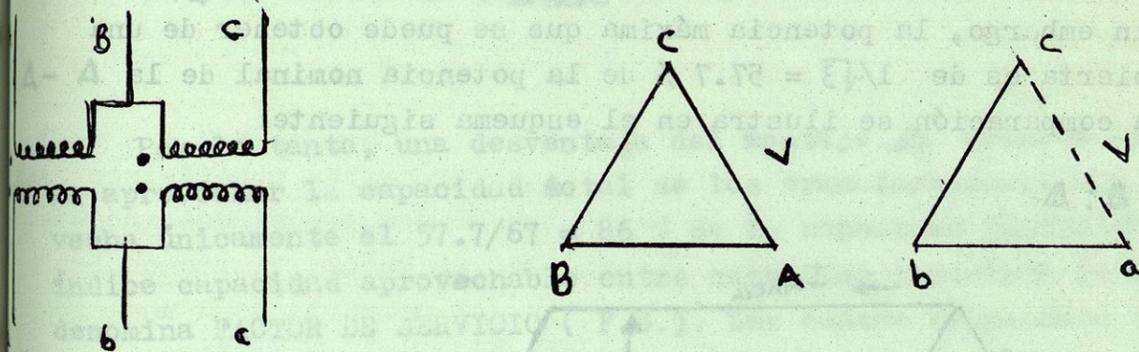
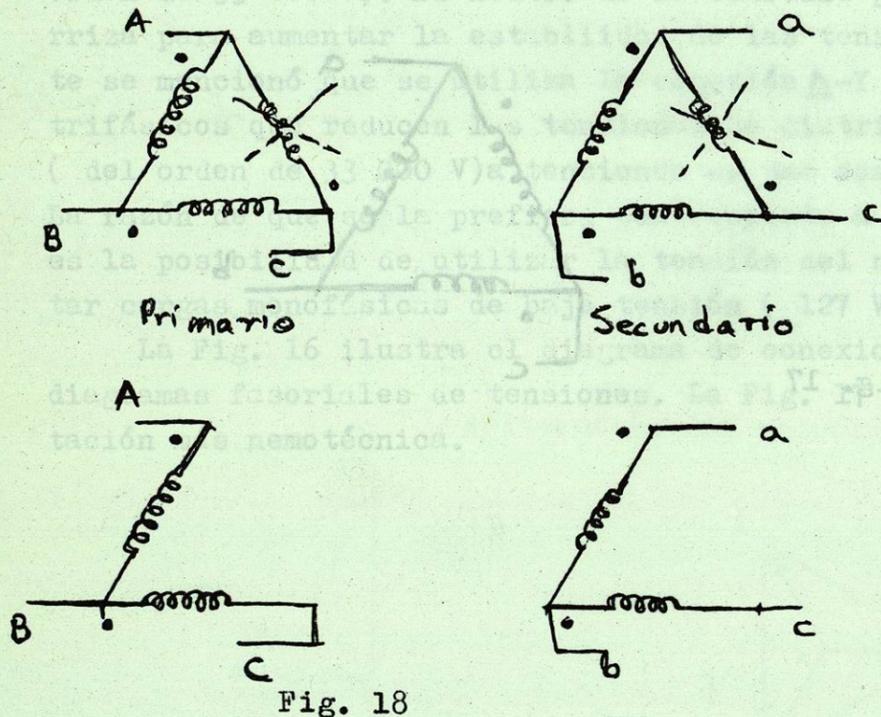


9.4.5 CONEXION  $\Delta$  ABIERTA O "V"

La razón principal por la que se utiliza frecuentemente la conexión  $\Delta - \Delta$  en sistemas de potencia industriales, radica en la posibilidad de seguir utilizando el sistema si uno de los transformadores de un banco se avería. Basta desconectar del sistema el transformador dañado y la conexión resultante se conoce como V o  $\Delta$  abierta, por razones que serán obvias de las figuras. Los transformadores trifásicos también pueden trabajar en abierta, haciéndose la excepción para el caso de un transformador trifásico del tipo de núcleo, en el que el daño a un devanado consistiese en un corto circuito, ya que por la forma de operar de estos dispositivos, el flujo producido por las espiras en corto circuito alteraría el funcionamiento de los otros dos devanados. Por supuesto, la capacidad del sistema en  $\Delta$  abierta es menor que la del sistema en  $\Delta - \Delta$ , existiendo además un cierto desbalance entre las tensiones del secundario al aplicar carga, aunque de generalmente poca importancia. La Fig. 18 ilustra la descomposición de un sistema  $\Delta - \Delta$  en uno de  $\Delta$  abierta.

