

Transformadores de aislamiento

A. Llamas

Programa de Graduados en Ingeniería - Maestría en Ingeniería Eléctrica
ITESM Campus Monterrey, E. Garza Sada 2501 Sur, C.P. 64849, Monterrey, N.L.
Tel.: 3-284095, Fax: (8)-3582000 Ext. 5418, email: allamas@campus.mty.itesm.mx

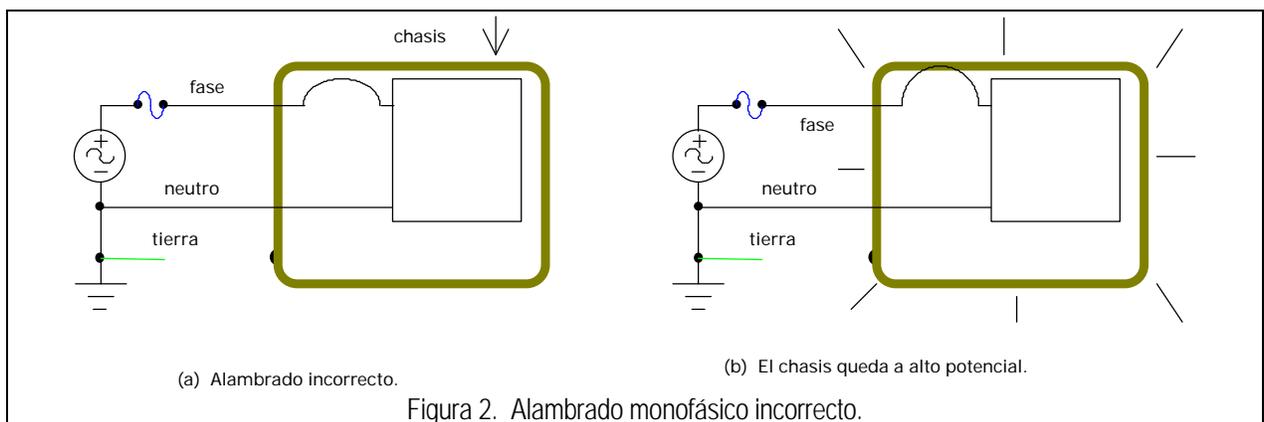
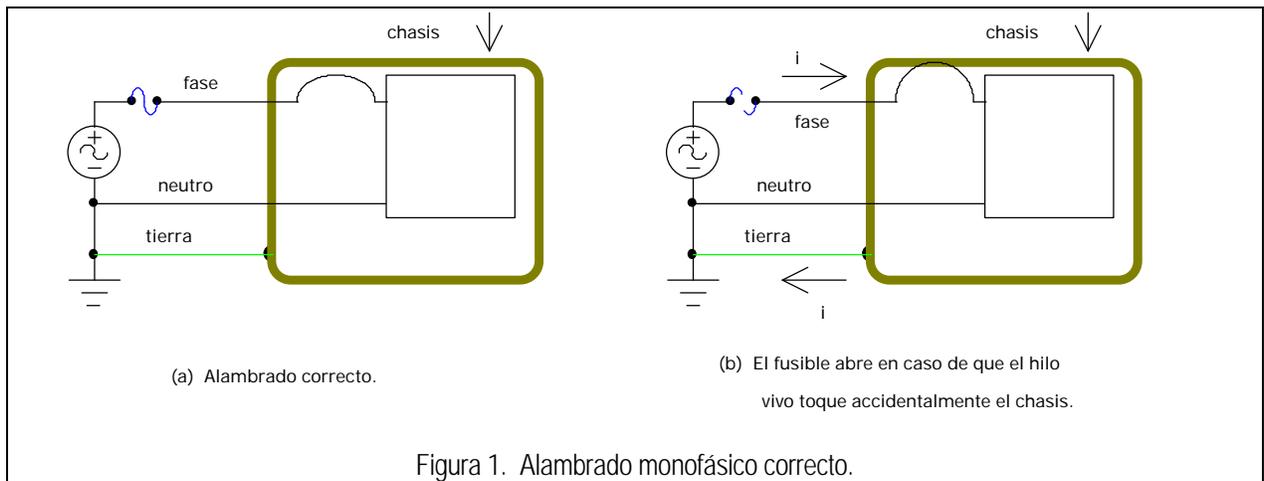
Seguridad

Es importante que el chasis de todo equipo eléctrico esté puesto a tierra. El objetivo es evitar descargas accidentales a personas que pudieran tocar un chasis energizado, esto es, dicha puesta a tierra es por seguridad [1]. La figura 1-a muestra el alambrado monofásico correcto de tres hilos: hilo de fase, hilo de retorno o neutro e hilo de tierra. La figura 1-b muestra que en caso de conexión accidental de voltaje de

alto potencial al chasis, el interruptor o "breaker" se dispara.

