

제10장 인덕턴스

10-1 자기(自己)인덕턴스

- 자기유도: 전류가 변화하는 비율에 비례하여 기전력이 자기 자신의 회로에 생성
상호유도: 기전력이 자기적으로 결합하고 있는 회로 상호간에 영향을 미쳐 생성
- 자기인덕턴스(L): (암페어의 법칙에 따라) 전류의 변화에 의해 생기는 쇄교자속의 비율

$$\lambda = n\phi = LI[\text{Wb}] \quad \dots (10-1,2)$$

$$L = \frac{\lambda}{I} = n\frac{\phi}{I} = \frac{nBS}{I}[\text{H}] \quad \dots (10-3)$$

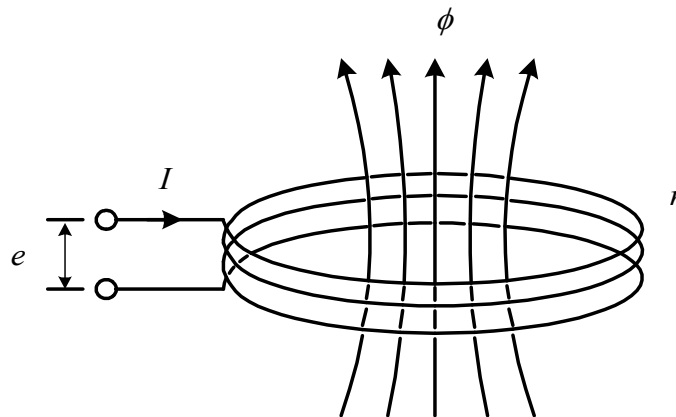


그림 10-1 자기인덕턴스

- 자기 인덕턴스 L은 회로의 크기, 모양 및 주위 매질의 투자율에 따라 결정되는 값
- 유도기전력과 인덕턴스의 관계

$$e = - \frac{d\lambda}{dt} = -n \frac{d\phi}{dt} = -n \frac{d\phi}{di} \frac{di}{dt}$$

$$L = n \frac{d\phi}{di} \quad \dots (10-4)$$

$$e = -L \frac{di}{dt} \text{ [V]} \quad \dots (10-5)$$

- 인덕턴스의 단위

$$1 \text{ [H]} = \frac{1 \text{ [Wb]}}{1 \text{ [A]}} \quad \dots (10-6)$$

$$[\text{H}] = \left[\frac{\text{V} \cdot \text{S}}{\text{A}} \right] = [\Omega \cdot \text{s}] \quad \dots (10-7)$$

- 벡터형태 : $L = \frac{\lambda}{I} = \frac{n}{I} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \text{ [H]} \quad \dots (10-8)$

예제 10.1

자기인덕턴스가 200[mH]인 코일에 흐르는 전류가 매 초 100[A]의 비율로 변화하는 경우 코일 양단에 나타나는 유도기전력은 얼마인가?

[풀이] 식(10-5)를 이용하면 유도기전력은

$$e = -L \frac{di}{dt} = -200 \times 10^{-3} \times 100 = -20 \text{ [V]}$$

예제 10.2

권선수가 500[회]이고, 단면적 $100[\text{cm}^2]$ 의 공심코일에 전류 1[A]를 흘릴 때, 자계가 $1.25[\text{AT/m}]$ 이었다. 이 때의 자기 인덕턴스를 구하라. 또한 $\mu_s = 100$ 인 철심에 코일을 감았을 때 자기 인덕턴스는 얼마인가?

[풀이] 식(10-2)에 의해서 자기 인덕턴스 L 은

$$\begin{aligned} L &= \frac{nBS}{I} = \frac{n\mu_0 HS}{I} = \frac{500 \times 1.28 \times 500 \times 10^{-4} \times 4\pi \times 10^{-7}}{1} \\ &= 8.04 \times 10^{-6} [\text{H}] \end{aligned}$$

철심을 사용하면 μ_s 배만큼 자기인덕턴스가 증가하며, $\mu_s=100$ 일 때 자기인덕턴스 L_i 는

$$L_i = \mu_s L = 100 \times 8.04 \times 10^{-6} = 8.04 \times 10^{-4} [\text{H}]$$

10-2 상호(相互)인덕턴스

- 상호유도: 기전력이 자기적으로 결합하고 있는 회로상호간에 영향을 미쳐 생성
- 두 개의 코일을 접근시키고 한쪽의 코일에 전류를 흘려 전류의 변화가 발생하면 자속이 변화
→ 이 때 발생하는 자속이 다른 코일에도 영향을 미쳐 기전력이 발생
- 아래 그림은 1차측 코일에 전류 i_1 이 흘러서 자속이 발생하는 데, 이 때 발생하는 자속 중 2차측 코일에 영향을 미치는 (쇄교하는) 자속을 λ_{21}

