전자기학 공식 정리

◆ 스칼라곱 (dot product , 내적)

$\vec{A}\cdot\vec{B}=|A||B|\cos\Theta$

(벡터에서 각계산, A,B 수직조건 $\vec{A}\cdot\vec{B}=0$)

$\vec{A}\cdot\vec{B}=A_xB_x+A_yB_y+A_zB_Z$

◆ 벡터의 곱 (cross product , 외적)

$\vec{A}\times\vec{B}=|A||B|\sin\Theta$

$\longrightarrow +$

$i \quad j \quad k \quad i \quad j \quad k$

$- \longleftarrow$

$$\vec{A}\times\vec{B}=\begin{vmatrix} i & j & k \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_Z \end{vmatrix}$$

$=(A_yB_z-A_zB_y)i+(A_zB_x-A_xB_z)j+(A_xB_y-A_yB_x)k$

◆ 스칼라 함수의 기울기(gradint) ⇐ 경도 , 구배

grad $f=\nabla f=\frac{\partial f}{\partial x}i+\frac{\partial f}{\partial y}j+\frac{\partial f}{\partial z}k$

$\nabla=\frac{\partial}{\partial x}i+\frac{\partial}{\partial y}j+\frac{\partial}{\partial z}k$ ←(편미분함수)

◆ 벡터의발산(DIVERGENCE)

$div\vec{A}=\nabla\cdot\vec{A}=\frac{\partial A_x}{\partial x}+\frac{\partial A_y}{\partial y}+\frac{\partial A_z}{\partial z}$

◆ 벡터의 회전(ROTATION, CURL)

$$rot\vec{A}=Curl\vec{A}=\nabla\times\vec{A}=\begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix}$$

◆ LAPLACIAN (∇^2)

$div\ grad\ f=\nabla\cdot\nabla f=\nabla^2 f=\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$

◆ 발산정리(면적적분 ⇄ 체적적분)

$\int_s\vec{A}ds=\int_v div\vec{A}dv=\int_v\nabla\cdot\vec{A}dv$

◆ STOKES정리(선적분 ⇄ 면적적분)

$\int_l\vec{A}dl=\int_s rot\vec{A}ds=\int_s\nabla\times\vec{A}ds$

	전 계		자 계
전 하	Q [C]	자극	m [wb]
유전율	$\varepsilon=\varepsilon_0\varepsilon_s$[F/m] $\varepsilon_0=8.855\times10^{-12}$ [F/m]	투자율	$\mu=\mu_0\mu_s$[H/m] $\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ [H/m]
쿨롱의 법칙	$F=\frac{Q_1Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ [N]	쿨롱의 법칙	$F=\frac{m_1m_2}{4\pi\mu_0 r^2}$ [N]
전계의 세기	$E=\frac{F}{Q}$ [V/m] $=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$	자계의 세기	$H=\frac{F}{m}$ [AT/m] $=\frac{m}{4\pi\mu_0 r^2}$
전 위	$V=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ [V]	자위	$U=\frac{m}{4\pi\mu_0 r}$ [AT]
전 속 밀 도	$D=\varepsilon E$[C/m^2]	자 속 밀 도	$B=\mu H$[wb/m^2]

◆ 쿨롱의법칙(실험식) : 두 점전하간 작용력으로 힘은 항상 일직선상에 존재

◆ 전계의세기(E): 전계내의임의의점에 “단위정전하(+1[C])”를 놓았을때 이단위 정전하에 작용하는 힘

◆ 전위 $V=-\int_\infty^p Edl=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}=E\cdot r$ [V]

◆ 전기력선의성질

① 전기력선은 정전하에서 시작하여 부전하에서 끝난다.

② 전기력선은 전위가높은곳에서 낮은곳으로 향한다.

③ 전기력선은 그 자신만으로 폐곡선이 되지 않는다.

④ 전기력선은 도체표면에서 수직으로 출입한다.

⑤ 서로다른 두 전기력선은 교차하지 않는다

⑥ 전기력선밀도는 그 점의 전계의 세기와같다.

⑦ 전하가없는 곳에서는 전기력선이 존재하지 않는다.

