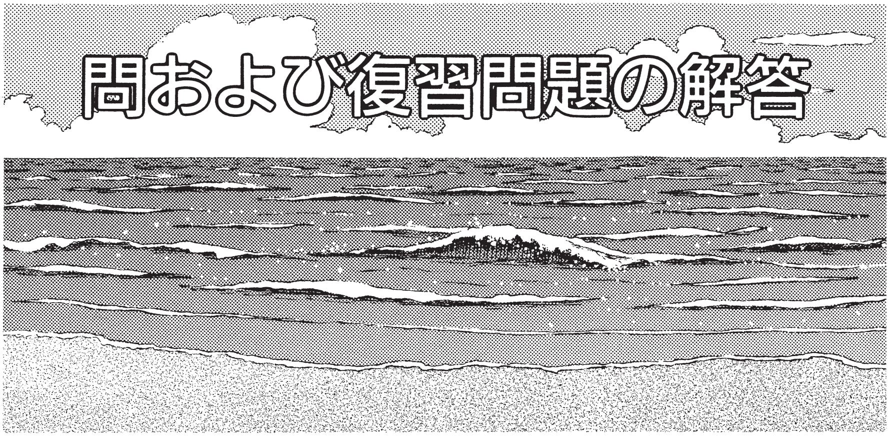


第6章　記号法による交流回路の計算

問

6･1　複素数とベクトル

問 1　j を掛けると 90° 進み，$-j$ を掛けると 90° 遅らせることができる。

$$\therefore \quad \dot{Z}_2 = j(3+j4) = \boldsymbol{-4+j3}$$

$$\dot{Z}_3 = -j(3+j4) = \boldsymbol{4-j3}$$

問 2　教科書の式 (6･20) を参照。

$$\dot{Z}^2 = \varepsilon^{j\frac{2\pi}{3}} \cdot \varepsilon^{j\frac{2}{3}\pi} = \varepsilon^{\left(j\frac{2}{3}\pi + j\frac{2\pi}{3}\right)} = \varepsilon^{j\frac{4\pi}{3}} = \boldsymbol{\varepsilon^{-j\frac{2\pi}{3}}}$$

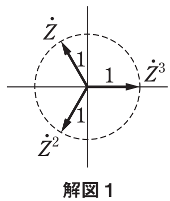
$$\dot{Z}^3 = \dot{Z}^2 \cdot \dot{Z} = \varepsilon^{-j\frac{2\pi}{3}} \cdot \varepsilon^{\frac{2\pi}{3}} = \varepsilon^{\left(-j\frac{2\pi}{3}+j\frac{2\pi}{3}\right)} = \varepsilon^0 = \boldsymbol{1}$$

または，$\dot{Z} = \varepsilon^{j\frac{2\pi}{3}} = 1\angle 120°$ であるから，

$$\dot{Z}^2 = 1^2\angle(120° + 120°) = 1\angle 240° = 1\angle -120°$$

$$\dot{Z}^3 = 1^3\angle(120° + 120° + 120°) = 1\angle 360° = 1\angle 0$$

これらをベクトル図で表すと，解図 1 となる。



解図 1

問 3　$\dot{V}=2\sqrt{3}+j2$，$\dot{I}=2\varepsilon^{-j\frac{\pi}{6}}=2\angle-30°$ をベクトル図に描くと，次式が得られる。

$$\dot{V}=4\angle30°,\quad \dot{I}=\sqrt{3}-j$$

したがって，$\overline{\dot{V}}=4\angle-30°$ となる。

$$\therefore\quad \overline{\dot{V}}\dot{I}=(4\angle-30°)(2\angle-30°)=8\angle-60°$$

をベクトル図に描き，

$$\frac{\dot{V}}{\dot{I}}=\frac{4\angle30°}{2\angle-30°}=\frac{4}{2}\angle(30°+30°)=2\angle60°$$

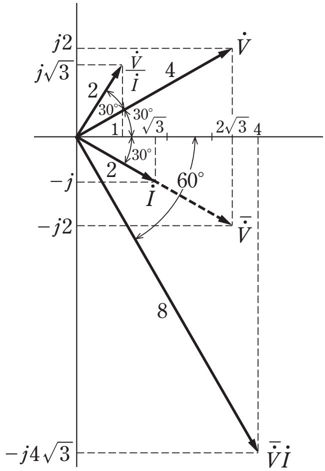
をベクトル図に描く。次に，$a+jb$ 形式で計算すると次式となる。

$$\overline{\dot{V}}\dot{I}=(2\sqrt{3}-j2)(\sqrt{3}-j)=4-j4\sqrt{3}$$

$$=8\varepsilon^{-j\frac{\pi}{3}}=8\angle-60°$$

$$\frac{\dot{V}}{\dot{I}}=\frac{2\sqrt{3}+j2}{\sqrt{3}-j}=\frac{(2\sqrt{3}+j2)(\sqrt{3}+j)}{3+1}$$

$$=\frac{4+j4\sqrt{3}}{4}=1+j\sqrt{3}=2\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=2\angle60°$$



解図 2

負荷に加わる電圧を $\dot{V}$〔V〕，負荷電流を $\dot{I}$〔A〕とするとき，$\dot{Z}=\dot{V}/\dot{I}$〔Ω〕を負荷の**複素インピーダンス**といい，$\overline{\dot{V}}\dot{I}$ に関しては，$\overline{\dot{V}}\dot{I}$ の実部$=4$〔W〕が負荷の消費電力，$\overline{\dot{V}}\dot{I}$の虚部$=-4\sqrt{3}$〔V·A〕が，負荷の無効電力を表す。なお無効電力の$-$(負) は，遅れ無効電力であることを示す。

6·2　交流回路の計算

問 1　回路のインピーダンス $\dot{Z}=5+j10$〔Ω〕，電流 $\dot{I}=5$〔A〕であるから，

$$\therefore\quad \dot{V}=\dot{Z}\dot{I}=(5+j10)\times5=\mathbf{25+j50}\ \text{〔V〕}$$

$\dot{V}$ の大きさ $V=|\dot{V}|=\sqrt{25^2+50^2}\fallingdotseq\mathbf{55.9}$〔V〕

位相角　$\theta=\tan^{-1}\left(\frac{50}{25}\right)\fallingdotseq63.435°\fallingdotseq\mathbf{63°26'}$

問 2　前問の回路でインピーダンス $\dot{Z}=5+j10$〔Ω〕，流れる電流 $\dot{I}=4-j3$〔A〕であるから，

$$\therefore\quad \dot{V}=\dot{Z}\dot{I}=(5+j10)(4-j3)=20+j40-j15+30=\mathbf{50+j25}\ \text{〔V〕}$$

電圧の大きさ $V=|\dot{V}|=\sqrt{50^2+25^2}\fallingdotseq\mathbf{55.9}$〔V〕

位相差 $\theta=\arg\left(\dfrac{\dot{V}}{\dot{I}}\right)=\arg\dot{Z}=\tan^{-1}\left(\dfrac{10}{5}\right)\fallingdotseq\mathbf{63°26'}$

問 3 まず，各回路要素のインピーダンスを求めると，

$$X_L=\omega L=2\pi fL=2\times\pi\times10\times10^3\times1\times10^{-3}\fallingdotseq62.83\,[\Omega]$$

$$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}=\frac{1}{2\times\pi\times10\times10^3\times0.2\times10^{-6}}\fallingdotseq79.58\,[\Omega]$$

$$\therefore\quad Z=|\dot{Z}|=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{30^2+(62.83-79.58)^2}\fallingdotseq34.36$$

$$\fallingdotseq\mathbf{34.4}\,[\Omega]$$

問 4 $\dot{Z}=16+j12\,[\Omega]$ のときの $\dot{Y}$ は，

$$\dot{Y}=\frac{1}{\dot{Z}}=\frac{1}{16+j12}=\frac{16-j12}{(16+j12)(16-j12)}=\frac{16-j12}{16^2+12^2}$$

$$=\frac{16}{400}-j\frac{12}{400}=\mathbf{0.04-j0.03}\,[\mathrm{S}]$$

問 5 (a) コンダクタンス $G=5\,[\mathrm{mS}]$ に電圧 $V=10\,[\mathrm{V}]$ を加えたときに流れる電流 $I=YV$ である。

$$Z=\frac{1}{Y}=\frac{1}{5\times10^3}\,[\Omega],\quad Y=\frac{1}{Z}$$

$$\therefore\quad I=YV=5\times10^{-3}\times10\,[\mathrm{A}]=\mathbf{50}\,[\mathbf{mA}]$$

(b) アドミタンス Y に流れる電流 $I=YV$ であるから，

$$I=300\times10^{-6}\times2=600\times10^{-6}\,[\mathrm{A}]=\mathbf{0.6}\,[\mathbf{mA}]$$

(c) アドミタンス $Y=I/V$ であるから，

$$Y=\frac{20\times10^{-3}}{12}\,[\mathrm{S}]\fallingdotseq\mathbf{1.67}\,[\mathbf{mS}]$$

問 6 図 (a) では，インピーダンス $\dot{Z}$ は，

$$\dot{Z}=\frac{6\times j8}{6+j8}=\frac{j48}{6+j8}=\frac{j48(6-j8)}{100}=\frac{384+j288}{100}=\mathbf{3.84+j2.88}\,[\Omega]$$

$$Z=|\dot{Z}|=\sqrt{3.84^2+2.88^2}=\mathbf{4.8}\,[\Omega]$$

アドミタンス $\dot{Y}$ は，

$$\dot{Y}=\frac{1}{6}-j\frac{1}{8}\fallingdotseq\mathbf{0.167-j0.125}\,[\mathrm{S}]$$

$\therefore$ 大きさ $Y=|\dot{Y}|=\sqrt{\left(\frac{1}{6}\right)^2+\left(\frac{1}{8}\right)^2}\fallingdotseq$**0.208**〔**S**〕

