4. Ampere - Maxwell 법칙에 의해,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$ 이다.

이 때, $\varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$ 부분을 전류의 차원을 갖게 하기 위해

변위 전류라 하는 가상의 전류 i_d을 놓는다.

즉, $i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 i_d$$ 이다.

(a) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 i_d$ 이므로

$r \leq R$ (축전기 내부) 인 경우 반지름 r에서의 자기장 표현식은,

$$B = \left(\frac{\mu_0}{2\pi r}\right)\left(\frac{\pi r^2}{\pi R^2}\right) i_d$$

$$= \left(\frac{\mu_0}{2\pi R^2} i_d\right) r$$ 이다.

$$\boxed{B = \left(\frac{\mu_0 i_d}{2\pi R^2}\right) r}$$

(b) $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B \cos\theta \, ds$ 에서,

임의로 $\vec{B}$와 $d\vec{s}$의 방향이 모든 위치에서 같다고 가정하면,

$\theta = 0$, $\cos\theta = \cos 0° = 1$이 된다.

즉, $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint B \cos ds = B \oint ds = B(2\pi r)$ 이다.

따라서, $r \geq R$ (축전기 외부) 인 경우 축전기의 바깥쪽 거리 r인 곳에서의

자기장 표현식은,

$$B = \mu_0 i_d \times \left(\frac{1}{2\pi r}\right)$$

$$= \frac{\mu_0 i_d}{2\pi r}$$ 이다.

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i_d}{2\pi r}}$$