⑧ 도체내부에서의 전기력선은 존재하지 않는다.

⑨ 단위 전하에서는 $\frac{1}{\varepsilon_0}$개의 전기력선이 출입한다.

◆ 전하의성질

① 전하는 “도체표면에만”존재한다.

② 도체 표면에서 전하는 (곡률이큰부분, 곡률 반경이작은 부분)에 집중한다.

◆ 등전위면 : 전위가 같은 점을 연결하여 얻어지는면

① 서로 다른 등전위면은 교차하지않는다.

② 등전위면과 전기력선(전계의세기)은 수직 교차한다.

◆ 전위경도(grad V)

grad V =∇V=-E

↳전위경도와 전계의세기는 크기같고 방향이 반대이다.

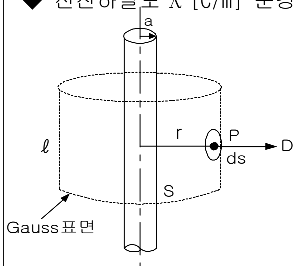
↳ 전위(V)주어진경우 전계의세기(E)계산식.

$E=-\nabla V=-\frac{\partial V}{\partial x}i-\frac{\partial V}{\partial y}j-\frac{\partial V}{\partial z}k$

◆ 가우스법칙(gauss law) ⇒ 임의의 폐곡면을 통하여 나오는 전기력선은 폐곡면내 전하총화의 $\frac{1}{\varepsilon_0}$배와 같다.

$\int_s E\ ds=\frac{Q}{\varepsilon_0}$ (전기력선수) $\int_s D\ ds=Q$ (전속선수)

◆ 선전하밀도 λ [C/m] 준경우



ⅰ) r >a (무한직선개념)

$E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ [V/m]

ⅱ) r = a

$E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 a}$

ⅲ) r<a(가정 有)

$E=\frac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 a^2}$

◆ 면전하밀도 σ[C/m^2] 준 경우

ⅰ) 무한평면도체

$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ [V/m]

ⅱ) (구)도체, 두개의(무한)평면도체

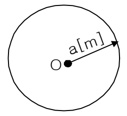
$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ [V/m]

※ 면전하밀도에 의한 전계의 세기는 **거리와 무관**하다

◆ 체적전하밀도 ρ[C/m^3] 준경우

↳ 반경 a [m]내부에 전하가 균일하게 분포된경우(가정)

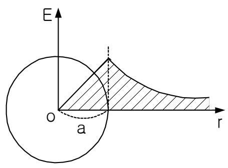
i) r >a (점전하개념)



$$E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

ii) r = a

$$E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$$



iii) r <a (가정有)

$$E=\frac{rQ}{4\pi\varepsilon_0 a^3}\ [V/m]$$

◆ 전기쌍극자

전위 $V=\frac{M\cos\Theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ [V]

전계 $E=\frac{M\sqrt{1+3\cos^2\Theta}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$ [V/m] $\propto \frac{1}{r^3}$

M = Q·δ [C·m]

↳ 전기 쌍극자 모우멘트

◆자기쌍극자

자위 $U=\frac{M\cos\Theta}{4\pi\mu_0 r^2}$ [AT]

자계 $H=\frac{M\sqrt{1+3\cos^2\Theta}}{4\pi\mu_0 r^3}$ [AT/m] $\propto \frac{1}{r^3}$

M = $m \cdot l$ [wb·m]

↳ 자기 쌍극자 모우멘트

※ 크기가같고 극성이다른 두 점전하가 아주 미소한 거리에 있는 상태를 전기쌍극자 상태라한다.

