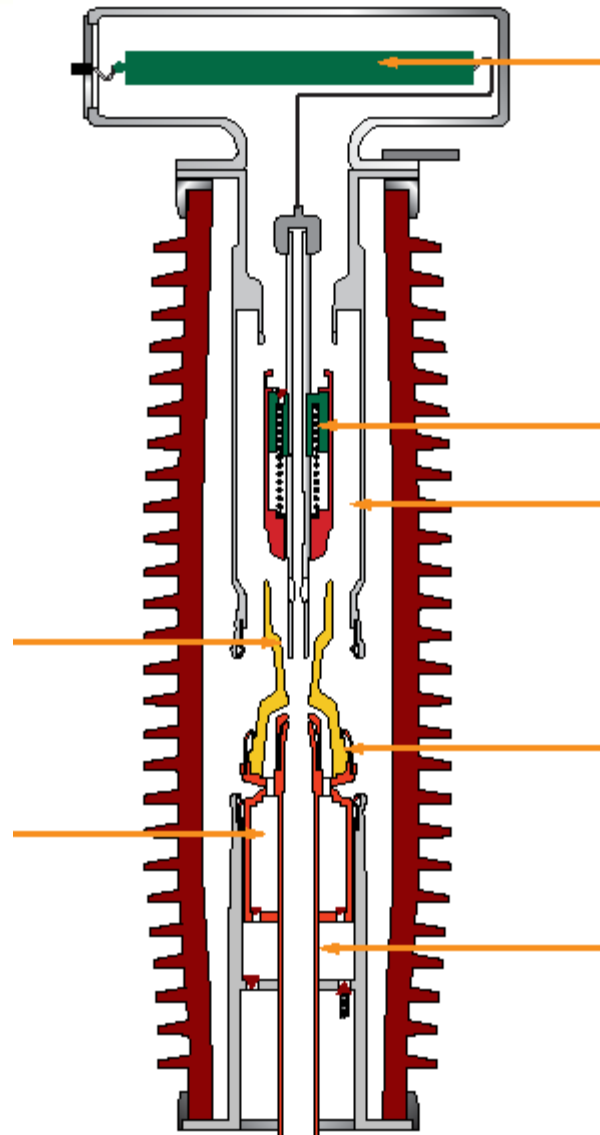


Cámara de corte con resistencia de Pre inserción

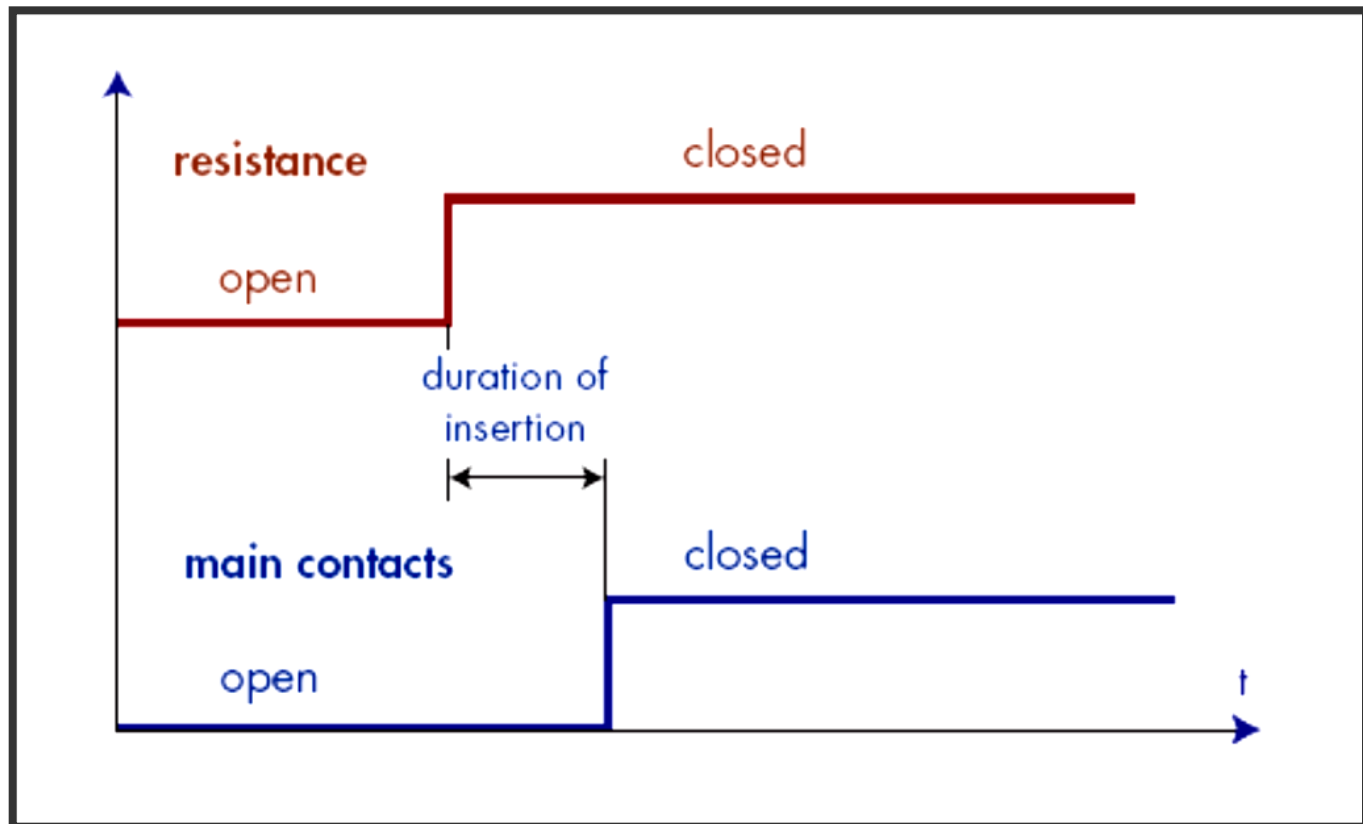


Cámara de corte

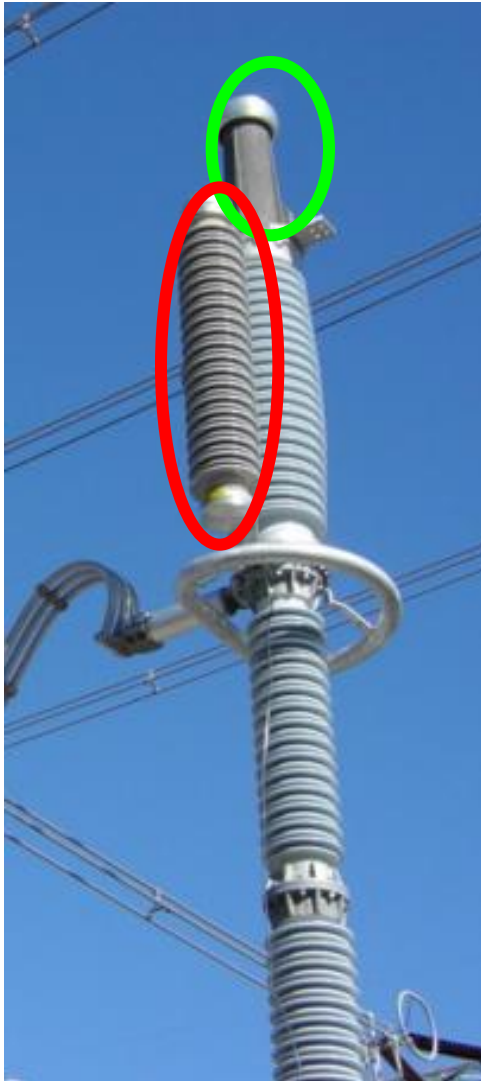
Descripción



Ciclo de Operación Resistencia de Pre-inserción



Resistencia de Pre-inserción





