

## Medición de la ortogonalidad en bobinas de Helmholtz

Alberto R. Marino - Serviciencia, S. L. - España

Septiembre 2011

### Introducción

El uso de bobinas de Helmholtz en dos o tres ejes va en aumento en diversos campos de la Física y la Ingeniería. También aumenta la necesidad de reducir el error de ortogonalidad entre los ejes magnéticos así como de poder determinar la magnitud de dicho error en un conjunto de bobinas determinado.

Siendo conscientes de esas necesidades y no habiendo encontrado en la literatura ningún método práctico aplicable, hemos desarrollado un procedimiento simple para medir el ángulo entre los ejes magnéticos de un conjunto de Helmholtz, para poder así acotar el error máximo de la ortogonalidad del conjunto.

Este procedimiento nos permite ahora comprobar de una manera muy directa que nuestros conjuntos de bobinas estándar cumplen con el error máximo especificado de  $\pm 0,2^\circ$ . También nos permite ofrecer conjuntos, tanto estándar como especiales, con especificaciones especiales bajo pedido para la ortogonalidad, por ejemplo de  $\pm 0,1^\circ$ , pudiéndose llegar hasta  $\pm 0,05^\circ$  en algunos casos.

El procedimiento se basa en el acoplamiento magnético entre dos pares de bobinas de Helmholtz y, por lo tanto, en la inductancia mutua entre dichos pares. Hemos determinado la relación entre la inductancia mutua y el error de ortogonalidad, por lo que midiendo aquella podemos conocer éste.

### Procedimiento

La inductancia mutua ( $M$ ) entre dos pares de Helmholtz concéntricos es máxima cuando el ángulo entre sus ejes magnéticos es cero. Por otro lado,  $M$  será cero cuando el ángulo sea de  $90^\circ$  (ejes ortogonales). Véase la Fig. 1 para algunos ejemplos.

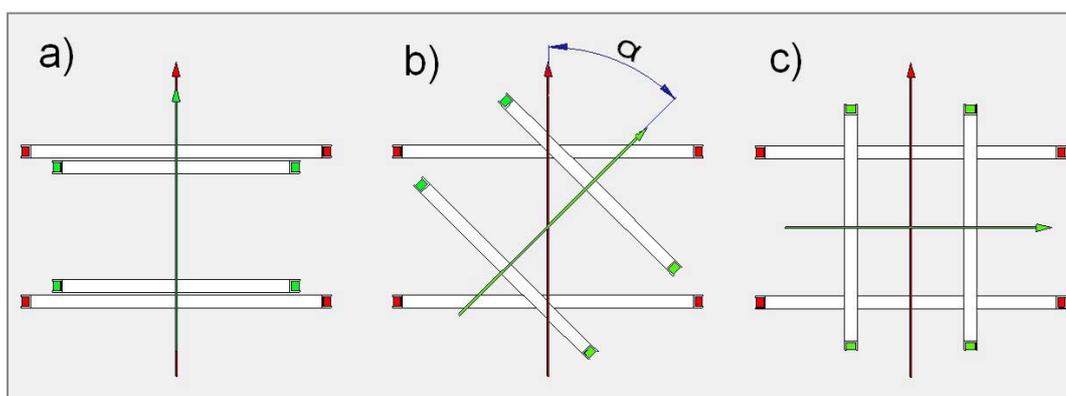


Fig. 1: Ángulos entre dos pares de Helmholtz. a)  $\alpha = 0^\circ$ ; b)  $\alpha = 45^\circ$ ; c)  $\alpha = 90^\circ$  (ejes ortogonales).

Para comprobar la ortogonalidad de un conjunto de tres ejes, que llamaremos X, Y y Z, se tendrán que hacer las respectivas comprobaciones entre los siguientes tres pares de ejes XY, XZ y YZ.

Nuestro objetivo era poder medir pequeños valores de  $M$  y poder correlacionarlos con pequeñas diferencias de ángulo entre los ejes con respecto a  $90^\circ$ , lo que finalmente se ha conseguido.

Mediante métodos en parte teóricos y en parte empíricos, nos a sido posible encontrar una fórmula que relaciona la inductancia mutua con el error de ortogonalidad entre dos pares de Helmholtz cualesquiera, por lo que podemos saber a qué error de ortogonalidad corresponde cualquier pequeño valor de  $M$  que se mida.

En la Fig. 2 se ve un dispositivo utilizado para determinar algunos parámetros de la fórmula.



Fig. 2: Aparato para medir  $M$  en función del ángulo en pares de aprox. 300 mm de diámetro.

Por ahora el procedimiento es totalmente aplicable para conjuntos de bobinas pequeños y medianos, hasta aproximadamente 600 mm de diámetro, debido a que con el tamaño aumentan algunas dificultades para la medición. Sin embargo es justamente en esos tamaños pequeños y medios donde el método es mas útil, ya que en los conjuntos mas grandes los errores, o defectos, que se introducen en su geometría durante la fabricación tienen un efecto menor en la ortogonalidad de los ejes magnéticos.

El procedimiento tiene la ventaja añadida de poder ser utilizado mientras se hacen correcciones en la geometría del conjunto cuando su técnica constructiva lo permita, por ejemplo mediante la inserción de suplementos, hasta situar el error dentro de unos límites determinados. Esto se puede hacer en la mayoría de nuestros conjuntos.

El procedimiento es aplicable también en bobinas de Helmholtz cuadradas y rectangulares.

Esta es una información preliminar y resumida. Podremos dar a conocer mas detalles en un futuro próximo, mediante la publicación en un medio especializado de un artículo técnico que está en preparación.

-----  
Serviciencia, S. L.  
E: [serviciencia@serviciencia.es](mailto:serviciencia@serviciencia.es)  
L: [www.serviciencia.es](http://www.serviciencia.es)