

# A1

抗磁力이 없는 強磁性體의 電磁氣的 特性에 關한 모델

서울産業大學校 김 대 수

Model on the Electro-magnetic Behavior of the Ferro-Magnetic Materials without Coercity

Seoul National Polytech Univ. D.S. KIM

## 1. 序 論

透磁率이 큰 軟磁性 材料를 inductor 에 應用하는 境遇 飽和磁場  $M_s$  이 一定할때 Inductance 를 크게 하기 위해  $\mu$ 를 增大시키면 飽和가 始作되는 限界磁場  $H_s$  의 값이 작아 지며 이 以上의 外部 磁場下에서  $\mu$ 값은 零으로 되어 inductance값이 없어 진다.  $M_s$ 가 一定할때  $H_s$  의 範圍를 넓히면 이는 必然的으로  $\mu$ 의 減少를 招來하게 된다. 따라서  $\mu$  및  $H_s$  모두를 크게 하기 위해서는  $M_s$ 값이 無限定 커져야 할 것이다. 그러나 實際 使用 可能한 2T 以上의 素材는 찾기 어렵다. Inductance  $L = \mu n^2 A l$  은 磁力線이 通過하는 斷面積  $A$ ,  $\mu$ , 및 捲線回數  $n$  의 제공에 比例하므로 實際 大電流用으로서는 큰  $H_s$ 를 얻기 위해서  $\mu$ 를 작게 하고 따라서  $A, n$  을 크게 할수 밖에 없다. 이것은 inductor의 부피및 무게를 增加시키게 된다. Inductance가 電流에 따라 增加 또는 減少하는等 非線型 inductor를 構想해 본다. Inductor에 間隙을 주면 間隙의 兩面에 形成되는 反對 磁極에 의한 引力和 inductor를 彈性體로 看做할 수 있으므로 彈性體의 復原力間的 相互作用에 의해 振動을 일으키게된다. 따라서  $\mu$ 를 增加시킬수 있을 것이다. 또는 V-型 固定 間隙을 두면 電流가 增加 할수록 磁力線의 通過 面積이 減少하게 되어 inductance 값이 減少하게 된다.

## 2. 理 論

### 2.1 間隙이 振動하는 境遇

크기  $d$ 의 間隙이 存在하는 toroid 斷面을 通過하는 磁束  $\Phi$  및 磁束 變化率  $d\Phi/dt$ 는 式(1) (2)와 같다.

$$\Phi = \frac{\mu n^2 A i}{l \times (1 + \mu d/l)} \dots\dots (1) \quad \frac{d\Phi}{dt} = \frac{A n^2 \mu}{l} \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{1 + \mu d/l} \right) \dots\dots (2)$$

이때 間隙의 兩面에 作用하는 힘  $F$ 는 式(3)과 같다. toroid 의 질량  $m$ , 彈性係數  $k$ , 初期間隙  $d_0$ ,  $t$ 에서  $x$ , 起電力을  $\epsilon$ 로 두면 R-L回路  $d\Phi/dt + RI = \epsilon$  에 式 (1-3)을 代入하면 運動 및 電流 變化에 關한 表現이 式 (4), (5)와 같이 求하여 진다.

$$F = \frac{\mu^2 n^2 A i^2}{l^2 \times (1 + \mu d/l)^2} \dots\dots (3) \quad m \frac{dx}{dt} = (d_0 - k) \chi - \frac{n^2 A \mu^2 i^2}{l^2 \times (1 + \frac{\mu x}{l})^2} \dots (4)$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{\mu}{l} \frac{dx}{dt} i \left( 1 + \frac{\mu x}{l} \right) - \frac{(1 + \frac{\mu x}{l}) R}{\frac{\mu}{l} A n^2} i + \frac{(1 + \frac{\mu x}{l}) \epsilon}{\frac{\mu}{l} A n^2} \dots\dots (5)$$

t=0 일때 i=0, x=d<sub>0</sub> 를 代入하면 t=Δt에서 i가 求해 지고 이 값을 式(5)에 代入하여 x를 決定한다. 이러한 方法을 反復하여 t=nΔt에서의 i 및 x가 求해진다.

## 2.2 V-型 固定 間隙의 境遇

Φ는 式(6)과 같이 中心으로 부터의 距離 r의 函數로 표현된다.

$$\Phi = L_g \int_{r_1'}^{R_2} \frac{i dr}{\mu D} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r + 1/\mu D - R_1} \right) \dots \dots \dots (6)$$

電流 i가 μ=μ<sub>0</sub> 일때 i<sub>0</sub> 보다 작은 境遇(i<i<sub>0</sub>)에는 r<sub>1</sub>'=R<sub>1</sub>, i>i<sub>0</sub> 일 때는 r<sub>1</sub>'=R<sub>1</sub>-U<sub>0</sub>i<sub>0</sub>+U<sub>0</sub>i로서 r<sub>1</sub>'는 i의 函數가 되어 電流의 크기에 따라 積分區間이 變한다. L<sub>g</sub>, U<sub>0</sub>는 常數이다. 式(6)을 積分하여 L-R 回路에 適用하면 式(7)이 決定된다.

$$\frac{L_g}{2C_1C_2} \ln \left\{ \frac{(r_1 + 2C_2) R_2}{(R_2 + 2C_2) r_1'} \right\} \frac{di}{dt} + Ri = \varepsilon_0 \sin(\omega t) \dots \dots \dots (7)$$

$$r_1' = R_1 - U_0 i_0 + U_0 i$$

2.1 章에서와 마찬가지로 Rungekutta 數值解析法으로 每 瞬間의 i 값이 定해질때 그것에 該當되는 r<sub>1</sub>'를 代入하여 다음 瞬間의 i가 計算된다.

## 3. 結果 및 檢討

電流가 增加하면 間隙間에 作用하는 引力이 急激하게 增大되고 이 힘에 의해 間隙의 幅은 작아지며 이것은 다시 μ 값의 急激한 增加를 惹起시키게 되어 瞬間적으로 Φ 및 dΦ/dt의 값이 增加하게 된다. 이것은 特히 放電管과 같은 微小 電壓變化에도 急激한 電流의 上昇이 發生하는 境遇에 瞬間的인 電流 抑制 效果가 크다. 彈性體의 彈性係數와 平衡 間隙의 距離를 適切히 調節하면 持續的인 間隙의 振動을 維持할 수 있을 것이다.

V-型 固定 間隙 inductor 에서는 電流값이 i<sub>0</sub> 보다 작을 때는 電流가 非飽和 領域에 있으므로 inductor의 全體 斷面積을 磁力線이 通過하게 된다. 電流가 增加하여 i>i<sub>0</sub>가 되면 瞬間 瞬間의 電流 값에 該當되는 積分의 下限 r<sub>1</sub>'이 決定되고 이 r<sub>1</sub>'값은 電流가 增加하면 따라서 커지게 되어 結果的으로 磁力線의 通過 面積이 減少하게 되어 inductance의 減少를 招來한다. 이 境遇 電流에 따라 減少하는 inductor를 構想할 수 있을 것이다.

## 4. 參考文獻

- 1) J.R. Reitz: Foundations of Electromagnetic Theory, Ch.9, Addison-Wesley, (1960)
- 2) R. Boll et al: Soft Magnetic Materials, Ch.4, Siemens Aktiengesellschaft Heyden & Son Ltd., (1979)
- 3) S. Chikazumi: Physics of Magnetism, Pt.1, John Wiley & Sons, Inc., (1964)
- 4) B. Carnahan et al: Applied Numerical Methods, Ch.6, John Wiley & Sons, (1969)