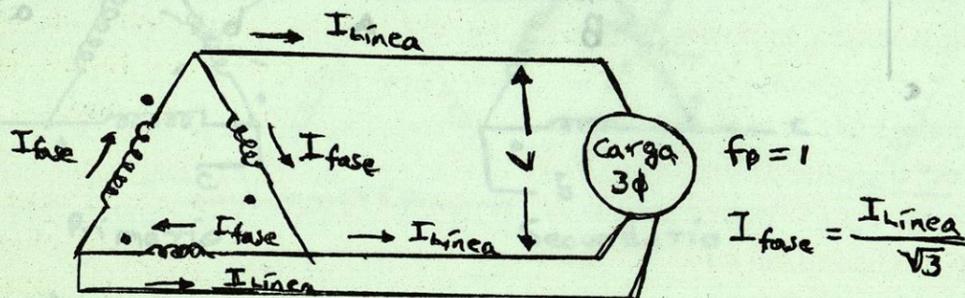


La Fig. 19 ilustra la disposición física y diagramas fasoriales de tensiones, para una conexión  $\Delta$  abierta en vacío, alimentada por un sistema trifásico balanceado de tensiones. Se dibuja la tensión  $V_{ca}$  (o  $V_{ac}$ ) en línea de trazos, para indicar que  $V_{ca}$  no aparece en un devanado propio, sino que es la resultante de  $V_{ab}$  y  $V_{bc}$ , y por semejanza de triángulos ambos deben ser equiláteros.

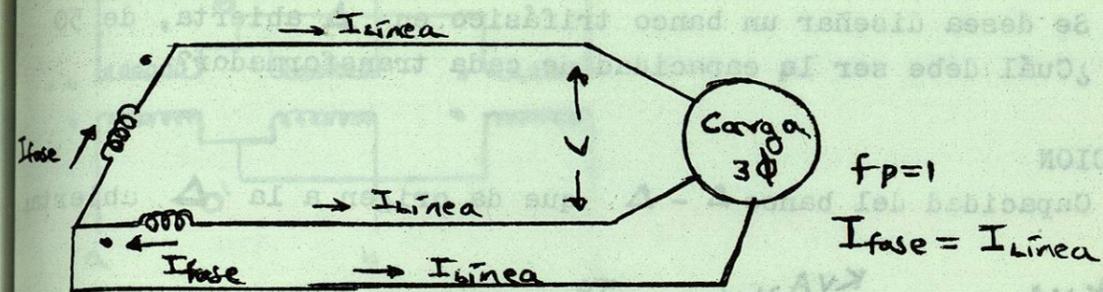
Aun cuando la carga aplicada a una  $\Delta$  abierta sea balanceada, las corrientes de línea no lo son, y el sistema se comporta con respecto a las líneas de alimentación del primario como una carga desbalanceada (esto es cierto si se toman en cuenta las impedancias internas de los transformadores, las cuales al actuar sólo en dos fases desequilibran la carga que el sistema representa para las líneas de alimentación).

Puede suponerse que la potencia suministrada por un sistema en  $\Delta$  abierta, formada al averiarse una fase del sistema  $\Delta - \Delta$ , debería ser de  $2/3$  de la potencia nominal de la  $\Delta - \Delta$ , ya que se retira un transformador que alimentaba  $1/3$  de la carga total. Sin embargo, la potencia máxima que se puede obtener de una abierta es de  $1/\sqrt{3} = 57.7\%$  de la potencia nominal de la  $\Delta - \Delta$ . La comparación se ilustra en el esquema siguiente:

$\Delta : \Delta$



$$P_1 = \sqrt{3} V I_{\text{línea}} = 3 V I_{\text{fase}}$$



$$P_2 = \sqrt{3} V I_{\text{línea}} = \sqrt{3} V I_{\text{fase}}$$

Haciendo el comparativo:

$$\frac{P_{V-V}}{P_{\Delta-\Delta}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\sqrt{3} V I_{\text{fase}}}{3 V I_{\text{fase}}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$$

