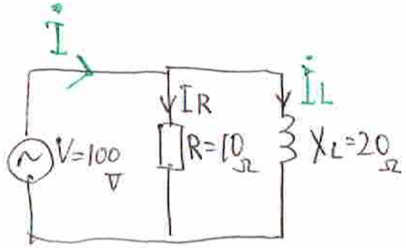
電気理論

修正2 '11.8.22 PM
'11.7.21
片山昌作
片山安心コンサルタント
0763-58-5258

目次

解答方法のレベル分け
・ビギナー
・ノーマル
・ベター
・ベスト

1 ①-1



$\dot{I}$ はいくらか？

$\boxed{\text{ノーマル}}$

$$\dot{Z} = \frac{R \cdot X_L}{R + X_L} = \frac{10 \times j20}{10 + j20} = \frac{j200(10 - j20)}{(10 + j20)(10 - j20)}$$

$$= \frac{j2000 + 4000}{100 + 400} = 8 + j4 \ [\Omega]$$

$$\dot{I} = \frac{V}{\dot{Z}} = \frac{100}{8 + j4} = \frac{100(8 - j4)}{(8 + j4)(8 - j4)} = \frac{800 - j400}{64 + 16}$$

$$= 10 - j5 \ [A]$$

$\boxed{\text{ベスト}}$

$$\dot{I} = \frac{V}{\dot{Z}} = \frac{100}{\dfrac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{X_L}}} = \frac{100}{\dfrac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{j20}}} = 100\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{j20}\right)$$

$$= \frac{100}{10} - j\frac{100}{20} = 10 - j5 \ [A]$$

$\boxed{\text{ビギナ}}$

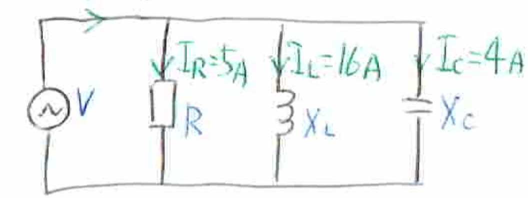
$$\dot{I}_R = \frac{V}{R} = \frac{100}{10} = 10 \ [A]$$

$$\dot{I}_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{j20} = -j5 \ [A]$$

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L = 10 - j5 \ [A]$$

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{j20}} = \frac{1}{0.1 - j0.05} = \frac{0.1 + j0.05}{0.1^2 + 0.05^2} = \frac{0.1 + j0.05}{0.0125} = 8 + j4 \ [\Omega]$$

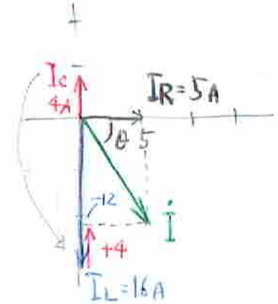
1 ①-2



$|\dot{I}|$ はいくらか?

解答 ノーマル

ベクトル図



$$\dot{I} = 5 + (-j16 + j4)$$
$$= 5 - j12 \ [A]$$
$$|\dot{I}| = |5 - j12| = \sqrt{5^2 + 12^2}$$
$$= \sqrt{25+144}$$
$$= \sqrt{169} = 13 \ [A]$$

追加

$\dot{I}$の位相角 $\theta = \tan^{-1}\dfrac{I_{X分}}{I_{R分}} = \tan^{-1}\dfrac{-12}{5} = \tan^{-1}-2.4$

$= -67.5°$

$\dot{I} = 13\angle -67.5°$

$\angle 0°$ は角度表示

$\angle 0$ は ラジアン表示

$\angle \frac{\pi}{2} = \angle 90°$

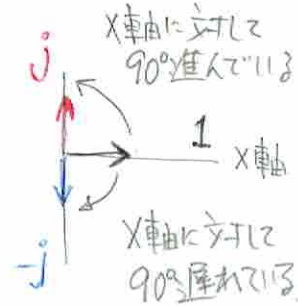
解説

I_C は進み電流$(+j)$になるのか?

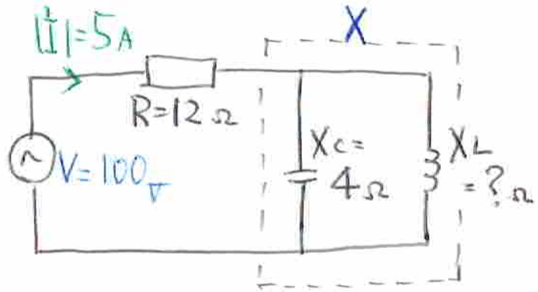
$$\dot{I}_C = \frac{V}{X_C} = \frac{V}{\frac{1}{j\omega C}} = jV\omega C$$

I_L は遅れ電流$(-j)$になるのか?

$$\dot{I}_L = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{j\omega L} = -j\frac{V}{\omega L}$$



1 ①-3



X_Lの値はいくらか？

ノーマル

インピーダンス$\dot{Z}$を求め、X分よりX_Lを求める。

$Z=\dfrac{V}{|\dot{I}|}=\dfrac{100}{5}=20\,[\Omega]$　　$Z=|R\pm jX|=\sqrt{R^2+X^2}$

$X=\sqrt{Z^2-R^2}=\sqrt{20^2-12^2}=\sqrt{400-144}=\sqrt{256}=16\,[\Omega]$

$X=\dfrac{1}{\frac{1}{X_L}+\frac{1}{X_C}}=\dfrac{1}{\frac{1}{j\omega L}+\frac{1}{\frac{1}{j\omega C}}}=\dfrac{1}{-j\frac{1}{\omega L}+j\omega C}=\dfrac{1}{-\frac{1}{X_L}+\frac{1}{X_C}}$ ……①

$\dot{Z}=12+j16$ と $\dot{Z}=12-j16$ が考えられる。

①のXより

$j16=\dfrac{1}{-\frac{1}{X_L}+\frac{1}{4}}$　　　$-j16=\dfrac{1}{-\frac{1}{X_L}+\frac{1}{4}}$

$16\left(-\frac{1}{X_L}+\frac{1}{4}\right)=1$　　　$-16\left(-\frac{1}{X_L}+\frac{1}{4}\right)=1$

$-\dfrac{16}{X_L}+\dfrac{\cancel{16}^{4}}{\cancel{4}_{1}}=1$　　　$\dfrac{16}{X_L}-\dfrac{\cancel{16}^{4}}{\cancel{4}_{1}}=1$

$-1\times\left(-\dfrac{16}{X_L}\right)=(1-4)\times-1$　　　$\dfrac{16}{X_L}=1+4$

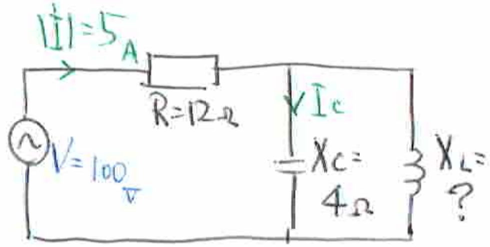
$X_L=+\dfrac{16}{3}=5.333\,[\Omega]$　　　$X_L=\dfrac{16}{5}=3.2\,[\Omega]$

$X=\dfrac{1}{\frac{1}{X_L}+\frac{1}{X_C}}$ ⇨ $\dfrac{1}{X}=\dfrac{1}{X_L}+\dfrac{1}{X_C}$ ⇨ $\dfrac{1}{X_L}=\dfrac{1}{X}-\dfrac{1}{X_C}$

⇩

$X_L=\dfrac{1}{\frac{1}{X}-\frac{1}{X_C}}$

1 ①-3



XLの値はいくらか?

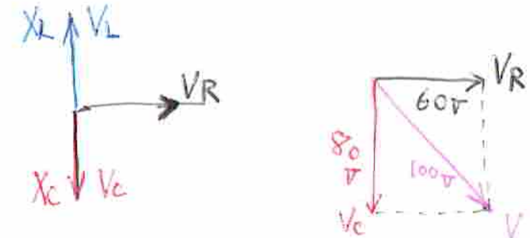
ベクター

電流ベクトルからXLを計算する方法

Rの両端電圧 $V_R = IR = 5 \times 12 = 60$ [V]

Xcの両端電圧 $V_c = \sqrt{100^2 - 60^2} = \sqrt{10000 - 3600} = \sqrt{6400}$
$= 80$ [V]

Vcはリアクタンス分で
VRに対してベクトルが
発生する。



Xcに流れる電流 $I_c = \frac{V_c}{X_c} = \frac{80}{-j\frac{1}{\omega C}} = \frac{80}{-j4} = j20$ [A]

$\dot{I} = I_c + I_L$ つまり、XcとXLの合成電流Iは5 [A]になる。

$I_c + I_L = \pm 5$ [A]

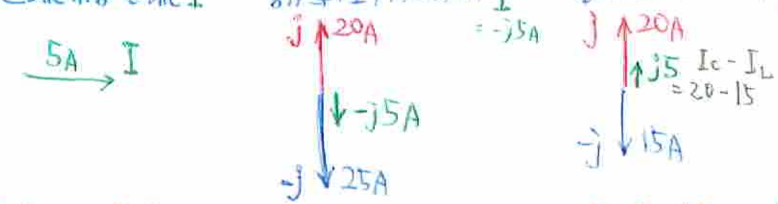
$5 = 20 + I_L$
$I_L = 5 - 20 = -15$
$= -j15$ [A]

