

a partir de un banco de transformadores monofásicos, debe asegurarse el que todos tienen la misma razón de transformación, a fin de evitar que circulen corrientes internas en la delta del secundario.

El acoplamiento $\Delta - \Delta$ suele utilizarse para tensiones moderadas y cuando se manejan corrientes intensas, ya que cada devanado conduce sólo $1/\sqrt{3}$ de la corriente de línea. La principal ventaja de este sistema radica en que si un transformador de un banco se avería, el sistema puede seguir trabajando con solo dos transformadores en conexión delta abierta o V. El sistema $\Delta - \Delta$ no es práctico para transformaciones a muy altas tensiones, debido a que el dieléctrico de cada devanado debe soportar todo el esfuerzo causado por la tensión entre líneas. Por otra parte, ya que no hay punto neutro, si se desea disponer de tensiones en el secundario menores que la de línea, se utilizarán devanados con derivación central.

Si se desea alimentar una carga trifásica desbalanceada (formada, por ejemplo, por tres cargas monofásicas sensiblemente distintas), puede utilizarse un banco de transformadores en $\Delta - \Delta$, con transformadores de capacidades e impedancias internas proporcionales al desbalance de la carga trifásica, haciendo posible el aprovechar al máximo la capacidad del sistema.

9.4.3 CONEXION $\Delta - Y$

El conectar en Y los devanados de un transformador tiene la ventaja de reducir los esfuerzos sobre el aislamiento ya que cada devanado trabaja con $1/\sqrt{3}$ de la tensión entre líneas. Tiene la desventaja esta conexión de que si el neutro no se aterriza, cualquier desequilibrio en la carga desestabiliza sensiblemente las tensiones de fase, y de que si el neutro se aterriza, las corrientes de tercera armónica, que circulan todas en fase en el conductor neutral, causan interferencias en los sistemas de comunicaciones cercanos. La conexión en delta de los devanados proporciona una regulación eficiente de la tensión de salida y como todas las armónicas de tercer orden están en fase, circulan internamente en la delta sin causar problemas externos. La desventaja radica en que los devanados quedan sometidos a la tensión entre líneas

y si los transformadores no tienen la misma impedancia, la carga no se reparte uniformemente entre ellos, aunque las tensiones tiendan a ser constantes. Ambas conexiones tienen otras ventajas y desventajas de menor importancia.

Con las conexiones $\Delta - Y$ y $Y - \Delta$ se pretende incorporar las ventajas de ambos arreglos y eliminar las desventajas. Esto se logra con bastante aproximación en la práctica y por lo común se prefiere estos tipos de conexión, salvo cuando las tensiones o las corrientes son demasiado altas en ambos devanados.

La conexión $\Delta - Y$ se utiliza para elevar tensiones, en las plantas generadoras. Los alternadores trifásicos generan energía eléctrica a tensiones del orden de 13 800 V y por medio de un banco $\Delta - Y$ se eleva la tensión hasta voltajes de línea del orden de 200 000 V, que a través de líneas de transmisión se hacen llegar a subestaciones reductoras, cercanas a los centros de consumo. Generalmente se aterriza el neutro de la estrella, por medio de una impedancia de valor adecuado, que tiene la función de limitar las corrientes de corto circuito. No existe problema con las corrientes de tercera armónica, pues éstas circulan internamente a la delta. No se presenta tampoco el problema del neutro flotante.

Esta conexión se utiliza también ampliamente en sistemas de distribución a tensiones del orden de 33 000 V, para reducir las a 440/220 V. La ventaja en este caso es la de que sólo se requiere una línea trifilar para alimentar el banco o transformador trifásico, y de que pueden obtenerse dos tensiones en el secundario utilizando una línea de cuatro hilos (tres líneas y neutro). Gracias a la delta del primario, la regulación de tensiones es eficiente aún con un desequilibrio sensible en la carga.

La Fig. 14 muestra la disposición física de una conexión $\Delta - Y$ y el diagrama fasorial de tensiones. La Fig. 15 ilustra la misma conexión vista en una forma más nemotécnica. Nótese que al intentar obtener relaciones de fase entre tensiones del primario y del secundario, la Fig. 15 resulta insuficiente, mientras que la Fig. 14a, aunque menos simétrica, se más explícita al respecto.