図(b)では，インピーダンス $\dot{Z}$ は，

$$\dot{Z}=\frac{6\times(-j10)}{6-j10}=\frac{-j60(6+j10)}{136}=\frac{600-j360}{136}\fallingdotseq\mathbf{4.41-j2.65}\ 〔\Omega〕$$

$$Z=\sqrt{4.41^2+2.65^2}\fallingdotseq\mathbf{5.14}\ 〔\Omega〕$$

アドミタンス $Y=\frac{1}{6}+j\frac{1}{10}\fallingdotseq$**0.167＋j0.1**〔**S**〕

$$Y=|\dot{Y}|=\sqrt{\left(\frac{1}{6}\right)^2+\left(\frac{1}{10}\right)^2}\fallingdotseq\mathbf{0.194}\ 〔\mathbf{S}〕$$

図(c)では，インピーダンス $\dot{Z}$ およびその大きさ Z は，

$$\dot{Z}=\frac{j8\times(-j10)}{j8-j10}=\frac{80}{-j2}=\mathbf{j40}\ 〔\Omega〕\qquad\therefore\quad Z=\mathbf{40}\ 〔\Omega〕$$

アドミタンス $\dot{Y}=\frac{1}{\dot{Z}}=\frac{1}{j40}=-j\frac{1}{40}$〔S〕$=$**－j25**〔**mS**〕

アドミタンスの大きさ Y は，

$Y=|\dot{Y}|=0.025$〔S〕$=$**25**〔**mS**〕

問7 合成アドミタンス $\dot{Y}=\dot{Y}_1+\dot{Y}_2+\dot{Y}_3=\frac{1}{\dot{Z}_1}+\frac{1}{\dot{Z}_2}+\frac{1}{\dot{Z}_3}$ であるから，

$$\dot{Y}=\frac{1}{5}+\frac{1}{j5}+\frac{1}{-j10}=0.2+j(0.1-0.2)=\mathbf{0.2-j0.1}\ 〔\mathbf{S}〕$$

電流 $\dot{I}=\dot{Y}\dot{V}$ より，

$$\dot{I}=(0.2-j0.1)\times100=\mathbf{20-j10}\ 〔\mathbf{A}〕$$

電流の大きさ $I=|\dot{I}|=\sqrt{20^2+10^2}=\sqrt{400+100}\fallingdotseq$**22.4**〔**A**〕

問8 インピーダンス $\dot{Z}_1=3+j4$〔Ω〕，$\dot{Z}_2=6-j8$〔Ω〕の並列回路に $\dot{V}=100$〔V〕の電圧を加えたとき，各々の回路に流れる電流を $\dot{I}_1$，$\dot{I}_2$ とすれば，

$$\dot{I}_1=\frac{\dot{V}}{\dot{Z}_1}=\frac{100}{3+j4}=\frac{100(3-j4)}{(3+j4)(3-j4)}=\frac{100}{25}(3-j4)=12-j16\ 〔\mathrm{A}〕$$

$$I_1=|\dot{I}_1|=\sqrt{12^2+16^2}=\mathbf{20}\ 〔\mathbf{A}〕$$

$$\dot{I}_2=\frac{\dot{V}}{\dot{Z}_2}=\frac{100}{6-j8}=\frac{100(6+j8)}{(6-j8)(6+j8)}=\frac{100(6+j8)}{36+64}=6+j8\ 〔\mathrm{A}〕$$

$$I_2=|\dot{I}_2|=\sqrt{6^2+8^2}=\mathbf{10}\ 〔\mathbf{A}〕$$

また，

$$\text{回路の全電流 } \dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=(12-j16)+(6+j8)=18-j8 \text{〔A〕}$$

$$\dot{I} \text{ の大きさ} I=|\dot{I}|=\sqrt{18^2+8^2}\fallingdotseq \mathbf{19.7} \text{〔A〕}$$

また，

$$\dot{Z}=\frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1+\dot{Z}_2}=\frac{(3+j4)(6-j8)}{(3+j4)+(6-j8)}=\frac{(18+32)+j(24-24)}{9-j4}$$

$$=\frac{50}{9-j4}$$

$$\therefore \quad \dot{I}=\frac{\dot{V}}{\dot{Z}}=\frac{9-j4}{50}\times 100=18-j8\text{〔A〕},\quad I=\sqrt{18^2+8^2}\fallingdotseq \mathbf{19.7} \text{〔A〕}$$

としてもよい。

問 9　電流 $\dot{I}_1=10$〔A〕が位相の基準であるから，

$$\dot{V}_{bc}=(4-j4)\dot{I}_1=(4-j4)\times 10=\mathbf{40-j40=40\sqrt{2}\,\varepsilon^{-j\frac{\pi}{4}}\fallingdotseq 56.6\angle -45^\circ} \text{〔V〕}$$

$$\therefore \quad \dot{I}_2=\frac{\dot{V}_{bc}}{j8}=\frac{40-j40}{j8}=\frac{5-j5}{j}=-j(5-j5)=\mathbf{-5-j5}$$

$$=\mathbf{5\sqrt{2}\,\varepsilon^{-j\frac{3}{4}\pi}\fallingdotseq 7.07\angle -135^\circ} \text{〔A〕}$$

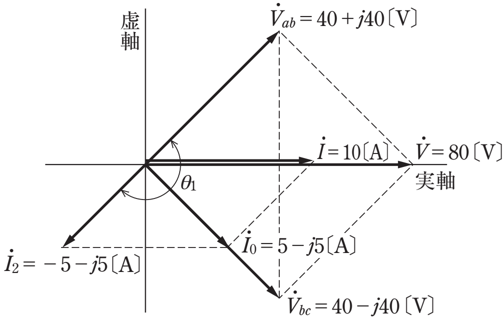
$$\therefore \quad \dot{I}_0=\dot{I}_1+\dot{I}_2=10+(-5-j5)=\mathbf{5-j5=5\sqrt{2}\,\varepsilon^{-j\frac{\pi}{4}}\fallingdotseq 7.07\angle -45^\circ} \text{〔A〕}$$

$$\therefore \quad \dot{V}_{ab}=j8\dot{I}_0=j8(5-j5)=\mathbf{40+j40=40\sqrt{2}\,\varepsilon^{j\frac{\pi}{4}}\fallingdotseq 56.6\angle 45^\circ} \text{〔V〕}$$

$$\therefore \quad \dot{V}=\dot{V}_{ab}+\dot{V}_{bc}=(40+j40)+(40-j40)=\mathbf{80} \text{〔V〕}$$

これらのベクトル図を描くと，解図 3 となり，$\dot{V}_{ab}$ と $\dot{I}_2$ の位相差 θ_1 は，解図より，次の値となる。

$$\theta_1=180^\circ,\qquad \because \quad \theta_1=\arg\{\dot{V}_{ab}\}-\arg\{\dot{I}_2\}=45^\circ-(-135^\circ)=\mathbf{180^\circ}$$



解図 3

問10　L，C 共振回路の共振周波数を f_r，コンデンサの静電容量 C を 4 倍にしたときの共振周波数を f_r' とすると，

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},\quad f_r'=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\times4C}}=\frac{1}{2\times2\pi\sqrt{LC}}=\frac{f_r}{2}$$

となるから，C を 4 倍にすると共振周波数は $\boldsymbol{\frac{1}{2}}$ **倍**になる。

問11　$R=200\,[\Omega]$，$L=5\,[\mathrm{mH}]$，$C=0.02\,[\mu\mathrm{F}]$ のときの共振周波数 f_r は，

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{5\times10^{-3}\times0.02\times10^{-6}}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-10}}}=\frac{10^5}{2\pi}$$

$$=15.92\times10^3\,[\mathrm{Hz}]=15.92\,[\mathrm{kHz}]$$

$$Q=\frac{\omega_r L}{R}=\frac{2\pi\times\frac{10^5}{2\pi}\times5\times10^{-3}}{200}=\frac{5\times10^2}{200}=2.5$$

$$\therefore\quad B=\frac{f_r}{Q}=\frac{1}{2.5}\times\frac{10^5}{2\pi}\fallingdotseq 6\,369\ [\mathrm{Hz}]\fallingdotseq\mathbf{6.37\ [kHz]}$$

問12　回路の $Q=\dfrac{\omega_r L}{R}$ より，$L=\dfrac{QR}{\omega_r}\,[\mathrm{H}]$ であるから，

$$L=\frac{QR}{2\pi f_r}\fallingdotseq\frac{80\times10}{2\times3.14\times200\times10^3}\fallingdotseq0.637\times10^{-3}\ [\mathrm{H}]=\mathbf{637\ [\mu H]}$$

問13　電流計 Ⓐ1 と Ⓐ2 が等しいときは，回路は並列共振状態にあるから，

電源電圧 $V=RI=100\times0.5=\mathbf{50\ [V]}$

電源周波数 $f_r=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{1\times7.04\times10^{-6}}}\fallingdotseq\mathbf{60\ [Hz]}$

6·3　諸定理による交流回路の計算

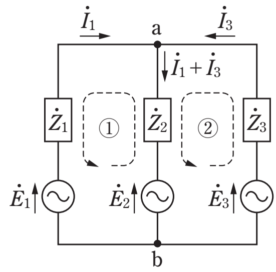
問1　教科書p. 51〔例題 1〕の結果式(6)で $j\omega L$ の代わりに $-j\dfrac{1}{\omega C}$ を用い，題意の値を代入すれば，電流 $\dot{I}$ の大きさ I は，

$$I=\frac{|R_2\dot{E}_1+R_1\dot{E}_2|}{\sqrt{(R_1R_2)^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2(R_1+R_2)^2}}$$

$$=\frac{300\times 10+100\times 20}{\sqrt{(100\times 300)^2+\left(\dfrac{1}{2\pi\times 50\times 10\times 10^{-6}}\right)^2(100+300)^2}}$$

