CONEXIÓN FORK.

Introducción.

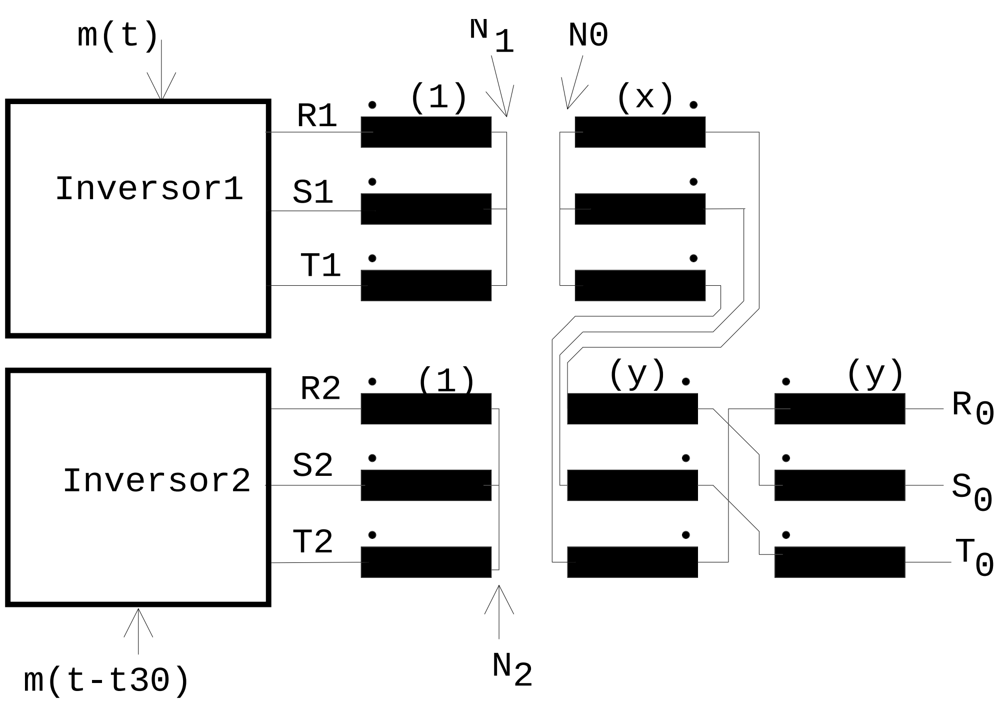
La conexión fork, forma parte del tema de inversores y es un método para cancelar determinados armonicos mediante la composición de la tensión de salida de dos inversores.

La idea de componer la salida de más de un inversor para cancelar armónicos se puede alplicar incluso a más de 2 inversores. En este apunte nos limitaremos al caso de 2 inversores trifasicos.

En las aplicaciones de gran porte (como convertidoras de frecuencias o compensadores estáticos de reactiva en redes de potencia) es necesario formar cada llave del inversor por la colocación en serie de un determinado número de componentes (tiristores por ejemplo) para lograr la tensión de bloqueo adecuada. También puede ser necasario (aunque se trata de evitar) colocar componentes en paralelo. Estos casos se prestan naturalmente a la implementación de la conexión fork dado que en lugar de hacer un solo inversor, se puede partir en dos inversores cada uno de ellos de menor tensión.

Desarrollo.

La figura 1 muestra la conexión fork. En ella se supuso el Inversor1 comandado con una señal de control de las ramas m(t) y que el segundo inversor está comandado por la señal m(t-t30) siendo t30 un retardo correspondiente a 30º eléctricos.



Las relaciones de espiras de los bobinados de los transformadores se colocaron entre paréntesis. Así el trafo alimentado por el Inversor1 tiene (x) espiras en el secundario por cada (1) espira del primario. El trafo alimentador por el inversor2 tiene (y) espiras en los bobinados secundarios e (y) espiras en los terciarios por cada (1) espira de los primarios.

Cálculo de los armónicos de la salida.

