

OTRAS CONSIDERACIONES

10. TRANSFORMADORES DE ATERRAMIENTO

Estos transformadores se usan normalmente con el propósito de proporcionar una conexión a tierra en un sistema trifásico que de otro modo tendría su neutro aislado o conectado a tierra a través de una impedancia relativamente elevada. Bajo condiciones normales balanceadas de operación no transmiten potencia. Solo trabajan para permitir el flujo de corrientes de secuencia cero durante condiciones de desbalance.

Las conexiones más empleadas son la estrella-delta y la zig-zag, con los neutros de la estrella y de la conexión zig-zag sólidamente aterrados. Debido a que no son de trabajo continuo y solo circula corriente por ellos bajo condiciones anormales de operación, su tamaño es relativamente pequeño por lo que se prefieren las unidades trifásicas a los bancos de tres unidades monofásicas.

En lo que sigue se obtienen los circuitos equivalentes de secuencia de las conexiones mencionadas. Pese a que, como acabamos de decir, estos transformadores constituyen normalmente unidades trifásicas, seguiremos empleando para el análisis el concepto de tres unidades monofásicas separadas; concepto válido con las limitaciones ya señaladas y que analizaremos con mayor detalle cuando estudiemos los núcleos de unidades trifásicas.

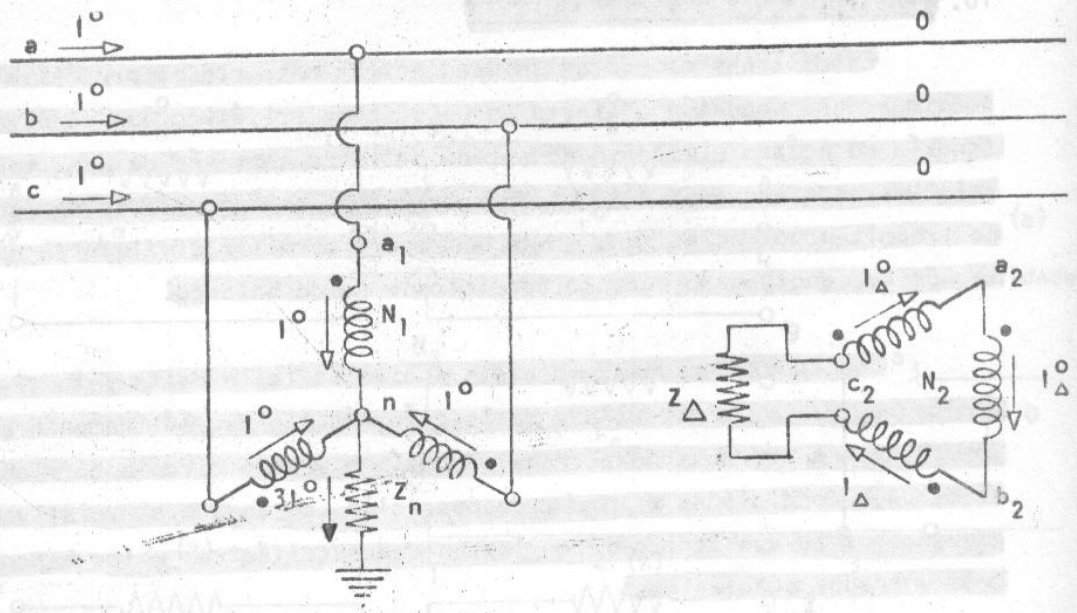
TRANSFORMADOR DE ATERRAMIENTO ESTRELLA -DELTA

Este transformador se muestra en la Figura 10-1(a). Como puede observarse, la Y se conecta "colgando" de las líneas del sistema, y no hay líneas saliendo de la delta. El caso mostrado es el más general, en que el neutro de la Y se conectaría a tierra a través de una impedancia Z_n y se tendría además una impedancia serie Z_Δ en el circuito de la delta. Como ya indicamos, sin embargo, el caso más común corresponde a $Z_n = 0$, pudiendo existir o no una impedancia serie en el circuito de la delta.