$\fallingdotseq 0.0382$〔A〕$=$ **38.2〔mA〕**

問 2　解図 4 のように $\dot{I}_1$ を定めて，図中の①，②の順路によりキルヒホッフの第 2 法則（電圧則）を適用すると次式を得る。



解図 4

$$\begin{cases}(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)\dot{I}_1+\quad\dot{Z}_2\dot{I}_3\quad=\dot{E}_1-\dot{E}_2 & (1)\\ \dot{Z}_2\dot{I}_1+(\dot{Z}_2+\dot{Z}_3)\dot{I}_3=\dot{E}_3-\dot{E}_2 & (2)\end{cases}$$

式(1)$\times\dot{Z}_2-$式(2)$\times(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)$ より，

$$\dot{Z}_2(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)\dot{I}_1+\qquad\dot{Z}_2{}^2\dot{I}_3\qquad=\dot{Z}_2(\dot{E}_1-\dot{E}_2)$$

$$-)\ \ (\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)\dot{Z}_2\dot{I}_1+(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(\dot{Z}_2+\dot{Z}_3)\dot{I}_3=(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(\dot{E}_3-\dot{E}_2)$$

$$\{\dot{Z}_2{}^2-(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(\dot{Z}_2+\dot{Z}_3)\}\dot{I}_3=\dot{Z}_2(\dot{E}_1-\dot{E}_2)-(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(\dot{E}_3-\dot{E}_2)$$

$$\therefore\ (\dot{Z}_2{}^2-\dot{Z}_1\dot{Z}_2-\dot{Z}_1\dot{Z}_3-\dot{Z}_2{}^2-\dot{Z}_2\dot{Z}_3)\dot{I}_3=\dot{Z}_2\dot{E}_1-\dot{Z}_2\dot{E}_2-\dot{Z}_1\dot{E}_3+\dot{Z}_1\dot{E}_2-\dot{Z}_2\dot{E}_3+\dot{Z}_2\dot{E}_2$$

$$\therefore\ -(\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1)\dot{I}_3=\dot{Z}_2\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{E}_3+\dot{Z}_1\dot{E}_2-\dot{Z}_2\dot{E}_3$$

$$\therefore\ \dot{I}_3=\boldsymbol{\frac{\dot{Z}_1(\dot{E}_3-\dot{E}_2)+\dot{Z}_2(\dot{E}_3-\dot{E}_1)}{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1}}$$

なお，式(1)と式(2)の連立方程式を**行列式を用いて解く**と，次式のようになる。

$$I_3=\frac{\begin{vmatrix}\dot{Z}_1+\dot{Z}_2 & \dot{E}_1-\dot{E}_2\\ \dot{Z}_2 & -\dot{E}_2+\dot{E}_3\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}\dot{Z}_1+\dot{Z}_2 & \dot{Z}_2\\ \dot{Z}_2 & \dot{Z}_2+\dot{Z}_3\end{vmatrix}}=\frac{(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(-\dot{E}_2+\dot{E}_3)-\dot{Z}_2(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}{(\dot{Z}_1+\dot{Z}_2)(\dot{Z}_2+\dot{Z}_3)-\dot{Z}_2{}^2}$$

$$=\frac{-\dot{Z}_1\dot{E}_2-\dot{Z}_2\dot{E}_3+\dot{Z}_1\dot{E}_3+\dot{Z}_2\dot{E}_3-\dot{Z}_2\dot{E}_1+\dot{Z}_2\dot{E}_2}{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2{}^2+\dot{Z}_3\dot{Z}_1+\dot{Z}_2\dot{Z}_3-\dot{Z}_2{}^2}=\boldsymbol{\frac{\dot{Z}_1(\dot{E}_3-\dot{E}_2)+\dot{Z}_2(\dot{E}_3-\dot{E}_1)}{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1}}$$

〔別解〕　ミルマンの定理を用いて解くと，次式のようになる。

$$\dot{E}_3-\dot{Z}_3\dot{I}_3=\dot{V}_{ab}$$

$$\therefore\ \dot{I}_3=\frac{\dot{E}_3-\dot{V}_{ab}}{\dot{Z}_3}=\frac{\dot{E}_3}{\dot{Z}_3}-\frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{Z}_3}=\frac{\dot{E}_3}{\dot{Z}_3}-\frac{1}{\dot{Z}_3}\cdot\frac{\dfrac{\dot{E}_1}{\dot{Z}_1}+\dfrac{\dot{E}_2}{\dot{Z}_2}+\dfrac{\dot{E}_3}{\dot{Z}_3}}{\dfrac{1}{\dot{Z}_1}+\dfrac{1}{\dot{Z}_2}+\dfrac{1}{\dot{Z}_3}}$$

$$=\frac{\dot{E}_3}{\dot{Z}_3}-\frac{\dot{Z}_2\dot{Z}_3\dot{E}_1+\dot{Z}_1\dot{Z}_3\dot{E}_2+\dot{Z}_1\dot{Z}_2\dot{E}_3}{\dot{Z}_3(\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_1\dot{Z}_3+\dot{Z}_1\dot{Z}_2)}$$

$$=\frac{(\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1)\dot{E}_3-\dot{Z}_2\dot{Z}_3\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{Z}_3\dot{E}_2-\dot{Z}_1\dot{Z}_2\dot{E}_3}{\dot{Z}_3(\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1)}$$

$$=\frac{(\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1)\dot{E}_3-\dot{Z}_2\dot{Z}_3\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{Z}_3\dot{E}_2}{\dot{Z}_3(\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1)}=\frac{(\dot{Z}_2+\dot{Z}_1)\dot{E}_3-\dot{Z}_2\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{E}_2}{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1}$$

$$=\frac{\boldsymbol{\dot{Z}_1(\dot{E}_3-\dot{E}_2)+\dot{Z}_2(\dot{E}_3-\dot{E}_1)}}{\boldsymbol{\dot{Z}_1\dot{Z}_2+\dot{Z}_2\dot{Z}_3+\dot{Z}_3\dot{Z}_1}}$$

問 3　解図 5 のように，コンデンサを取り除いたとき，a–b 間に現れる電圧を $\dot{E}_0$，a–b 間より電源側をみたインピーダンスを $\dot{Z}_i$ とおくと，

$$\dot{E}_0=\dot{E}_2+R_2\dot{I}=\dot{E}_2+R_2\frac{\dot{E}_1-\dot{E}_2}{R_1+R_2},\qquad \dot{Z}_i=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

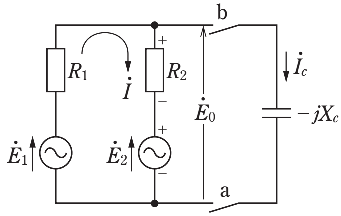
となる。ゆえに，コンデンサに流れる電流を $\dot{I}_c$ とおくと，

$$I_c=\frac{\dot{E}_0}{\dot{Z}_i-jX_c}=\frac{\dot{E}_2+R_2\dfrac{\dot{E}_1-\dot{E}_2}{R_1+R_2}}{\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}-jX_C}=\frac{(R_1+R_2)\dot{E}_2+R_2(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}{R_1R_2-jX_C(R_1+R_2)}$$

となる。したがって，$\dot{V}_C$ は次式となる。

$$\dot{V}_C=-jX_C\dot{I}_c=\frac{-jX_C(\dot{E}_1R_2+\dot{E}_2R_1)}{R_1R_2-jX_C(R_1+R_2)}$$

$$=\frac{\boldsymbol{\dot{E}_1R_2+\dot{E}_2R_1}}{\boldsymbol{(R_1+R_2)}-\dfrac{\boldsymbol{R_1R_2}}{\boldsymbol{jX_C}}}$$



解図 5

6･5　相互インダクタンスを含む回路の計算

問 1　〔例題 5〕と同様の考え方により，V–Y 変換をすると，解図 6 となる。したがって，直並列回路の合成インピーダンスを求める方法によって，次式が得られる。

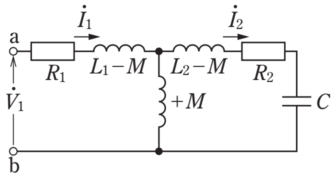
$$\dot{Z}=R_1+j\omega(L_1-M)+\frac{\left\{R_2+j\omega(L_2-M)-j\dfrac{1}{\omega C}\right\}j\omega M}{\left\{R_2+j\omega(L_2-M)-j\dfrac{1}{\omega C}\right\}+j\omega M}$$

ここで，$\omega L_2=\dfrac{1}{\omega C}$ の条件を代入し，

$$\dot{Z}=R_1+j\omega(L_1-M)+\frac{(R_2-j\omega M)j\omega M}{R_2}$$

$$=R_1+j\omega L_1+\frac{\omega^2M^2}{R_2}$$

$$=\left(\boldsymbol{R_1+\frac{\omega^2M^2}{R_2}}\right)+\boldsymbol{j\omega L_1}$$



解図 6

また，一次側，二次側でキルヒホッフの第2法則を用い，次式の連立方程式を解いて $\dot{I}_1$ を求めることによっても，$\dot{Z}$ は求められる。

$$\begin{cases}(R_1+j\omega L_1)\dot{I}_1-j\omega M\dot{I}_2=\dot{V}_1\\ -j\omega M\dot{I}_1+\left\{R_2+j\left(\omega L_2-\dfrac{1}{\omega C}\right)\right\}\dot{I}_2=0\end{cases}$$

$$\begin{cases}(R_1+j\omega L_1)\dot{I}_1-j\omega M\dot{I}_2=\dot{V}_1\\ -j\omega M\dot{I}_1+R_2\dot{I}_2=0\end{cases}$$

上の連立方程式から $\dot{I}_1$ を求めると，

$$\dot{I}=\frac{\begin{vmatrix}\dot{V}_1 & -j\omega M\\ 0 & R_2\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}R_1+j\omega L_1 & -j\omega M\\ -j\omega M & R_2\end{vmatrix}}=\frac{R_2\dot{V}_1}{(R_1+j\omega L_1)R_2+\omega^2M^2}$$