La figura 2-a indica la falta de la tierra de seguridad y la figura 2-b muestra que en caso de que el vivo o algún otro punto de alto potencial toque el chasis, el interruptor termomagnético no dispara. Esto ocasiona que el chasis quede a alto potencial lo que representa un riesgo.

Un contacto polarizado alambrado correctamente proporciona conexión a tierra de seguridad.



Voltaje de neutro a tierra

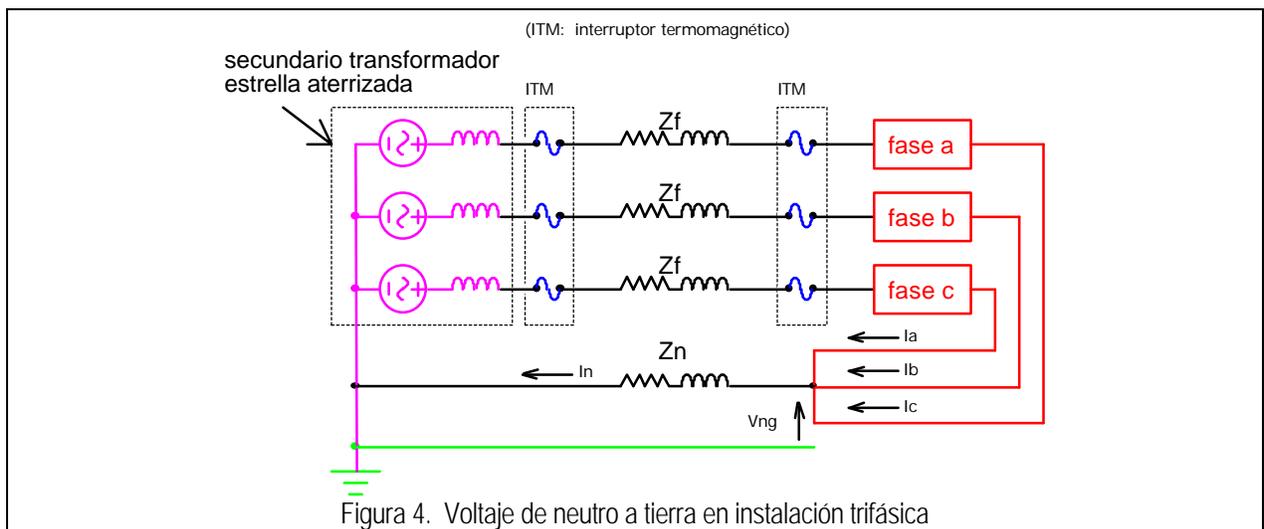
La corriente de retorno por el neutro da lugar a un voltaje de neutro a tierra. La figura 3 ilustra dicha situación para el caso monofásico, el voltaje de neutro a tierra está dado por

$$V_{NG} = Z_N \times I,$$

de esta ecuación se aprecia que el voltaje de neutro a tierra es proporcional al producto de la impedancia del hilo neutro y de la corriente. La impedancia Z_n aumenta con la distancia del punto de aterrizaje a la carga monofásica, de ahí que el voltaje V_{ng} sea considerable si la carga se encuentra alejada de la fuente (secundario del transformador).

La figura 4 muestra el caso trifásico. En el caso trifásico con carga balanceada (cargas idénticas en las tres fases) se tiene cero corriente por el hilo neutro. Sin embargo, en caso de corrientes que contengan tercera armónica, existe corriente por el neutro aún con carga balanceada [2, 3 y 4]. Resumiendo, aparece un voltaje de neutro a tierra siempre que exista corriente por el hilo neutro, $V_{NG} = Z_N \times I_N$.