◆ POISSON 방정식

divE = $\nabla\cdot E=\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ →E가 주어진 경우 체적전하ρ[C/m³]계산식

divD = $\nabla\cdot D=\rho$ →D가 주어진 경우 체적전하ρ[C/m³]계산식

$\nabla^2 V=-\frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ← POISSON 방정식

↳전위가 주어진 경우 체적전하ρ[C/m³]계산식

◆ LAPLACE 방정식 (ρ = 0)

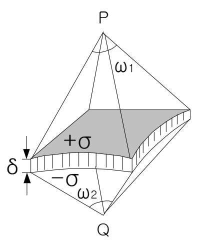
$\nabla^2 V=0$ ←LAPLACE 방정식

↳전하가 없는 곳에서 전위(V)계산식

◆ 도체표면에 단위면적당 작용하는힘(정전응력)

$$f_e=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2=\frac{1}{2}DE=\frac{D^2}{2\varepsilon_0}\ [N/m^2]=w_e[J/m^3]$$

◆ 전기이중층



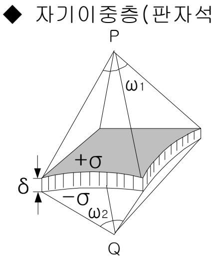
P점의 전위 $V_P=\frac{M}{4\pi\varepsilon_0}\omega_1$

Q점의 전위 $V_Q=\frac{-M}{4\pi\varepsilon_0}\omega_2$

P, Q점의 전위차 $V_{PQ}=\frac{M}{\varepsilon_0}$

M = σδ[wb/m]←이중층세기

◆ 자기이중층(판자석)



P점의 자위 $U_P=\frac{M}{4\pi\mu_0}\omega_1$ [AT]

Q점의 자위 $U_Q=\frac{-M}{4\pi\mu_0}\omega_2$ [AT]

P,Q점의자위차 $U_{PQ}=\frac{M}{\mu_0}$

M = σδ[wb/m]←판자석세기

◆전계의 세기가 0 되는점: 크기가 같고 방향이 반대

▶두전하의 극성이 같으면: 두전하 사이에 존재

▶두전하의 극성이 다르면: 크기가 작은측의 외측에 존재

◆ 전기력선의 방정식 $\frac{dx}{E_x}=\frac{dy}{E_y}=\frac{dz}{E_z}$

$V=x^2+y^2$ V 와 E 가 + 이면 $\frac{x}{y}=c$ 형태

$E=E_x i+E_y j$ - 이면 $xy=c$ 형태

좌표가 있으면 대입하여 성립하면 답

◆ 전위계수

$$V_1=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r}=P_{11}Q_1+P_{12}Q_2$$

$$V_2=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}=P_{21}Q_1+P_{22}Q_2$$

※ 전위계수 성질

① P_{rr} (ex P_{11}, P_{22}, P_{33} · · · · ·) ≧ 0

② P_{rs} (ex P_{12}, P_{23}, P_{34} · · · · ·) ≧ 0

③ $P_{rs}=P_{sr}$ ($P_{12}=P_{21}$)

④ $P_{rr}=P_{sr}$ ($P_{11}=P_{21}$)

↳ s 도체가 r 도체 내부에 있다.

◆ 용량계수 및 유도계수

$Q_1=q_{11}V_1+q_{12}V_2$

$Q_2=q_{21}V_1+q_{22}V_2$

※ 용량계수 : q_{rr} (q_{11}, q_{22}, q_{33} · · · · ·) ≧ 0

※ 유도계수 : q_{rs} (q_{12}, q_{23}, q_{34} · · · · ·) ≦ 0

Q = CV $C=\frac{Q}{V}$[F] = [C/V]

↳ 정전용량 (Capacitance) [F]

◆ 각종 콘덴서의 정전용량

1) 반지름 a[m]인 고립도체구 $C=\frac{Q}{V}=4\pi\varepsilon_0 a$[F]

2) 동심구 콘덴서←중심이 같은 두개의구

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{4\pi\varepsilon_0}{\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)}=\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}[F]$$

3) 평행판 콘덴서

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{\varepsilon_0\cdot S}{d}[F]$$

4) 두개의 평행도선 (선간 정전용량)

$C=\frac{\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{d}{r}}\,l[F]=\frac{\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{d}{r}}[F/m]$←단위 길이당 정전용량

5) 동축원통 콘덴서

$C=\frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{b}{a}}\,l[F]=\frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{b}{a}}[F/m]$ ←단위 길이당 정전용량

◆ 콘덴서에 축적되는 에너지 (정전에너지)

$$W=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}QV=\frac{Q^2}{2C}[J]$$

↳ V일정 ↳ Q일정 { 전압으로 충전한다음 전원을 제거한후 }

◆ 판간 작용력 (흡인력)