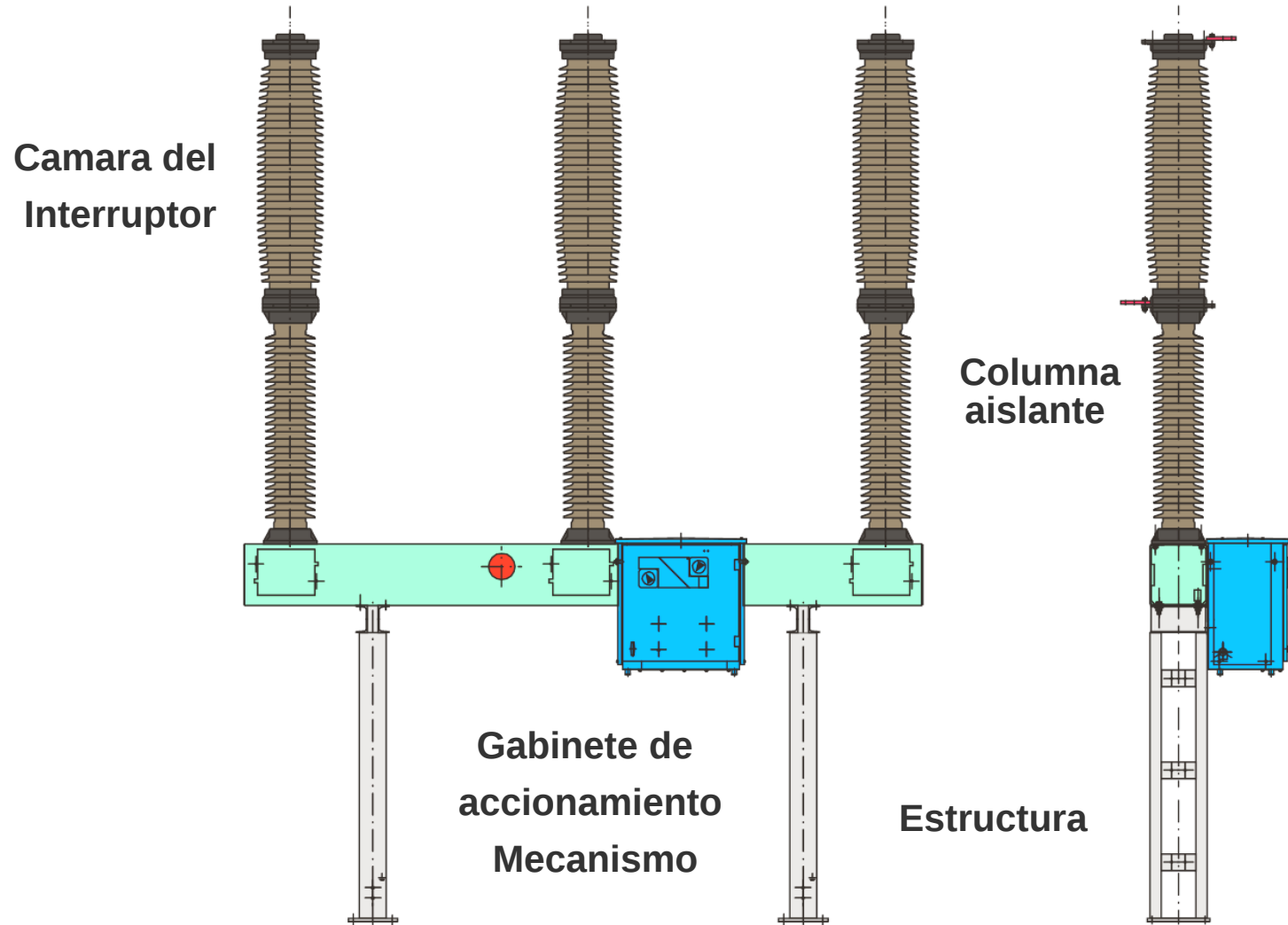
¿Condensadores?

¿Cuándo se utilizan?

Capacitores equipotenciales: Son en ciertas ocasiones utilizados en interruptores “multi-apertura” (dos o mas cámaras de ruptura idénticas conectadas en serie) con el fin de distribuir uniformemente la tensión a través del espacio entre los contactos.

Capacitores en paralelo: son utilizados para incrementar la capacidad de corto circuito de los interruptores. A capacitancia adicional incrementa el tiempo de demora de la tensión inicial de recuperación RRRV y por lo tanto tiene impacto principalmente en la respuesta frente a fallas en líneas cortas.