となる。したがって，端子 a–b 間の合成インピーダンス $\dot{Z}$ は，

$$\dot{Z}=\frac{\dot{Z}_1}{\dot{I}_1}=(R_1+j\omega L_1)+\frac{\omega^2M^2}{R_2}=\left(\boldsymbol{R_1+\frac{\omega^2M^2}{R_2}}\right)+\boldsymbol{j\omega L_1}$$

復習問題

基本問題

1. （a） $6+j8$ の大きさ $=\sqrt{6^2+8^2}=\sqrt{100}=\mathbf{10}$

偏角 $\theta=\tan^{-1}(8/6)\fallingdotseq 53.13°\fallingdotseq \mathbf{53°8'}$

（b） $4-j3$ の大きさ $=\sqrt{4^2+(-3)^2}=\sqrt{25}=\mathbf{5}$

偏角 $\theta=\tan^{-1}(-3/4)\fallingdotseq -36.87°\fallingdotseq \mathbf{-36°52'}$

（c） $(4+j2)+(6+j8)=10+j10$ の大きさ $=\sqrt{10^2+10^2}=10\sqrt{2}\fallingdotseq \mathbf{14.14}$

偏角 $\theta=\tan^{-1}(10/10)\fallingdotseq \mathbf{45°}$

（d） $(12-j10)-(4-j7)+(8+j15)=16+j12$ の大きさ $=\sqrt{16^2+12^2}=\mathbf{20}$

偏角 $\theta=\tan^{-1}(12/16)\fallingdotseq 36.87°\fallingdotseq \mathbf{36°52'}$

（e） $(8+j6)(5+j3)=(40-18)+j(30+24)=22+j54$

大きさ $=\sqrt{22^2+54^2}\fallingdotseq \mathbf{58.3}$

偏角 $\theta=\tan^{-1}(54/22)\fallingdotseq 67.83°\fallingdotseq$ **67°50′**

（f） $\dfrac{80+j60}{3+j4}=\dfrac{20(4+j3)(3-j4)}{(3+j4)(3-j4)}=\dfrac{20(12+12+j9-j16)}{9+16}=\dfrac{20(24-j7)}{25}$

$=19.2-j5.6$

大きさ $=\sqrt{19.2^2+5.6^2}=\sqrt{400}=$ **20**

偏角 $\theta=\tan^{-1}(-7/24)=\tan^{-1}(-5.6/19.2)=-16.26°\fallingdotseq$ **−16°16′**

2. （a） $\dot{A}+\dot{B}=(5+j8)+(4+j3)=\boldsymbol{9+j11}$

（b） $\dot{A}-\dot{B}=(5+j8)-(4+j3)=\boldsymbol{1+j5}$

（c） $\dot{A}\dot{B}=(5+j8)(4+j3)=(20-24)+j(32+15)=\boldsymbol{-4+j47}$

（d） $\dfrac{\dot{A}}{\dot{B}}=\dfrac{5+j8}{4+j3}=\dfrac{(5+j8)(4-j3)}{(4+j3)(4-j3)}=\dfrac{(20+24)+j(32-15)}{16+9}$

$=\dfrac{44+j17}{25}=\boldsymbol{1.76+j0.68}$

3. $j\dot{A}$ のベクトルは，大きさが等しく，位相が $\dfrac{\pi}{2}$〔rad〕進んだベクトルになる。すなわち，$j(4+j3)=-3+j4$

$\dot{A}\left(\cos\dfrac{\pi}{6}-j\sin\dfrac{\pi}{6}\right)$ のベクトルは，位相が $\dfrac{\pi}{6}$〔rad〕(30°) 遅れたベクトルになる。

すなわち，

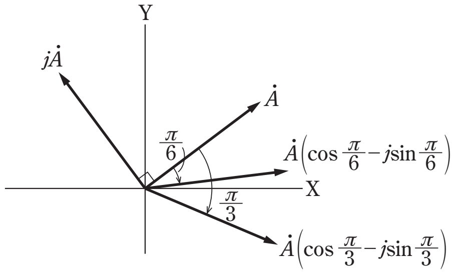
$$(4+j3)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}-j\frac{1}{2}\right)=\left(2\sqrt{3}+\frac{3}{2}\right)+j\left(\frac{3\sqrt{3}}{2}-\frac{4}{2}\right)=4.96+j0.60$$

$\dot{A}\left(\cos\dfrac{\pi}{3}-j\sin\dfrac{\pi}{3}\right)$ のベクトルは，位相が $\dfrac{\pi}{3}$〔rad〕(60°) 遅れたベクトルになる。

すなわち，

$$(4+j3)\left(\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)=\left(2+\frac{3\sqrt{3}}{2}\right)+j\left(\frac{3}{2}-2\sqrt{3}\right)=4.60-j1.96$$

以上のベクトル図を描くと，解図 7 のようになる。



解図 7

4. $\dot{A}=10\left(\cos\dfrac{\pi}{3}+j\sin\dfrac{\pi}{3}\right)=10\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}$, $\dot{B}=6\left(\cos\dfrac{\pi}{6}+j\sin\dfrac{\pi}{6}\right)=6\varepsilon^{j\frac{\pi}{6}}$ であるから,

(a) $\dot{A}\dot{B}=10\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}\times6\varepsilon^{j\frac{\pi}{6}}=60\varepsilon^{j\left(\frac{\pi}{3}+j\frac{\pi}{6}\right)}=60\varepsilon^{j\frac{\pi}{2}}=60\left(\cos\dfrac{\pi}{2}+j\sin\dfrac{\pi}{2}\right)$

$=60\angle90°=\boldsymbol{j60}$

(b) $\dot{A}/\dot{B}=10\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}/6\varepsilon^{j\frac{\pi}{6}}=(10/6)\varepsilon^{\left(j\frac{\pi}{3}-j\frac{\pi}{6}\right)}\fallingdotseq1.67\varepsilon^{j\frac{\pi}{6}}\fallingdotseq1.67\left(\cos\dfrac{\pi}{6}+j\sin\dfrac{\pi}{6}\right)$

$\fallingdotseq1.67\angle30°\fallingdotseq\boldsymbol{1.45+j0.835}$

(c) $10\dot{A}\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=100\left(\cos\dfrac{\pi}{3}+j\sin\dfrac{\pi}{3}\right)=100\angle60°\fallingdotseq\boldsymbol{50+j86.6}$

(d) $\dot{A}/2=\dfrac{10}{2}\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=5\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=5\left(\cos\dfrac{\pi}{3}+j\sin\dfrac{\pi}{3}\right)=5\angle60°\fallingdotseq\boldsymbol{2.5+j4.33}$

5. $\dot{A}=50\varepsilon^{j\frac{2}{3}\pi}$, $\dot{B}=5\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}$のとき,

(a) $\dot{A}\dot{B}=50\varepsilon^{j\frac{2}{3}\pi}\times5\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=250\varepsilon^{j\pi}=250\angle180°=\boldsymbol{-250}$

(b) $\dot{A}/\dot{B}=50\varepsilon^{j\frac{2}{3}\pi}/5\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=10\varepsilon^{\left(j\frac{2\pi}{3}-j\frac{\pi}{3}\right)}=10\varepsilon^{j\frac{\pi}{3}}=10\angle60°\fallingdotseq\boldsymbol{5+j8.66}$

6. (a) $\dot{Z}=R+jX_L=\boldsymbol{3+j4}$ 〔**Ω**〕

大きさ $Z=\sqrt{3^2+4^2}=\sqrt{25}=\boldsymbol{5}$ 〔**Ω**〕

(b) $\dot{Z}=R-jX_C=\boldsymbol{6-j2}$ 〔**Ω**〕

大きさ $Z=\sqrt{6^2+2^2}=\sqrt{40}=\boldsymbol{6.32}$ 〔**Ω**〕

(c) $\dot{Z}=R+j(X_L-X_C)=1+j(6-3)=\boldsymbol{1+j3}$ 〔**kΩ**〕

大きさ $Z=\sqrt{1^2+3^2}=\sqrt{10}=\boldsymbol{3.16}$ 〔**kΩ**〕

7. 直列に接続した場合

$\dot{Z}=R+jX_L=4+j3$ 〔Ω〕

大きさ $Z=\sqrt{4^2+3^2}=\sqrt{25}=\boldsymbol{5}$ 〔**Ω**〕

並列に接続した場合

$$\dot{Z}=\frac{jX_LR}{R+jX_L}=\frac{4\times j3}{4+j3}=\frac{j12}{4+j3}=\frac{j12(4-j3)}{(4+j3)(4-j3)}=\frac{36+j48}{16+9}$$

$=1.44+j1.92$ 〔Ω〕

大きさ $Z=\sqrt{1.44^2+1.92^2}=\sqrt{5.76}=\boldsymbol{2.4}$ 〔**Ω**〕

または $Z=\dfrac{4\times3}{\sqrt{4^2+3^2}}=\dfrac{12}{\sqrt{25}}=\dfrac{12}{5}=\boldsymbol{2.4}$ 〔**Ω**〕

8. $\dot{V}=\dot{Z}\dot{I}=(8+j6)(4+j3)=(32-18)+j(24+24)=\boldsymbol{14+j48}$ 〔**V**〕

$V=\sqrt{14^2+48^2}=\sqrt{2\,500}=\mathbf{50}$ 〔**V**〕

または，$V=\sqrt{8^2+6^2}\times\sqrt{4^2+3^2}=10\times5=\mathbf{50}$ 〔**V**〕

9. インピーダンス $\dot{Z}=\dfrac{\dot{V}}{\dot{I}}=\dfrac{80-j60}{3-j4}=\dfrac{(80-j60)(3+j4)}{(3-j4)(3+j4)}$

$$=\frac{(240+240)+j(320-180)}{9+16}=\frac{480+j140}{25}$$

$$=19.2+j5.6\ 〔\Omega〕$$

∴ $R=\mathbf{19.2}$ 〔$\boldsymbol{\Omega}$〕， $X_L=\mathbf{5.6}$ 〔$\boldsymbol{\Omega}$〕