La existencia de cierto voltaje de neutro a tierra no es un problema para la mayoría de las cargas, por ejemplo para un refrigerador (carga monofásica) o un motor jaula de ardilla (carga trifásica); pero hay cargas a las cuales les afecta la presencia de dicho voltaje, este tipo de cargas son equipo electrónico sensible [5].



Capturas de voltaje de neutro a tierra y de corriente por el neutro.

Con referencia a la figura 4, si las cargas están balanceadas y las corrientes i_a , i_b e i_c no contienen armónicas “triplen” (armónicas 3, 9, 15) entonces no hay corriente I_n ($I_n = 0$). No obstante, si las cargas son equipo de cómputo monofásico, aún con corrientes balanceadas aparece corriente por el neutro con un alto contenido de tercera armónica. Esta corriente es de 180 Hz y produce un voltaje v_{ng} también de 180 Hz.

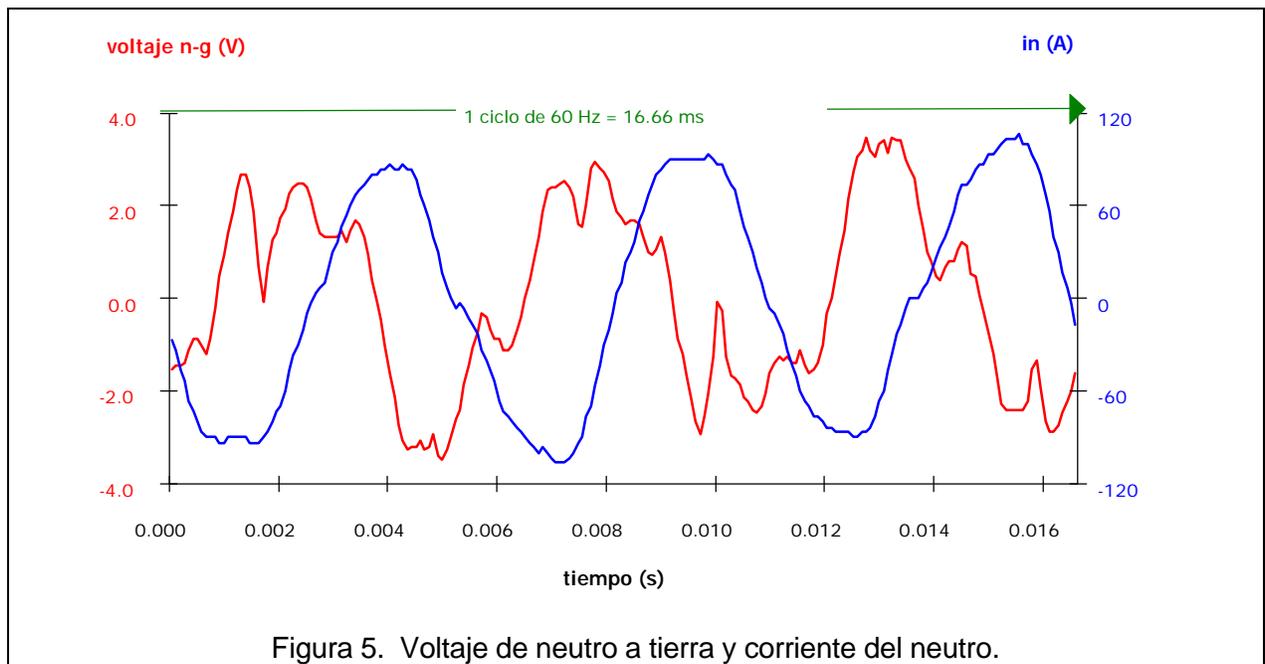
Para ilustrar esta situación consideremos un caso en el que las corrientes fueron como sigue:

i_a	37
i_b	45
i_c	47
I_n	69

Las corrientes están ligeramente desbalanceadas, sin embargo, no es este desbalance la causa de alta corriente por el

neutro (69 A rms). La causa es el alto contenido de tercera armónica demandado por el equipo. La corriente de 69 A rms da lugar a un voltaje de neutro a tierra de 2 V rms. La gráfica de la figura 5 muestra las formas de onda del voltaje de neutro a tierra y de la corriente por el neutro. La frecuencia en voltaje y corriente es 180 Hz. El voltaje adelanta 90 grados a la corriente. De tal manera que la inductancia del hilo neutro que va del interruptor termomagnético al secundario del transformador donde se unen neutro y tierra es $25.63 \mu\text{H}$. Es esta inductancia la que da lugar al voltaje de neutro a tierra pues la resistencia del hilo neutro es casi cero (el voltaje de neutro a tierra adelanta 90 grados a la corriente).