Interruptor mando tripolar



Interruptor mando Monopolar

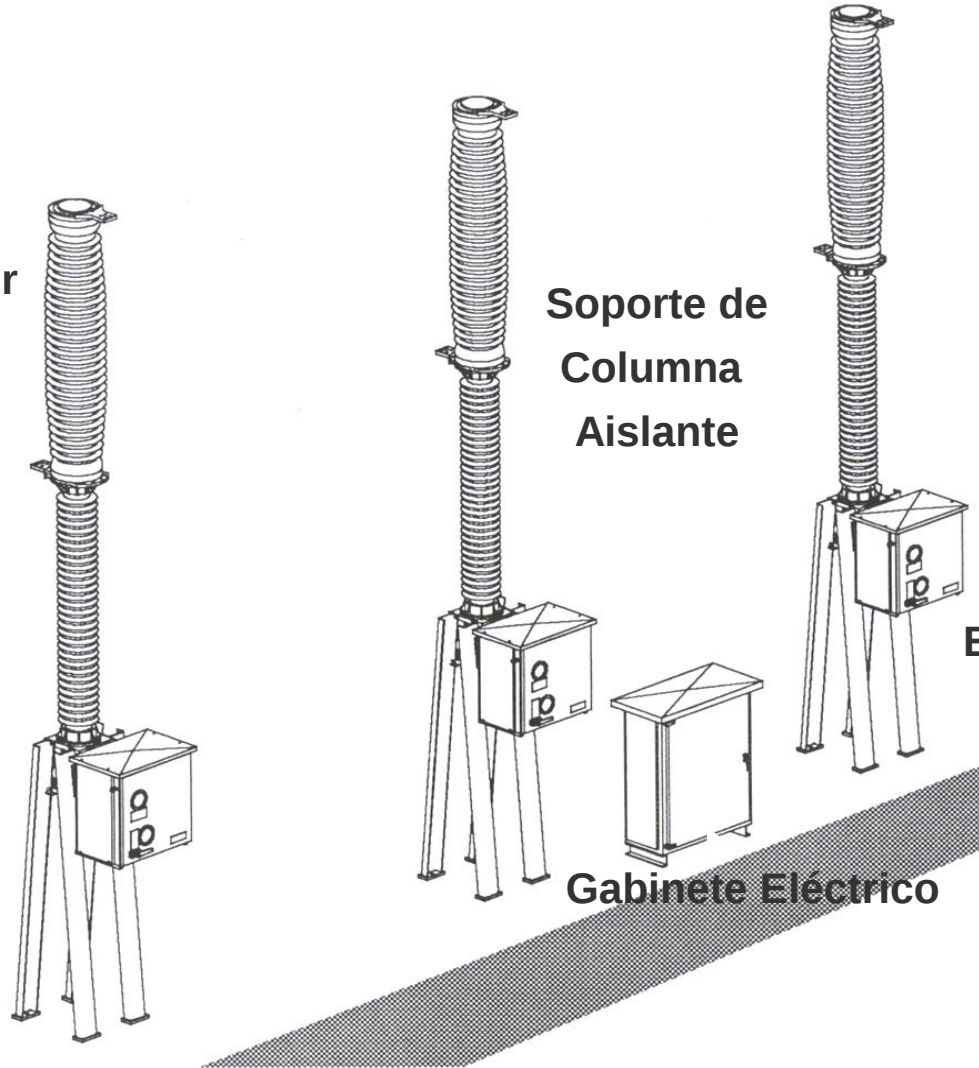
Camara del Interruptor

**Accionamiento
Mecánico**

**Soporte de
Columna
Aislante**

Estructura

Gabinete Eléctrico



- En general las maniobras de los interruptores se efectúan de forma aleatoria.
- La instalación de un relé de sincronización permite predeterminedar las maniobras en un punto particular de la sinusoide.
- Actúa sólo en maniobras de explotación.
- Estos dispositivos son de fácil integración.
- Menor inversión y gastos respecto a los sistemas mecánicos de inserción.

● Problems on energizing:

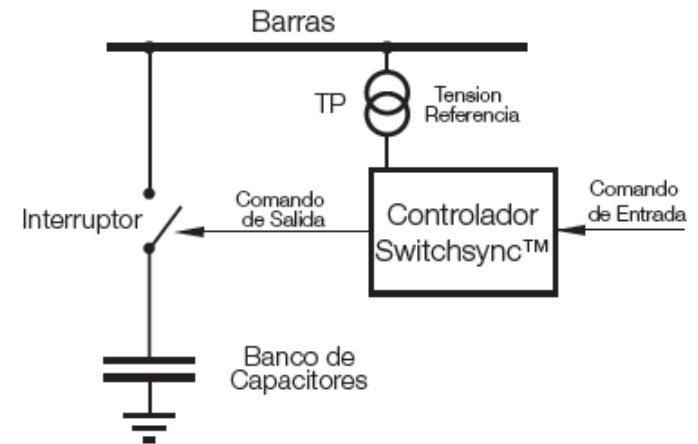
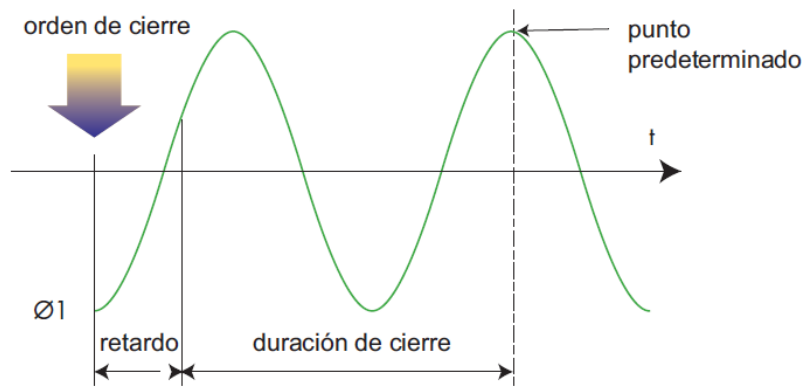
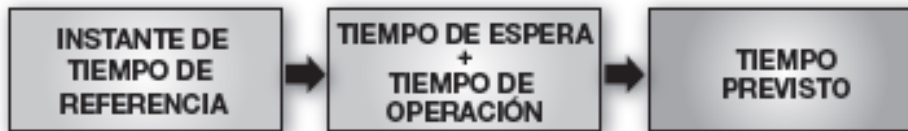
- Power transformers $\Rightarrow$ high inrush currents
- Shunt reactors $\Rightarrow$ high inrush currents
- Capacitor banks $\Rightarrow$ high inrush currents
 $\Rightarrow$ high overvoltages
- Long overhead lines $\Rightarrow$ high overvoltages