10. アドミタンス $\dot{Y}=\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{j\omega L}=\dfrac{1}{30}+\dfrac{1}{j40}=\mathbf{0.033}-\boldsymbol{j}\mathbf{0.025}$ 〔S〕

全電流 $\dot{I}=\dot{Y}\dot{V}=\left(\dfrac{1}{30}-j\dfrac{1}{40}\right)120=4-j3$ 〔A〕

∴ $I=\sqrt{4^2+3^2}=\sqrt{25}=\mathbf{5}$ 〔**A**〕

力率 $\cos\theta=\dfrac{I_R}{I}=\dfrac{4}{5}=\mathbf{0.8}$ (**80%**)

11. R，L，C に流れる電流を，それぞれ $\dot{I}_R$，$\dot{I}_L$，$\dot{I}_C$ とし，$\dot{I}_R$ を位相の基準にとれば，$\dot{I}_R=15$〔A〕，$\dot{I}_L=-j10$〔A〕，$\dot{I}_C=j2$〔A〕であるから，合成電流 $\dot{I}$ は，

$\dot{I}=\dot{I}_R+\dot{I}_L+\dot{I}_C=15-j10+j2=\mathbf{15}-\boldsymbol{j}\mathbf{8}$ 〔**A**〕

$\dot{I}$ の大きさ $I=\sqrt{15^2+8^2}=\mathbf{17}$ 〔**A**〕

力率 $\cos\theta=I_R/I=15/17\fallingdotseq\mathbf{0.882}$ (**88.2 %**)

12. $\dot{Z}=\dot{Z}_1+\dot{Z}_2+\dot{Z}_3=(2+j3)+(2-j2)+(3+j9)=(2+2+3)+j(3-2+9)$

$=7+j10$ 〔Ω〕

大きさ $Z=\sqrt{7^2+10^2}=\sqrt{149}\fallingdotseq\mathbf{12.2}$ 〔$\boldsymbol{\Omega}$〕

次に，この直列回路に 5A の電流が流れたとき，$\dot{Z}_1$，$\dot{Z}_2$，$\dot{Z}_3$ の各端子電圧を $\dot{V}_1$，$\dot{V}_2$，$\dot{V}_3$ とすれば，

$\dot{V}_1=\dot{Z}_1\dot{I}=(2+j3)5=10+j15$ 〔V〕

大きさ $V_1=\sqrt{10^2+15^2}=\sqrt{325}\fallingdotseq\mathbf{18.03}$ 〔**V**〕

$\dot{V}_2=\dot{Z}_2\dot{I}=(2-j2)5=10-j10$ 〔V〕

大きさ $V_2=\sqrt{10^2+(-10)^2}=\sqrt{200}\fallingdotseq\mathbf{14.14}$ 〔**V**〕

$\dot{V}_3=\dot{Z}_3\dot{I}=(3+j9)5=15+j45$ 〔V〕

大きさ $V_3=\sqrt{15^2+45^2}=\sqrt{2\,250}\fallingdotseq\mathbf{47.43}$ 〔**V**〕

13. L–C 直列回路の共振周波数を f_r とすれば，$f_r=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ で表されるから，

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{40\times10^{-3}\times400\times10^{-12}}}=\frac{10^6}{8\pi}\fallingdotseq\mathbf{39.8}\ \text{〔}\mathbf{kHz}\text{〕}$$

14. R–L–C 直列共振回路の共振周波数を f_r とすれば，

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{10\times150\times10^{-12}}}\fallingdotseq4.109\times10^3\ \text{〔Hz〕}\fallingdotseq4.11\ \text{〔kHz〕}$$

$$Q=\frac{\omega_rL}{R}=\frac{1}{\omega_rCR}\fallingdotseq\frac{2\pi\times4.109\times10^3\times10}{400}\fallingdotseq\frac{25.82}{400}\times10^4\fallingdotseq\mathbf{645}$$

15. ①の閉回路　$\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{I}_1-\dot{Z}_2\dot{I}_2=0$　　（1）

∴　$\boldsymbol{\dot{Z}_1\dot{I}_1+\dot{Z}_2\dot{I}_2=\dot{E}_1}$

②の閉回路　$\dot{Z}_2\dot{I}_2+\dot{Z}\dot{I}-\dot{E}=0$　　（2）

∴　$\boldsymbol{\dot{Z}_2\dot{I}_2+\dot{Z}\dot{I}=\dot{E}}$

③の閉回路　$\dot{E}_1-\dot{Z}_1\dot{I}_1+\dot{Z}\dot{I}-\dot{E}=0$　　（3）

∴　$\boldsymbol{-\dot{Z}_1\dot{I}_1+\dot{Z}\dot{I}=\dot{E}-\dot{E}_1}$

式(2)－式(1)＝式(3)であるから，回路より式(3)を立てる必要はない。

16. コンデンサを取り除いたとき，a–b 間に生ずる電圧を V_{ab}，a–b 間より電源側を見たインピーダンスを $\dot{Z}_i$ とすると，次式を得る。

$$\dot{V}_{ab}=\frac{15}{15+j45}\times100=\frac{100}{1+j3}$$

$$\dot{Z}_i=\frac{15\times j45}{15+j45}=\frac{j45}{1+j3}$$

ゆえに，テブナンの定理により，$\dot{I}_C$ は次式となる。

$$\dot{I}_C=\frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{Z}_i-j15}=\frac{\dfrac{100}{1+j3}}{\dfrac{j45}{1+j3}-j15}=\frac{100}{j45-j15(1+j3)}=\frac{100}{45+j30}$$

$$=\frac{20}{9+j6}=\frac{20}{117}(9-j6)=\mathbf{1.54}-\boldsymbol{j}\mathbf{1.03}\ \text{〔}\mathbf{A}\text{〕}$$

17. ブリッジの平衡条件式は，

$$R_1R_2=j\omega L\cdot\frac{1}{j\omega C}=\frac{L}{C}$$

∴　$L=CR_1R_2=600\times10^{-12}\times50\times10^3\times10\times10^3=0.3$ 〔H〕$=\mathbf{300}$ 〔**mH**〕

18. 電流 $\dot{I}_1$ の作る磁束と，電流 $\dot{I}_2$ の作る磁束は，互いに打ち消し合う方向に生ずるので，差動結合である。したがって，

①の閉回路の方程式は,

$$(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{j\omega L_1})\dot{\boldsymbol{I}}_1-\boldsymbol{j\omega M}\dot{\boldsymbol{I}}_2=\dot{\boldsymbol{V}} \qquad (1)$$

②の閉回路の方程式は,

$$-\boldsymbol{j\omega M}\dot{\boldsymbol{I}}_1+\boldsymbol{j\omega L_2}\dot{\boldsymbol{I}}_2=0 \qquad (2)$$

なお, $\dot{I}_2$ を逆の方向にとって, これを $\dot{I}_2'$ とおくと, $\dot{I}_1$ と $\dot{I}_2'$ の作る磁束は和動結合となるが, この場合, 回路の方程式は次式となって,

$$\begin{cases}(R+j\omega L_1)\dot{I}_1+j\omega M\dot{I}_2'=\dot{V} & (1)' \\ j\omega L_2\dot{I}_2+j\omega M\dot{I}_2'=0 & (2)'\end{cases}$$

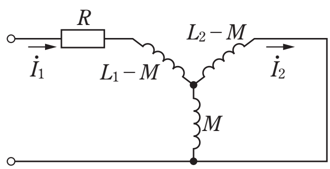
この式で, $\dot{I}_2'=-\dot{I}_2$ とおくと, やはり式(1), 式(2)の連立方程式となるので, この連立方程式の解も, $\dot{I}_2'=-\dot{I}_2$ となり, 両連立方程式の $\dot{I}_1$ は等しくなる。式(1), 式(2)の連立方程式と解くと, 次式が得られる。

$$\dot{I}_1=\frac{\dot{V}}{R+j\omega\left(L_1-\dfrac{M_2}{L_2}\right)}, \quad \dot{I}_2=\frac{M\dot{V}}{RL_2+j\omega(L_1L_2-M^2)}$$

$$\therefore \quad \dot{Z}_1=R+j\omega\left(L_1-\frac{M^2}{L_2}\right) \qquad (3)$$

なお, この $\dot{Z}_1$ を, 解図 8 のように V−Y 変換により求めると,

$$\begin{aligned}\dot{Z}_1&=R+j\omega(L_1-M)+\frac{j\omega M\cdot j\omega(L_2-M)}{j\omega M+j\omega(L_2-M)}\\&=R+j\omega(L_1-M)+\frac{j\omega M(L_2-M)}{L_2}\\&=R+j\omega L_1-j\omega M+j\omega M-j\omega\frac{M^2}{L_2}\\&=R+j\omega\left(L_1-\frac{M^2}{L_2}\right) \qquad (4)\end{aligned}$$



解図 8

ゆえに式(3)=式(4)となり, この式で M を $-M$ としても $\dot{Z}_1$ は同じである。しかし, このような変圧器の回路では, 物理的には, 差動結合である。

19. 合成インダクタンスが 2.5mH のときは和動結合, 1.3mH のときは差動結合である。したがって, 式 (6･81), (6･82) を用いて,

$$L_1+L_2+2M=2.5\times10^{-3} \qquad (1)$$

$$L_1+L_2-2M=1.3\times10^{-3} \qquad (2)$$

式(1)−式(2)より相互インダクタンス M を求めると, 次のようになる。

$$4M=1.2\times10^{-3}$$

$\therefore\quad M=0.3\times10^{-3}$〔H〕$=\mathbf{0.3}$〔**mH**〕

発展問題

1. $X_C=\dfrac{1}{\omega C}=\dfrac{1}{2\pi\times10^3\times1\times10^{-6}}=159.2$〔Ω〕