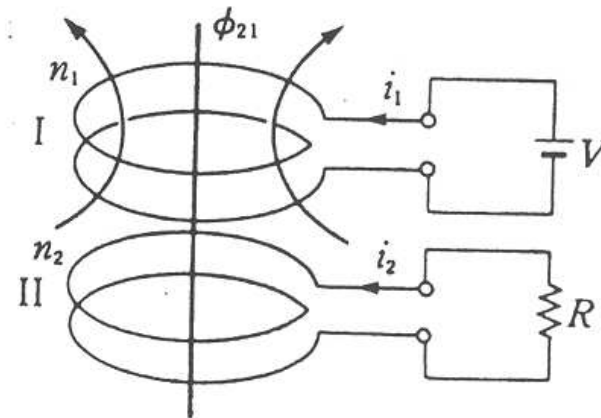


그림 10-2 상호인덕턴스

- 상호인덕턴스(M): 전류의 변화에 의해 생기는 자속 중 상대 코일에 쇄교하는 자속의 비율

$$\lambda_{21} = N_2 \phi_{21} = M_{21} I_1 \quad \dots (10-9)$$

$$\lambda_{12} = N_1 \phi_{12} = M_{12} I_2 \quad \dots (10-10)$$

- 상호인덕턴스에 의해 유도되는 기전력

$$e_2 = -M_{12} \frac{dI_1}{dt} \text{ [V]} \quad \dots (10-11)$$

$$e_1 = -M_{21} \frac{dI_2}{dt} \text{ [V]} \quad \dots (10-12)$$

- 상호인덕턴스의 성질

$$M_{12} = M_{21} \text{ [H]} \quad \dots (10-13)$$

- 상호인덕턴스의 벡터 표시

$$M_{12} = M_{21} = \frac{n_2}{I_1} \int_{S_2} \mathbf{B}_{12} \cdot d\mathbf{S} = \frac{n_1}{I_2} \int_{S_1} \mathbf{B}_{21} \cdot d\mathbf{S} \quad \dots (10-14)$$

- 노이만의 공식 (상호인덕턴스 구하는 공식)

$$M = \frac{\mu}{4\pi} \oint_{c_1} \oint_{c_2} \frac{\cos\theta \, dl_1 \, dl_2}{r_{12}} \quad [\text{H}] \quad \dots (10-15)$$

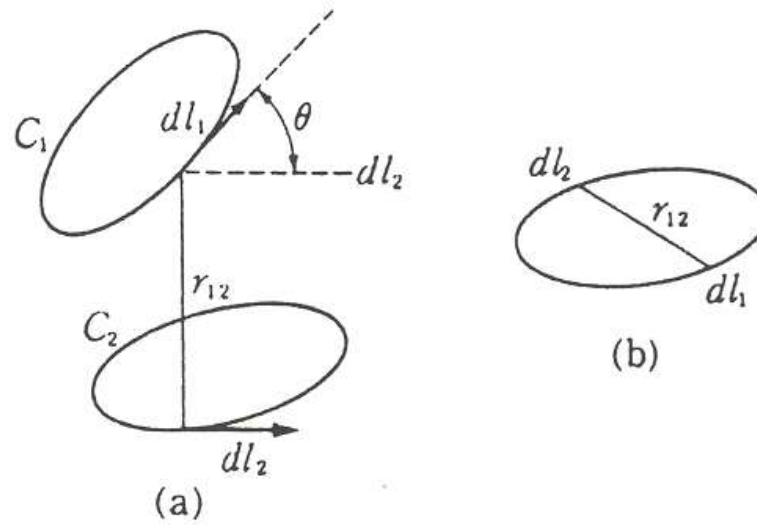


그림 10-3 선소간 상호인덕턴스의 관계

예제 10.3

두 개의 코일에서 1차측 코일에 4[A]의 전류를 흘렸을 때 0.1[Wb]의 자속이 발생하였다. 그러나 200회의 코일이 감긴 2차측에는 1차측에서 만들어진 자속의 80[%]만 쇄교한다. 이 때의 상호인덕턴스를 구하라.

[풀이] 1차측 코일 전류에 의한 2차측 코일의 쇄교자속을 ϕ_{21} 라 하면, 상호 인덕턴스는

$$M = \frac{N_2 \phi_{21}}{I_1} = \frac{N_2 \phi_1 \times 0.8}{I_1} = \frac{200 \times 0.1 \times 0.8}{4} = 4 \text{ [H]}$$

10-3 자기인덕턴스와 상호인덕턴스의 관계

- 2개의 인접한 코일이 있을 때, 쇄교자속은

$$\lambda_1 = L_1 I_1 + M_{12} I_2 \quad \dots (10-16)$$

$$\lambda_2 = M_{21} I_1 + L_2 I_2$$

1) 두 코일이 완전히 결합된 경우 (자속이 전부 쇄교하고, 누설이 없는 경우)

$$L_1 = \frac{n_1 \phi_1}{I_1}, \quad L_2 = \frac{n_2 \phi_2}{I_2}, \quad M = \frac{n_2 \phi_2}{I_1} = \frac{n_1 \phi_1}{I_2}$$
$$\therefore M^2 = L_1 L_2 \quad \text{또는} \quad M = \pm \sqrt{L_1 L_2} \text{ [H]} \quad \dots (10-17)$$

2) 두 코일이 완전히 결합하지 않는 경우 (자속이 전부 쇄교하지 않고, 누설이 있는 경우)

$$n_1 \phi_1 = n_2 \phi_2 \geq n_1 \phi_{12} = n_2 \phi_{21}$$

$$M = \pm k \sqrt{L_1 L_2} \quad (\text{k: 결합계수}) \quad \dots (10-18)$$