$-5 = 20 + I_L$
$I_L = -5 - 20 = -25$
$= -j25$ [A]

$X_L = \frac{|V_c|}{I_L} = \frac{80}{-j15}$ 又は $-j25$ になる

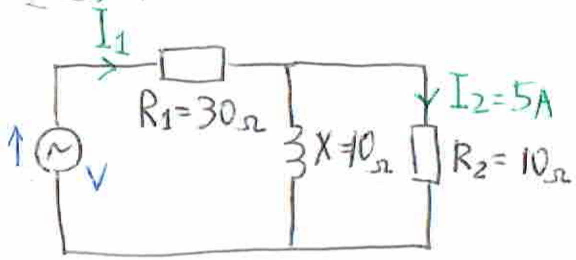
$X_L = \frac{|V_c|}{I_L} = \frac{80}{-j15} = 5.333$ [Ω]　$X_L = \frac{80}{-j25} = 3.2$ [Ω]

Rを流れる電流I　誘導性リアクタンス時のI = -j5A　容量性リアクタンス時のI = j5A



電流は負荷によってベクトルが変るが、絶対値は同じ。

1②-1



(a) $\dot{I}_1$の値はいくらか?

$\dot{I}_2$を基準ベクトルとしてR分とX分で表せ。

(b) 電源電圧Vの大きさを求めよ。(スカラ量)

$\boxed{\text{ベスト}}$

(a) R_2の両端電圧V_2を求め、Xに流れる電流I_XとI_2の合成が$\dot{I}_1$となる。

$$V_2 = I_2 R_2 = 5 \times 10 = 50 \,[V]$$

$$I_X = \frac{V_2}{X} = \frac{V_2}{j\omega L} = -j\frac{50}{10} = -j5 \,[A]$$

誘導リアクタンスは遅れ電流になるので$-j5$ [A]となる。

$$\dot{I}_1 = I_2 + I_X = 5 - j5 \,[A]$$

$\boxed{\text{ベスト}}$

(b) R_1の両端電圧V_1を求め R_2の電圧と合成すると電源電圧となる。

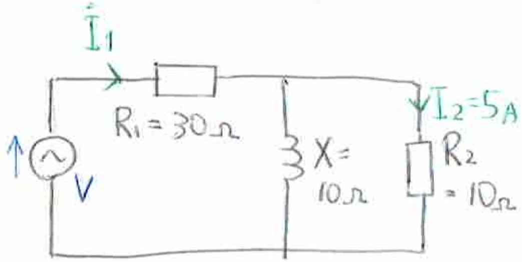
$$\dot{V}_1 = \dot{I}_1 R_1 = (5-j5) \times 30 = 150 - j150 \,[V]$$

$$\dot{V} = \underbrace{\dot{V}_1}_{R分+X分} + \underbrace{V_2}_{R分} = \overset{R分}{150} - j\overset{X分}{150} + \overset{R分}{50} = 200 - j150 \,[V]$$

$$|\dot{V}| = |200 - j150| = \sqrt{200^2 + 150^2} = \sqrt{40000 + 22500} = \sqrt{62500}$$
$$= 250 \,[V]$$

大きさ

1②-1



(b) 電源電圧Vの大きさをもとめよ。(スカラ量)

ノーマル

(b) 合成電流$\dot{I}_1$と合成インピーダンスから電源電圧Vを求める。

$$\dot{Z}=R_1+\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{X}}=30+\frac{1}{\frac{1}{10}+\frac{1}{j10}}=30+\frac{1}{0.1-j0.1}$$

$$=30+\frac{0.1+j0.1}{(0.1-j0.1)(0.1+j0.1)}=30+\frac{0.1+j0.1}{0.1^2+0.1^2}$$

$$=30+\frac{0.1}{0.02}+j\frac{0.1}{0.02}=30+5+j5$$

$$=35+j5\ [\Omega]$$

$$\dot{V}=\dot{I}_1\dot{Z}=(5-j5)(35+j5)=175+j25-j175+25$$

$$=200-j150\ [V]$$

$$|\dot{V}|=|200-j150|=\sqrt{200^2+150^2}=\sqrt{40000+22500}=\sqrt{62500}$$

$$=250\ [V]$$

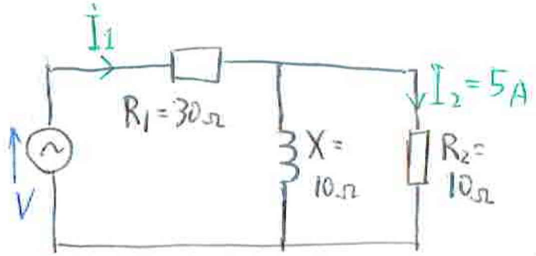
ビギナ　電流とインピーダンスを絶対値に直して計算する。

$$|\dot{I}_1|=|5-j5|=\sqrt{5^2+5^2}=\sqrt{50}=7.071$$

$$|\dot{Z}|=|35+j5|=\sqrt{35^2+5^2}=\sqrt{1225+25}=\sqrt{1250}=35.355$$

$$|\dot{V}|=|\dot{I}_1|\times|\dot{Z}|=7.071\times35.355=249.997\ [V]$$

1②-1



(b) 電源電圧Vの大きさ を求める。
(スカラ量)

ノーマル

電流 I_1 と インピーダンス Z から電源電圧 V を求める

$$V = \dot{I}_1 \dot{Z} = \dot{I}_1 (R + \dot{Z}_2) = \dot{I}_1 \left(R + \frac{R_2 X}{R_2 + X} \right)$$

$$Z_2 = \frac{R_2 X}{R_2 + X} = \frac{R_2 j\omega L}{R_2 + j\omega L} = \frac{10 \times j10}{10 + j10} = \frac{j100(10 - j10)}{(10 + j10)(10 - j10)}$$

$$= \frac{j1000 - j^2 1000}{10^2 + 10^2} = \frac{j1000 + 1000}{200} = j5 + 5 \ [\Omega]$$

$$\dot{V} = \dot{I}_1 \dot{Z} = (5 - j5)(30 + 5 + j5) = (5 - j5)(35 + j5)$$

$$= 175 + j25 - j175 \underbrace{- j^2 25}_{+25} = 200 - j150 \ [V]$$

$$|\dot{V}| = |200 - j150| = \sqrt{200^2 + 150^2} = \sqrt{40000 + 22500} = \sqrt{62500}$$

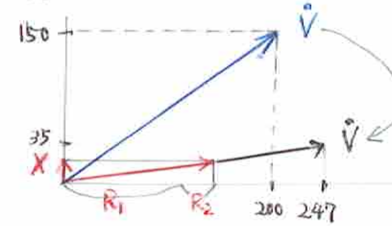
$$= 250 \ [V]$$

$\dot{V} = 250 \angle -37° \ [V]$　　$\theta = \tan^{-1} \frac{V_X}{V_R} = \tan^{-1} \frac{-150}{200} = -36.87°$

∠θの角度は°を付ける。$\angle \frac{\pi}{2}$ ラジアン表示では"°"は不要です。

$\dot{I} = 7.07 \angle -45° \ [A]$

$\dot{Z} = 35.355 \angle 8° \ [\Omega]$　　$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{5}{35} = \tan^{-1} 0.142 = 8.13°$



$\dot{V} = |\dot{I}_1| \dot{Z} = 7.07 \times (35 + j5) = 247.45 + j35.25$

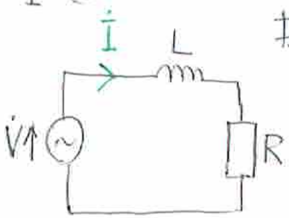
$\dot{V}$のベクトルは$\dot{Z}$ベクトルと同じになる。

$\dot{V} = \dot{I}_1 \dot{Z}$ になるとベクトルが加算される。

∠-45°と∠8で∠-37°となる。

※1ラジアン $= \frac{360°}{2\pi} = \frac{180°}{3.1416} = 57.2956°$

1 ③



抵抗Rが消費する電力P[W]と、回路の力率 $\cos\phi$ の値はいくらか？

$\dot{V} = 3 + j4$ [V]

$\dot{I} = 4 + j3$ [A]