（a） $Z=\sqrt{R^2+X_C{}^2}\fallingdotseq\sqrt{100^2+159.2^2}\fallingdotseq\mathbf{188}$〔Ω〕

（b） $I=\dfrac{V}{Z}\fallingdotseq\dfrac{10}{188}\fallingdotseq0.0532$〔A〕$\fallingdotseq\mathbf{53.2}$〔**mA**〕

2. （a） $R=10$〔Ω〕

$X_L=2\pi fL=2\pi\times500\times100\times10^{-3}=100\pi=314.16$〔Ω〕

$X_C=\dfrac{1}{2\pi fC}=\dfrac{1}{2\pi\times500\times1\times10^{-6}}=\dfrac{10^3}{\pi}=318.31$〔Ω〕

したがって，合成インピーダンス $\dot{Z}$ は，

$\dot{Z}=R+j(X_L-X_C)=10+j(314.16-318.31)=\mathbf{10-\mathit{j}4.15}$〔Ω〕

（b） $\dot{I}=\dfrac{\dot{V}}{\dot{Z}}=\dfrac{10}{10-j4.15}=\dfrac{100+j41.5}{10^2+4.15^2}=0.854+j0.353$〔A〕

$\therefore\quad I=\sqrt{0.854^2+0.353^2}=\mathbf{0.924}$〔**A**〕

位相角 θ は，$\theta=\tan^{-1}\dfrac{41.5}{100}=\mathbf{22°32'}=\mathbf{22.54°}$

3. $\dot{Y}=\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{jX_L}+\dfrac{1}{-jX_C}=\dfrac{1}{20}-j\dfrac{1}{10}+j\dfrac{1}{30}=\dfrac{1}{20}-j\dfrac{1}{15}$

$=0.05-j0.0667$〔S〕

$\therefore\quad Y=\sqrt{(1/20)^2+(1/15)^2}=0.0833$〔S〕$=\mathbf{83.3}$〔**mS**〕

$G=0.05$〔S〕$=\mathbf{50}$〔**mS**〕

$B=0.0667$〔S〕$=\mathbf{66.7}$〔**mS**〕

$\dot{I}=\dot{Y}\dot{V}=\left(\dfrac{1}{20}-j\dfrac{1}{15}\right)\times120=6-j8$〔A〕

$\therefore\quad I=|\dot{I}|=\sqrt{6^2+(-8)^2}=\mathbf{10}$〔**A**〕

4. 図6･110の回路の抵抗を R，リアクタンスを ωL とすれば，全電流 $\dot{I}_0$ は，

$\dot{I}_0=\dot{I}_L+\dot{I}_C=\dfrac{\dot{V}}{R+j\omega L}+j\omega C\dot{V}=\left(\dfrac{1}{R+j\omega L}+j\omega C\right)\dot{V}$

$\therefore\quad \dot{Y}=\dfrac{\dot{I}_0}{\dot{V}}=\dfrac{1}{R+j\omega L}+j\omega C=\dfrac{R}{R^2+(\omega L)^2}+j\left(\omega C-\dfrac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}\right)$ （1）

上式で虚部が 0 のとき，すなわち並列共振時の C は，

$$\omega C=\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2} \qquad \therefore \quad C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2} \qquad (2)$$

また，共振時のインピーダンス Z_r は，式(1)で虚部が 0 の条件式に式(2)を代入すれば，

$$Z_r=\frac{1}{Y_r}=\frac{R^2+\omega^2L^2}{R}=\frac{L}{CR} \qquad (3)$$

したがって，与えられた数値を式(2)に代入すれば，

$$C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}=\frac{0.01\times10^{-3}}{0.01^2+(2\pi\times500\times10^3)^2\times(0.01\times10^{-3})^2}$$

$$\fallingdotseq 1.013\times10^{-8}\ \text{〔F〕}$$

（a） $Z_r=\dfrac{0.01\times10^{-3}}{1.013\times10^{-8}\times0.01}=\mathbf{98.7}$ 〔**kΩ**〕

（b） $C=0.01\times10^{-6}$ 〔F〕$=\mathbf{0.01013}$ 〔**μF**〕

（c） $I_C=\omega_rCV=2\pi f_rCV=2\pi\times500\times10^3\times0.01\times10^{-6}\times100=\mathbf{3.18}$ 〔**A**〕

5. $\dot{Y}_1=\dfrac{1}{\dot{Z}_1}=\dfrac{1}{3+j5}=\dfrac{3-j5}{9+25}=\dfrac{3}{34}-j\dfrac{5}{34}=\mathbf{0.088-j0.147}$ 〔S〕

$\dot{Y}_2=\dfrac{1}{\dot{Z}_2}=\dfrac{1}{5-j3}=\dfrac{5+j3}{25+9}=\dfrac{5}{34}+j\dfrac{3}{34}=\mathbf{0.147+j0.088}$ 〔S〕

$\dot{Y}=\dot{Y}_1+\dot{Y}_2=\dfrac{3-j5}{34}+\dfrac{5+j3}{34}=\dfrac{8-j2}{34}=\mathbf{0.235-j0.059}$ 〔S〕

$\dot{Z}=\dfrac{1}{\dot{Y}}=\dfrac{34}{8-j2}=\dfrac{34(8+j2)}{(8-j2)(8+j2)}=\dfrac{272+j68}{64+4}=\mathbf{4+j}$ 〔**Ω**〕

6. 抵抗 5 Ω の回路のアドミタンス $\dot{Y}_1=\dfrac{1}{5}$ 〔S〕

抵抗 3 Ω とリアクタンス 4 Ω の回路のアドミタンス $\dot{Y}_2$ は，

$$\dot{Y}_2=\frac{1}{3+j4}=\frac{3-j4}{9+16}=\frac{3-j4}{25}\ \text{〔S〕}$$

（a） $\dot{Y}=\dot{Y}_1+\dot{Y}_2=\dfrac{1}{5}+\dfrac{3-j4}{25}=\dfrac{5+3-j4}{25}=\dfrac{8-j4}{25}=\mathbf{0.32-j0.16}$ 〔S〕

（b） $\dot{Z}=\dfrac{1}{\dot{Y}}=\dfrac{25}{8-j4}=\dfrac{200+j100}{64+16}=\dfrac{200+j100}{80}$

$=\mathbf{2.5+j1.25}$ 〔**Ω**〕

（c） $\dot{I}_1=\dot{Y}_1\dot{V}=\dfrac{1}{5}\times100=\mathbf{20}$ 〔**A**〕

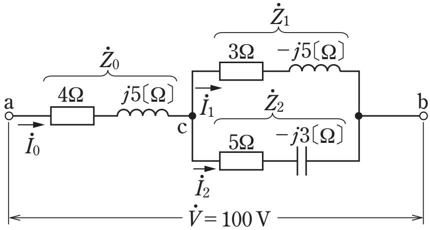
$\dot{I}_2=\dot{Y}_2\dot{V}=\left(\dfrac{3-j4}{25}\right)100=\mathbf{12-j16}$ 〔**A**〕

$$\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=20+12-j16=\mathbf{32-j16}\ 〔\mathbf{A}〕$$

または，

$$\dot{I}=\dot{Y}\dot{V}=\left(\frac{8-j4}{25}\right)100=32-j16\ 〔\mathrm{A}〕$$

7. 図 6･113 の回路のインピーダンスおよび電流を，解図 9 のように決める。



解図 9

b−c 間の合成インピーダンス $\dot{Z}_{bc}$ は，

$$\dot{Z}_{bc}=\frac{\dot{Z}_1\dot{Z}_2}{\dot{Z}_1+\dot{Z}_2}=\frac{(3+j5)(5-j3)}{(3+j5)+(5-j3)}=\frac{30+j16}{8+j2}=\frac{15+j8}{4+j}=\frac{(15+j8)(4-j)}{4^2+1^2}$$

$$=\frac{68+j17}{17}=4+j\ 〔\Omega〕$$

a−b 間の合成インピーダンス $\dot{Z}$ は，

$$\dot{Z}=\dot{Z}_0+\dot{Z}_{bc}=(4+j5)+(4+j)=\mathbf{8+j6}\ 〔\mathbf{\Omega}〕$$

全電流 $\dot{I}_0=\dfrac{\dot{V}}{\dot{Z}}=\dfrac{100}{8+j6}=\dfrac{100(8-j6)}{64+36}=\mathbf{8-j6}\ 〔\mathbf{A}〕$

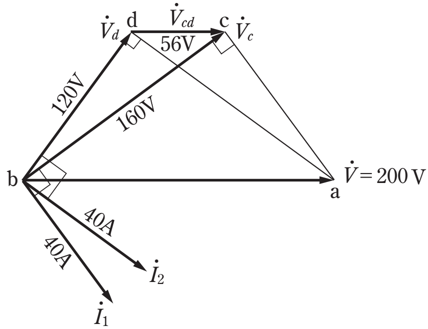
8. $\dot{I}_1=\dfrac{200}{3+j4}=\dfrac{200(3-j4)}{9+16}=8(3-j4)=\mathbf{24-j32}\ 〔\mathbf{A}〕$

$$\dot{I}_2=\frac{200}{4+j3}=\frac{200(4-j3)}{16+9}=8(4-j3)=\mathbf{32-j24}\ 〔\mathbf{A}〕$$

b 点を接地として考えると，

c 点の電位 $\dot{V}_c=jX_{L1}\dot{I}_1=j4(24-j32)=128+j96$ 〔V〕

d 点の電位 $\dot{V}_d=jX_{L2}\dot{I}_2=j3(32-j24)=72+j96$ 〔V〕



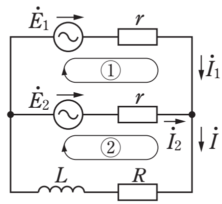
解図 10

∴　c–d 間の電位差 $\dot{V}_{cd}=\dot{V}_c-\dot{V}_d=(128+j96)-(72+j96)=\mathbf{56}$〔**V**〕