La tensión de salida se puede expresar (de acuerdo con el conexionado de la figura 1) como:

$$R_0 - N_0 = x \cdot (R_1 - N_1) + y \cdot (R_2 - N_2) - y \cdot (S_2 - N_2)$$

Podemos escribir para los armónicos NO multiplos de 3:

$$C_n(S_0) = x \cdot C_n(R_1) + y \cdot C_n(R_2) - y \cdot C_n(S_2)$$

Teniendo en cuenta que: $\begin{cases} R_2(t) = R_1(t - t30); & t30 = 30 \cdot \dfrac{T}{360} \\ S_2(t) = R_2(t - t120); & t120 = 120 \cdot \dfrac{T}{360} \end{cases}$

podemos reescribir el contenido armónico de la salida como:

$$\boxed{C_n(S_0) = x \cdot C_n(R_1)\left[1 + \frac{y}{x} \cdot e^{-jn30^\circ} \cdot \left(1 - a^{-n}\right)\right]}$$

Entonces, $C_n(S_0)$ será nulo (fijando la relación y/x en el valor adecuado) para aquellos valores de n que hagan al complajo $e^{-jn30^\circ} \cdot \left(1 - a^{-n}\right)$colineal con -1.

Teniendo en cuenta que: $1 - a^{-n} = \begin{cases} 0 & ; si \;\; n = \dot{3} \\ \sqrt{3} \cdot e^{j30^\circ} & ; si \;\; n = 1 + \dot{3} \\ \sqrt{3} \cdot e^{-j30^\circ} & ; si \;\; n = 2 + \dot{3} \end{cases}$,

separamos en dos casos (multiplos de 3 no nos interesan).

Caso1. $n = 1 + 3 \cdot h \;;\; h = 0,1,2...$

$$e^{-jn30^\circ} \cdot \left(1 - a^{-n}\right) = e^{-jn30^\circ} \cdot \sqrt{3} \cdot e^{j30^\circ} = -\sqrt{3}$$

$$\Leftrightarrow -n \cdot 30^\circ + 30^\circ = 180^\circ + m \cdot 360^\circ \;\; ; m \; entero.$$

$$\Leftrightarrow -(1 + h \cdot 3) \cdot 30^\circ + 30^\circ = 180^\circ + m \cdot 360^\circ$$

$$\Leftrightarrow -30^\circ - 90^\circ \cdot h + 30^\circ = 180^\circ + m \cdot 360^\circ$$

$$\Leftrightarrow h = -2 - 4 \cdot m$$

Seleccionando del conjunto de valores de h resultante de la última ecuación aquellos valores positivos, podemos escribir:

$h = 2 + k \cdot 4 \,;\, k = 0,1,2...$ por lo que del conjunto de valores de n que definen este caso, la conexión fork eliminará los armónicos de orden $n = 1 + 3 \cdot (2 + k \cdot 4) \;;\; k = 0,1,2...$, o rescribiendo la expresión:

$n = 7 + k \cdot 12$; $k = 0,1,2...$

De las ecuaciones anteriores surge también que el valor necesario de la relación de espiras entre los secundarios de los dos transformadores es $\frac{y}{x} = 1/\sqrt{3}$

Caso2. $n = 2 + 3 \cdot h$; $h = 0,1,2...$

Con el mismo procedimiento que en el caso 1 se calculan los valores de n del subconjunto de valores que definen este caso para los cuales el armónico del mismo orden resulta nulo a la salida de la conexión. El resultado es: $n = 5 + k \cdot 12$; $k = 0,1,2...$

Resumen.

Los armónicos cancelados por la conexión FORK se pueden resumir en una sola expresión (juntando los resultados de los casos 1 y 2) como:

$$\boxed{n = (6 \pm 1) + k \cdot 12 \ ; \ k = 0,1,2...}$$

Por tanto será del 11 armónico de quien nos tendremos que preocupar en primera instancia.

La relación de espiras entre los secundarios de los dos transformadores es:

$$\boxed{\frac{y}{x} = 1/\sqrt{3}}$$