▸ 정전응력 (f_e [N/m²])

$F = f_e \times S$ [N]

$F = \frac{W}{d}$ [N]

$\cdot V$일정 : $F = \frac{\frac{1}{2} C V^2}{d} \propto C$

$\cdot Q$일정 : $F = \frac{\frac{Q^2}{2C}}{d} \propto \frac{1}{C}$

◆중화현상 ⇒ $\left\{ \begin{array}{l} \text{두구를접속} \\ \text{가느다란도선으로연결} \end{array} \right\}$

▸옮겨간전하량 $Q' = \frac{C_2 Q_1 - C_1 Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}(V_1 - V_2)$

▸ 공통전위 $V = \frac{\sum rv}{\sum r}$

	전 계	자 계
경계 조건	$E_1 \sin\Theta_1 = E_2 \sin\Theta_2$ $D_1 \cos\Theta_1 = D_2 \cos\Theta_2$ $\frac{\tan\Theta_1}{\tan\Theta_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$	$H_1 \sin\Theta_1 = H_2 \sin\Theta_2$ $B_1 \cos\Theta_1 = B_2 \cos\Theta_2$ $\frac{\tan\Theta_1}{\tan\Theta_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
정전 응력	$f_e = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 = \frac{1}{2}DE = \frac{D^2}{2\varepsilon}$ $= W_e [\mathrm{J/m^3}]$	$f_m = \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{2}BH = \frac{B^2}{2\mu}$ $= W_m [\mathrm{J/m^3}]$
분극 세기 및 자화 세기	$P = x_e E = \varepsilon_0(\varepsilon_s - 1)E$ [C/m²] $D = P + \varepsilon_0 E$	$J = x_m H = \mu_0(\mu_s - 1)H$ [wb/m²] $B = J + \mu_0 H$

◆ 경계면에 작용하는힘(MAXWELL응력)

▸ 전계및 전속밀도가 경계면에 수직 입사하면(인장응력)

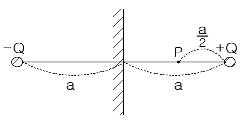
$$f_e = f_{e2} - f_{e1} = \frac{1}{2}(\varepsilon_2 E_2^2 - \varepsilon_1 E_1^2)$$
$$= \frac{1}{2}(E_2 - E_1)D^2$$
$$= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{1}{\varepsilon_1}\right)D^2 [\mathrm{N/m^2}]$$

▸ 전계및 전속밀도가 경계면에 평행입사하면(압축응력)

$$f_e = f_{e1} - f_{e2} = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)E^2$$
$$= \frac{1}{2}(D_1 - D_2)E$$

※ 경계면에 작용하는 맥스웰응력은 유전율이 큰쪽에서 작은쪽으로 작용한다

◆ 무한평면도체와 점전하(가정)



1) 무한평면도체와 점전하간 작용력

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q(-Q)}{4\pi\varepsilon_0 (2a)^2} = -\frac{Q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2} \text{ [N] (흡입력)}$$

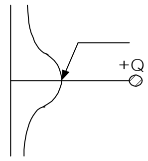
2) P점의전위

$$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \frac{a}{2}} + \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0 \frac{3a}{2}} = \frac{Q}{3\pi\varepsilon_0 a} \text{ [V]}$$

3) P점의전계세기

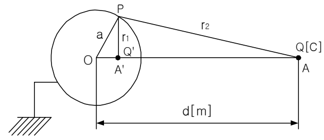
$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{a}{2}\right)^2} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{3a}{2}\right)^2} = \frac{10 Q}{9\pi\varepsilon_0 a^2} \text{ [V/m]}$$

4) 무한평면 도체에유기되는 최대면전하밀도



$\sigma_m = -\frac{Q}{2\pi a^2}$

◆ 접지구도체와 점전하(가정)



1) 접지구도체와 점전하간 작용력

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q\left(-\frac{a}{d}Q\right)}{4\pi\varepsilon_0\left(d - \frac{a^2}{d}\right)^2} = -\frac{a d Q^2}{4\pi\varepsilon_0(d^2 - a^2)^2} \text{ [N](흡입력)}$$

