

## **2 COMPENSACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO MEDIANTE LAZOS ACTIVOS**

## 2.1 Introducción

Como se vio en la primera parte del tema, la circulación de una corriente por un hilo conductor genera un campo magnético. A su vez, dependiendo de la topología de la línea y la forma de onda de la señal que pasa por ella, en un punto dado del espacio habrá una lectura de campo particular a dicho punto. Dependiendo de ciertas circunstancias, bien por motivos de salud, bien por motivos técnicos o científicos, interesa que en un punto concreto se minimice el valor del campo magnético que aparece en dicho lugar. El gran inconveniente es que no se puede actuar directamente en la línea pues con ello disminuiría la intensidad que transporta y por tanto su eficacia. Por esto la compensación por lazos activos (o pasivos) es una forma eficaz de actuación, sin que por ello se actúe sobre la propia línea.

En este estudio no se tendrá en cuenta la compensación por lazo pasivo al estar bien documentada en otros proyectos. Sin embargo, se recordará que la compensación por lazo pasivo no es más que aprovechar la inducción electromagnética que se produce en un hilo conductor cerrado al ser sometido a un campo magnético producido por una línea aérea. Esto a su vez genera una intensidad para contrarrestar dicho campo por lo que aprovechando este fenómeno se puede mitigar el campo en un punto dado.

## 2.2 Mitigación mediante lazos activos

Un lazo activo, a diferencia del lazo pasivo, es alimentado por una fuente externa de corriente (además de la F.E.M. inducida por la línea a mitigar).

La ventaja que presenta este método frente al empleo de lazos pasivos son:

- Mejores niveles de mitigación.
- Mayor flexibilidad en la disposición del lazo.

Por el contrario, parecen los inconvenientes siguientes:

- Incremento significativo del coste de instalación y mantenimiento.
- Necesidad del empleo de una fuente de alimentación y un sistema de control para adecuar en cada instante la intensidad inyectada con el campo que se pretende atenuar.

De tal forma, en esta situación, el problema que se plantea es determinar la posición del lazo de corriente, así como el módulo y desfase de la intensidad que será necesaria inyectar al mismo, de modo que se reduzca al máximo el campo magnético en una zona de interés.

Para la compensación, dado un punto  $x_0$  en el que desea minimizar el campo magnético, para cada configuración de lazo se tratará de determinar las

componentes real e imaginaria de la corriente que será necesaria inyectar para tal efecto:

$$I = \text{Re}[I] + j \cdot \text{Im}[I] \quad (2.1)$$

La función que se desea minimizar es por tanto la que se indica en (2.2):

$$\left| \vec{B}_p(x_0) + \vec{B}_l(x_0) \right| \quad (2.2)$$

En (2.2) se ha empleado el subíndice p para aludir al campo magnético generado por la línea en el punto  $x_0$ , mientras que el subíndice l a su vez indica el campo magnético generado por el lazo de corriente.

Teniendo en cuenta la expresión (1.27), componiendo los vectores  $\vec{B}_l$  y  $\vec{B}_p$  y derivando (2.2) e igualando a 0 para localizar el mínimo, se obtienen las soluciones:

$$\text{Re}[I] = \frac{-b_x \text{Re}[\vec{B}_p]_x - b_y \text{Re}[\vec{B}_p]_y}{b_x^2 + b_y^2} \quad (2.3a)$$

$$\text{Im}[I] = \frac{-b_x \text{Im}[\vec{B}_p]_x - b_y \text{Im}[\vec{B}_p]_y}{b_x^2 + b_y^2} \quad (2.3b)$$

donde

$$\begin{aligned} b_x &= \left| \vec{B}_l(I=1\angle 0) \right|_x = \\ &= \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \frac{s}{\left(r^2 + \frac{s^2}{4}\right)^2 - r^2 s^2 \cos^2(\theta - \psi)} \left( r^2 \text{sen}(2\theta - \psi) - \frac{s^2}{4} \text{sen} \psi \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_y &= \left| \vec{B}_l(I=1\angle 0) \right|_y = \\ &= \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \frac{s}{\left(r^2 + \frac{s^2}{4}\right)^2 - r^2 s^2 \cos^2(\theta - \psi)} \left( r^2 \cos(2\theta - \psi) - \frac{s^2}{4} \cos \psi \right) \end{aligned}$$

En el caso de que se pretenda resolver el problema para minimizar los campos magnéticos en una serie de puntos discretos  $x_i$  con  $i=1,2,\dots,n$ , las expresiones que se emplearán en lugar de la (2.3) serán las descritas en (2.4):

$$\operatorname{Re}[I] = \frac{-\sum_{i=1}^n (b_{xi} \operatorname{Re}[\vec{B}_p(x_i)]_x + b_{yi} \operatorname{Re}[\vec{B}_p(x_i)]_y)}{\sum_{i=1}^n (b_{xi}^2 + b_{yi}^2)} \quad (2.4a)$$

$$\operatorname{Im}[I] = \frac{-\sum_{i=1}^n (b_{xi} \operatorname{Im}[\vec{B}_p(x_i)]_x + b_{yi} \operatorname{Im}[\vec{B}_p(x_i)]_y)}{\sum_{i=1}^n (b_{xi}^2 + b_{yi}^2)} \quad (2.4b)$$

Siendo, por analogía, los valores  $b_{xi}$  y  $b_{yi}$  los siguientes:

$$b_{xi} = [B_l(I=1\angle 0, x_i)]_x$$

$$b_{yi} = [B_l(I=1\angle 0, x_i)]_y$$

Para la compensación tendremos en cuenta que:

- La resistencia del conductor es un factor de importancia secundaria.
- Las configuraciones que permiten una mayor reducción de campo con lazo pasivo y activo son las coplanares (horizontal y vertical, dependiendo del tipo de línea eléctrica), siendo muy sensible dicha reducción a la distancia lazo-fase.
- El lazo activo permite obtener rendimientos del apantallado de casi el 100% para configuraciones coplanares, en puntos alejados de la línea (100 metros). Para puntos cercanos a la línea, la eficiencia disminuye considerablemente.