電力Pは皮相電力Sの有効分なので、実部となる。

$$S = P + Q = \bar{\dot{V}} \times \dot{I} = (3 - j4)(4 + j3)$$

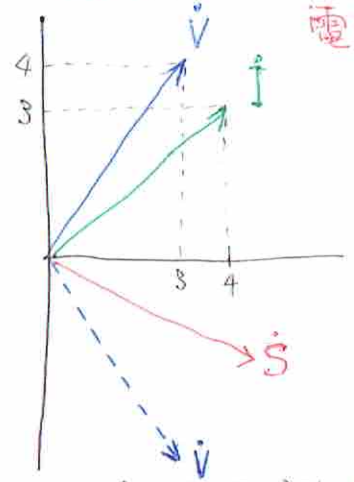
$$= 12 + j9 - j16 + 12$$

$$= \underbrace{24}_{\text{実部}} \underbrace{-j7}_{\text{虚部}} \text{ [VA]}$$

$\therefore P = 24$ [W]

$$\cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{24}{|24 - j7|} = \frac{24}{\sqrt{24^2 + 7^2}} = \frac{24}{\sqrt{625}} = \frac{24}{25} = 0.96$$

電力は、電圧・電流が共にベクトルで表せれる時、電流を基準とし、電圧を共役する。



$\dot{V} = 3 + j4 = 5\angle 53.13°$

$\dot{I} = 4 + j3 = 5\angle 36.87°$

単純に乗算すると　角度が加算される

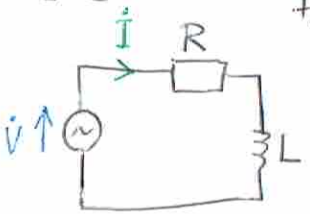
$\dot{V}\dot{I} = 5 \times 5 \angle 53.13 + 36.87 = 25\angle 90°$ ✕

電圧を共役すると、

$\bar{\dot{V}}\dot{I} = 5 \times 5 \angle -53.13 + 36.87 = 25\angle -16.26°$

参考　電流が電圧に対して遅れの場合を無効電力の正と定義する。

1 ③



抵抗Rが消費する電力 P[W] と回路の力率 $\cos\phi$ の値はいくらか？

$\dot{V} = 3 + j4$ [V]

$\dot{I} = 4 + j3$ [A]

$$S = P + Q = \dot{V} \times \bar{\dot{I}} = (3+j4)(4-j3)$$

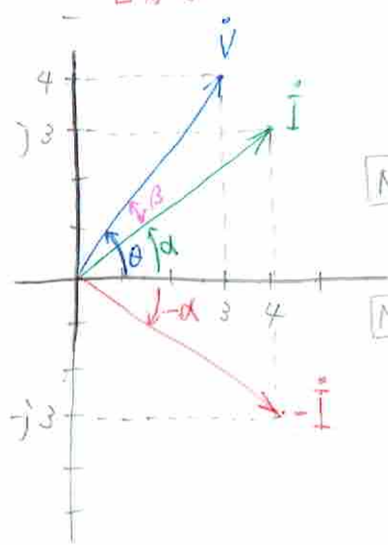
$$= 12 - j9 + j16 + 12$$

$$= 24 + j7 \quad [\mathrm{VA}]$$

$\therefore P = 24$ [W]

$$\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{24}{|24+j7|} = \frac{24}{\sqrt{24^2+7^2}} = \frac{24}{\sqrt{625}} = \frac{24}{25} = 0.96$$

電力は $\dot{V}$ と $\dot{I}$ を乗算する時、電流を~~逆位相~~にする。 基準にして、電圧を共役



$\dot{V} = 3 + j4 = 5\angle 53.13°$

$\dot{I} = 4 + j3 = 5\angle 36.87°$

$\boxed{NG}$ $\dot{V}\dot{I} = 5 \times 5\angle 53.13° + 36.87°$

$= 25\angle 90°$ --- ⚠

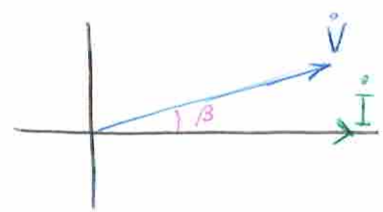
$\boxed{NG}$ $S = 24 + j25 = 34.65\angle 46.17°$ --- ⚠

$(3+j4)(4+j3)$

○ $\bar{\dot{V}} = 3 - j4 = 5\angle -53.13°$

× $\dot{V} = 3 + j4 = 5\angle \cancel{53.13°}$

× $\bar{\dot{I}} = 4 - j3 = 5\angle \cancel{36.87°}$



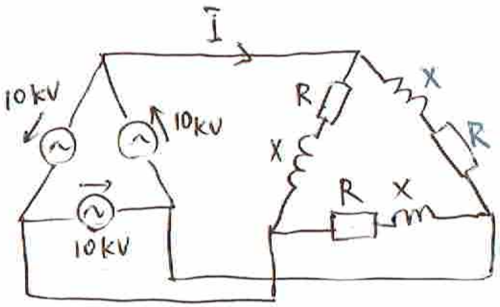
$\boxed{NG}$ $\dot{V}\bar{\dot{I}} = 5 \times 5\angle 53.13° - 36.87°$

$= 25\angle \cancel{16.26°}$

$\boxed{OK}$ $\bar{\dot{V}}\dot{I} = 5 \times 5\angle -53.13° + 36.87° = 25\angle -16.26°$

$\boxed{参考}$ 電流が電圧に対して遅れる場合の無効電力を正と定義します。

2 ①



三相負荷の全消費電力が200[kW], 線電流Iのスカラ量が20[A]の時、RとX[Ω]の値は?

$$Z = \frac{E}{I/\sqrt{3}} = \frac{10\times10^3}{20/\sqrt{3}} = 500\sqrt{3}\ [\Omega]$$

$$S = 3EI/\sqrt{3} = 3\times 10\times10^3 \times 20/\sqrt{3} = 346.4\,[kW]$$

$$\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{200\times10^3}{346.4\times10^3} = 0.577 \qquad \theta \fallingdotseq 55°$$

$$R = \underset{Z\cos\theta}{500\sqrt{3}\times 0.577} = 499.682\,[\Omega] \Rightarrow 500\,[\Omega]$$

$$Q = \sqrt{S^2-P^2} = \sqrt{346.4^2-200^2} = \sqrt{119992.96-40000}$$

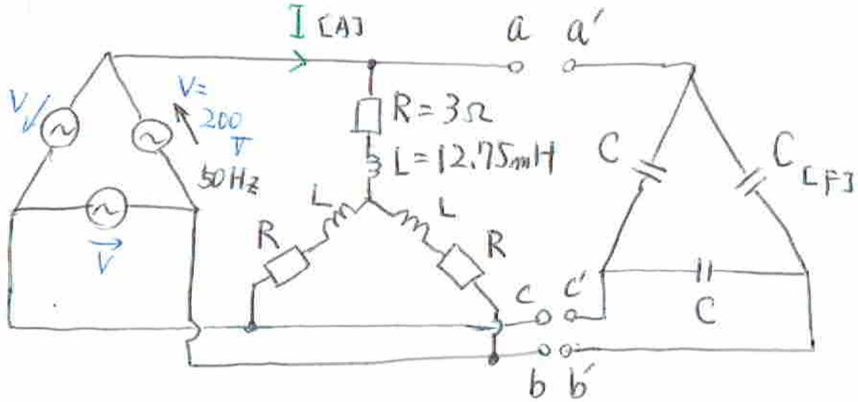
$$= 282\ [Var]$$

$$\sin\theta = \frac{Q}{S} = \frac{282}{346.4} = 0.814$$

$$X = \underset{Z\sin\theta}{500\sqrt{3}\times 0.814} = 705\ [\Omega] \Rightarrow 500\sqrt{2}\ [\Omega]$$

2 ②

'04年(H16年) 問16



(1) 負荷電流 I [A] の値は？

(2) 負荷側にコンデンサ C を Δ結線で接続し、力率が 1 になる静電容量 C [F] の値は？

ノーマル

(1) 負荷インピーダンス $\dot{Z}$ を計算し、電圧から電流 $\dot{I}$ をもとめる。

$$\dot{Z} = R + j\omega L = 3 + j2\pi \times 50 \times 12.75 \times 10^{-3} = 3 + j4.0055 \,[\Omega]$$

$$|\dot{Z}| = |3+j4| = \sqrt{3^2+4^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5 \,[\Omega]$$

人接続

$$|\dot{I}| = \frac{V}{|\dot{Z}|} = \frac{200/\sqrt{3}}{5} = \frac{40}{\sqrt{3}} = 23.095 \,[A]$$

人 ノーマル

(2) 一相分の無効電力 Q から リアクタンス分の電流 Ix を計算し、Ix から並列接続となるコンデンサ容量 C' をもとめ、人→Δへ C' を変換する。

$\dot{Z}$=R分+X分　X分を電流に乗算すると無効電力となる

$$Q = I^2 X = I^2 \omega L = 23.095^2 \times 4 = 533.38 \times 4 = 2133.516 \,[var]$$

人接続

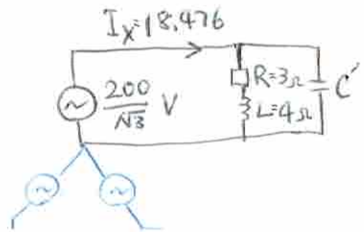
$$I_x = \frac{Q}{V} = \frac{2133.516}{200/\sqrt{3}} = 18.476 \,[A]$$

