

## APÉNDICE B

### Dimensionamiento de los inductores

#### B.1.- Número de vueltas

Para encontrar el número de vueltas en los inductores de los convertidores de potencia, se aplicó la siguiente ecuación:

$$N = \sqrt{\frac{L * e}{\mu_0 * S}} \quad (b1)$$

Donde:

N: Número de vueltas

L: El valor de la inductancia

$\mu_0$ : Permeabilidad en el espacio libre ( $4\pi \times 10^{-7}$  H/m)

S: Área efectiva del núcleo

e: Distancia del entrehierro del núcleo

Se puede apreciar que el valor que no se conoce es la distancia del entrehierro (e), el cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$e = \frac{V_e}{S} \quad (b2)$$

Donde:

$V_e$ : Volumen del entrehierro, el cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_e = \frac{\mu_o * L * i_p^2}{B^2} \quad (b3)$$

Donde:

$i_p$ : Corriente pico que circula por el inductor

B: Densidad de flujo magnético del núcleo

Las ecuaciones anteriores se implementan para calcular las vueltas del inductor del segundo convertidor elevador, que es de 2.933mH. La corriente pico es de 4.4666 Amp.

Se utilizan los núcleos de ferrita de la compañía FERROXCUBE. Para el inductor del segundo convertidor se utilizó el núcleo RM14/I, el cual tiene un área efectiva (S) de 198 mm<sup>2</sup> y una densidad de flujo(B) de 316mT, con esto se obtiene el volumen del entrehierro.

$$V_e = \frac{\mu_o * L * i_p^2}{B^2} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(2.933 \times 10^{-3})(4.46)^2}{(0.316)^2} = 734.20 \text{ mm}^3 \quad (b4)$$

Con el volumen del entrehierro se calcula la distancia del entrehierro (e):

$$e = \frac{V_e}{S} = \frac{734.20 \text{ mm}^3}{198 \text{ mm}^2} = 3.7 \text{ mm} \quad (b5)$$

Finalmente se calcula el número de vueltas:

$$N = \sqrt{\frac{L * e}{\mu_0 * S}} = \sqrt{\frac{(2.933 \times 10^{-3})(3.7 \times 10^{-3})}{(4\pi \times 10^{-7})(198 \times 10^{-6})}} = 209 \quad (b6)$$

El proceso anterior se aplica para el cálculo de vueltas de los demás inductores que hay en los convertidores de potencia.

## B.2.- Diámetro del alambre magneto

Es necesario saber el calibre del alambre con el cual se construye el inductor.

Para determinar el diámetro en milímetros, se da por la siguiente ecuación [19]:

$$d = \sqrt{\frac{4 * i_p}{J * \pi}} \quad (b7)$$

Donde  $J$  ( $A/mm^2$ ) es la densidad de corriente en el conductor. Se establece que la densidad de corriente recomendada es de  $7.5 A/mm^2$  [19].

La corriente máxima del inductor de la segunda etapa elevadora es de 4.466 amperes, por lo que el diámetro del alambre debe ser:

$$d = \sqrt{\frac{4 * i_p}{J * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 4.466}{7.5 * \pi}} = 0.870145 \text{ mm} \quad (b8)$$

Con un diámetro de 0.870145 mm se encuentra en el mercado un calibre 20 AWG con 0.813 mm de diámetro. Sin embargo debido a las altas frecuencias de conmutación, se presenta el efecto piel en el conductor, donde, la circulación de la corriente sólo se produce por las zonas exteriores del conductor, haciendo que aumente la resistividad del conductor.

Con la siguiente ecuación, se determina el diámetro recomendado para evitar el efecto piel en el conductor de acuerdo a la frecuencia [19].

$$\delta = \frac{0.0661}{\sqrt{f}} \quad (\text{b9})$$

Por lo que el diámetro ideal para trabajar con una frecuencia de 20KHz es de:

$$\delta = \frac{0.0661}{\sqrt{f}} = \frac{0.0661}{\sqrt{20000}} = 0.467398 \text{ mm} \quad (\text{b10})$$

Se contaba con un alambre calibre 30 AWG de diámetro 0.254mm, por lo que se utilizó este para hacer un cable LITZ, este cable es muy útil para reducir el efecto piel en el conductor. El número mínimo de alambres que debe tener el cable LITZ está dado por la siguiente ecuación [19]:

$$Núm_{Alambres} = \frac{d_{requerido}}{\delta_{efecto\ piel}} = \frac{0.870145}{0.254} = 3.425 \approx 4 \text{ Alambres} \quad (\text{b11})$$

Se vuelve a calcular la densidad de corriente en el inductor, donde se estima un máximo de 12 A/mm<sup>2</sup> [19]. Se toman 15 alambres para que por cada alambre circule una corriente de 0.29733 Amp, ya que la corriente máxima que soporta este calibre es de 0.333 Amp. Por lo que la nueva densidad de corriente es [19]:

$$J = \frac{4*I}{\pi*d^2} = \frac{4*0.29733}{\pi*(0.254)^2} = 5.87 \text{ A/mm}^2 \quad (\text{b12})$$

Finalmente se construye un cable con 15 hilos calibre 30 para construir el inductor de la segunda etapa elevadora. Este proceso se aplica para los demás inductores.