Como se ilustra en la siguiente sección, un transformador de aislamiento **cercano** a dicha carga reduce el voltaje de neutro a tierra.



Aislamiento galvánico

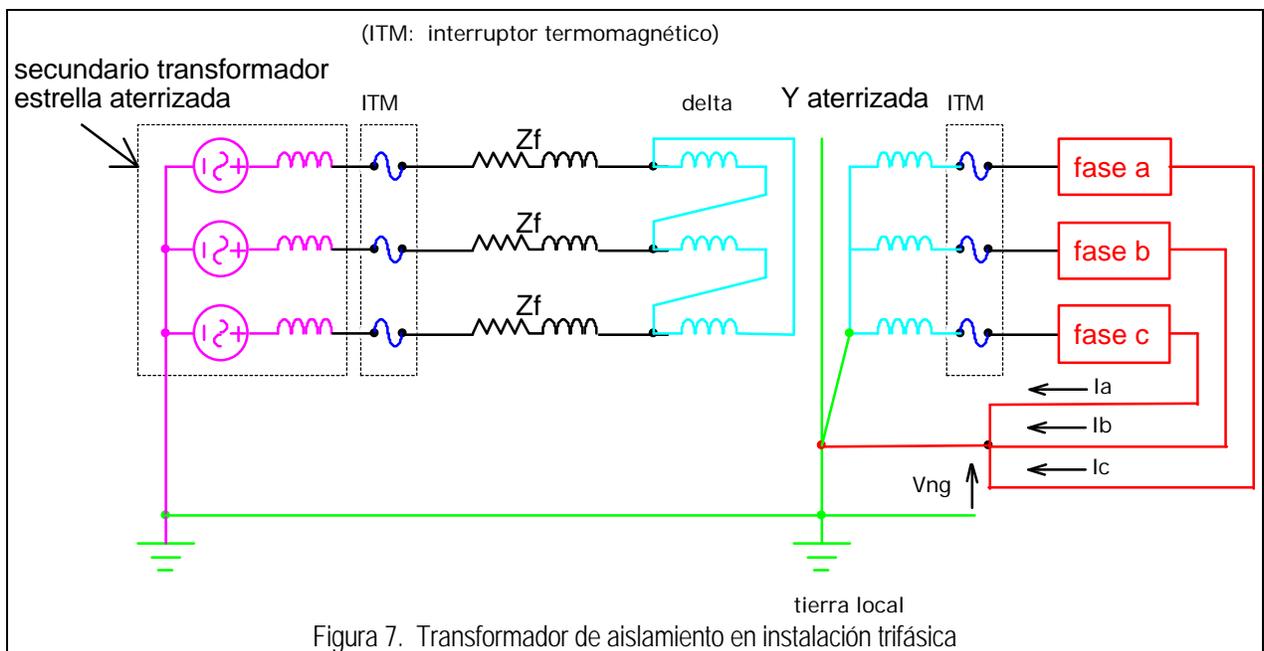
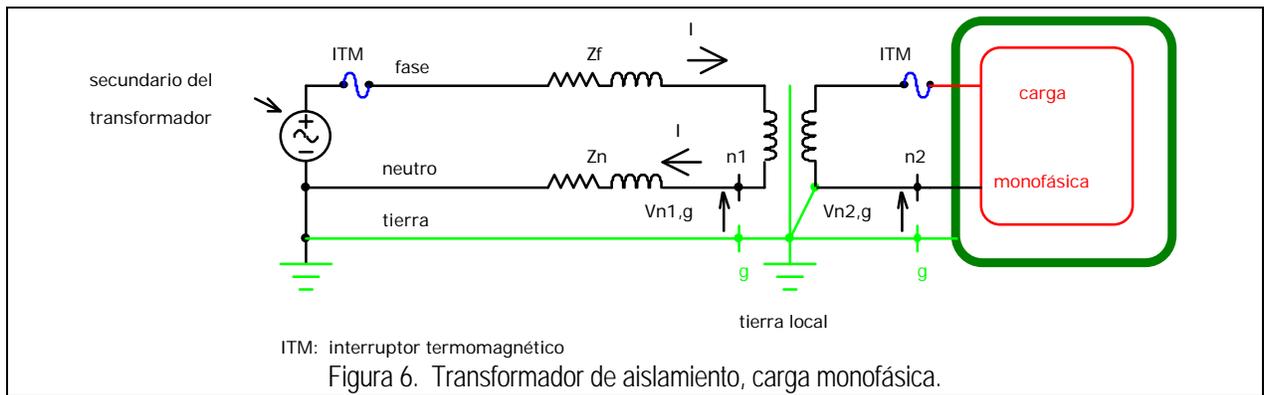
Con el objeto de reducir el voltaje de neutro a tierra se pueden utilizar transformadores de aislamiento. La figura 6 muestra la conexión apropiada de un transformador de aislamiento [6]. Aunque aparece voltaje de neutro a tierra en el primario del transformador dado por