$\frac{2133.516}{200}$

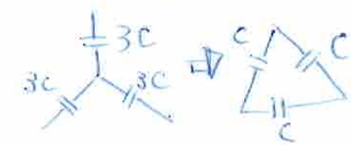
$$I_c = \frac{V}{X_c} = \frac{V}{\frac{1}{j\omega C}} = j\omega C' V = j2\pi 50 \times C \times \frac{200}{\sqrt{3}} = 18.476 \,[A]$$

$$C' = \frac{18.476\sqrt{3}}{2\pi 50 \times 200} = 0.0005093 = 509.3 \,[\mu F]$$

$$C = \frac{C'}{3} = \frac{509.3}{3} = 169.78 \,[\mu F]$$



3人 C
サンスター 歯みがき粉



2 ②

$\boxed{ベスト}$

(1) 電圧を負荷インピーダンスで割ればスター結線の1相分の電流値が求められる

$$\dot{I}=\frac{V}{Z}=\frac{V}{R+j\omega L}=\frac{200/\sqrt{3}}{3+j2\pi 50\times 12.75\times 10^{-3}}=\frac{200}{\sqrt{3}(3+j4.0055)}$$

$$=\frac{200(3-j4)}{\sqrt{3}(3+j4)(3-j4)}=\frac{600-j800}{\sqrt{3}(3^2+4^2)}=\frac{600-j800}{\sqrt{3}\times 25}=\frac{24-j32}{\sqrt{3}}$$

$$=13.857-j18.456\ [A]$$

$$|\dot{I}|=\frac{|24-j32|}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{24^2+32^2}}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{576+1024}}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{1600}}{\sqrt{3}}=\frac{40}{\sqrt{3}}=23.09\ [A]$$

$\boxed{ベスト}$

(2) アドミタンスYのサセプタンス$B=\frac{1}{X}$をゼロにすれば力率1となる

$$Z=\frac{1}{Y},\quad Z_0=\frac{1}{\frac{1}{Z}+\frac{1}{X_C}}=\frac{1}{Y_0},\quad Y_0=\frac{1}{Z}+\frac{1}{X_C}=\frac{1}{R+j\omega L}+\frac{1}{\frac{1}{j\omega C}}$$

$$=\frac{1}{R+j\omega L}+j\omega C$$

$$=\frac{R-j\omega L}{(R+j\omega L)(R+j\omega L)}+j\omega C$$

$$=\frac{R-j\omega L}{R^2+(\omega L)^2}+j\omega C$$

$$=\frac{R}{R^2+(\omega L)^2}-j\frac{\omega L}{(\omega L)^2}+j\omega C$$

誘導分　容量分
この合計が0なら
無効電力=0となり
力率1になる。

$$j\omega C-j\frac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}=0$$

$$\cancel{\omega}C=\frac{\cancel{\omega}L}{R^2+(\omega L)^2}$$

$$C=\frac{L}{R^2+(\omega L)^2}=\frac{12.75\times 10^{-3}}{3^2+(2\pi 50\times 12.75\times 10^{-3})^2}$$

$$=\frac{12.75\times 10^{-3}}{9+16}=0.51\times 10^{-3}\ [F]$$

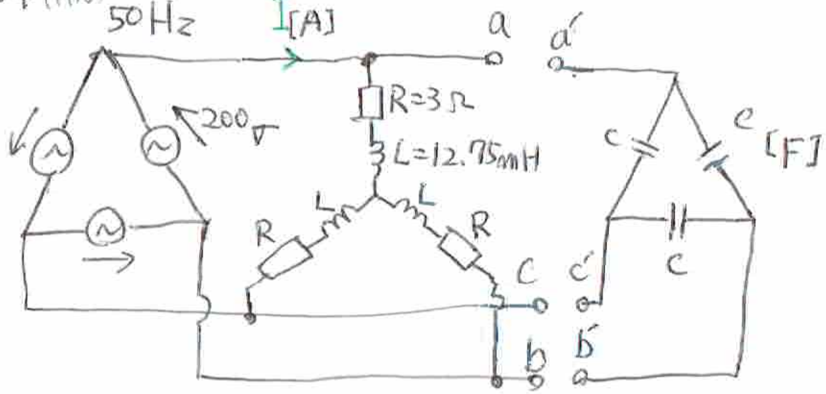
人結線から△結線へCの容量を変換する

$$\overset{デルタ}{C}=\frac{\overset{スター}{C}}{3}=\frac{0.51\times 10^{-3}}{3}=0.17\times 10^{-3}$$

$$=1.7\times 10^{-4}\ [F]$$

2 ②

'04 (H16) 問16



(1) 負荷電流 I [A] の値は?

(2) コンデンサを　　Δ結線して接続し、力率が1になる静電容量 C [F] の値は?

ノーマル

(1) 負荷Zを計算し電流 I を求める。

$\dot{Z} = R + j\omega L = 3 + 2\pi 50 \times 12.75 \times 10^{-3}$

$= 3 + 4.0055$ [Ω]

$|\dot{Z}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$ [Ω]

$|\dot{I}| = \dfrac{200/\sqrt{3}}{5} = 40/\sqrt{3} = 23.0945$ [A]

$\fallingdotseq 23.1$ [A]

ベター

(2) 無効電力 Q を計算し、容量~~リアクタンス X_c~~ サセプタンス B_c を求める。

(一相分の)

$S = I^2 Z = 23.1^2 \times 5 = 2668.05$ ~~[W]~~ [VA]

$P = I^2 R = 23.1^2 \times 3 = 1600.83$ [W]

$Q = I^2 X = 23.1^2 \times 4 = 2134.44$ ~~[W]~~ [Var]

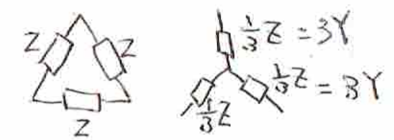
$\fallingdotseq (40/\sqrt{3})^2 \times 4 = 2133.333$ [Var]

$B_c = \dfrac{Q}{V^2} = \dfrac{2134.44}{(200/\sqrt{3})^2} = \dfrac{2134.44 \times 3}{40000} = 0.16008$ [Ω^{-1}]

$= 0.16$ [Ω^{-1}]

B_c をスタ結線からデルタ結線に変換する。

$\dfrac{B_c}{3} = \dfrac{0.16}{3} = 0.0533$ [Ω^{-1}]



C を求める

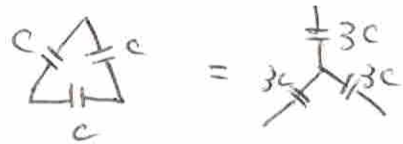
$C = \dfrac{B_c'}{2\pi f} = \dfrac{0.0533}{2\pi 50} = 0.0001697$

$\fallingdotseq 1.7 \times 10^{-4}$ [F]

無効電流 I_L を求め、同じ値の I_C が流れる C の値を求める。デルタ結線の為、$I_C/\sqrt{3}$ になることに注意。

2 ②

コンデンサの Δ−Y 換算は



3 ⊠ C
サンスター歯みがき粉

ベター

負荷Żに流れる電流İは、（スター結線）

$$\dot{I} = \frac{200/\sqrt{3}}{3+j4} = \frac{200/\sqrt{3} \times (3-j4)}{(3+j4)(3-j4)} = \frac{200\sqrt{3} - j800/\sqrt{3}}{9+16}$$

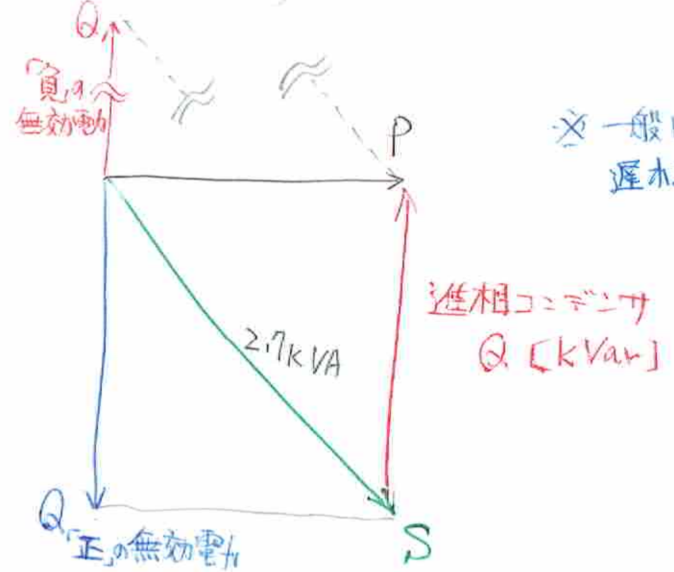
$$= 8\sqrt{3} - j32/\sqrt{3} = 13.856 - j18.476 \text{ [A]}$$