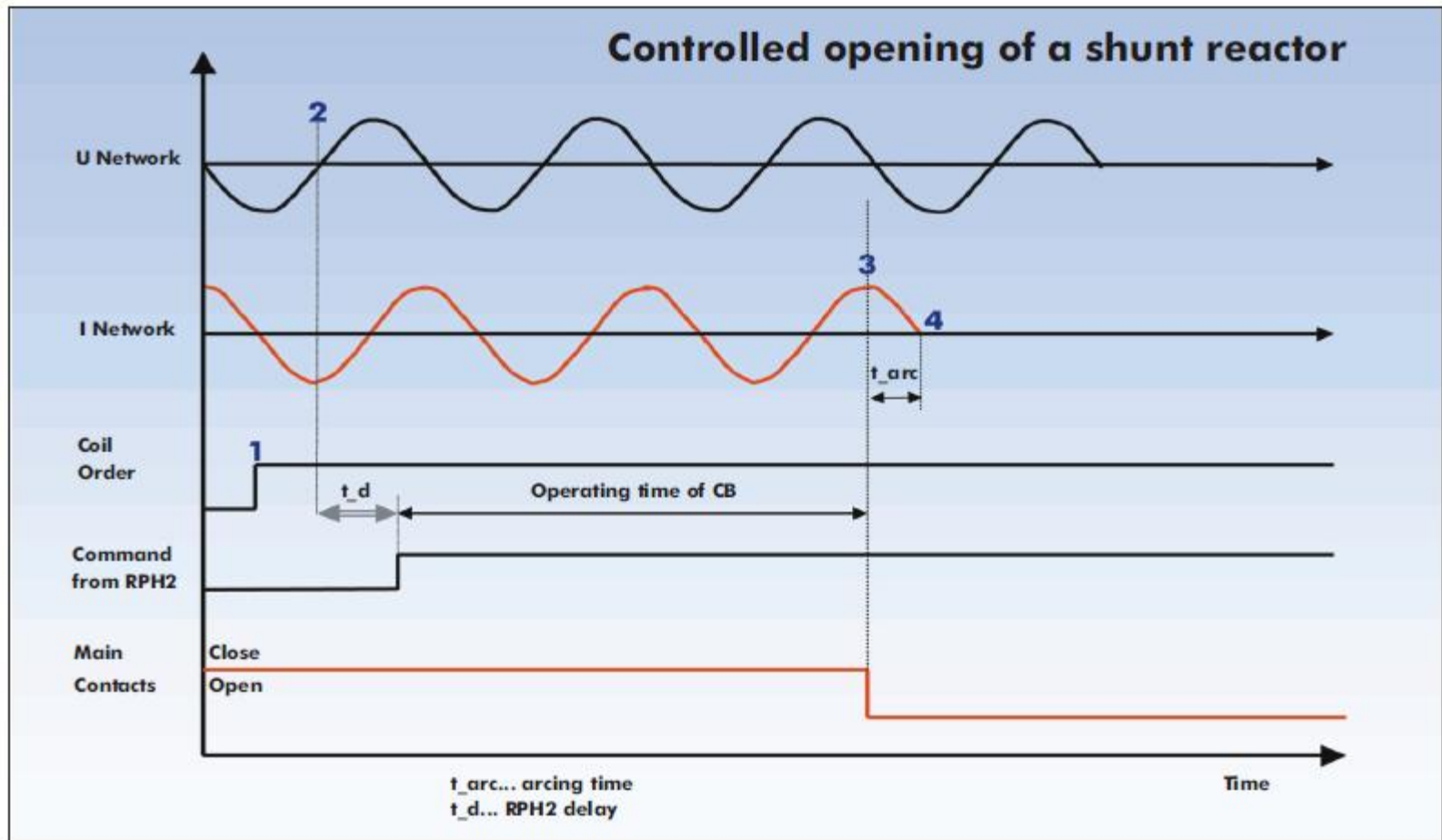
● Problems on deenergizing:

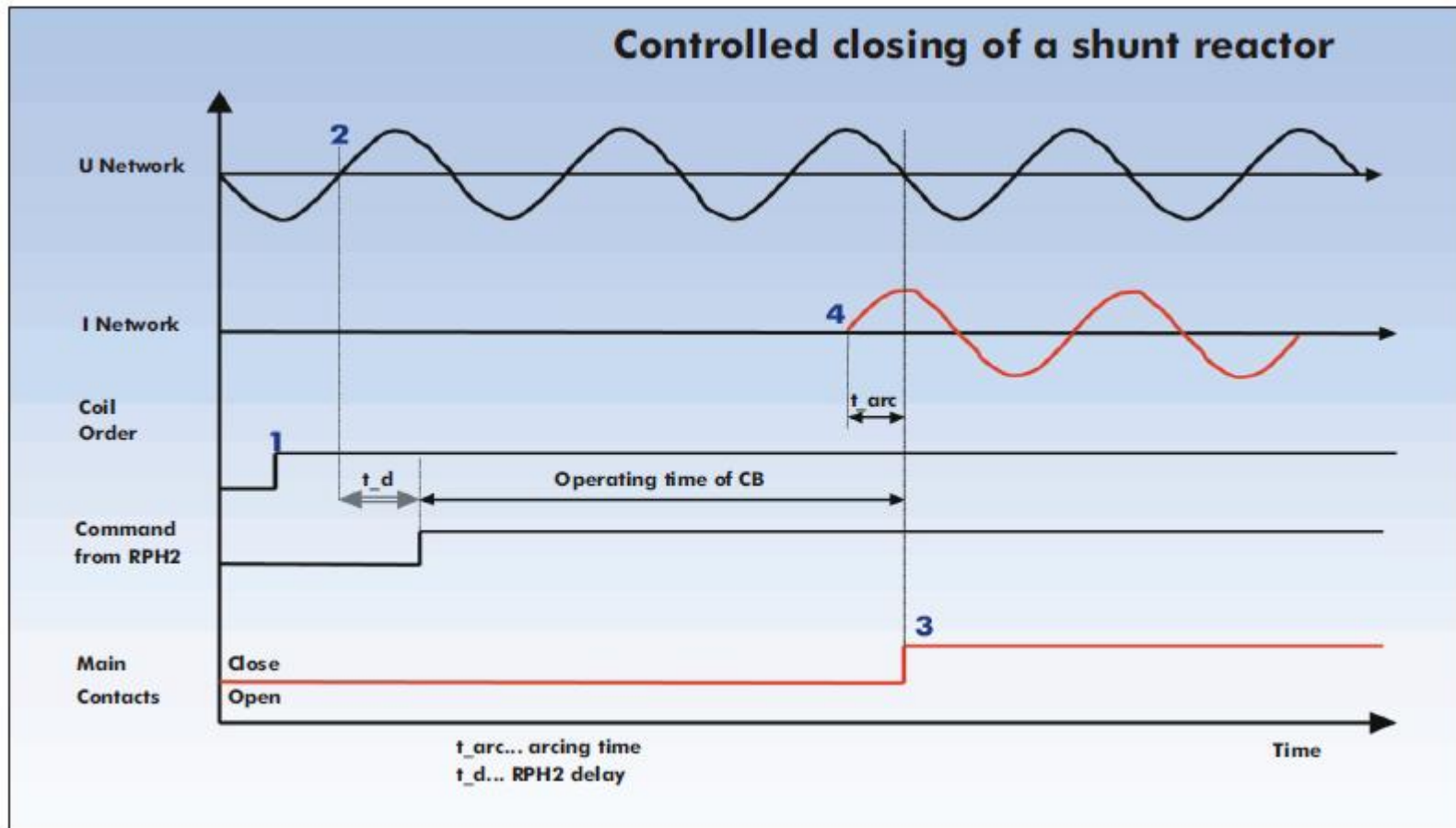
- Shunt reactors $\Rightarrow$ high overvoltages
(re-ignitions in cb)
- Capacitor banks $\Rightarrow$ high overvoltages
(restrikes in cb)

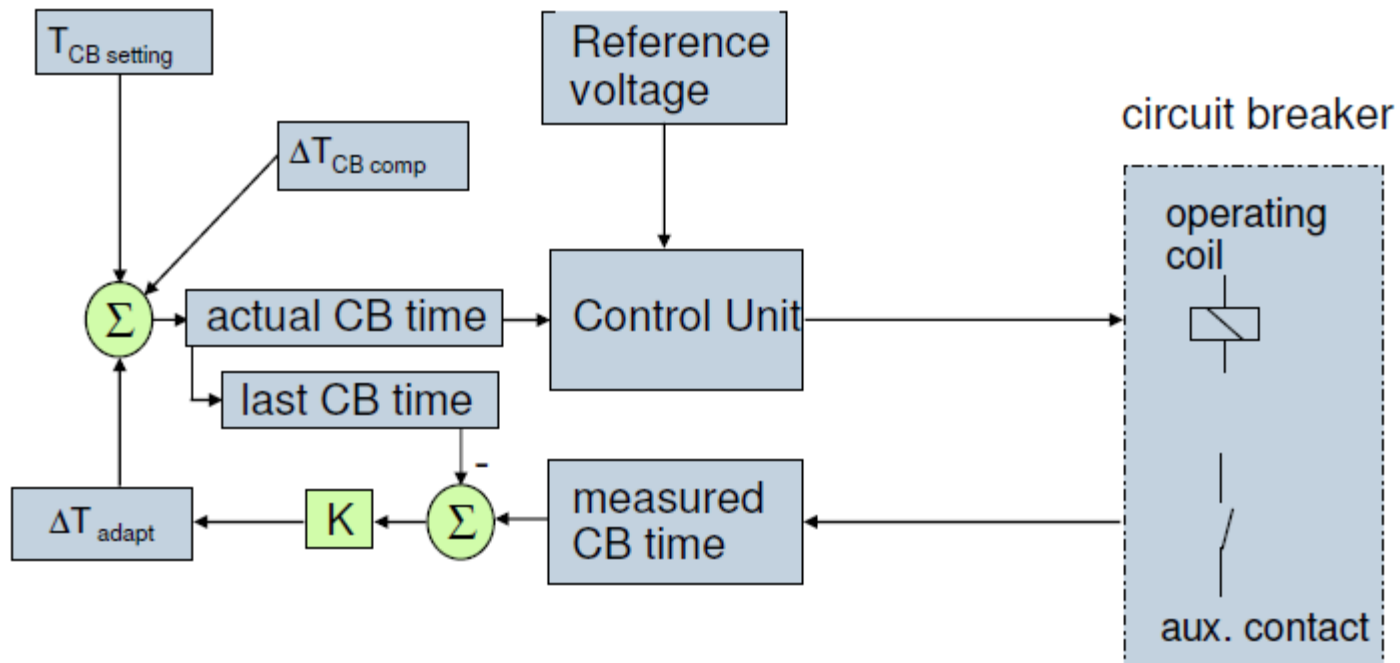
Applications of RPH2			
Load	Type of operation	Controlled instant	Stress avoided
Capacitive	Closing	Zero voltage	Overvoltages inrush current
Capacitive	Opening	Optimal Arcing time	Restrikes overvoltages
Inductive	Closing	Peack of voltage	Inrush currents
Inductive	Opening	Optimal arcing time	Restrikes overvoltages