Por lo tanto, una desventaja del montaje  $\Delta$  abierta es el no aprovechar la capacidad total de los transformadores. Se aprovecha únicamente el  $57.7/67 = 86\%$  de la capacidad instalada. Al índice capacidad aprovechable entre capacidad instalada se le denomina FACTOR DE SERVICIO (F.S.). Las cuatro conexiones trifásicas estudiadas inicialmente tienen un FS igual a la unidad y la  $\Delta$  abierta tienen un FS = 0.86.

La utilización práctica de la conexión V-V no se limita simplemente a una situación de emergencia con respecto a la conexión  $\Delta - \Delta$ . Es común que en sistemas industriales en los que la carga se espera aumente, se haga inicialmente un diseño de un banco en  $\Delta$  abierta, y cuando la demanda se hace mayor se conecta el tercer transformador.

EJEMPLO 6

Se desea diseñar un banco trifásico en  $\Delta$  abierta, de 50 KVA. ¿Cuál debe ser la capacidad de cada transformador?

SOLUCION

Capacidad del banco  $\Delta - \Delta$  que da origen a la  $\Delta$  abierta:

$$KVA_{\Delta-\Delta} \approx \frac{KVA_{V-V}}{0.58} = \frac{50}{0.58} = 86.2 \text{ KVA}$$

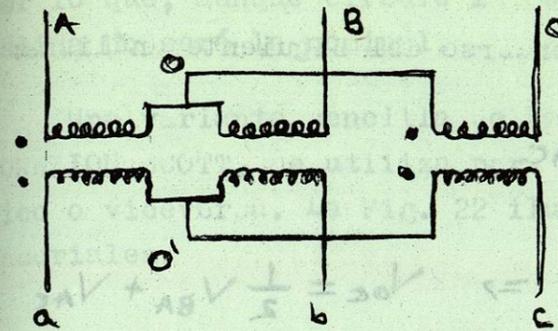
$$KVA/\text{transf} \approx \frac{86.2}{3} = 28.7 \text{ KVA} *$$

xxx

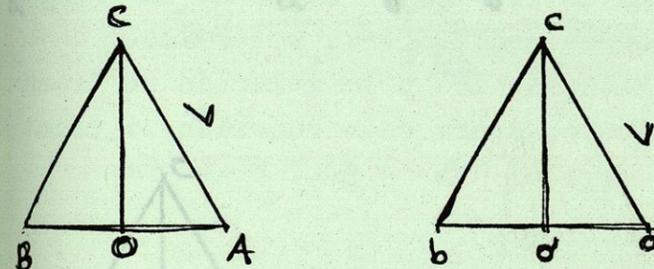
9.4.6 CONEXION " T "

Este es otro montaje de dos transformadores monofásicos para realizar una transformación trifásica. Tiene los mismos inconvenientes que la conexión en  $\Delta$  abierta, es decir, cierto desequilibrio de tensiones al aplicar carga, se comporta como una carga desequilibrada con respecto a la fuente, y no se utiliza la potencia total de los transformadores. En general no tiene gran aplicación, salvo por la simpleza de montaje, y si los dos transformadores son iguales, no presenta ventaja alguna sobre la conexión  $\Delta$  abierta. La Fig. 20 ilustra la conexión en T y sus diagramas fasoriales de tensiones. La Fig. 21 ilustra una representación más nemotécnica.

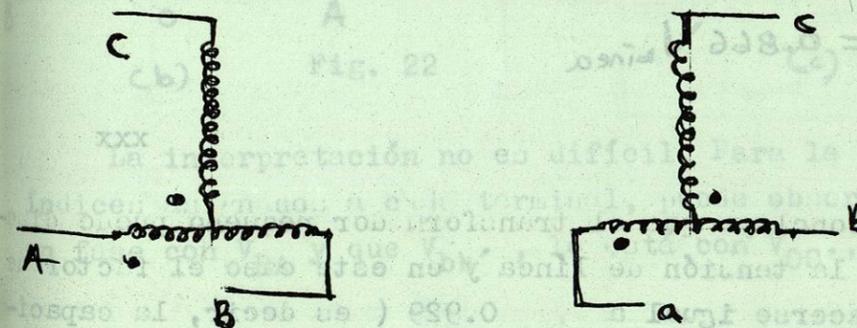
En la Fig. 20, el transformador con derivación central conectado entre las líneas A y B recibe el nombre de TRANSFORMADOR PRINCIPAL, el transformador conectado del punto medio del transformador principal a la línea C se conoce como TRANSFORMADOR AUXILIAR o también como TRANSFORMADOR PEQUEÑO. El porqué  $V_{OC}$  está en



