APÉNDICE I

A continuación se deduce la expresión de las pérdidas por corrientes parásitas o de Foucault en una chapa magnetizada longitudinalmente. Se supone que la chapa se extiende una longitud l, que su ancho es a y su altura es h, también se supone que tanto la longitud como la altura, son mucho mayores que el ancho, lo que es normal en la práctica.

Las suposiciones anteriores permiten admitir que el flujo está uniformemente distribuido en toda la sección transversal de la chapa, es decir que la inducción B es la misma en todos sus puntos y que el efecto pelicular es despreciable.

Para determinar las pérdidas primero se determina la potencia que se disipa en un camino elemental, en el interior de la chapa, y luego se integra a todo el volumen de la misma. En la figura I.1 se muestra un esquema de lo dicho.

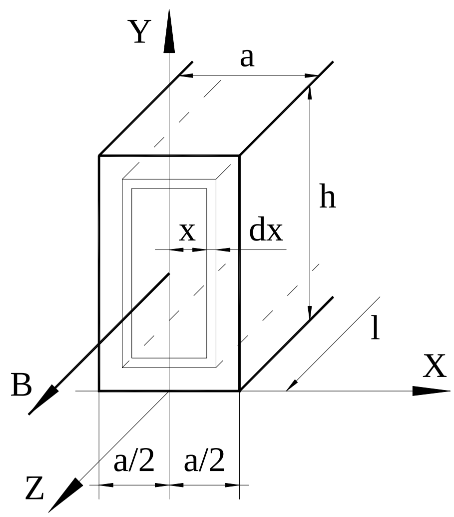

Figura I.1. Chapa y espira elemental.

El camino elemental tiene un ancho $2x$, un espesor dx, se lo toma de una altura h igual a la altura de la chapa y se extiende a lo largo de toda la longitud l de la misma. Ese camino elemental es una espira en cortocircuito que concatena un flujo ϕ_x, de valor:

$$\phi_x = B \cdot 2x \cdot h \tag{I.1}$$

entonces la fuerza electromotriz inducida en esa espira en cortocircuito, será:

$$e_x = \frac{d\phi_x}{dt} = 2xh\frac{dB}{dt} \tag{I.2}$$

la longitud de la espira vale:

$$l_x \cong 2h + 2x \cong 2h \tag{I.3}$$

y la sección a través de la cual circula la corriente es:

$$ds = l \cdot dx \tag{I.4}$$

siendo ρ la resistividad del material de la chapa, la potencia que se pierde en esa espira elemental será:

$$dp_x = \frac{e_x^2}{r_x} = \frac{(2xh)^2}{\rho \frac{2h}{l}} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 dx = \frac{2hl}{\rho} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 x^2 dx \qquad \text{(I.5)}$$

Integrando esta expresión en todo el volumen de la chapa se obtiene el valor instantáneo de la potencia disipada en la misma:

$$p = \int_0^{a/2} dp_x = \frac{2hl}{\rho} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \cdot \int_0^{a/2} x^2 dx \qquad \text{(I.6)}$$

$$p = \frac{hla^3}{12\rho} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \quad \text{[W]} \qquad \text{(I.7)}$$

La dependencia temporal está dada por la derivada de la inducción respecto del tiempo. Si se divide por el volumen V de la chapa, resulta:

$$V = hla \qquad \text{(I.8)}$$

$$p = \frac{a^2}{12\rho} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \quad \text{[W/m}^3\text{]} \qquad \text{(I.9)}$$

Esta potencia instantánea se puede poner en función del valor instantáneo de la tensión inducida e en la bobina de N espiras que está generando el flujo a través del núcleo de sección S_{Fe} :

$$e = N\, S_{Fe} \frac{dB}{dt} \qquad \text{(I.10)}$$

resultando:

$$p = \frac{a^2}{12\rho N^2 S_{Fe}^2} e^2 \quad \text{[W/m}^3\text{]} \qquad \text{(I.11)}$$

La potencia activa se puede obtener como el valor medio, en un período, de la potencia instantánea, lo que da:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p\, dt = \frac{a^2}{12\rho N^2 S_{Fe}^2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt \quad \text{[W/m}^3\text{]} \qquad \text{(I.12)}$$

Donde el valor medio de la tensión inducida al cuadrado es el *valor eficaz* al cuadrado de la misma, entonces las pérdidas por corrientes parásitas resultan:

$$\boxed{P_p = \frac{a^2}{12\rho N^2 S_{Fe}^2} \cdot E^2} \quad \text{[W/m}^3\text{]} \qquad \text{(I.13)}$$

Esta es una expresión de carácter muy general ya que es independiente de la frecuencia y de la forma de onda.

Para el caso armónico, se puede reemplazar el valor eficaz de la tensión inducida por la expresión (26) del apunte de Reactor:

$$E = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \, N \, S_{Fe} \, B_{máx} \tag{I.14}$$

lo que da:

$$\boxed{P_p = \frac{\pi^2 a^2}{6\rho} f^2 B_{máx}^2 = k_p \; f^2 B_{máx}^2} \; [\mathrm{W/m^3}] \tag{I.15}$$

Norberto A. Lemozy
2006