

FACTOR “K” EN TRANSFORMADORES PARA CARGAS CON ARMÓNICOS

Los sistemas de distribución con cargas lineales son todos aquellos que, estando alimentados a un voltaje sinusoidal de frecuencia fija (ej. 50 Hz), generan corrientes solo de esa frecuencia (50 Hz) conocida como fundamental. Ejemplos de esto son motores, iluminación con ampollitas incandescentes, consumos resistivos como calefactores, etc. En oposición a esto, las cargas no lineales son todas aquellas que generan corrientes no sinusoidales, es decir, corrientes que además de la componente fundamental tienen otras que son múltiplos enteros de la fundamental (100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, etc) y que se conocen como *armónicos*.

Aún cuando este tipo de cargas ha existido siempre, su influencia era escasa. El adelanto tecnológico trajo consigo la electrónica y sus evidentes mejoras, pero ha traído con ellos la generación de armónicos. Ejemplos de estos son variadores de velocidad en motores, ballast electrónicos en iluminación, cargadores de baterías y los más importantes, presentes en la mayoría de las partes, computadores, UPS, impresoras, fotocopiadoras, etc.

El contenido de armónicos en un sistema de distribución es indicado por un número llamado Factor “K”. Grandes valores de “K” indican la presencia de muchos armónicos en la carga, los que solo pueden ser medidos utilizando instrumentos especiales. Cargas lineales (iluminación con ampollitas por ej.) tienen un Factor “K” de “1”. Fuentes de poder switching tienen un Factor “K” del orden de “20”. En general el Factor “K” variará con el tipo de equipo, pero en mediciones efectuadas a centros de cómputos, se han determinado factores “K” de 4 a 9, dada la eliminación de los armónicos entre las distintas cargas conectadas, quedando para sistemas con alto contenido de armónicos factores “K” de “13”.

Los transformadores que operan en sistemas de distribución con un contenido significativo de armónicos, pueden presentar problemas por el incremento de temperatura debido a la circulación de estos armónicos. En esta situación el

transformador no debe funcionar a su potencia nominal y debe disminuirse la carga. El transformador se “desclasifica” asociándole una potencia equivalente inferior a la nominal.

La potencia equivalente del transformador es la correspondiente a la sinusoidal que provoque las mismas pérdidas que las producidas con la corriente no sinusoidal aplicada. Esta potencia equivalente es igual a la potencia basada en el valor eficaz de la corriente no sinusoidal multiplicada por el factor “K”.

Por tanto, como una forma de cuantificar el calentamiento producido en los transformadores cuando se presentan armónicos, se define el **Factor “K”** como aquel valor numérico que representa los posibles efectos de calentamiento de una carga no lineal sobre el transformador.

Adicionalmente, en sistemas trifásicos, se encuentran problemas de sobrecarga de los conductores de neutro debido al efecto aditivo de las corrientes de tercera armónica (150Hz para frecuencia fundamental de 50 Hz) que circulan por él. Pérdidas adicionales se producen por la circulación de estas corrientes en los devanados primarios, pérdidas por corrientes de Foucault y por efecto “Skin”. Un transformador trifásico que maneje cargas no sinusoidales, deberá considerar este efecto como también el de la corriente que circula por el neutro de la estrella secundaria, debiendo sobredimensionar este conductor (200%) como también los conectores asociados a él.

Para transformadores convencionales que deban funcionar con cargas no sinusoidales el factor de desclasificación puede llegar a valores de 30% a 40%. Es decir, en estos casos el transformador debe estar sobredimensionado, lo que trae varios inconvenientes.

- Normalmente la placa característica no se cambia, por lo que en una próxima oportunidad alguien puede pensar que el transformador está trabajando muy por debajo de su capacidad e incrementar de nuevo la potencia.
- Los transformadores sobredimensionados tendrán impedancia reducida, por lo que los armónicos circulan más fácilmente. Además, se eleva la intensidad de

cortocircuito. Un neutro subdimensionado puede producir elevadas caídas de tensión y considerables diferencias de potencial respecto de tierra.

Transformadores de factor “K”

Como una forma de evitar los riesgos anteriores, aparecen los transformadores de factor “K”, los que presentan algunas características constructivas especiales con respecto a los convencionales.

- Sobredimensionamiento de los conductores primarios para soportar corrientes de circulación de los armónicos “triplen” (3°, 9°, 15°, 21°...)
- Las secciones del neutro y sus conexiones se dimensionan para una corriente del doble de la de línea.
- El núcleo está diseñado para una menor densidad de flujo.
- Se emplean varios conductores en paralelo con técnicas de interpolación y transposición como una forma de reducir las pérdidas por corrientes de Foucault en los conductores de los transformadores.
- Se diseñan para una capacidad térmica especial.
- Valores de “K” para transformadores son: 1, 4, 9, 13, 20, 30, 40.

Evitando los armónicos

Finalmente, como la mejor solución para evitar un efecto no es mitigarlo, sino eliminar la causa que lo produce, se deben emplear técnicas adicionales para disminuir y en lo posible eliminar los armónicos en la red.

Actualmente los sistemas más empleados son:

- **Filtros pasivos.** Construidos en base a condensadores e inductancias ajustadas para bloquear o absorber determinados armónicos. Debe asegurarse su compatibilidad con el resto del sistema, ya que pueden ser voluminosos y crear efectos indeseados como transitorios y resonancias.
- **Filtros activos.** Sofisticados sistemas electrónicos todavía costosos y delicados de una aceptación parcial.

- o Conexiones especiales de transformadores.

Transformador **Triángulo – Estrella**, las corrientes “triplen” se suman en el neutro. En el primario los “triplen” quedan atrapados en el triángulo eliminándose en las líneas.

Transformador con **secundario en Zig-Zag**, están formados por seis devanados iguales, dos por fase. Esto desvía los “triplen” del neutro a los conductores de fase.

Transformadores de **múltiples salidas**, en que se destaca el de doble salida y el de cuádruple salida, en que los secundarios tiene por misión compensar los armónicos 5, 7, 11, etc. Para que esta atenuación sea máxima, las cargas no lineales conectadas en cada salida deber ser idénticas.