コンデンサをスター結線に換算して、
コンデンサに流れる電流$\dot{I}_c$が $-j18.476$ を
打ち消すと力率は1となる。

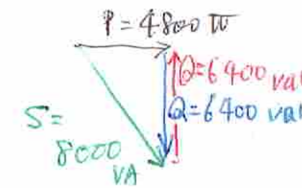
$$\dot{I}_c = j\omega(3C)V = j2\pi 50 \times 3C \times \frac{200}{\sqrt{3}} \doteqdot j18.476$$

$$C = \frac{18.476\sqrt{3}}{2\pi 50 \times 3 \times 200} = \frac{32.0004}{188496} = 0.0001697$$

$$= 1.697 \times 10^{-4} \text{ [F]}$$



※一般に電流が電圧に対して
遅れる場合の無効電力を「正」とする
jωLと同じ方向が正



ベター

三相で計算すると、

皮相電力 $S = \sqrt{3}VI = \sqrt{3} \times 200 \times 40/\sqrt{3} = 8000$ [VA]

有効電力 $P = 3I^2R = 3 \times \left(\frac{40}{\sqrt{3}}\right)^2 \times 3 = 4800$ [W]

Lによる
無効電力 $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{8000^2 - 4800^2} = 6400$ [var]

コンデンサの無効電力Q_cが6400[var]で力率1になる

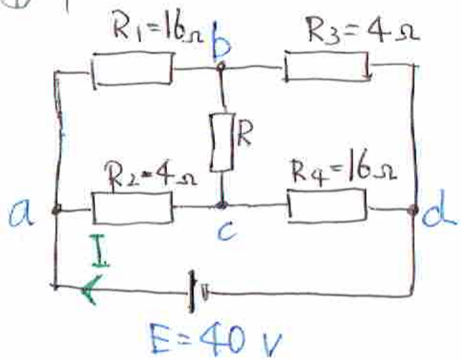
$$3\text{相} \times B_c V^2 = 3 \times 2\pi 50 \times C \times \left(\frac{200}{\cancel{\sqrt{3}}}\right)^2 = 6400$$

デルタ結線の為200Vになる

$$C = \frac{6400}{3 \times 2\pi 50 \times 200^2} = \frac{6400}{37699200} = 0.0001697$$

$$\doteqdot 1.7 \times 10^{-4} \text{ [F]}$$

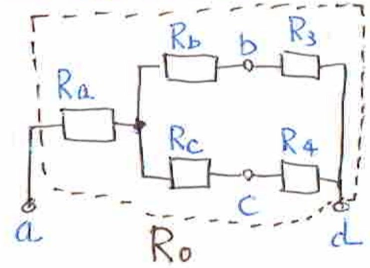
30-1



b-c間に $R=80\Omega$ を接続した時、電流 I[A] の値はいくらか

回路a-b-cを、Δ→Y変換する。

※目的の抵抗をはさみ込むものを分子とする。

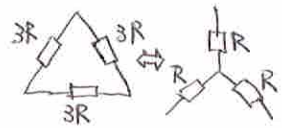


$$R_a=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2+R}=\frac{16\times4}{16+4+80}=0.64[\Omega]$$

(ab間 ac間 / ab間 ac間 bc間)

$$R_b=\frac{R_1R}{R_1+R_2+R}=\frac{16\times80}{16+4+80}=12.8[\Omega]$$

$$R_c=\frac{R_2R}{R_1+R_2+R}=\frac{4\times80}{16+4+80}=3.2[\Omega]$$



$$R_0=R_a+\frac{(R_b+R_3)(R_c+R_4)}{(R_b+R_3)+(R_c+R_4)}$$

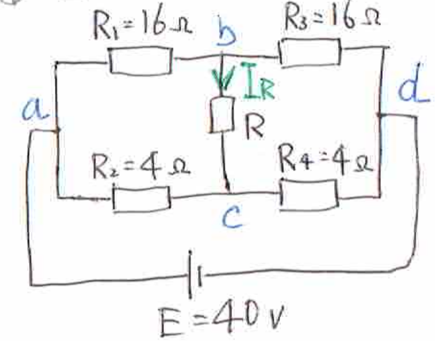
$$=0.64+\frac{(12.8+4)(3.2+16)}{(12.8+4)+(3.2+16)}=0.64+\frac{322.56}{36}$$

$$=0.64+8.96=9.6[\Omega]$$

求めた抵抗から電流Iを計算する。

$$I=\frac{E}{R_0}=\frac{40}{9.6}=4.1\cancel{66}\,\overset{7}{}\,[A]$$

30-2



ブリッジに流れる I_R の値は？

ブリッジが平衡しているか

$R_1R_4=R_2R_3$

$16\times4=16\times4$ であり、

ブリッジが平衡しており $I_R=0_A$ である

b-c間に電位差が無ければ抵抗Rに電流は流れない。

$I_R=0$

Y→Δ（両端の組み合せ）

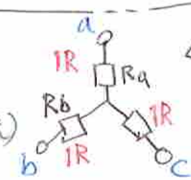
$$R_{ab}=\frac{R_aR_b+R_bR_c+R_cR_a}{R_c}$$ (中間の抵抗)

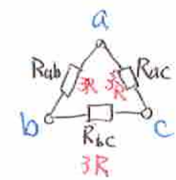
$$R_{bc}=\frac{R_aR_b+R_bR_c+R_cR_a}{R_a}$$

$$R_{ca}=\frac{R_aR_b+R_bR_c+R_cR_a}{R_b}$$

$$3=\frac{1+1+1}{1}$$

デルタはスターの3倍になる





Δ→Y

$$R_a=\frac{R_{ab}\cdot R_{ac}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ac}}$$ 点aに接続するもの

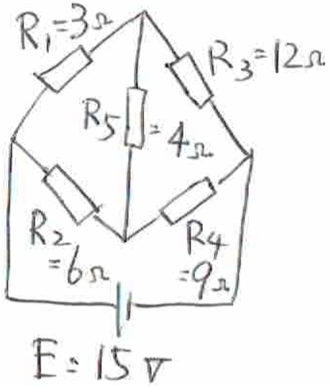
$$R_b=\frac{R_{ab}\cdot R_{bc}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ac}}$$ 点bに接続するもの

$$R_c=\frac{R_{bc}\cdot R_{ac}}{R_{ab}+R_{bc}+R_{ac}}$$ 点cに接続するもの

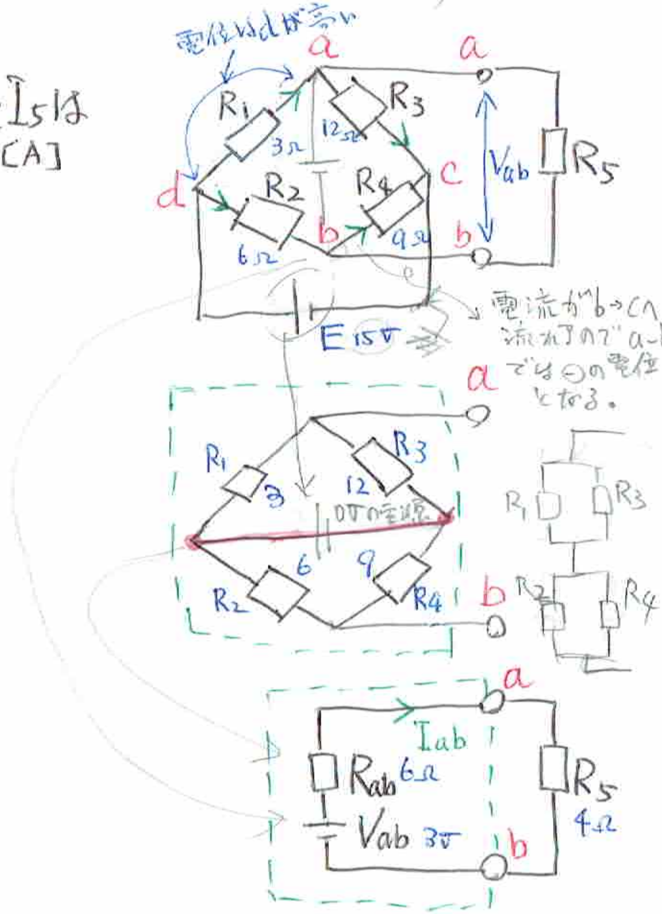
$$\frac{1}{3}=\frac{1\times1}{1+1+1}$$

スターはデルタの1/3になる

3①-3



回路の R_5 に流れる電流 I_5 は いくらか。[A]



a-b間の電圧を求め

$$V_{ab} = E\times\frac{R_3}{R_1+R_3} - E\times\frac{R_4}{R_2+R_4}$$

$$= 15\times\frac{12}{3+12} - 15\times\frac{9}{6+9} = 12-9 = 3\ [\mathrm{V}]$$

$$V_{ab} = E\left(-\frac{R_1}{R_1+R_3}+\frac{R_2}{R_2+R_4}\right) = 15\left(-\frac{3}{3+12}+\frac{6}{6+9}\right) = 15(-0.2+0.4) = 3\ \mathrm{V}$$

a-b間の(内部)抵抗を求め
と考えて

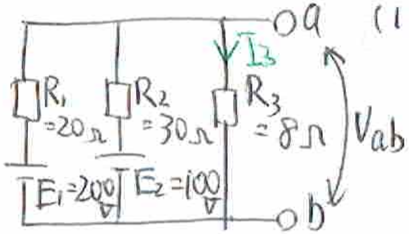
$$R_{ab} = \frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2+R_4} = \frac{3\times12}{3+12} + \frac{6\times9}{6+9}$$

$$= \frac{36}{15} + \frac{54}{15} = 2.4 + 3.6 = 6\ [\Omega]$$

a-b間に(外部)抵抗R_5を接続した時の電流を求める。

$$I_{ab} = \frac{V_{ab}}{R_{ab}+R_5} = \frac{3}{6+4} = 0.3\ [\mathrm{A}]$$

3 ②



(1) a-b間の電圧はいくらか

(2) I_3の値はいくらか.