Fig. 10-1. Transformador de aterramiento Y - Δ.

a) Conexión del transformador



b) Red 3φ equivalente

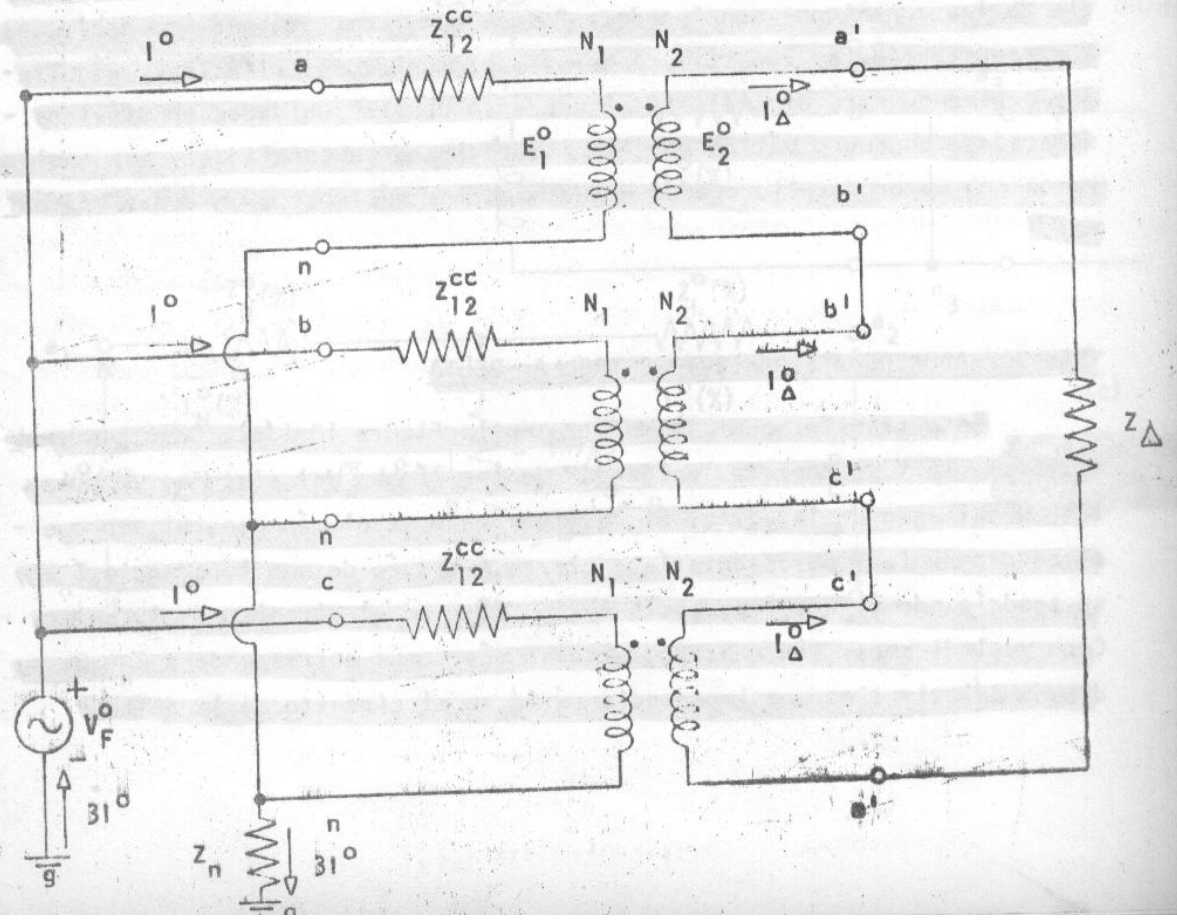
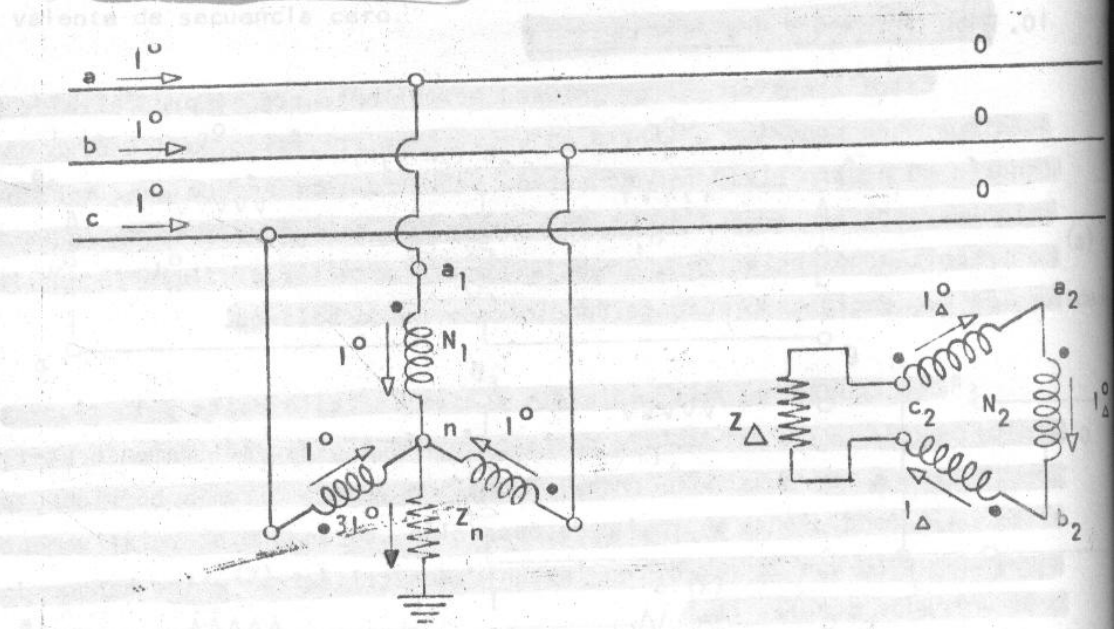
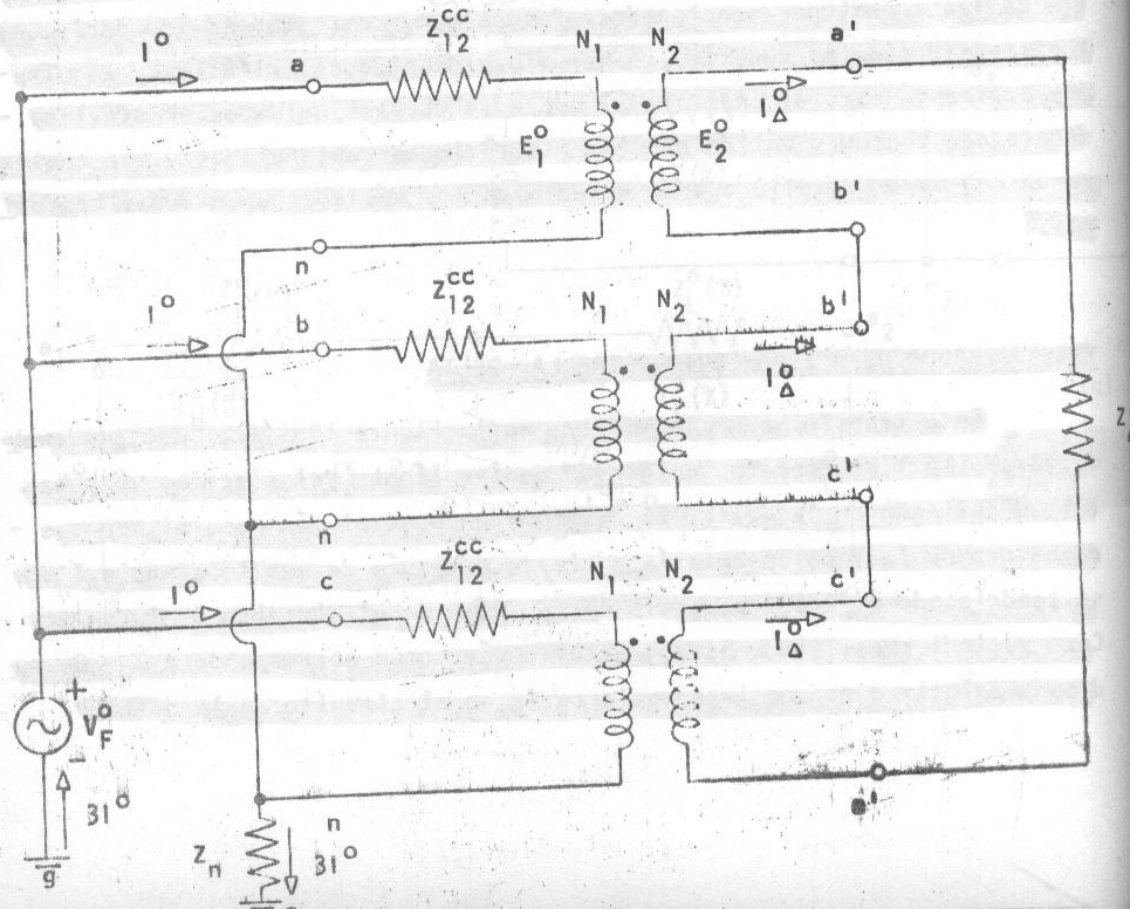