(a)



(b) Fig. 20



Primario

Secundario

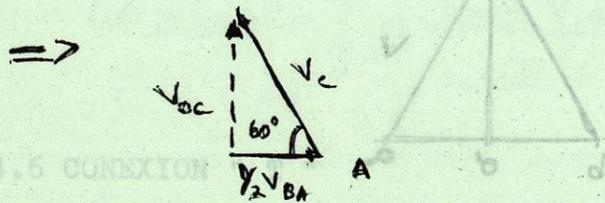
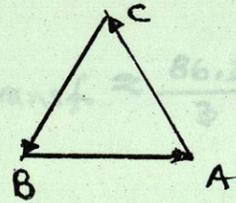
Fig. 21

cuadratura con  $V_{AB}$  puede comprenderse del siguiente análisis:

$$V_{OC} = V_{OA} + V_{AC}$$

$$y \quad V_{OA} = \frac{1}{2} V_{BA} \Rightarrow V_{OC} = \frac{1}{2} V_{BA} + V_{AC}$$

Para el siguiente triángulo de tensiones de línea:



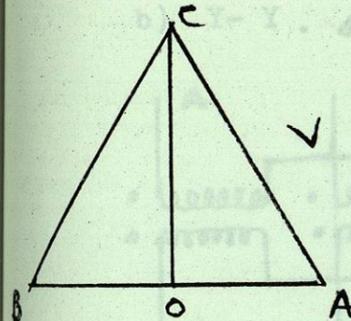
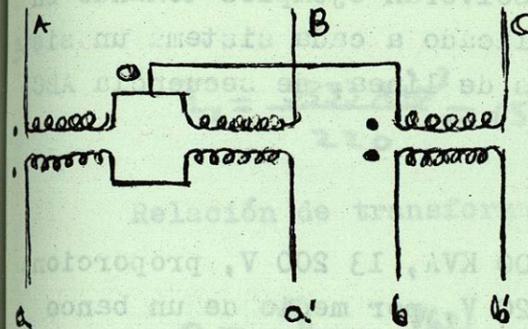
De donde se concluye también que  $V_{OC} = V_{AC} \text{ sen } 60^\circ$ , en magnitud. En general:

$$V_{OC} = 0.866 V_{\text{línea}}$$

De esto se concluye que el transformador pequeño puede diseñarse para 0.866 la tensión de línea y en este caso el factor de servicio puede hacerse igual a 0.929 (es decir, la capacidad aprovechable es casi igual a la capacidad instalada), presentando entonces esa ventaja sobre la  $\Delta$  abierta. Ambos transformadores deben tener la misma relación de transformación. El porqué el factor de servicio no es igual a la unidad cuando ambos transformadores son iguales se hace evidente al observar que el transformador auxiliar trabaja con 0.866 de su tensión nominal,

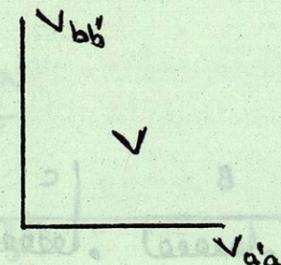
por lo que, aunque circule la corriente nominal, la potencia de salida no será la nominal.

Una variante sencilla de la conexión en T, conocida como CONEXION SCOTT, se utiliza para transformar de trifásico a bifásico o viceversa. La Fig. 22 ilustra las conexiones y diagramas fasoriales.



(b)

Fig. 22



(c)

La interpretación no es difícil. Para la Fig. 22 y los sub-índices asignados a cada terminal, puede observarse que  $V_{a'a}$  está en fase con  $V_{BA}$  y que  $V_{bb'}$ , lo está con  $V_{OC}$ .