(1)

$$V_{ab} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{200}{20} + \frac{100}{30} + \frac{0}{8}}{\frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{8}}$$

$$= \frac{10 + 3.333 + 0}{0.05 + 0.0333 + 0.125} = \frac{13.333}{0.2083} = 64.0086 \ [V]$$

(2)

$$I_3 = \frac{V_{ab} - E_3}{R_3} = \frac{64 - 0}{8} = 8 \ [A]$$

帆足・ミルマンの定理

a-b間の電圧 = a-b間を短絡した電流の和 × a-b間の合成抵抗

$$V_{ab} = \left(\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}\right) \times \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}\right)$$

$$= \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \ [V]$$

4 ①-1

空気中に孤立した半径 a [m] の導体球に帯電できる最大の電荷 Q [C] の値は？

空気の絶縁耐力　E_m [V/m]　約 3×10^6 [V/m]

誘電率　ε_0 [F/m]　下記と同じ

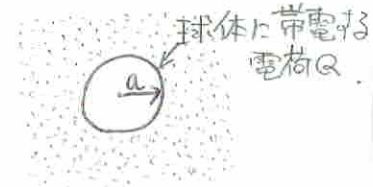
電荷 $Q = CV$ [Q]

容量 $C = 4\pi\varepsilon_0 r$ [F]

電位 $V = Ed$ [V]

電界Eは絶縁状態が保たれる间発生し、絶縁破壊すると0となる。よって絶縁耐力 E_m = 電界Eとなる。

$$E_m = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \ [\mathrm{V/m}]$$



$$Q = 4\pi\varepsilon_0 a^2 E_m \ [\mathrm{C}]$$

4 ①-2

真空中の2m離れた2点に、電気量が3μCと4μCの点電荷があるとき、両電荷間に働く力 [N] はいくらか。

$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ [F/m] とする。

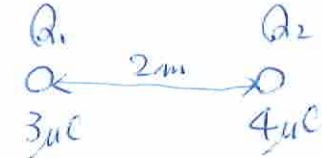
$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{3\times10^{-6} \times 4\times10^{-6}}{4\pi \times 8.854\times10^{-12} \times 2^2}$$

$$= \frac{12\times10^{-12}}{445.0516\times10^{-12}} = 0.02696 \ [\mathrm{N}]$$

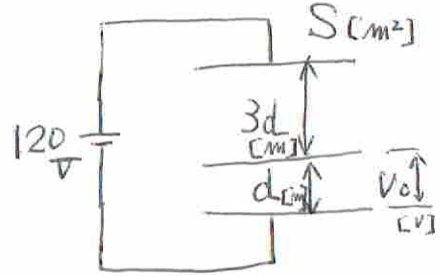
$$\fallingdotseq 2.7\times10^{-2} \ [\mathrm{N}]$$

$$F = 9\times10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \ [\mathrm{N}]$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9\times10^9}$$



4 ② -1



図の様に、平行板コンデンサの間に導体板を挿入し、電極へ直流電圧120[V]を印加した。

V_0の電圧はいくらか？

ベスト

コンデンサが直列接続状態となり、同じ量の電荷が蓄えられる。

$$V_0=\frac{V}{\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right)\times C_2}=\frac{120}{\left(\frac{1}{\frac{\varepsilon S}{3d}}+\frac{1}{\frac{\varepsilon S}{d}}\right)\times\frac{\varepsilon S}{d}}=\frac{120}{\left(\frac{3d}{\cancel{\varepsilon S}}+\frac{d}{\cancel{\varepsilon S}}\right)\times\frac{\cancel{\varepsilon S}}{\cancel{d}}}$$

$$=\frac{120}{3+1}=30\ [V]$$

直列はQが一定になる

C_1　$Q=C_1V_1$

C_2　$Q=C_2V_2$

C_3　$Q=C_3V_3$

C_4　$Q=C_4V_4$

$$V=V_1+V_2+V_3+V_4$$

$$=\frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}+\frac{Q}{C_3}+\frac{Q}{C_4}$$

$$=Q\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}\right)$$

$$V_4=\frac{Q}{C_4}=\frac{CV}{C_4}$$

$$=\frac{V}{C_4\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}\right)}$$

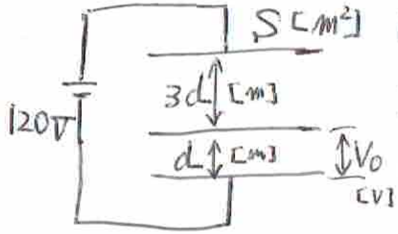
$$Q=CV=V\left(\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}}\right)$$

合成容量の電荷は各個のコンデンサの電荷と等しい。

$$\underbrace{V_1=\frac{Q}{C_1}}_{V_1は、}=\underbrace{\frac{CV}{C_1}}_{電荷が等しいので}=\underbrace{\frac{V}{\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}\right)\times C_1}}_{この式で求める。}$$

コンデンサ1つ1つの容量は大きいが、直列接続すると小さくなり電圧が高くなる為、電荷は一定となる。

4 ②-1



図の様に平行板コンデンサの間に導体平板を挿入し、電極へ直流電圧120[V]を印加した。

V_0の電圧を求める。

前ページの回答で行なうこと

ビギナ

直列コンデンサ回路となり　$C=\frac{\varepsilon S}{d}$ [F]

$$全体の電圧 \times \frac{求める側と異なる容量値}{静電容量の合計}$$

$$V_0 = E \times \frac{C_1}{C_1+C_2} = 120 \times \frac{\frac{\cancel{\varepsilon S}}{3\cancel{d}}}{\frac{\cancel{\varepsilon S}}{3\cancel{d}}+\frac{\cancel{\varepsilon S}}{\cancel{d}}} = \frac{120\times\frac{1}{3}}{\frac{1}{3}+1} = \frac{40}{\frac{4}{3}}$$

$$= \frac{40\times 3}{4} = 30 \text{ [V]}$$

直列回路の各コンデンサに蓄えられる電荷Qは等しい

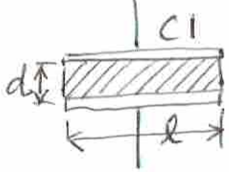
$Q_1 = C_1V_1$　　$Q_1 = Q_2 = C_1V_1 = C_2V_2$　　$V_2 = V\frac{1}{4}$

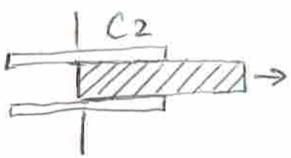
$Q_2 = C_2V_2$

電圧比 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{\varepsilon S}{d}}{\frac{\varepsilon S}{3d}} = \frac{\frac{1}{d}}{\frac{1}{3d}} = \frac{3}{1}$　　$= \frac{120\times 1}{4}$

$= 30$ [V]

4 ②-2





図の様に、平行板コンデンサC1から誘電体を½引き出したものがC2である。

C1とC2の静電容量比はいくらか？

誘電体の$\varepsilon_s = 3$とする

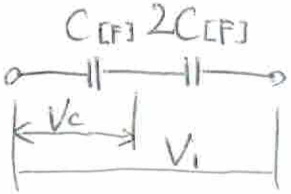
並列コンデンサ回路となり

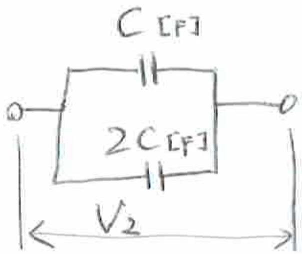
$$C1 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_s S}{d} = \frac{3\varepsilon_0 S}{d}$$

$$C2 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_s \times \frac{S}{2}}{d} + \frac{\varepsilon_0 \times \frac{S}{2}}{d} = \frac{\frac{3}{2}\varepsilon_0 S}{d} + \frac{\frac{1}{2}\varepsilon_0 S}{d} = \frac{2\varepsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{C1}{C2} = \frac{\frac{3\varepsilon_0 S}{d}}{\frac{2\varepsilon_0 S}{d}} = \frac{3}{2}$$　　$\therefore C1 : C2 = 3:2$

4③-1





直並列回路に直流電圧 V_1, V_2 を加えたところ、両図の回路に蓄えられる総静電エネルギー W [J] が等しくなった。

直列回路のコンデンサ C の両端電圧を V_c [V] とした時、電圧比 $\left|\frac{V_c}{V_2}\right|$ はいくらか？

ベスト

直並列回路のコンデンサの合成容量をもとめる。

直列 $C_1 = \frac{C \times 2C}{C+2C} = \frac{2C^2}{3C} = \frac{2}{3}C$，並列 $C_2 = C + 2C = 3C$