Fig. 10-1. Transformador de aterramiento Y - Δ.

a) Conexión del transformador



b) Red 3φ equivalente



Circuitos equivalentes de secuencia positiva y negativa

Si las tensiones en las líneas son balanceadas, de secuencia positiva o negativa, no podrá circular corriente por las bobinas del transformador. Para ver esto supongamos que no fuese así, y que por las ramas de la Y circularan por ejemplo corrientes balanceadas de secuencia positiva. Por las bobinas correspondientes de la delta (para balancear el flujo en el núcleo) tendrían que circular también corrientes de secuencia positiva (su magnitud determinada por la relación de espiras). Como estas corrientes no podrían salir de la delta (no hay líneas conectadas a la delta) tendrían que cerrar su camino a través de ella. Tendríamos entonces en un mismo circuito serie tres corrientes de distinta fase; esto, por supuesto, no es posible.

La representación del transformador de aterramiento para cantidades de secuencia positiva y negativa es entonces simplemente un circuito abierto.

Circuito equivalente de secuencia cero

Corrientes de secuencia cero sí pueden pasar a tierra por las bobinas de la Y, siendo balanceadas magnéticamente por una corriente circulante en la delta. Para obtener el circuito equivalente de secuencia cero procederemos como lo hemos hecho hasta ahora para las diferentes conexiones analizadas y representamos cada uno de los transformadores monofásicos del banco por su circuito equivalente. Esto se muestra en la Figura 10-1 (b). En este circuito tenemos que,

$$V_F^0 = I^0 Z_{12}^{cc} + E_1^0 + 3I^0 Z_n$$

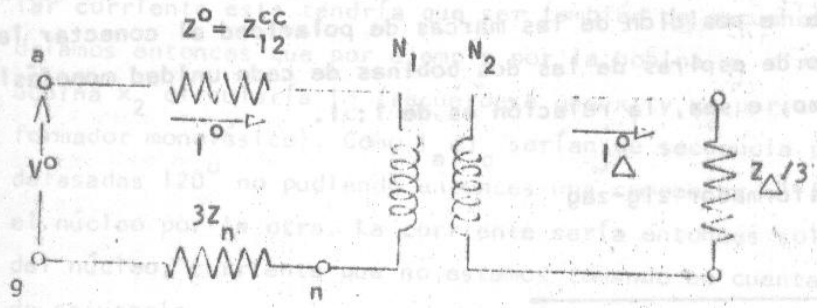
$$3E_2^0 = I_\Delta^0 Z_\Delta \Rightarrow E_2^0 = I_\Delta^0 \frac{Z_\Delta}{3}$$

El circuito equivalente por fase de secuencia cero será entonces el que se muestra en la Figura 10-2(a).

