

**EFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN DESEQUILIBRADA
EN UNA MÁQUINA ASÍNCRONA
(COMPONENTES SIMÉTRICAS)**

Miguel Ángel Rodríguez Pozueta

Un sistema trifásico de tensiones o de intensidades es equilibrado si las tensiones o intensidades de las tres fases tienen el mismo valor eficaz y el desfase temporal entre dos de ellas es de 120°. Si no se cumple alguna de estas condiciones el sistema es desequilibrado. Las tres tensiones o intensidades de un sistema equilibrado suman siempre cero.

Los efectos de los desequilibrios en las tensiones de alimentación de las fases del estator se estudian mediante el método de las componentes simétricas.

El método de las componentes simétricas indica que un sistema trifásico de tensiones o de intensidades desequilibrado es equivalente a la suma de tres sistemas:

- Un sistema equilibrado de secuencia directa o positiva que tiene la misma secuencia de fases que el sistema trifásico desequilibrado de partida.
- Un sistema equilibrado de secuencia inversa o negativa cuya secuencia de fases es opuesta a la del sistema desequilibrado de partida.
- Un sistema desequilibrado homopolar o de secuencia cero. En él las tensiones o las intensidades de las tres fases están en fase y, por lo tanto, estas tres tensiones o intensidades son iguales, tanto en módulo como en argumento.

Es fácil comprobar, entonces, que la suma de las tres tensiones o intensidades del sistema homopolar no es igual a cero. En consecuencia, si las tres tensiones o intensidades del sistema desequilibrado original suman cero, su correspondiente sistema homopolar es nulo (carecen de sistema homopolar).

Dado que un motor se comporta como un conjunto equilibrado de impedancias, sólo pueden aparecer desequilibrios entre las corrientes de las fases del estator si existen desequilibrios en las tensiones. Por lo tanto, la componente de secuencia directa de las corrientes es debida sólo a la componente de secuencia directa de las tensiones. Análogamente, la componente de secuencia inversa de las corrientes sólo es debida a la componente de secuencia inversa de las tensiones y la componente homopolar de las corrientes sólo sería debida a la componente homopolar de las tensiones.

Ahora bien, en un motor asíncrono sólo se usan las conexiones estrella con neutro aislado y triángulo para conectar las fases del estator. La conexión estrella con el neutro unido a la red no se utiliza en estas máquinas. De esto se deduce que en estas máquinas no existen corrientes homopolares en el estator.

En efecto, la conexión estrella con el neutro aislado no permite la circulación de corriente por el neutro, lo que obliga a que las tres corrientes de fase sumen cero en todo momento y, consecuentemente, no exista la componente homopolar de las corrientes. Por otra parte, la conexión triángulo obliga a que las tres tensiones de fase sumen cero en todo momento, lo que obliga a que la componente homopolar de las tensiones de fase sea siempre nula. Como la componente homopolar de las corrientes sólo puede ser debida a la componente homopolar de las tensiones, se deduce que en la conexión triángulo tampoco existe la componente homopolar de las corrientes.

El comportamiento de una máquina asíncrona frente a las corrientes de secuencia directa es similar a lo estudiado hasta ahora y el motor se puede analizar mediante su circuito equivalente con una resistencia de carga R'_{c+} :

$$R'_{c+} = R'_2 \left(\frac{1}{s_+} - 1 \right) \quad (1)$$

donde

$$s_+ = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (2)$$

Las corrientes de secuencia inversa generan un campo giratorio cuya velocidad vale $-n_1$, pues rota en sentido opuesto al campo giratorio directo. Luego, el comportamiento del motor con corrientes de secuencia inversa puede estudiarse mediante su circuito equivalente con una resistencia de carga R'_{c-} :

$$R'_{c-} = R'_2 \left(\frac{1}{s_-} - 1 \right) \quad (3)$$

donde

$$s_- = \frac{(-n_1) - n}{(-n_1)} = 2 - s_+ \quad (4)$$

(Realmente, si se trata de una máquina de doble jaula o de ranura profunda los valores de R'_2 en las expresiones (1) y (3) serían diferentes porque la frecuencia f_2 de las corrientes del rotor es diferente para las corrientes de secuencia directa que para las de secuencia inversa. Aquí no tendremos en cuenta estas variaciones de R'_2).

Si, como es normal, el efecto de las corrientes de secuencia directa es predominante, el deslizamiento s_+ es pequeño y estas tensiones ejercen un par motor (positivo) M_+ . Sin embargo, el deslizamiento s_- será grande (de un valor próximo 2) y el efecto de las corrientes de secuencia inversa será el crear un par de frenado (negativo) a contracorriente cuyo valor es M_- . El par total se obtendrá mediante la suma

$$M = M_+ + M_- \quad (5)$$

Dado que s_+ es mucho más pequeño que s_- ($s_+ \lll s_-$) la impedancia total que presenta el circuito equivalente para las componentes de secuencia inversa Z_- es menor que para las de secuencia directa Z_+ . Por ello, un pequeño desequilibrio en las tensiones origina un desequilibrio mayor en las corrientes (pequeñas V_- originan grandes I_- porque Z_- es pequeño).

Además de producir el par de frenado M_- , la componente inversa de las corrientes provoca unas pérdidas en el cobre adicionales.