

Corriente de Neutro en Sistemas No Lineales

Es un problema frecuente que los sistemas de distribución de baja tensión presenten intensidades de corriente elevadas sobre los conductores de neutro. Niveles en el neutro del 20% con cargas razonablemente balanceadas y de muy bajo contenido armónico son generalmente esperables. Sin embargo es frecuente que los conductores de neutro queden sometidos a corrientes incluso superiores a las fases activas. Estudios estadísticos de los años 90 ya indicaban que un alto porcentaje de los centros de cómputo (cargas por lo general fuertemente alineales) presentaban corrientes de neutro mayores a la nominales de las fases activas.

Es recurrente en estudios de análisis de carga en centros de distribución considerar la corriente de neutro por causa del desbalance de cargas lineales. Si bien desde el punto de vista de análisis de flujo de potencia neto es cierto, desde el análisis de intensidades nominales en los conductores de fase y neutro no resulta eficiente.

Es esperable que en sistemas lineales de carga, el rango de corriente de neutro no supere el 100% de la corriente de fase en el caso más extremo. En cambio, en cargas trifásicas y monofásicas no lineales provocarán corrientes adicionales por el neutro que podrán sobre elevar en los casos de redes de tres hilos más neutro hasta un 170% de la corriente nominal de fase, y en caso de tener una fase fuera de servicio, hasta 140% de la nominal de fase.

En la siguiente figura se expone la incidencia de las distorsión armónica promedio de las fases sobre la corriente de neutro expresándola en por unidad. En el caso de 3 hilos + neutro, con las 3 fases cargadas de forma balanceada, la corriente de neutro con distorsión armónica nula es cero, y alcanza su máximo de 173% para un THD de 70,7%. En el segundo caso, se cuenta con una fase fuera de servicio, la corriente de neutro (para las mismas condiciones de carga en las fases presentes) es del 100% sin distorsión armónica y será del 141,4% para el THD de 70,7%.

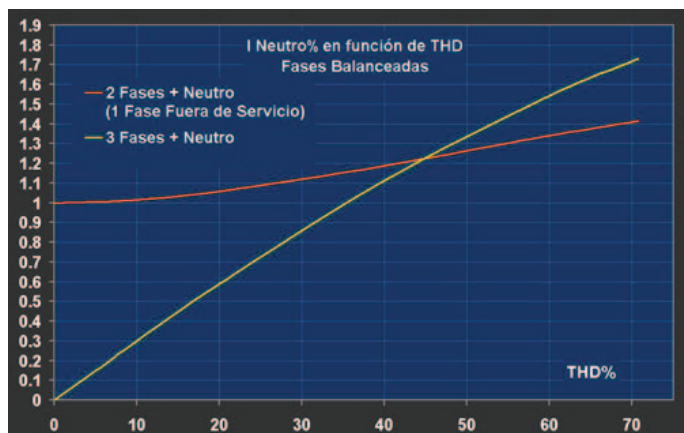


Figura 1

En las siguientes gráficas para cada caso enunciado se expone el efecto del THD y los niveles de carga de las fases activas. En la

figura 2 vemos que para niveles de THD hasta 10% no hay influencia en sobre elevaciones de corriente de neutro. Es notable desatacar que al contar con una fase desconectada, la corriente de neutro se minimizará al 86% cuando una de las fases se encuentre al 50% de la otra. El aumento de corriente de neutro a niveles superiores al 10%, exige de un a combinación de THD mayores al 40% y desbalances de carga mayores al 50%.

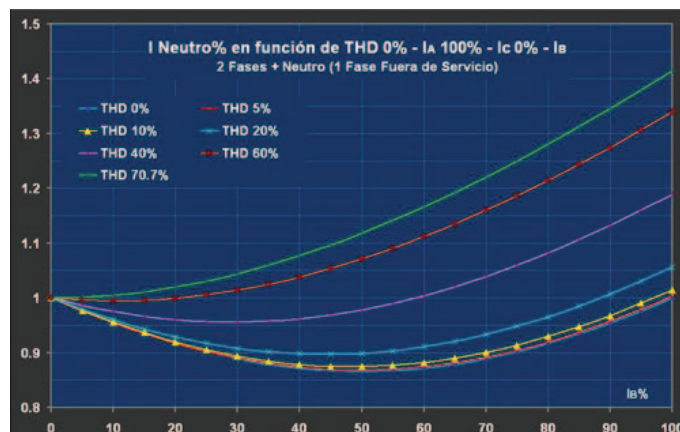


Figura 2

En el caso de la conexión a 3 fases + neutro, vemos al igual que en la Fig.1 que si el THD es cero, lo será también la corriente de neutro para carga balanceada. En la Fig.3, se muestra que para el caso de dos fases igualmente cargadas. Las curvas indican la intensidad de neutro en por unidad, en función de la tasa de carga de la tercer fase, correspondiendo a un nivel de THD. Los puntos sobra las curvas indican la corriente de neutro mínima en función de la carga de la tercer fase.