これらの関係をベクトル図で示すと，解図 10 のようになる。

9.　網目①および②の回路について，たどる方向を解図 11 のように決め，キルヒホッフの第 1 法則および第 2 法則による式を立てると，次式のようになる。

$$\begin{cases} \dot{I}_1+\dot{I}_2=\dot{I} & (1) \\ r\dot{I}_1-r\dot{I}_2=\dot{E}_1-\dot{E}_2 & (2) \\ r\dot{I}_2+(R+j\omega L)\dot{I}=\dot{E}_2 & (3) \end{cases}$$



解図 11

式(1)を式(3)に代入して整理すると，

$$\begin{cases} r\dot{I}_1-r\dot{I}_2=\dot{E}_1-\dot{E}_2 & (2)' \\ (R+j\omega L)\dot{I}_1+(r+R+j\omega L)\dot{I}_2=\dot{E}_2 & (3)' \end{cases}$$

式(2)′より，$\dot{I}_2{}'=\dot{I}_1+\dfrac{\dot{E}_2-\dot{E}_1}{r}$

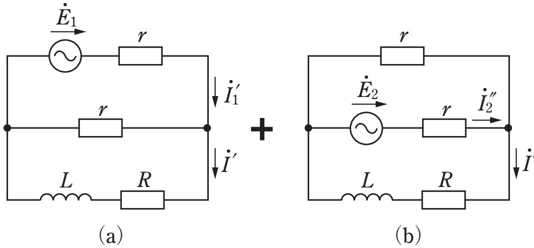
$$(R+j\omega L)\dot{I}_1+(r+R+j\omega L)\left(\dot{I}_1+\frac{\dot{E}_2-\dot{E}_1}{r}\right)=\dot{E}_2$$

$$\therefore\quad (r+2R+j2\omega L)\dot{I}_1=\dot{E}_2+(r+R+j\omega L)\,\frac{\dot{E}_1-\dot{E}_2}{r}$$

$$\therefore\quad \dot{I}_1=\frac{\dot{E}_2+\left(\dfrac{r+R}{r}\right)(\dot{E}_1-\dot{E}_2)+j\dfrac{\omega L}{r}(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}{r+2R+j2\omega L}$$

$$=\boldsymbol{\frac{\dot{E}_1+\dfrac{R}{r}(\dot{E}_1-\dot{E}_2)+j\dfrac{\omega L}{r}(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}{r+2R+j2\omega L}}$$

10.　解図 12 (a)の回路において，$\dot{I}_1{}'$ より I' を求めると，



解図 12

$$\dot{I}_1' = \frac{\dot{E}_1}{r + \dfrac{r(R+j\omega L)}{r+(R+j\omega L)}}$$

$$\dot{I}' = \frac{r}{r+R+j\omega L} \cdot \dot{I}_1' = \frac{r}{r+R+j\omega L} \cdot \frac{\dot{E}_1}{r + \dfrac{r(R+j\omega L)}{r+(R+j\omega L)}}$$

$$= \frac{r\dot{E}_1}{r(r+R+j\omega L)+r(R+j\omega L)} = \frac{\dot{E}_1}{r+2R+j2\omega L}$$

図(b)の回路において，$\dot{I}_2''$ より $\dot{I}''$ を求めると，

$$\dot{I}_2'' = \frac{\dot{E}_2}{r + \dfrac{r(R+j\omega L)}{r+(R+j\omega L)}}$$

$$\dot{I}'' = \frac{r}{r+R+j\omega L} \cdot \dot{I}_2'' = \frac{r}{r+R+j\omega L} \cdot \frac{\dot{E}_2}{r + \dfrac{r(R+j\omega L)}{r+(R+j\omega L)}}$$

$$= \frac{\dot{E}_2}{r+2R+j2\omega L}$$

$$\therefore \quad \dot{I} = \dot{I}' + \dot{I}'' = \frac{\dot{E}_1}{r+2R+j2\omega L} + \frac{\dot{E}_2}{r+2R+j2\omega L} = \boldsymbol{\frac{\dot{E}_1+\dot{E}_2}{r+2R+j2\omega L}}$$

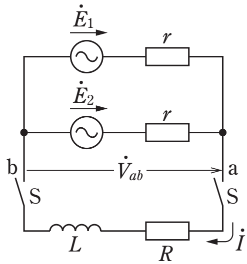
11. 解図 13 のように，a–b 間を開放して考え，スイッチ S を開いたときの a–b 間の電圧 $\dot{V}_{ab}$，a–b 間より見た電源側のインピーダンスを $\dot{Z}_{ab}$ とおくと，

$$\dot{V}_{ab} = \dot{E}_1 - r\left(\frac{\dot{E}_1 - \dot{E}_2}{2r}\right) = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_2}{2}$$

$$\dot{Z}_{ab} = \frac{r}{2}$$

ゆえに，テブナンの定理により，

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{Z}_{ab} + (R+j\omega L)} = \frac{\dfrac{\dot{E}_1+\dot{E}_2}{2}}{\dfrac{r}{2} + (R+j\omega L)}$$



解図 13

$$=\frac{\dot{\boldsymbol{E}}_1+\dot{\boldsymbol{E}}_2}{\boldsymbol{r}+2\boldsymbol{R}+\boldsymbol{j}2\boldsymbol{\omega L}}$$

12. ミルマンの定理により $\dot{V}_{ab}$ を求めると，次式となる。

$$\dot{V}_{ab}=\frac{\dfrac{\dot{E}_1}{r}+\dfrac{\dot{E}_2}{r}+\dfrac{0}{R+j\omega L}}{\dfrac{1}{r}+\dfrac{1}{r}+\dfrac{1}{R+j\omega L}}=\frac{(\dot{E}_1+\dot{E}_2)(R+j\omega L)}{2(R+j\omega L)+r}=\frac{(\dot{E}_1+\dot{E}_2)(R+j\omega L)}{r+2R+2j\omega L}$$

$$\therefore\quad \dot{I}=\frac{\dot{\boldsymbol{V}}_{ab}}{\boldsymbol{R}+\boldsymbol{j\omega L}}=\frac{\dot{\boldsymbol{E}}_1+\dot{\boldsymbol{E}}_2}{\boldsymbol{r}+2\boldsymbol{R}+2\boldsymbol{j\omega L}}$$

このように，並列回路においては，ミルマンの定理を用いると簡単に解ける。

13. キルヒホッフの法則により式を立てると，次式のようになる。

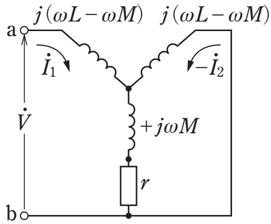
$$\begin{cases}(r+j\omega L)\dot{I}_1-(r+j\omega M)\dot{I}_2=\dot{V}_1\\(r+j\omega M)\dot{I}_1-(r+j\omega L)\dot{I}_2=0\end{cases}$$

$$\therefore\quad \dot{I}_1=\frac{\begin{vmatrix}\dot{V}_1 & -(r+j\omega M)\\ 0 & -(r+j\omega L)\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}r+j\omega L & -(r+j\omega M)\\ r+j\omega M & -(r+j\omega L)\end{vmatrix}}$$

$$=\frac{-(r+j\omega L)\dot{V}_1}{-(r+j\omega L)^2+(r+j\omega M)^2}$$

$$\dot{Z}=\frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_1}=\frac{(r+j\omega L)^2-(r+j\omega M)^2}{r+j\omega L}$$

$$=\frac{\boldsymbol{r\omega^2(L-M)^2}}{\boldsymbol{r^2+\omega^2L^2}}+\boldsymbol{j}\frac{\boldsymbol{\omega(L-M)\{2r^2+\omega^2L(L+M)\}}}{\boldsymbol{r^2+\omega^2L^2}}$$



解図 14

または，解図 14 のように $\dot{I}_2$ の方向を逆にすると和動となるので，V–Y 変換して $\dot{Z}$ を求めると，

$$\dot{Z}=j(\omega L-\omega M)+\frac{j(\omega L-\omega M)(r+j\omega M)}{j(\omega L-\omega M)+(r+j\omega M)}$$

$$=j(\omega L-\omega M)+\frac{\omega(L-M)(-\omega M+jr)}{r+j\omega L}$$

$$=\frac{\boldsymbol{r\omega^2(L-M)^2}}{\boldsymbol{r^2+\omega^2L^2}}+\boldsymbol{j}\frac{\boldsymbol{\omega(L-M)\{2r^2+\omega^2L(L+M)\}}}{\boldsymbol{r^2+\omega^2L^2}}$$

14. 図 6･117 (a) の回路では，抵抗 R_1 の端子電圧が $\dot{V}_{ab}$ に等しい。すなわち，

$$\dot{V}_{ab}=\frac{\boldsymbol{R}_1}{\boldsymbol{R}_1+\boldsymbol{R}_2}\dot{\boldsymbol{E}}_2$$

図 (b) の回路では，$\dot{E}_1>\dot{E}_2$ とすれば，

$$\dot{V}_{ab}=\dot{E}_2+j\omega L\dot{I}_L=\dot{E}_2+j\omega L\cdot\frac{\dot{E}_1-\dot{E}_2}{R_1+j\omega L}$$

$$\therefore \quad \dot{V}_{ab}=\frac{\dot{E}_2(R_1+j\omega L)+j\omega L(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}{R_1+j\omega L}=\frac{R_1\dot{E}_2+j\omega L\dot{E}_1}{R_1+j\omega L}$$

$$=\frac{\boldsymbol{\omega^2L^2\dot{E}_1+R_1{}^2\dot{E}_2}}{\boldsymbol{R_1{}^2+\omega^2L^2}}+\frac{\boldsymbol{j\omega LR_1(\dot{E}_1-\dot{E}_2)}}{\boldsymbol{R_1{}^2+\omega^2L^2}}$$

