

## PROTECCIÓN DE BANCO DE CONDENSADORES

### 1. Introducción

Dado que es muy frecuente encontrar en las redes de distribución bancos de condensadores con el propósito de mejorar el factor de potencia, el perfil de tensión o disminuir las pérdidas de transmisión, es necesario que de manera semejante a como se protegen otros elementos del sistema, éstos también se protegen convenientemente para evitar que fallas internas se propaguen al resto del sistema provocando interrupciones innecesarias.

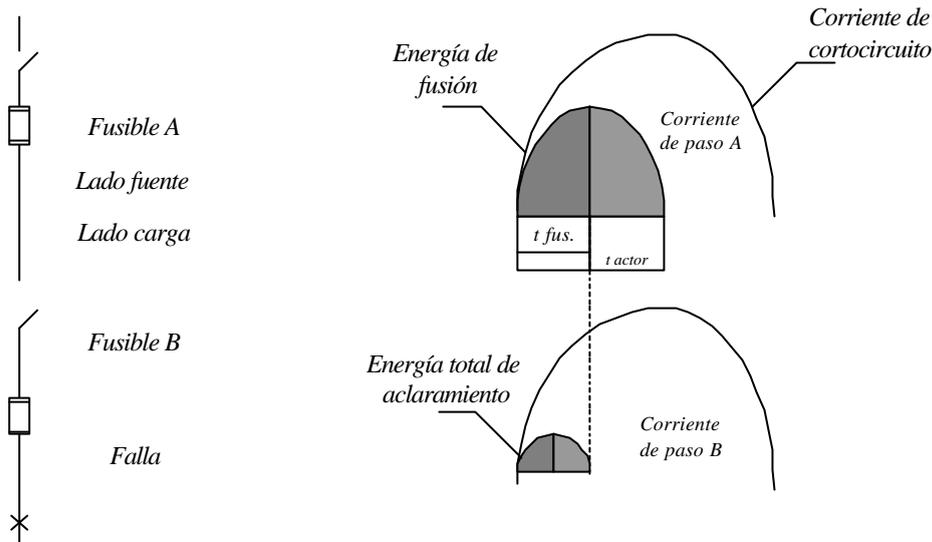


Figura N° 1. Coordinación entre fusibles limitadores de corriente

El tipo de protección aplicado a los bancos de condensadores en distribución, es el desconectador fusible. En general, la función del fusible es proveer de protección tanto al sistema como al banco mismo. El decir, con respecto al sistema, el fusible deberá operar para condiciones de sobrecorrientes aislando prontamente la agrupación de condensadores que contenga la unidad fallada, impidiendo así desconectar el alimentador de distribución enteramente. Con respecto al banco de condensadores, deberá operar prontamente sacando de servicio la agrupación de condensadores que contenga la unidad fallada, antes que se rompa o explote el estaque vertiendo el dieléctrico líquido, el cual puede encender o quemar y dañar otras unidades de condensadores o equipos vecinos.

En definitiva, el fusible debe operar, tan prontamente como sea posible, en respuesta a una unidad fallada de un banco de condensadores, mientras que por otra parte, no debe operar por causas de corrientes transitorias de origen internos o externos al banco.

### 1. Selección del Fusible del Protección

Los factores técnicos de selección del fusible son: tensión nominal y magnitud de la corriente máxima de cortocircuito del punto del sistema donde se ubica el banco de condensadores, además, la corriente de carga permanente requerida por el banco en el cual será aplicado. De la amplia gama de valores nominales y curvas características de operación disponibles, se debe seleccionar aquella que provea de protección óptima al sistema, como también a las unidades de condensadores que forman el banco.

- a) Tensión Nominal: En general, la tensión máxima de diseño del desconectador fusible deberá ser igual o mayor que la tensión del sistemas.

- b) Capacidad de Ruptura: La capacidad de ruptura nominal simétrica del fusible, deberá ser mayor que la magnitud de la corriente máxima de cortocircuito disponible en el punto de ubicación del banco de condensadores.
- c) Corriente Nominal y Características de Operación, ambos parámetros del fusible serán seleccionados según los siguientes factores:
- c.1) Corrientes transitorias debe mantenerse sin operar mientras duren las magnitudes de las corrientes transitorias, las cuales según su origen se pueden clasificar en de origen interno (inrush) y de origen externo (outrush).

Las de origen interno están asociados con las maniobras de conexión y desconexión el banco del mismo, mientras que las de origen externo, están relacionadas con la conexión y desconexión repetitiva de un banco de condensadores cercano o por falla ocurrida en los alrededores.