$$V_{N1,G} = Z_N \times I_N,$$

el voltaje de neutro a tierra en terminales de la carga es cero (si la carga y el

transformador de aislamiento están muy alejados puede aparecer un voltaje $V_{n2,g}$.)

La figura 7 muestra un transformador trifásico de aislamiento. El voltaje de alimentación al transformador de aislamiento puede ser de 480 V o de 220 V, siendo mejor opción la de 480 V pues se requieren conductores más delgados para los mismos kVAs. Conviene anotar que no es necesario llevar cinco hilos desde el primer transformador a la carga (como en la figura), si se usa un transformador de aislamiento ΔY solo se llevan cuatro hilos (tres de fase y uno de tierra).



Transformador de aislamiento

De acuerdo al libro esmeralda [5], un transformador de aislamiento es uno que cuenta con devanados primario (entrada) y secundario (salida) separados. Un autotransformador no tiene devanados separados, por lo tanto, no es un transformador de aislamiento. La relación de transformación puede ser cualquiera (208 / 208, 480 / 208), no tiene que ser unitaria. Un transformador de aislamiento apropiado para equipo electrónico sensible debe contar con al menos un blindaje electrostático (blindaje Faraday) para disminuir la intercapacitancia entre los devanados. Un transformador de aislamiento con blindaje Faraday reduce el ruido de modo común, mas no reduce el ruido de modo diferencial.

Bibliografía

- [1] Stanley Wolf, "Guide to Electronic Measurements and Laboratory Practice," Prentice - Hall , ISBN 0-13-369587-5.
- [2] A. Llamas, *¿Qué son las armónicas?*, ITESM - Campus Monterrey, Maestría en Ingeniería Eléctrica.
- [3] A. Llamas, *¿Qué son cargas no lineales? Parte 1*, ITESM - Campus Monterrey, Maestría en Ingeniería Eléctrica.
- [4] A. Llamas, A. Tejada, F. Mora B., J. De Los Reyes, E. Gutiérrez *¿Qué son cargas no lineales? Parte 2*, ITESM - Campus Monterrey, Maestría en Ingeniería Eléctrica.
- [5] IEEE, Emerald Book, IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding of Sensitive Electronic Equipment, ISBN: 1-55937-231-1.
- [6] Ray Waggoner, "Power Quality and Good Housekeeping - Part 1," February 1995, "Power Quality and Good Housekeeping - Part 2," March 1995, Electrical Construction and Maintenance (EC&M), Intertec Publishing.
- [7] Electrical Construction and Maintenance (EC&M), "Practical guide to Quality Power for Sensitive Electronic Equipment," Intertec Publishing, May 1994, ISBN: 0-87288-512-7.
- [8] Electrical Construction and Maintenance (EC&M), "Practical guide to Power Distribution Systems for Computers," Intertec Publishing, 1993, ISBN: 0-87288-528-3.
- [9] Electrical Construction and Maintenance (EC&M), "Understanding NE Code on Grounding and Bonding, based on the 1993 NE Code," Intertec Publishing, 1994, ISBN: 0-87288-543-7.
- [9] IEEE, Green Book, IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, ISBN: 1-55937-141-2.
- [10] IEEE, Orange Book, IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications, ISBN: 1-55937-141-2.