Dispositivos actuales

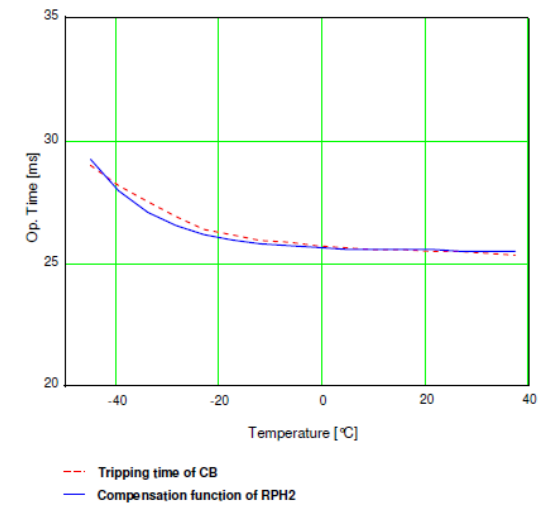
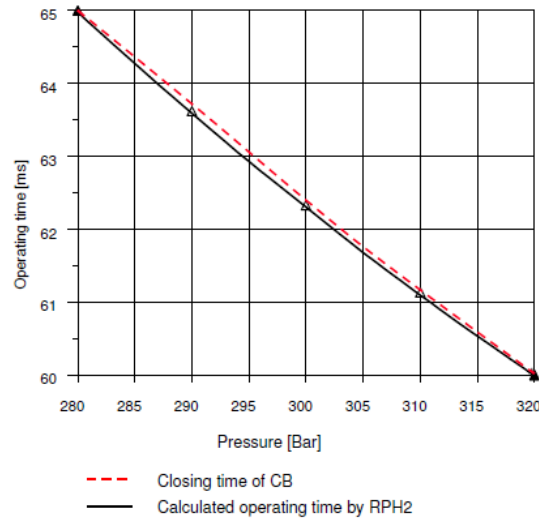
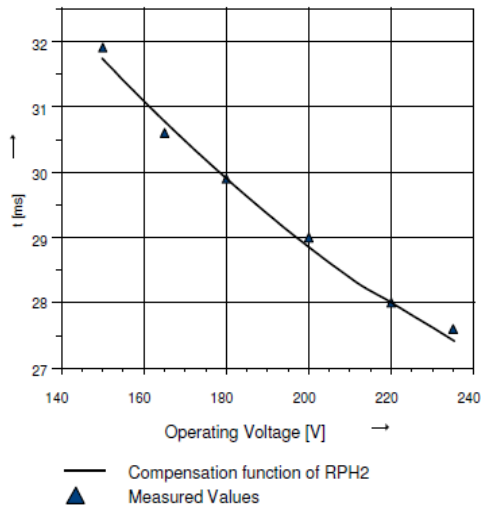