エネルギー W で式をつくる 両辺のものは消す。 $\frac{2}{3}V_1^2 = 3V_2^2$ ---③ ベスト

$W = \cancel{\frac{1}{2}} \times \frac{2}{3}\cancel{C}V_1^2 = \cancel{\frac{1}{2}} \times 3\cancel{C}V_2^2 \Rightarrow \frac{1}{3}CV_1^2 = \frac{3}{2}CV_2^2$ ---① ベター

V_c と V_1 の電圧比をもとめる。

$V_c = \frac{V_1}{\left(\frac{1}{C}+\frac{1}{2C}\right)C} = \frac{V_1}{\left(\frac{2}{2C}+\frac{1}{2C}\right)C} = \frac{V_1}{\left(\frac{3}{2C}\right)C} = \frac{2}{3}V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{3}{2}V_c$ ---②

エネルギ W の式①に V_1 を②代入する。

ベター

$\frac{1}{3}C\left(\frac{3}{2}V_c\right)^2 = \frac{3}{2}CV_2^2$

$\frac{1}{3} \times \frac{9}{4}CV_c^2 = \frac{3}{2}CV_2^2$

$\frac{3}{4}CV_c^2 = \frac{3}{2}CV_2^2$

$\frac{1}{2}V_c^2 = V_2^2$

$\frac{1}{\sqrt{2}}V_c = V_2$

$\left|\frac{V_c}{V_2}\right| = \sqrt{2}$

右側の式が計算しやすい。

ベスト ③に②を代入する

$\frac{2}{3}\left(\frac{3}{2}V_c\right)^2 = 3V_2^2$

$\frac{2}{3} \times \frac{9}{4}V_c^2 = 3V_2^2$

$\frac{3}{2}V_c^2 = 3V_2^2$

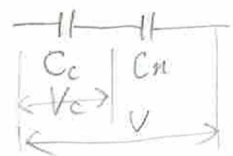
$\frac{1}{2}V_c^2 = V_2$

$\frac{1}{\sqrt{2}}V_c = V_2$

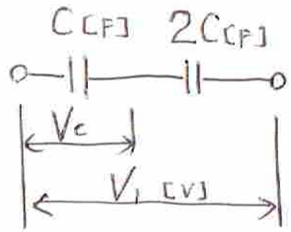
$\left|\frac{V_c}{V_2}\right| = \sqrt{2}$

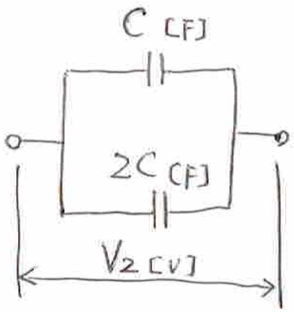
コンデンサの直列回路の電圧をもとめる手順式

$Q = CV \Rightarrow V = \frac{Q}{C} \quad V_c = \frac{Q}{C_c} = \frac{CV}{C_c}$



4 ③-1





直並列回路に直流電圧V_1, V_2を加えたところ、両図の回路に蓄えられている総静電エネルギーが等しくなった。

直列回路のコンデンサCの両端電圧をV_c[V]とした時、電圧比$\left|\frac{V_c}{V_2}\right|$はいくらか？

$\boxed{\text{ノーマル}}$

直列の2つのコンデンサに蓄えられる電荷は等しい

$$Q = CV_c = 2C(V_1 - V_c)$$

$$\frac{\cancel{C}V_c}{2\cancel{C}} = V_1 - V_c$$

コンデンサ1つ1つのエネルギーを求めた。

$$W_1 = \underline{\frac{1}{2}CV_c^2} + \underline{\frac{1}{2}\times 2C(V_1 - V_c)^2} = \frac{1}{2}CV_c^2 + C\times\left(\frac{V_c}{2}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}CV_c^2 + \frac{1}{4}CV_c^2 = \frac{3}{4}CV_c^2 \text{ [J]}$$

$$W_2 = \frac{1}{2}CV_2^2 + \frac{1}{2}\times 2CV_2^2 = \frac{3}{2}CV_2^2 \Rightarrow \frac{6}{4}CV_2^2$$

$W_1 = W_2$ なので $\frac{3}{4}CV_c^2 = \frac{6}{4}CV_2^2$

$$3V_c^2 = 6V_2^2$$

$$V_c^2 = 2V_2^2$$

$$\frac{V_c^2}{V_2^2} = 2,\ \frac{V_c}{V_2} = \sqrt{2}$$

$$V_c = \frac{V_1}{\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{2C}\right)C} = \frac{V_1}{\left(\frac{3}{2C}\right)C} = \frac{2}{3}V_1$$

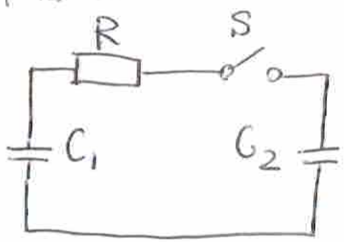
$$\frac{2}{3}V_1 = \sqrt{2}$$

$$V_1 = \frac{3\sqrt{2}}{2} = \frac{3}{\sqrt{2}}$$

V_2を1[V]としたら $V_c = \sqrt{2}$ [V]

$V_1 = \frac{3}{\sqrt{2}}$ [V]

4 ③-2



スイッチSが開らいている時、

$C_1 = 0.004$ [F], $Q_1 = 0.3$ [C]

$C_2 = 0.002$ [F], $Q_2 = 0$ [C]

であった。

スイッチSを閉じて抵抗Rで消費されたエネルギW [J]は?

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

$W = \frac{1}{2}C\left(\frac{Q}{C}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

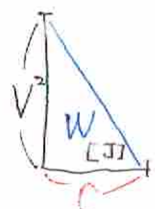
$W_1 = \frac{1}{2} \times \frac{Q_1^2}{C_1} = \frac{1}{2} \times \frac{0.3^2}{0.004} = \frac{0.09}{0.008} = 11.25$ [J]

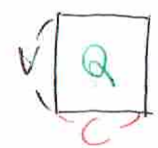
$W_2 = \frac{1}{2} \times \frac{(Q_1+Q_2)^2}{(C_1+C_2)} = \frac{1}{2} \times \frac{(0.3+0)^2}{(0.004+0.002)} = \frac{1}{2} \times \frac{0.09}{0.006}$

~~並列接続の為~~。 $W_1 + W_2$となる為。

$= \frac{0.09}{0.012} = 7.5$ [J]

$W_R = W_1 - W_2 = 11.25 - 7.5 = 3.75$ [J]





C_2⊖点は並列接続です

ここの電位がゼロVなので
0Vを基準に考えると C_2⊖点も
0Vとなり

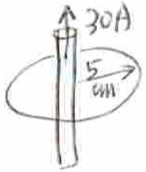
$W_1 = \frac{1}{2} \times \frac{Q_1^2}{C_1} + \frac{1}{2} \times \frac{Q_2^2}{C_2} = \frac{0.3^2}{2 \times 0.004} + \frac{0^2}{2 \times 0.002} = \frac{0.09}{0.008} + 0 = 11.25$ [J]

$W_2 = \frac{1}{2} \times \frac{Q_1^2}{C_1 + C_2} = \frac{0.3^2}{2 \times (0.004 + 0.002)} = \frac{0.09}{2 \times 0.006} = \frac{0.09}{0.012} = 7.5$ [J]

$W_R = W_1 - W_2 = 11.25 - 7.5 = 3.75$ [J]

5 ①

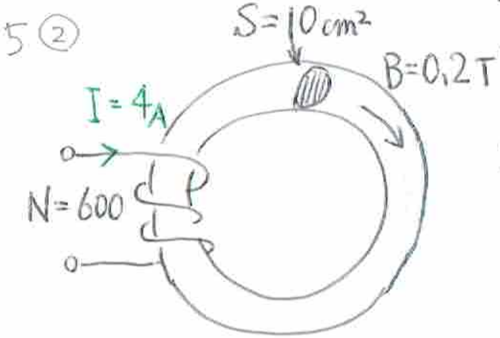
直線導体に30Aの電流を流した時、その導体から5cm離れた点の磁界の強さH [A/m] は？



磁界の強さ $H = \dfrac{I}{l} = \dfrac{I}{2\pi r}$

$= \dfrac{30}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = \dfrac{300}{\pi} = \dfrac{300}{3.1416} = 95.492\cancel{7}^{3}$ [A/m]