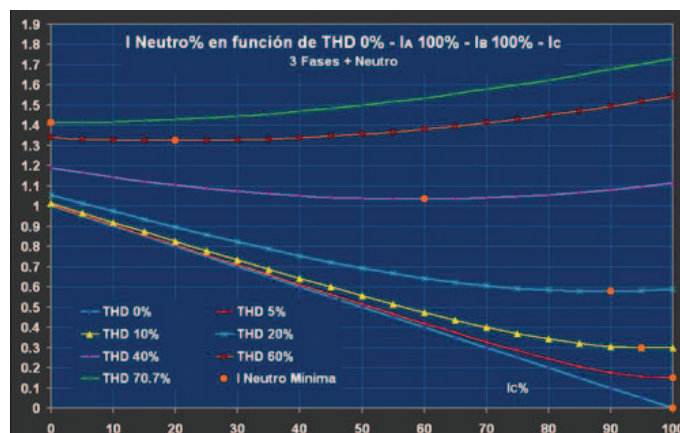


Figura 3

La Fig. 4 se muestra la corriente de neutro en pu., que puede alcanzarse con carga lineal (THD = 0). Cuando las tres fases están balanceadas, la corriente en el neutro es cero. En cambio para el resto de las condiciones de carga, la combinación demarca que

siempre habrá un mínimo de corriente de neutro, como se indica con la recta trazada en la grafico.

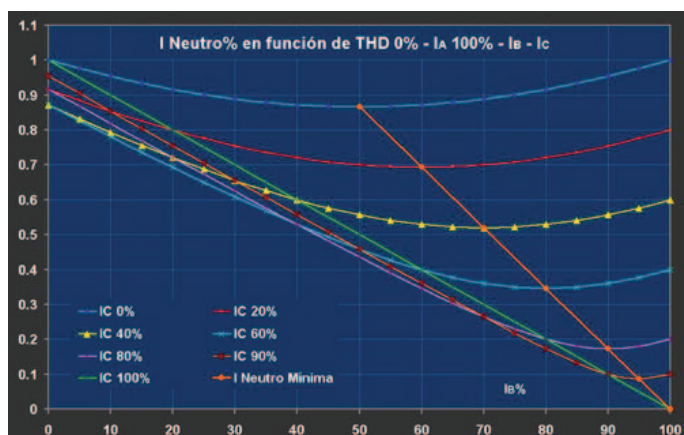


Figura 4

En las Fig. 5 y 6, puede verse el mismo efecto frente a cargas no lineales de THD 20% y de 60% respectivamente. Es importante denotar que para estos casos, la corriente de neutro no disminuye cuando las fases tienden a balancearse. Las curvas, a medida que aumenta la tasa sobre la tercera fase, presentan un aumento. Este fenómeno, se acrecienta con el aumento del THD, tal que en la figura 6, con THD 60% la corriente de neutro sin importar el estado de carga de las fases, supera al 100% de la nominal.