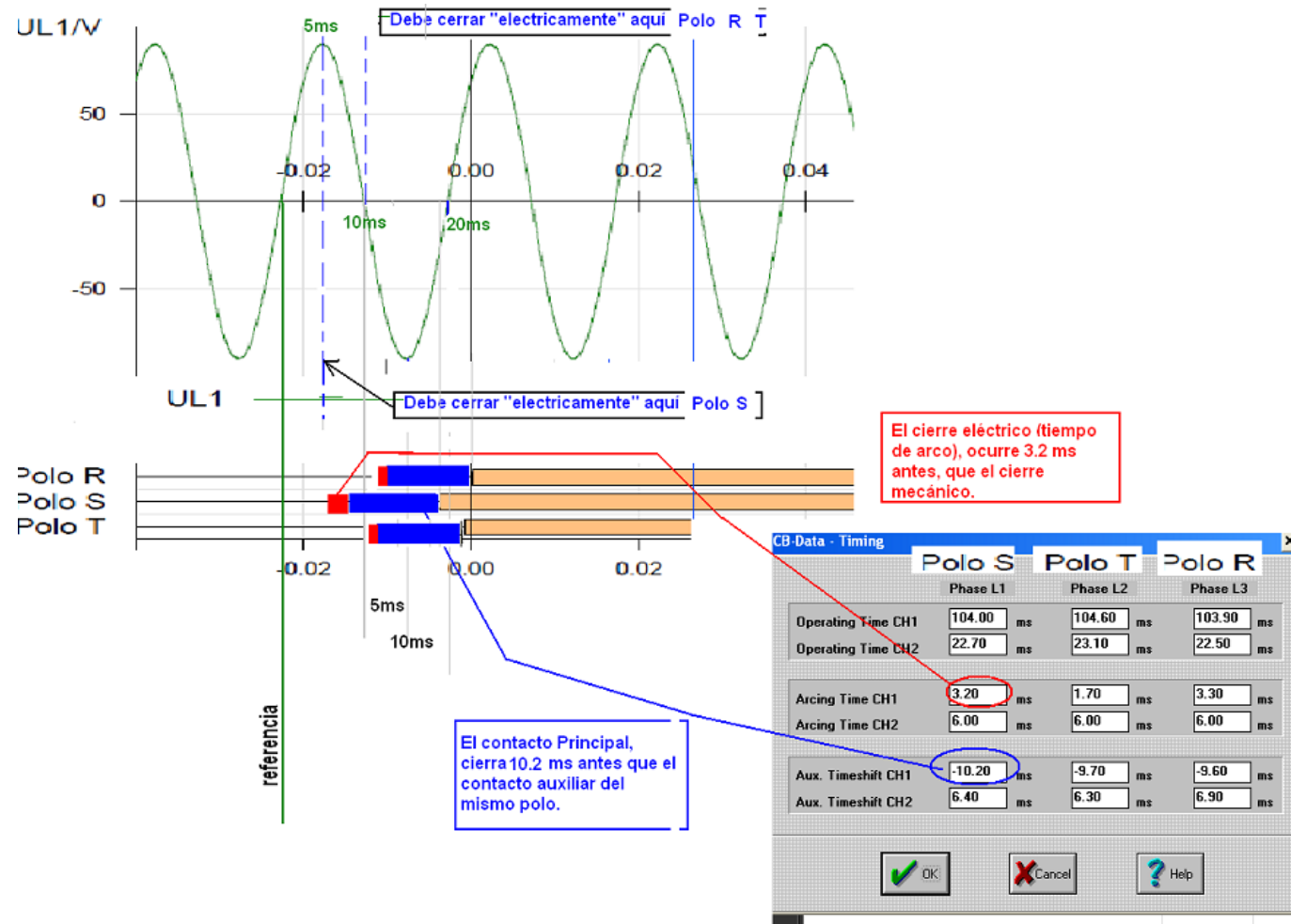


Sistema de Compensación



U_n [kV]	tensión del sistema (rms) para una cámara de corte
$u' = U_n \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$ [kV]	valor máx. x_n neutro a tierra para todos los polos
$u' = U_n \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ [kV]	valor máx. x_n neutro aislado para los dos primeros polos L2 y L3
$u' = 1.5 \cdot U_n \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$ [kV]	valor máx. neutro aislado para el último polo L1
$\frac{dU}{dt} = u' \cdot \omega \cdot \frac{1}{1000}$ [kV/ms]	velocidad de caída de la tensión del sistema
$\frac{dU_d}{dt}$ [kV/ms]	velocidad de caída de la tensión soportada en el interruptor
$\frac{\left(\frac{dU_d}{dt}\right)}{\left(\frac{dU}{dt}\right)} = k$ [p.u.]	ver figura 3
ΔT [ms]	variación del tiempo de cierre del interruptor
$t_a = \frac{\sin\left(\omega \cdot \frac{\Delta T}{1000}\right)}{\omega \cdot k} \cdot 1000$ [ms]	tiempo de cebado de arco ajustado a RPHE
$U_p = \sin\left(\omega \cdot \frac{\Delta T}{1000}\right) \cdot u$ [kV]	tensión de cebado de arco

Dispositivos actuales



Gracias por la atención