Circuit Magnétique - 2

v3

1 Donnée

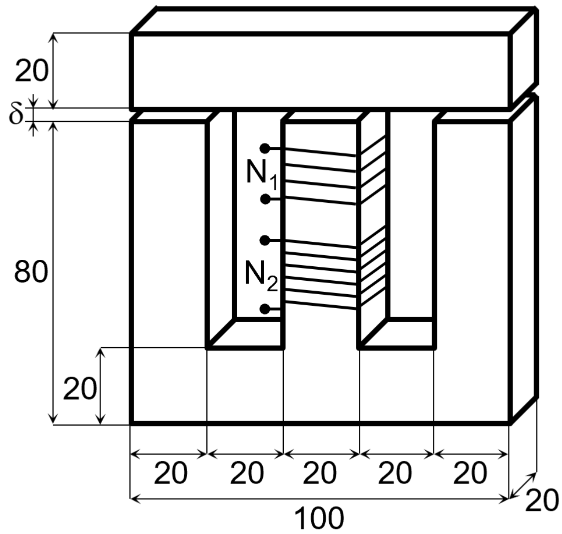
Pour le circuit magnétique donné ci-dessous, déterminer, en fonction de l'entrefer (δ=0, δ=1mm):

1. l'inductance de champ principal pour les deux bobines
2. l'inductance mutuelle
3. Dessiner la courbe (numériquement avec votre ordinateur) de l'évolution des inductances pour δ allant de 0 à 1 mm.

Avec

- $N_1 = 500$ spires
- $N_2 = 1500$ spires
- $\mu_{rfer} = 700$

Les dimensions sont en millimètres.



2 Préambule

Le but de cet exercice est d'appliquer l'équivalent magnétique-électrique à un circuit magnétique un peu plus complexe.

Le schéma magnétique équivalent établi fait intervenir différentes perméances en série et en parallèle et peut être réduit à l'aide des théorèmes de Kirchhoff.

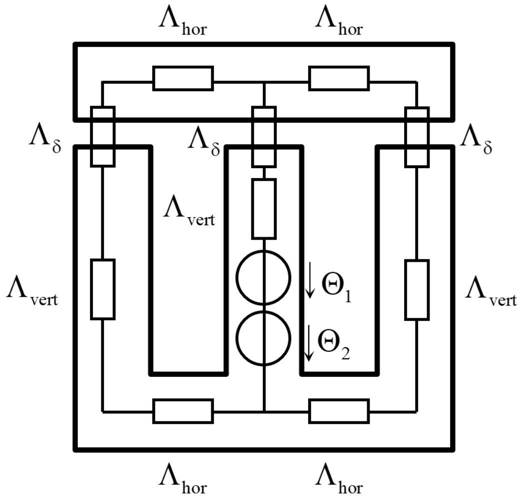
Le schéma réduit obtenu permet alors de calculer, relativement facilement, une perméance équivalente et de là les inductances propres et mutuelles pour différents cas d'entrefer.

3 Corrigé

Hypothèses pour le calcul des inductances :

- la distribution de l'induction est uniforme dans chacune des sections perpendiculaires aux lignes de champ
- la longueur des lignes de champ est définie par le parcours moyen
- les lignes de champ forment des angles droits dans les coudes du circuit magnétique

Schéma magnétique équivalent :



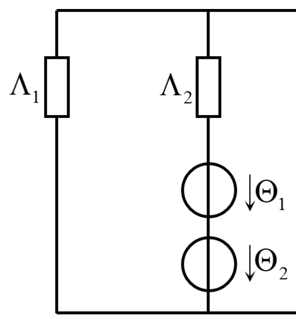
Calcul des perméances

$$\Lambda_{hor} = \frac{\mu_{fer}\ S}{l_{hor}} = \frac{\mu_0 \mu_{rfer}\ S}{l_{hor}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 700 \cdot 0.020 \cdot 0.020}{0.040} = 8.796 \cdot 10^{-6}\ [H] \tag{1}$$

$$\Lambda_{vert} = \frac{\mu_{fer}\ S}{l_{vert}} = \frac{\mu_0 \mu_{rfer}\ S}{l_{vert}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 700 \cdot 0.020 \cdot 0.020}{0.080} = 4.398 \cdot 10^{-6}\ [H] \tag{2}$$

$$\Lambda_\delta = \frac{\mu_0\ S}{l_\delta} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0.020 \cdot 0.020}{\delta} = \frac{1}{\delta} \cdot 5.026 \cdot 10^{-10}\ [H] \tag{3}$$

Réduction du schéma à :



$$\Lambda_1 = \frac{1}{\frac{2}{\Lambda_{hor}} + \frac{1}{\Lambda_\delta} + \frac{1}{\Lambda_{vert}}} \tag{4}$$

$$\Lambda_2 = \frac{1}{\frac{1}{\Lambda_\delta} + \frac{1}{\Lambda_{vert}}} \tag{5}$$

Ainsi, la perméance vue par une bobine vaut :

$$\Lambda_h = \frac{1}{\frac{1}{2\cdot\Lambda_1} + \frac{1}{\Lambda_2}} \tag{6}$$

Application numérique :

- $\delta = 0$ mm ($\Lambda_\delta = \infty$)

  $\Lambda_1 = 2.199 \cdot 10^{-6}$ $[H]$
  $\Lambda_2 = 4.398 \cdot 10^{-6}$ $[H]$
  $\Lambda_h = 2.199 \cdot 10^{-6}$ $[H]$

- $\delta = 1$ mm $\left(\Lambda_\delta = 5.026 \cdot 10^{-7} \ [H]\right)$

  $\Lambda_1 = 4.090 \cdot 10^{-7}$ $[H]$
  $\Lambda_2 = 4.510 \cdot 10^{-7}$ $[H]$
  $\Lambda_h = 2.907 \cdot 10^{-7}$ $[H]$

Pour la suite, la bobine interne à l'indice 1 et la bobine externe à l'indice 2.

Les inductances sont données par les formules suivantes :

$$L_{h1} = N_1^2 \Lambda_h \tag{7}$$

$$L_{h2} = N_2^2 \Lambda_h \tag{8}$$

$$L_{12} = L_{21} = L_m = N_1 N_2 \Lambda_h \tag{9}$$

Application numérique :

- $\delta = 0$ mm
  $L_{h1} = 0.549\ [H]$
  $L_{h2} = 4.947\ [H]$
  $L_m = 1.649\ [H]$

- $\delta = 1$ mm
  $L_{h1} = 0.072\ [H]$
  $L_{h2} = 0.654\ [H]$
  $L_m = 0.218\ [H]$

Evolution des inductances pour un entrefer allant de 0 à 1 mm :