

### 9.1 패러데이 법칙

#### (1) 미분형 및 적분형 패러데이 법칙

##### ① 미분형 패러데이 법칙

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

자계의 시간에 따른 변화는 전계(전압, 전류)의 회전을 발생시키고 그 방향은 자속의 증가나 감소를 방해하는 방향으로 발생합니다

##### ② 적분형 패러데이 법칙

미분형 패러데이 법칙의 양변을 면적에 대하여 적분하면

$$\int_S (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{s} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

에서 좌변은 Stoke정리를 적용하면 폐곡로의 선적분이 되고 우변의 적분은 자속이 되므로

$$emf = V = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

## Chapter 9. 시간에 따라 변하는 전자계와 맥스웰 방정식

기전력(emf)는 특정 폐곡로의 전압이며 자속밀도가 통과하는 미소면적  $d\vec{s}$ 는 특정 폐곡로를 통과하는 방향으로 오른나사방향을 따릅니다

패러데이 법칙에 따라 회전전계가 발생하는 경우는 아래와 같이 2가지 경우가 있습니다

- 정지 폐곡로 내에 시간에 따라 자계가 변하는 경우
- 정상자계 내에서 폐곡로가 움직이는 경우(운동 기전력)

### (2) 시간에 따라 변하는 자계에 의한 기전력

$\rho < b$ 인 원통영역 내에서 원통은 고정되어 있고 자속밀도  $\vec{B} = B_0 e^{kt} \vec{a}_z [T]$  일 때 전계는 다음과 같은 값을 가집니다

$$\vec{E} = -\frac{1}{2} b B_0 k e^{kt} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

### (3) 운동 기전력

두 평행도체와 두 평행도체 끝에 전압계가 있고 다른 끝에는 속도  $v \left[ \frac{m}{s} \right]$  로  $y$ 방향으로 미끌어져 움직이는 도체가 균일한 자속밀도  $\vec{B} = B_0 \vec{a}_z$ 에 노출되어 있을 때

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = B y d \text{ 이고 } V = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = B v d \text{ 가 됩니다}$$

$$V = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

## Chapter 9. 시간에 따라 변하는 전자계와 맥스웰 방정식

---

### (4) 유도 기전력

전체 유도 기전력은 시간에 따라 변하는 자계의 기전력과 운동 기전력을 합친 값이 됩니다

$$V = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s} + \oint (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l}$$

ex)  $\epsilon = 10^{-11} \left[ \frac{F}{m} \right]$ ,  $\mu = 10^{-5} \left[ \frac{H}{m} \right]$  이고 이 영역의  $\vec{B} = 2 \times 10^{-4} \cos(10^5 t) \sin(10^{-3} y) \vec{a}_x [T]$  이다.  $t = 1[\mu s]$  일 때  $x = 0$ ,  $0 < y < 40[m]$ ,  $0 < z < 2[m]$  인 면을 관통하는 자속과 그 때의 기전력을 구하시오