◆ 영상전하갯수 $n = \frac{360}{\Theta} - 1$개

◆ 전류의정의 $I = \frac{Q}{t}$ [C/sec] = [A]

◆ 전류밀도(J) J = $\frac{I}{S}$ = KE ←옴의법칙

↳도전율(= $\frac{1}{\text{고유저항}}$)

$R_e = \rho \frac{l}{S}$ [Ω]

↳고유저항 [Ω · m]

◆ 저항과 정전용량관계 $RC = \rho\varepsilon$

◆ 정상전류,키르히호프 제1법칙 ⇒ divj= $\nabla \cdot J = 0$

◆ GAUSS법칙

전계

$\int_s E ds = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ (전기력선수)

$\int_s D ds = Q$ (전속선수)

자계

$\int_s H ds = \frac{m}{\mu_0}$ (자력선수)

$\int_s B ds = m$(자속선수)

$\nabla \cdot B = 0$←고립된 자극은 존재하지 않는다

◆ Bio - Savart 법칙 (전류와 자계관계)

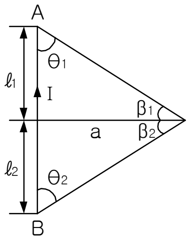
$dH = \frac{I dl \sin\Theta}{4\pi r^2}$ [AT/m]

◆ 반지름이 a [m]인 원형코일 중심의자계 $H = \frac{NI}{2a}$ [AT/m]

◆ 원형코일 중심축상의자계

$$H = \frac{I a^2}{2(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \text{ [AT/m]} \left\{ \begin{array}{l} x = 0 \text{ 을대입하여 } \frac{I}{2a} \text{ 나오면답} \\ a\text{와}x\text{를 } \frac{1}{2} \text{ 배하면}H\text{는2배} \end{array} \right\}$$

◆ 유한직선 전류에의한 자계



$$H=\frac{I}{4\pi a}(\cos\theta_1+\cos\theta_2)=\frac{I}{4\pi a}(\sin\beta_1+\sin\beta_2)$$

a. 정삼각형 중심의자계 $H=\frac{9I}{2\pi l}$ [AT/m]

b. 정사각형 중심의자계 $H=\frac{2\sqrt{2}I}{\pi l}$ [AT/m]

c. 정육각형중심의자계 $H=\frac{\sqrt{3}I}{\pi l}$ [AT/m]

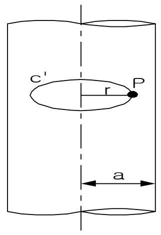
d. 정 n 각형 중심의자계 $H=\frac{nI}{2\pi a}\tan\frac{\pi}{n}$ [AT/m] (a는 반지름)

◆ Amper 주회적분법칙 (전류와 자계관계) $\oint H dl=\Sigma I$

1). 무한장 직선전류에 의한자계 $H=\frac{I}{2\pi r}$ [AT/m]

2). 무한장 원통형 도체에흐르는 전류에의한자계

(반경 a [m]인 원통형 도체내부에 전류가균일하게 분포된경우)



ⅰ) r > a (무한직선에의한자계)

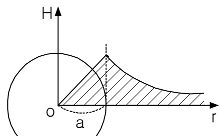
$H=\frac{I}{2\pi r}$ [AT/m]

ⅱ) r = a

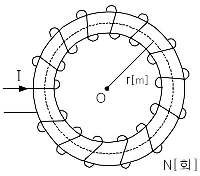
$H=\frac{I}{2\pi a}$

ⅲ) r < a (가정有)

$H=\frac{rI}{2\pi a^2}$ [AT/m]



3). 환상솔레노이드에 의한자계



ⅰ) 솔레노이드 내부자계

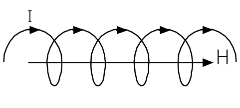
$H=\frac{NI}{2\pi r}$ [AT/m]

{내부는 평등자장이다,
누설자속이없다,}

ⅱ) 솔레노이드 외부자계

H=0

4). 무한장 직선 솔레노이드



ⅰ) 솔레노이드 내부자계

H=nI [AT/m]

↳단위길이당 권수[T/m]