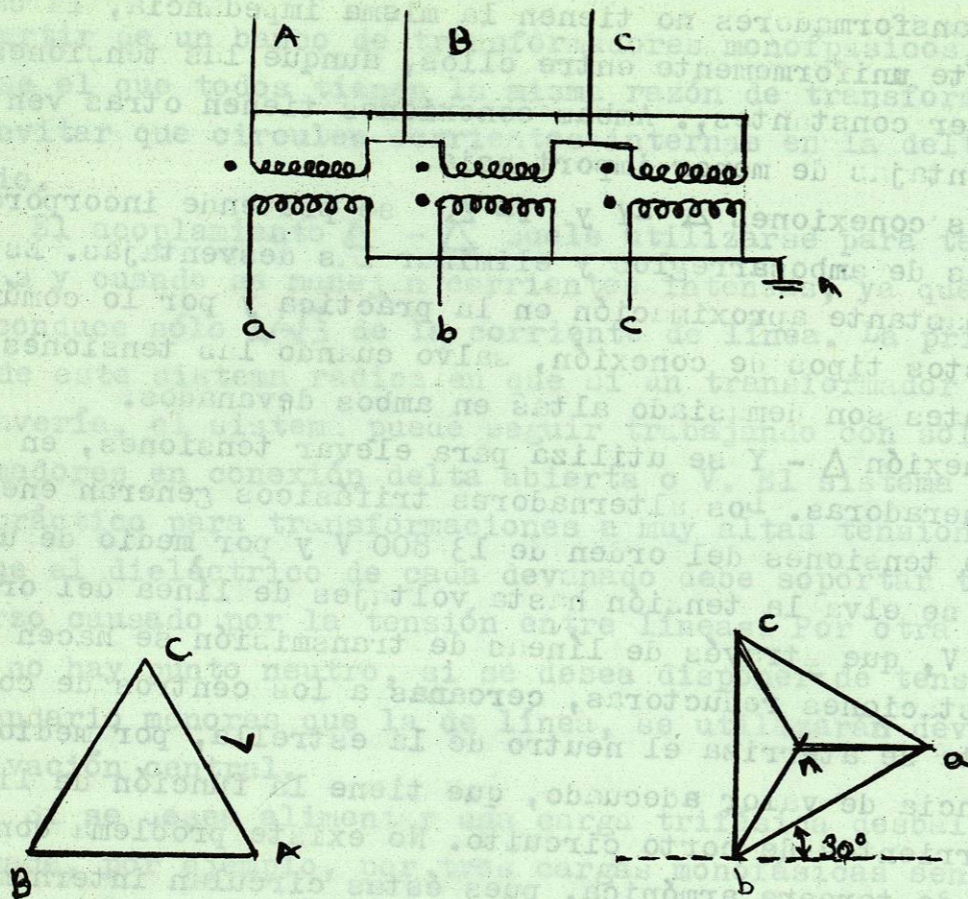


Fig. 14

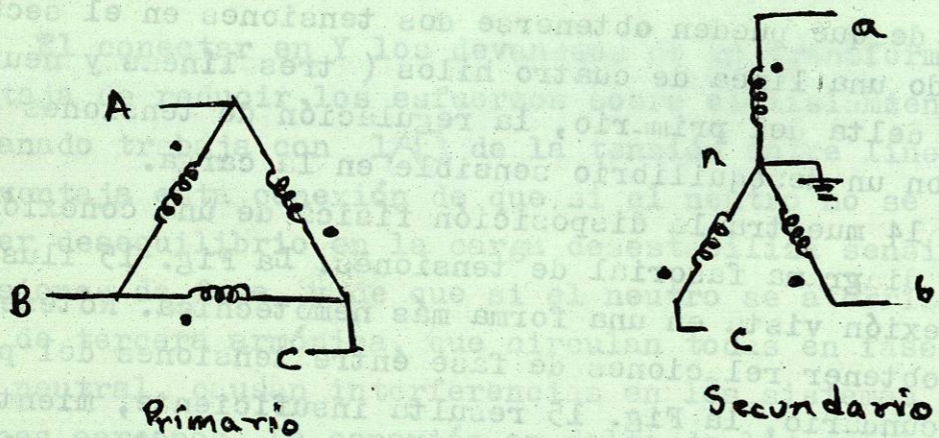
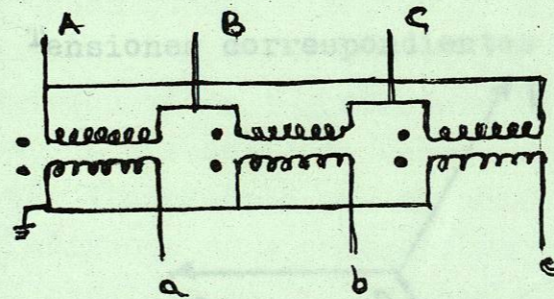