TRANSFORMADOR DE ATERRAMIENTO Y-Δ

Fig. 10-2. Transformador de aterramiento Y-Δ. Circuito equivalente de se-
cuencia cero. Impedancias en ohms.

a) Representando el circuito de la delta



b) Refiriendo la impedancia de la delta al lado I

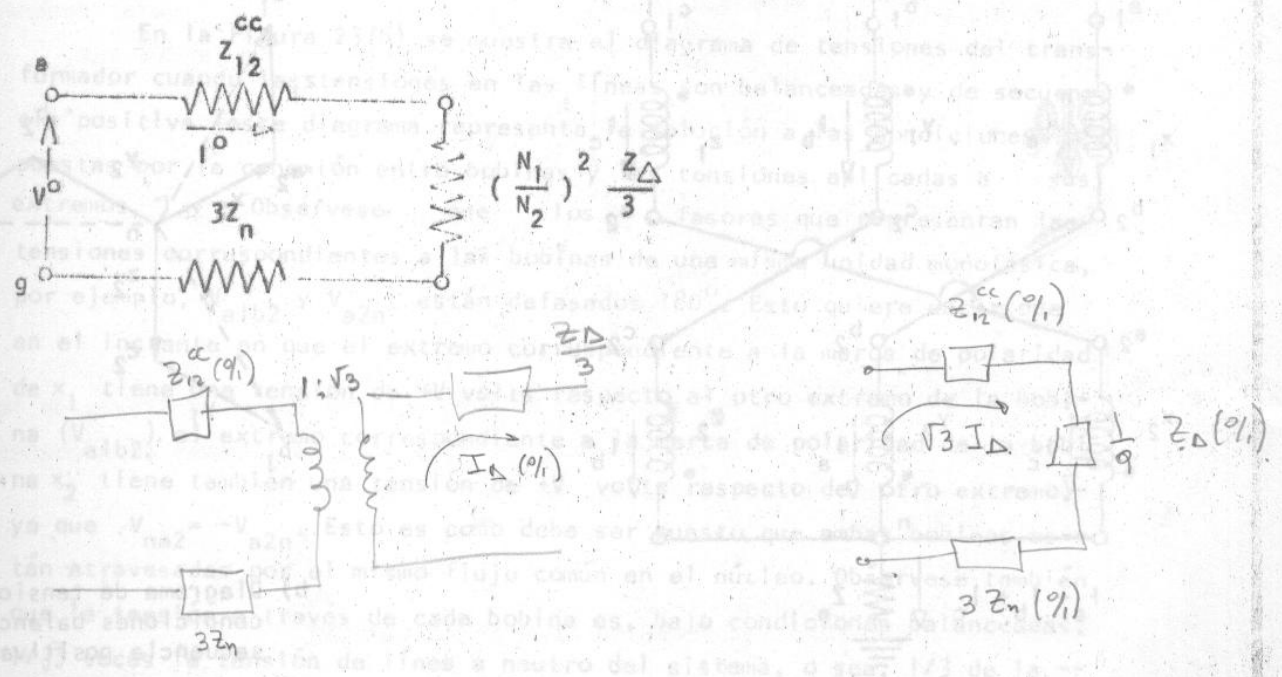


Fig. 10-1. Transformador de alimentación Y-Δ.

Refiriendo la impedancia en el circuito de la delta al lado 1 se obtiene el circuito equivalente de la Fig. 10-2(b). Las impedancias de este circuito pueden llevarse a por unidad en la base del sistema bajo estudio dividiendo por la impedancia base del nivel en el que se encuentra "colgado" el transformador.

Por las bobinas correspondientes de la delta para de anclar el flujo en el núcleo) tendrías que circuitos también circuitos de secuencia positiva (ver magnitud determinada por la relación espiras). Como estas corrientes no pueden salir de la delta (no hay líneas conectadas a la delta) tendrémos que cerrar el camino a través de ella. Tendremos entonces en un mismo circuito serie tres corrientes de la delta, esto por supuesto, no es posible.

La representación del transformador de alimentación para corrientes de secuencia positiva y negativa es entonces simplemente un circuito abierto.

Circuitos equivalentes de secuencia cero. Corrientes de secuencia cero si pueden pasar a tierra por las bobinas de la Y, siendo balanceadas igualmente por una corriente circular en la delta. Para obtener el circuito equivalente de secuencia cero procederemos como lo hemos hecho hasta ahora para las diferentes conexiones analizadas y transformamos cada una de las transformadores mostrados del banco por su circuito equivalente. Esto se muestra en la Fig. 10-2(a). En este circuito tenemos que