{내부는 평등자장이다,
누설자속이없다,}

ⅱ) 솔레노이드 외부자계

H=0

◆ 자계내에서 자석이 받는회전력(토오크 T)

$T=Fl\sin\theta=m\,lH\sin\theta=MH\sin\theta$ [N·m]

M=m·l [wb·m]←자기쌍극자 모우멘트

벡터로표기 $\vec{T}=M\times H$ [N·m]

◆ 자계내에서 코일의 회전력 $T=NBIS\cos\theta$ [N·m]

◆ 플레밍왼손법칙←전동기원리

⇒ 자계 내에서 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘

$F=IB\,l\sin\theta=qvB\sin\theta$ [N]

$\vec{F}=(I\times B)\,l=q(v\times B)$ [N]

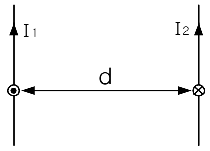
◆ 플레밍 오른손법칙 (발전기원리)

↳자계내에서 도선을왕복 운동시키면 도선에 기전력이 유기된다

$e=vB\,l\sin\theta$ [V]

$\vec{e}=(v\times B)\,l$ [V]

◆ 두개의 평행도선간 작용력



$F_1=F_2=\frac{2I_1I_2}{d}\mu_s\times10^{-7}$ [N/m]

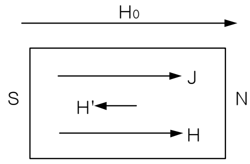
※두 전류의 방향이 같으면 : 흡인력

두 전류의 방향이 반대면 : 반발력

◆ 자화의세기

$J=\frac{m}{S}=\frac{m\cdot l}{S\cdot l}=\frac{M}{V}=x_mH=\mu_0(\mu_s-1)H$ [wb/m²]

◆ 상자성체 자계 세기

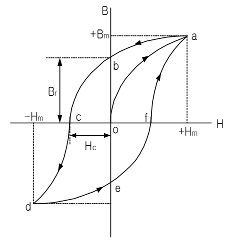


$$H=\frac{H_0}{1+N(\mu_s-1)}$$

H_0 : 외부자계 H' : 감자력 $\left(H'=\frac{N}{\mu_0}J\right)$

N : 감자율 H : 내부자계

◆ 히스테리시스곡선 (B-H곡선)



영구자석 : B_r 大 , H_C 大

(철 , 텅스텐 , 코발트)

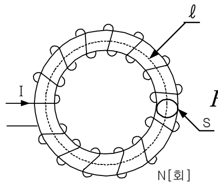
전자석 : B_r 大 , H_C 小

히스테리시스손

$P_h=fv\eta B_m^{1.6}$ [W]

◆ 자기회로

1). 환상솔레노이드(공극이 없는 솔레노이드)



$F=NI=\frac{l}{\mu S}\cdot\phi=R_m\cdot\phi$←자기회로 옴법칙

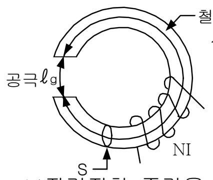
$R_m=\frac{l}{\mu S}$ [AT/wb]←자기저항

V = R_e · I ←전기회로 옴법칙

↓ ↓ ↓

NI = R_m· φ ←자기회로 옴법칙

2).공극(Air gap)이 있는 환상솔레노이드 자기저항 ($l \gg l_g$)



$R_m=R_{m1}+R_{m2}=\frac{l}{\mu S}+\frac{l_g}{\mu_0 S}$ [AT/wb]

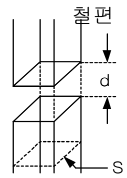
※자기저항 증가율 = $\dfrac{\frac{l+\mu_s l_g}{\mu S}}{\frac{l}{\mu S}}=1+\frac{l_g}{l}\mu_s$ 배

◆ 전자석의 흡입력

$F=f_m\cdot S=\frac{B^2}{2\mu_0}\cdot S$ [N] $\propto B^2$

ex)

$F=f_m\cdot 2S=\frac{B^2}{2\mu_0}\cdot 2S=\frac{B^2}{\mu_0}\cdot S$ [N]



$F=f_m\cdot S=\frac{B^2}{2\mu_0}\cdot S$ [N]