5 ②



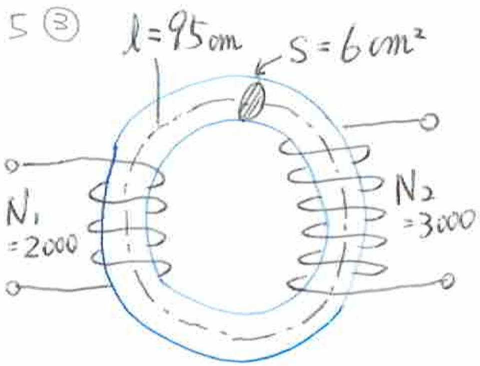
断面積Sが10cm²の環状鉄心に巻線N=600のコイルに直流Iを4A流した時、鉄心中に発生した磁束密度Bは0.2Tであった。コイルのインダクタンスL [mH] の値は？

※ 磁気の断面積はAであるが、ここではSとする。

磁束 $\Phi = BS = 0.2 \times 10 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4}$ [Wb]

インダクタンス $L = \dfrac{N\Phi}{I} = \dfrac{600 \times 2 \times 10^{-4}}{4} = 0.03 = 30$ [mH]

5 ③



平均磁路lが95cm，断面積Sは6cm²，比透磁率μ_r=2500の環状鉄心に2つのコイルがある。漏れ磁束は無い。両コイル間の相互インダクタンスM [H] の値は？

真空の透磁率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]

コイルN1の
インダクタンス $L_1 = \dfrac{\mu_0 \mu_r S N^2}{l} = \dfrac{4\pi \times 10^{-7} \times 2500 \times 6 \times 10^{-4} \times 2000^2}{0.95}$

$= \dfrac{2.4\pi}{0.95} = 7.936\cancel{8}\cancel{7}^{7}$ [H]

インダクタンスは、コイル巻数の2乗に比例するので

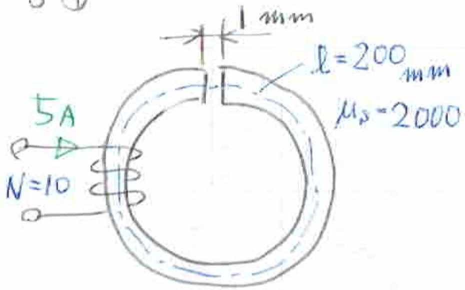
コイルN2の
インダクタンス $L_2 = L_1 \left(\dfrac{N_2}{N_1}\right)^2 = 7.9367 \left(\dfrac{3000}{2000}\right)^2 = 7.9367 \times 1.5^2 = 17.8575$ [H]

相互インダクタンス $M = k\sqrt{L_1 L_2}$　漏れ磁束は0なので k=1となる。

$M = 1\sqrt{7.9367 \times 17.8575} = \sqrt{141.7296} = 11.905$ [H]

参考：$l = 2\pi r$　$r = \dfrac{l}{2\pi} = \dfrac{0.95}{2 \times 3.1416} = 0.151\cancel{1}\cancel{9}^{2}$　半径r 15.12cmの鉄心

5 ④



1 mmのエアギャップのある環状鉄心で、ギャップの磁束密度B[T]はいくらか。

真空の透磁率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]

合成磁気抵抗

$\mathcal{R}$ = ギャップの磁気抵抗 $\mathcal{R}_a$ + 鉄心 $\mathcal{R}_i$

$$\mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 S} \qquad \mathcal{R}_i = \frac{l_i}{\mu_0 \mu_s S}$$

$$\mathcal{R} = \frac{1}{\mu_0 S}\left(l_a + \frac{l_i}{\mu_s}\right)$$

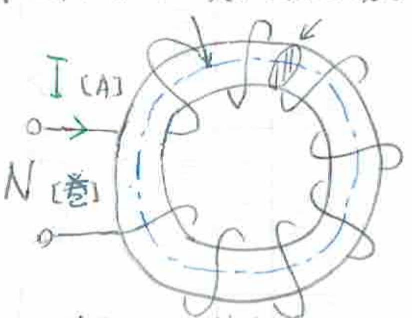
磁束密度 $B = \frac{\overset{磁束}{\phi}}{\underset{断面積}{S}} = \frac{IN/\mathcal{R}}{S} = \frac{IN}{\frac{1}{\mu_0 \cancel{S}}\left(l_a + \frac{l_i}{\mu_s}\right)\cancel{S}}$

$$= \frac{IN\mu_0}{l_a + \frac{l_i}{\mu_s}} = \frac{5 \times 10 \times 4\pi \times 10^{-7}}{0.001 + \frac{0.199}{2000}}$$

$$= \frac{200\pi \times 10^{-7}}{0.0010995} = \frac{2\pi}{109.95} = 0.0571 \text{ [T]}$$

5 ⑤

平均磁路長さ l [m] 断面積 S [m²]



鉄心透磁率 μ [H/m]

図の環状鉄心の磁気抵抗は $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$ [A/wb] である。コイル電流を I [A] とした時、起磁力は

F = $\boxed{}$ [A] であり、

磁束は Φ = $\boxed{}$ [wb]

となる。

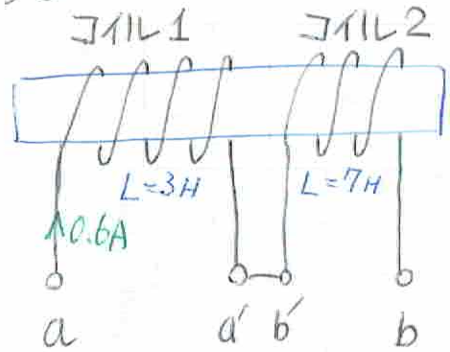
鉄心及びコイルに漏れ磁束は無いものとする。

起磁力 F = N I [A]

磁束 $\Phi = \frac{\mu S N I}{l}$ [wb] $\quad \Phi = \frac{NI}{\frac{l}{\mu S}} = \frac{NI}{\mathcal{R}} = \frac{F}{\mathcal{R}}$

$$\mathcal{R} = \frac{NI}{\Phi} = \frac{F}{\Phi}$$

5⑥



端子a-b間に蓄えられたエネルギーW[J]の値は?

自己インダクタンス

コイル1 = 3 [H]

コイル2 = 7 [H]

コイル1と2の結合係数

$k = 0.8$

相互インダクタンス $M = k\sqrt{L_1 L_2}$

$= 0.8\sqrt{3 \times 7} = 0.8 \times 4.5825\cancel{7}$

$= 3.6660\cancel{8}$ [H]

コイル1と2は同方向の接続であるから和動結合

$L_0 = L_1 + L_2 + 2M = 3 + 7 + 2 \times 3.666$

$= 17.332$ [H]

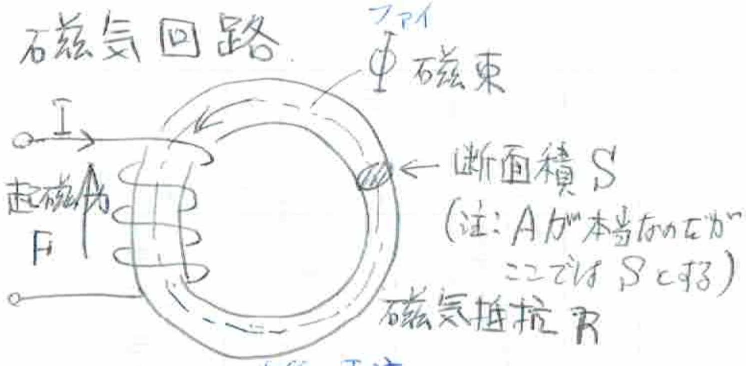
コイルのエネルギーWは、

$W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 17.332 \times 0.6^2 = 8.666 \times 0.36$

$= 3.11976 \fallingdotseq 3.12$ [J]

磁気回路

Φ あるいは Ψ



$$F = \Phi \mathcal{R}$$

巻線・電流

$$\text{起磁力} F = NI = \Phi \mathcal{R} = BS\mathcal{R} = \mu_0\mu_s H \cdot \frac{l}{\mu_0\mu_s S} \cdot S = \cancel{\mu_0\mu_s} \cdot \frac{IN}{\cancel{l}} \cdot \frac{\cancel{l}}{\cancel{\mu_0\mu_s} \cancel{S}} \cdot \cancel{S}$$

$$\text{磁界の強さ } H = \frac{IN}{l} = \frac{IN}{2\pi r} \quad [A/m]$$

$$\text{磁束 } \Phi = \mu_0(\mu_s) SH = 4\pi \times 10^{-7} \times SH \quad [Wb]$$

$$\text{磁束密度 } B = \frac{\Phi}{S} = \mu_0(\mu_s) H = 4\pi \times 10^{-7} \times H \quad \overset{\text{テスラ}}{[T]}$$

$$\text{磁気抵抗 } \mathcal{R} = \frac{l}{\mu_0\mu_s S} \quad [A/Wb]$$

$$\text{インダクタンス } L = \frac{N^2}{\mathcal{R}} = \frac{N\Phi}{I} = \frac{NSB}{I} = \frac{NS\mu H}{I} = \frac{NS\mu \frac{NI}{l}}{I} = \frac{\mu S N^2}{l} = \frac{N^2}{\frac{l}{\mu S}} \quad [H]$$

$$\text{起電力 } e = -L\frac{I}{t} \quad [V]$$

$$= -N\frac{\Phi}{t} \quad [V]$$