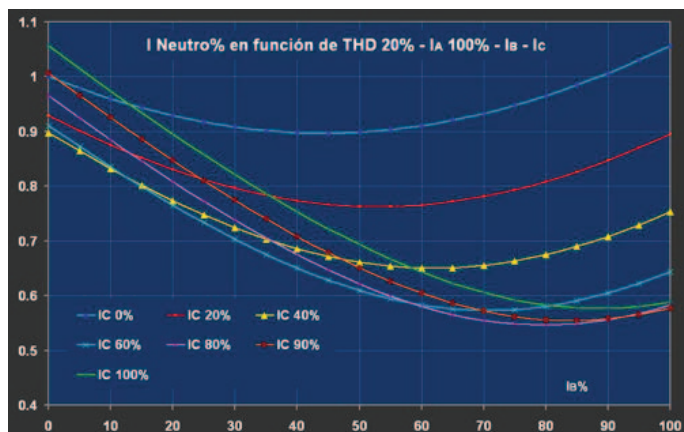


Figura 5

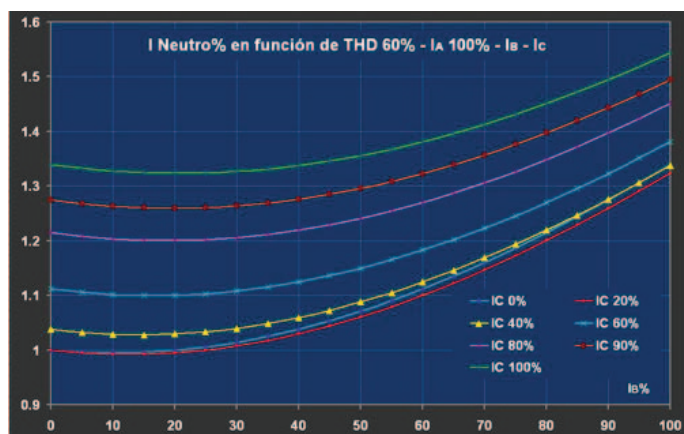


Figura 6

Análisis de componentes que conforman la corriente de neutro

En un análisis armónico (espectral) de la corriente de neutro, en general encontraremos intensidades de frecuencia de red (50/60Hz) pero sin embargo también encontraremos componentes armónicas, que al ordenarlas por magnitud dominante, se visualizarán las armónicas homopolares conocidas por ser aquellas múltiplos de 3, luego las armónicas impares y por último las pares.

Resumiendo lo antedicho, la corriente de neutro se compone, en forma general por:

$$I_{NEUTRO} = I_{50Hz}^1 + I_{HOMOPOLARES}^h + I_{IMPARES(1)}^h + I_{PARES(2)}^h$$

- (1) Impares no múltiplos de 3
- (2) Pares no múltiplos de 3

La presencia de la componente de 50/60Hz en el neutro, es a causa del desbalance de la carga en cada fase, y por falta de simetría en la terna de tensiones de servicio, resultando en general la combinación de ambos efectos.

El servicio de distribución en baja tensión monofásica (fase+neutro) produce por naturaleza estados de desbalance temporales que dependerá del régimen de carga.

La presencia de componentes armónicas homopolares, o sea de frecuencia múltiplos de 3, (150, 300, 450...) debido a su naturaleza tienden a cancelarse en el punto común (neutro), y aportan al neutro una corriente homopolar armónica total equivalente a la suma directa de las intensidades armónicas de cada fase.

En cambio, las armónicas pares e impares, no múltiplos de 3 se sumarán en forma fasorial respetando su magnitud y ángulo, de manera que el aporte armónico total será menor a las nominales armónicas de las fases.

A manera de resumen la tabla 1 indica los tipos de corriente de neutro que se presentarán según el tipo de carga.

Efectos de las corrientes armónicas

Las corrientes armónicas en el neutro generan incremento de la temperatura en el conductor, aumentando las pérdidas óhmicas; disminución de la capacidad amperométrica del conductor; incremento de la tensión neutro - tierra y distorsión armónica de tensión de las fases, entre otros.

El efecto más notable de la corriente en el neutro es la generación de la tensión neutro-tierra, la cual es una forma de ruido en modo común, que depende de la corriente que circula por el conductor de neutro y de la impedancia de dicho conductor. El efecto de la tensión neutro-tierra es aún debatible, sin embargo, la IEEE Std. 1100 recomienda 3 Vrms para equipamiento normal y 0.3 Vrms para equipos electrónico sensibles.

Tipo	Carga	Equilibrio de Carga	Corriente Neutro
1	Lineal	Balanceado	$I_N = 0$
2		Des-balanceado	$I_N \sim 50\text{Hz}$
3	No Lineal	Balanceado	$I_N \sim \text{Homopolares}$
4		Des-balanceado	Homopolares + Impares + Pares + 50Hz

Tabla 1

Conclusiones

Si bien pueden ser de utilidad como índice del desbalance de cargas de un sistema trifásico, las mediciones de corriente de neutro con métodos indirectos o matemáticos con consideraciones simplificadoras, pueden arrojar resultados apartados de la realidad, cuando se presentan cargas no lineales.

Es recomendable tener medidas del contenido armónico de corriente cuando se utilizarán métodos de cálculo como los aquí presentados.

Referencias

Las ecuaciones para las graficas han sido obtenidas de los siguientes trabajos publicados:

“Neutral Current in Three Phase Wye System”

Robert Arthur and R. A. Shanahan.

Square D Company, Wi, 0104ED9501R8/96, August 1996

“Armónicos y problemas de PQ en el conductor de neutro de sistemas trifásicos”

Diego R. Cadavid C. y Luis Fernando Gallego B.

Scientia et Technica Año IX, 20 No 22, Octubre 2003. UTP