La magnitud de frecuencia de estas corrientes dependen de la inductancia, de la capacitancia total del circuito y de la magnitud de la tensión del sistema en el instante en que ocurre la maniobra o la falla. En toda caso, un método recomendable es suponer que ocurre en el instante en que la tensión alcanza su valor máximo (peak).

Mientras la resistencia del circuito determina la rapidez con la cual la corriente transitoria disminuye (y de aquí su  $I^2t$ ), tiene muy poca influencia sobre la magnitud y la frecuencia de ésta. Para determinar el elemento fusible adecuado que deberá soportar sin operar estas magnitudes de corrientes, debe hacerse una comparación entre los  $I^2t$  del fusible a alta frecuencia y los  $I^2t$  de la corriente transitoria.

Al hacer la comparación, sin embargo, se debe destacar que los  $I^2t$  del fusible no son aquellos evaluados para determinar su curva característica de los tiempos mínimos de fusión, puesta que está dado para la frecuencia industrial (50 ó 60 Hz). Las corrientes transitorias de esta naturaleza tienen frecuencias mucho más altas, por la cual resulta una distribución no uniforme de la corriente en el elemento fusible (efecto skin), más, los esfuerzos mecánicos resultantes del incremento del campo magnético.

De la expresión (B) puede determinarse la magnitud de los  $I^2t$  para este tipo de corrientes de alta frecuencia.

$$I^2t = K \cdot E^2 \cdot C \cdot \sqrt{C/L} \quad (\text{amp}^2 \times \text{seg}) \quad (1)$$

en la cual

- E = es el valor máximo de la tensión de fase, en volts.
- C = es la capacitancia el circuito oscilante, en Farad.
- L = es la inductancia del circuito oscilante en Henry.
- K = constante (%3.7)

Ahora bien, una vez conocida la capacidad  $I^2t$  del elemento fusible, debe comprobarse el comportamiento de éste ante las corrientes transitorias de origen externo; es decir, determinar el valor mínimo de inductancia equivalente requerido, entre dos bancos de condensadores o el banco de condensador y el punto más probable y cercano donde ocurre una falla, de modo que las magnitudes de las corrientes transitorias de origen externo al banco n dañen parcialmente o provoquen la fusión del elemento fusible. El valor de inductancia está dado por la ecuación (9), donde los parámetros tienen el mismo significado y dimensión que los anteriores.

$$Leq = 13.7 E^4 C^3 / (I^2t)^2 (\text{Henry}) \quad (2)$$

- c.2) Corriente nominal del elemento fusible, el elemento fusible debe permitir la circulación de hasta 135% de la corriente nominal del banco de condensadores. Esto se debe a que la máxima variación de la tensión del sistema puede ser hasta de un 6%, el valor de las capacidades nominales tienen una tolerancia de hasta 15%, más la influencia de la circulación de armónicas que es alrededor de un 10%, hacen que se considere que la corriente nominal del banco, calculada en base a sus valores nominales de tensión y potencia reactiva, sea incrementada por este valor 1.35. Sin embargo, también depende de la conexión del banco, por esto, para un banco trifásico conectados en triángulo o estrella con neutro flotante es igual a 1.17 y para conexión estrella con neutro sea 1.22.
- c.3) Protección contra ruptura del estanque, el siguiente paso en el proceso de selección del elemento fusible apropiado, es verificar que su característica de operación coordine con la curva de daño de cada unidad que forma el banco de condensadores. Esta coordinación se logra comparando el tiempo total de aclaramiento del fusible, con la curva probabilística de ruptura del estanque del condensador.

En la figura 21 se muestran las curvas de 10%, 50% y 90% de probabilidades de ruptura del estanque de un condensador de 100 KVAR, además de las curvas de los fusibles apropiados para diferentes grados requeridos de protección.

Las curvas de las probabilidades definen zonas para diferentes grados de protección, por ejemplo:

- Zona segura : el fusible que se encuentra en esta zona con su curva de tiempo máximos de aclaramiento, brinda una protección segura para la mayoría de las aplicaciones del condensador. Generalmente el daño que puede ocurrir no es mayor que un ligero abultamiento del estanque (el 30K en este caso).
- Zona 1 : grado de protección suficiente para lugares donde la ruptura del estanque y/o derrame de líquido no presente peligro (el 65K en este caso).
- Zona 2 : grado de protección conveniente para lugares que han sido escogidos después de considerar cuidadosamente todas las posibles consecuencias que pueda provocar la ruptura violenta del estanque (80 K en este caso).
- Zona Insegura : No ofrece ningún tipo de seguridad para la mayoría de las aplicaciones. En este caso el estanque explotará con violencia suficiente como para dañar unidades vecinas.