◆ Faraday 법칙 ⇒ 유기기전력 계산

$$e=-\frac{d\Phi}{dt}=-N\frac{d\Phi}{dt}=-L\frac{di}{dt}$$ L I = Nϕ

$$L=\frac{N\Phi}{I}\left(F=NI=R_m\cdot\Phi=\frac{1}{\mu S}\Phi\right)$$

$$L=\frac{\mu SN^2}{l}\propto N^2$$

◆ 표피효과 ⇒ 도선에 교류전류가흐르면 전류는 도선바깥쪽으로 흐르려는성질

▸ 표피깊이

$$\delta=\sqrt{\frac{2}{\omega\cdot\sigma\cdot\mu}}=\sqrt{\frac{1}{\pi f\sigma\mu}}\,[m]$$

※ ω , μ , σ가 大 →표피깊이 小 →표피효과 大

◆ 두 개의 평행 왕복도체 $L=\frac{\mu_0}{\pi}\ln\frac{d}{a}+\frac{\mu}{4\pi}$ [H/m]

◆ 동축 케이블 $L=\frac{\mu_0}{2\pi}\ln\frac{b}{a}+\frac{\mu}{8\pi}$ [H/m]

◆ 상호 인덕턴스 계산예

① $M=\frac{N_2}{N_1}L_1$

② $M=K\sqrt{L_1L_2}$

◆ 변위전류(Displacement Current) →유전체에 흐르는전류

$$I=\frac{\partial Q}{\partial t}=\frac{\partial(S\sigma)}{\partial t}=\frac{\partial D}{\partial t}S$$

$$J_d=\frac{I_d}{S}=\frac{\partial D}{\partial t}\ [A/m^2]$$

↳변위전류밀도

◆ MAXWELL 방정식

1).Faraday 법칙→유기기전력 ($e=-\frac{d\Phi}{dt}$)

$$\mathrm{rot}E=\nabla\times E=-\frac{\partial B}{\partial t}$$

2). Ampere주회적분법칙→전류와자계관계, $\oint Hdl=\Sigma I$

$$\mathrm{rot}H=\nabla\times H=J_C+\frac{\partial D}{\partial t}$$

3). GAUSS 법칙

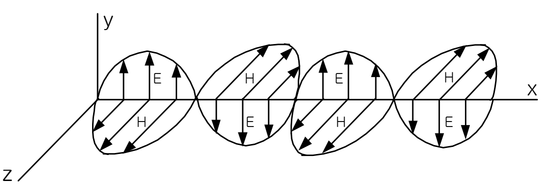
ⅰ) 전계 가우스법칙

divD = $\nabla\cdot D=\rho$

ⅱ) 자계 가우스법칙

divB = $\nabla\cdot B=0$→고립된자극은 존재하지않는다 자속은 분리할수 없다.

◆ 평면 전자파 →전계와 자계가 동시에 존재하는공간



1). 전계와 자계는 항시 90° 방향으로 진행하되 전계가 90° 앞선다.

2). 진공(공기)인경우

ⅰ) 전파속도 $V=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=3\times10^8$[m/sec]

ⅱ) 파 장 $\lambda=\frac{V}{f}=\frac{3\times10^8}{f}$[m]

ⅲ) 고유(특성)임피던스 $Z_0=\frac{E}{H}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\fallingdotseq377$[Ω]

3). 매질(ε, μ)중인경우

ⅰ) 전파속도 $V=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=\frac{3\times10^8}{\sqrt{\varepsilon_s\mu_s}}$[m/sec]

ⅱ) 파 장 $\lambda=\frac{V}{f}=\frac{3\times10^8}{f\sqrt{\varepsilon_s\mu_s}}$[m]

ⅲ) 고유(특성)임피던스 $Z=\frac{E}{H}=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}=377\sqrt{\frac{\mu_s}{\varepsilon_s}}$[Ω]

◆ 포인팅벡터→단위시간에 진행방향과 직각인 단위면적을 통과하는 에너지

$$P=\frac{W}{S}=E\cdot H\ [W/m^2]$$

$$\vec{P}=E\times H\ [W/m^2]$$