Fig. 15

Mientras que en las conexiones $\Delta-\Delta$ o $Y-Y$ las tensiones de fase o de línea estaban totalmente en fase o totalmente en contrafase, según se hicieran las conexiones con respecto a la polaridad de los devanados, en las conexiones $\Delta-Y$ o $Y-\Delta$ no ocurre así. La diferencia radica en que mientras uno de cada par de devanados (ya sea el de alta o el de baja) está sometido al voltaje de línea (conexión delta), el otro devanado está sometido a un voltaje de fase (conexión Y), y así, los voltajes de fase de la Y estarán en fase o contrafase (según las polaridades conectadas) con los voltajes de línea de la delta, y éstos por lo tanto guardarán un desfase de 30° con los voltajes de línea de la Y. Debido a esto, los diagramas fasoriales de la Fig. 14 se encuentran desfasados en un ángulo de 30° .

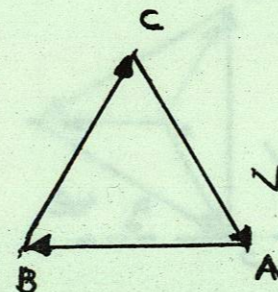
EJEMPLO 5

Trácese los diagramas fasoriales de tensiones para la conexión $\Delta-Y$ mostrada a continuación. a) Márquense las direcciones, tomando arbitrariamente el sentido AB-BC-CA. b) Répítase el inciso (a) para el sentido de tensiones BA-AC-CB. Los primarios se alimentan con un sistema trifásico de tensiones balanceadas, de secuencia ABC.

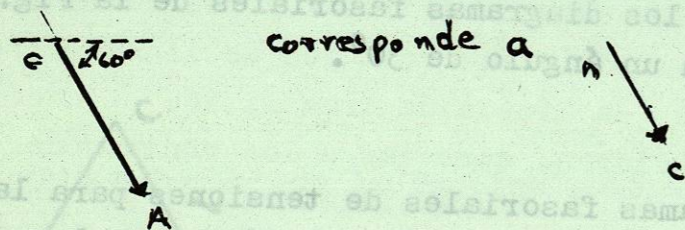
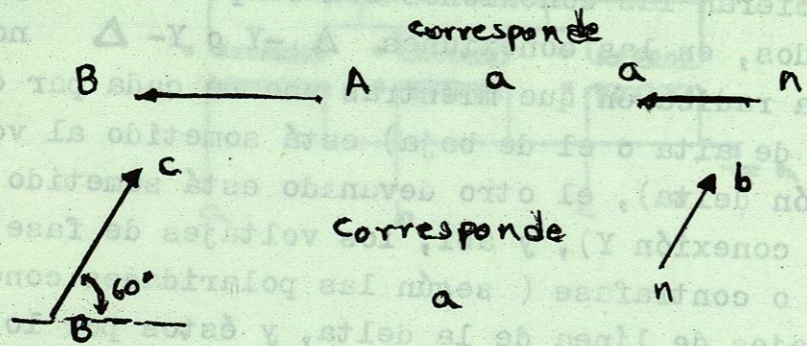


SOLUCION

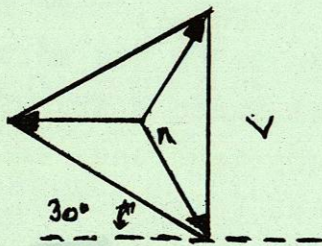
Triángulo de tensiones de línea en el primario:



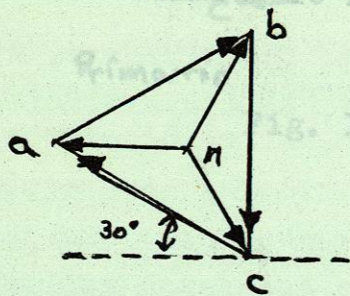
Los fasores del secundario, correspondientes a las tensiones del primario son las siguientes:



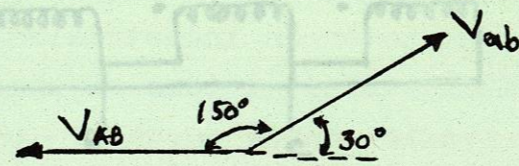
Ordenándolas en un diagrama de triángulo, tomando en cuenta que V_{na} , V_{nb} , V_{nc} son tensiones de neutro a línea:



Marcando los voltajes de línea en un orden análogo a los del primario:

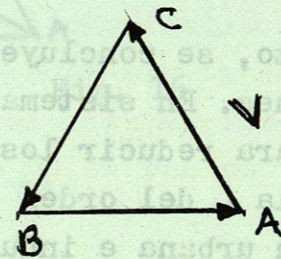


Desfasamiento entre tensiones de línea del primario y secundario:



Conclusion: las tensiones de línea del secundario se desfasan en 150° de las tensiones de línea del primario para la conexión $\Delta - Y$ de este problema.

b) Triángulo de tensiones de línea del primario:



Tensiones correspondientes en el secundario:

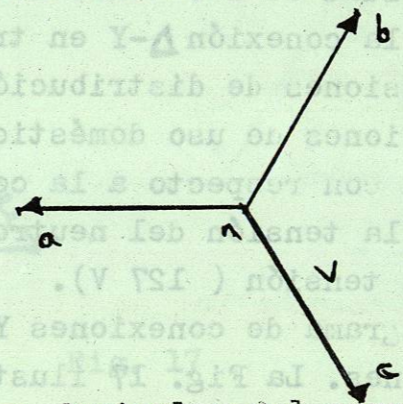
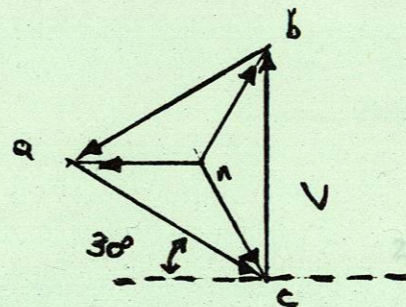


Diagrama funicular del secundario:



Desfasamiento entre tensiones de línea de primario y secundario:



Sigue siendo válida la conclusión del inciso (a)

xxx

9.4.4 CONEXION Y- Δ

De todo lo anteriormente expuesto, se concluye que esta conexión es práctica para reducir tensiones. En sistemas de distribución, se utiliza la conexión Y- Δ para reducir los elevados voltajes de transmisión a larga distancia (del orden de 200 000 V) al nivel de tensión de distribución urbana e industrial (del orden de 33 000 V). El neutro de la estrella generalmente se aterriza para aumentar la estabilidad de las tensiones. Anteriormente se mencionó que se utiliza la conexión Δ -Y en transformadores trifásicos que reducen las tensiones de distribución urbana (del orden de 33 000 V) a tensiones de uso doméstico (220/127 V). La razón de que se la prefiera con respecto a la conexión Y- Δ es la posibilidad de utilizar la tensión del neutro para alimentar cargas monofásicas de baja tensión (127 V).

La Fig. 16 ilustra el diagrama de conexiones Y- Δ y los diagramas fasoriales de tensiones. La Fig. 17 ilustra la representación más nemotécnica.

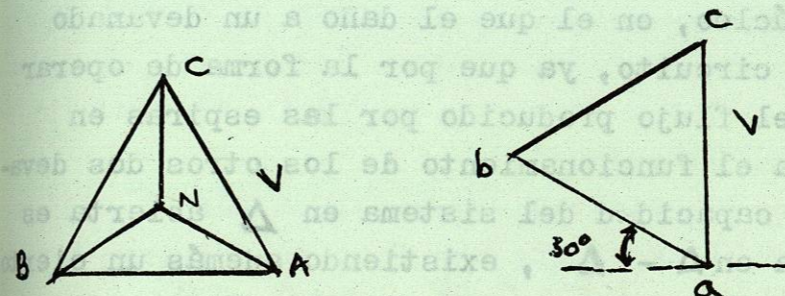
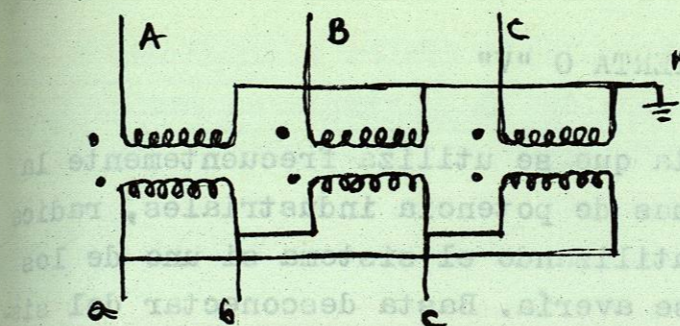


Fig. 16

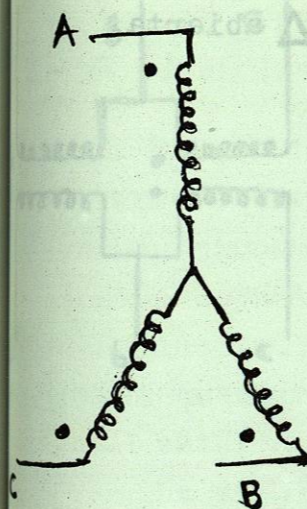


Fig. 17