図 (c) の回路では，端子 a の電位 $\dot{V}_a$ と端子 b の電位 $\dot{V}_b$ との差を求める。

$$\dot{V}_{ab}=\dot{V}_a-\dot{V}_b=\frac{R_2}{R_1+R_2}\dot{E}-\frac{j\omega L_2}{j\omega(L_1+L_2)}\dot{E}=\left(\frac{\boldsymbol{R_2}}{\boldsymbol{R_1+R_2}}-\frac{\boldsymbol{L_2}}{\boldsymbol{L_1+L_2}}\right)\boldsymbol{\dot{E}}$$

15. 図 6·117 (a) の回路では，抵抗 R_1 と R_2 の並列の合成抵抗となる。したがって，

$$\dot{Z}=\frac{\boldsymbol{R_1R_2}}{\boldsymbol{R_1+R_2}}$$

図 (b) の回路では，抵抗 R_1 とインダクタンス L の並列となる。したがって，

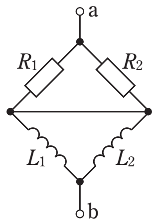
$$\dot{Z}=\frac{j\omega LR_1}{R_1+j\omega L}=\frac{j\omega LR_1(R_1-j\omega L)}{(R_1+j\omega L)(R_1-j\omega L)}$$

$$=\frac{\boldsymbol{\omega^2L^2R_1}}{\boldsymbol{R_1{}^2+\omega^2L^2}}+\boldsymbol{j}\frac{\boldsymbol{\omega LR_1{}^2}}{\boldsymbol{R_1{}^2+\omega^2L^2}}$$

図 (c) の回路では，解図 15 のような回路となる。したがって，

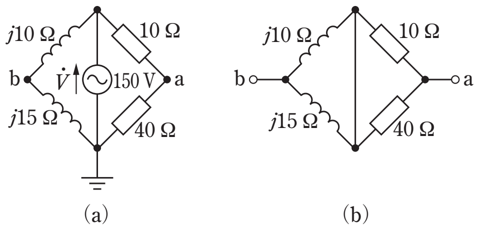
$$\dot{Z}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+\frac{j\omega L_1\cdot j\omega L_2}{j\omega(L_1+L_2)}$$

$$=\frac{\boldsymbol{R_1R_2}}{\boldsymbol{R_1+R_2}}+\boldsymbol{j}\frac{\boldsymbol{\omega L_1L_2}}{\boldsymbol{L_1+L_2}}$$



解図 15

16. スイッチ S 開のときの a–b 間の電圧は，解図 16 (a) より，



解図 16

$$\dot{V}_{ab}=\dot{V}_a-\dot{V}_b=\frac{40}{40+10}\times 150-\frac{j15}{j10+j15}\times 150=120-90=30 \text{〔V〕}$$

このとき，a–b 間より電源側をみたインピーダンス $\dot{Z}_{ab}$ は，解図 16 (b) より，

$$\dot{Z}_{ab}=\frac{10\times 40}{40+10}+\frac{j10\times j15}{j10+j15}=8+j6 \text{〔Ω〕}$$

ゆえに，テブナンの定理により，S を閉じたときに流れる電流 $\dot{I}$ は，

$$\dot{I}=\frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{Z}_{ab}+(1+j6)}=\frac{30}{9+j12}=\frac{10}{3+j4}=1.2-j1.6\,[\mathrm{A}]$$

$$\therefore\quad I=\frac{10}{5}=\mathbf{2}\ [\mathbf{A}]$$

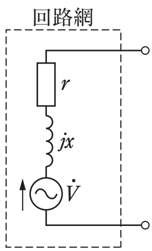
17. テブナンの定理（等価電圧源の定理）により，回路網を解図 17 のような等価電源に置き換えてみる。

スイッチのノッチ 1 より，$\dot{V}=10\,[\mathrm{V}]$

ノッチ 2 より，$\left|\dfrac{1}{(1+r)+jx}\times10\right|=2 \qquad \therefore\quad 25=(1+r)^2+x^2 \qquad (1)$

ノッチ 3 より，$\left|\dfrac{1}{r+j(1+x)}\times10\right|=2 \qquad \therefore\quad 25=r^2+(1+x)^2 \qquad (2)$

$$\therefore\quad \begin{cases} r^2+2r+x^2=24 & (1)' \\ r^2+2x+x^2=24 & (2)' \end{cases}$$



解図 17

式(1)′－式(2)′ より，

$$r=x \qquad (3)'$$

これを式(1)′に代入して，

$$2r^2+2r-24=0,\qquad (r-3)(r+4)=0$$

$$\therefore\quad r=3,\qquad r=-4$$

となるが，$r=-4$ は不適当であるから，$r=3\,[\Omega]$ が解となる。

したがって，解図 17 において，

$$r=3\ [\Omega],\quad x=3\ [\Omega],\quad \dot{V}=10\ [\mathrm{V}]$$

であるから，スイッチのノッチを 4 に入れた場合の電圧計の指示値 V は，

$$V=\left|\frac{7+j7}{(3+j3)+(7+j7)}\times10\right|=\left|\frac{7+j7}{10+j10}\right|\times10=\frac{7\sqrt{2}}{10\sqrt{2}}\times10=\mathbf{7}\ [\mathbf{V}]$$

18. まず平衡条件から r_x と L_x を求めると，次式のようになる。

$$R_1R_2=(r_x+j\omega L_x)\frac{\dfrac{R_c}{j\omega C_s}}{R_c+\dfrac{1}{j\omega C_s}}=(r_x+j\omega L_x)\frac{R_c}{1+j\omega C_sR_c}$$

$$R_1R_2(1+j\omega C_sR_c)=R_c(r_x+j\omega L_x)$$

$$R_1R_2+jC_sR_cR_1R_2=R_cr_x+j\omega L_xR_c$$

$$\therefore\quad r_x=\frac{R_1R_2}{R_c}=\frac{10\times500}{5\,000}=\mathbf{1}\ [\boldsymbol{\Omega}]$$

$L_x = C_sR_1R_2 = 1\times10^{-6}\times10\times500 = 5\times10^{-3}$〔H〕$= \mathbf{5}$〔**mH**〕

19. a–b 間のコイルの発生する磁束と，b–c 間のコイルの発生する磁束は，互いに打ち消し合う方向に発生するので，差動結合である。ゆえに，a–c 間の合成インピーダンスを $\dot{Z}$ とおくと，

$$\dot{Z} = j\omega L_1 + j\omega L_2 - j2\omega M = j9 + j4 - j2\times4 = j5\ 〔\Omega〕$$

ゆえに，回路電流 $\dot{I}$ は，次式となる。

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} = \frac{50}{j5} = -j10\ 〔\mathrm{A}〕$$

したがって，$\dot{V}_{ab}$，$\dot{V}_{bc}$ は次式となる。

$$\dot{V}_{ab} = (j\omega L_1 - j\omega M)\dot{I} = (j9 - j4)(-j10) = \mathbf{50}\ 〔\mathbf{V}〕$$

$$\dot{V}_{bc} = (j\omega L_2 - j\omega M)\dot{I} = (j4 - j4)(-j10) = 0\ 〔\mathrm{A}〕$$

20. V–Y 変換を行うと，$\dot{I}_1$ と $\dot{I}_2$ の電流の作る磁束は，同じ方向であるので，和動結合であるから，解図 18 となる。

$$\therefore\ \dot{Z}_{bc} = j4 + \frac{j4\times4}{4+j4} = j4 + \frac{j4}{1+j}$$

$$= j4 + j2(1-j) = \mathbf{2 + j6}\ 〔\mathbf{\Omega}〕$$

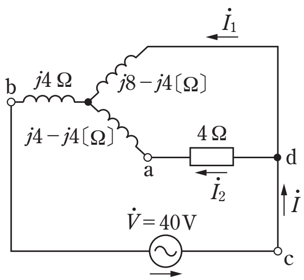
$$\therefore\ \dot{I} = \frac{40}{2+j6} = \mathbf{2 - j6}\ 〔\mathbf{A}〕$$

$$\therefore\ \dot{I}_1 = \frac{4}{4+j4}\times(2-j6) = \frac{2-j6}{1+j}$$

$$= (1-j3)(1-j) = -2 - j4\ 〔\mathrm{A}〕$$

$$\therefore\ \dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 = (2-j6) - (-2-j4) = \mathbf{4 - j2}\ 〔\mathbf{A}〕$$

$$\therefore\ \dot{V}_{ab} = j4\times(2-j6) = \mathbf{24 + j8}\ 〔\mathbf{V}〕$$



解図 18

〔**別解**〕 なお，教科書の図 6·122 に対して，キルヒホッフの方程式を立てると，

$$\begin{cases} (4+j4)\dot{I}_2 + j4\dot{I}_1 = 40 & (1) \\ j8\dot{I}_1 + j4\dot{I}_2 = 40 & (2) \end{cases}$$

$$\therefore\ \begin{cases} j2\dot{I}_1 + (2+j2)\dot{I}_2 = 20 & (1)' \\ j2\dot{I}_1 + j\dot{I}_2 = 10 & (2)' \end{cases}$$

式(1)′－式(2)′ より，$(2+j)\dot{I}_2 = 10$

$$\therefore\ \dot{I}_2 = \frac{10}{2+j} = 2(2-j) = \mathbf{4 - j2}\ 〔\mathbf{A}〕 \qquad (3)$$

これを式(2)′ へ代入して，

$$j2\dot{I}_1+j(4-j2)=10 \qquad \therefore \quad \dot{I}_1=\frac{8-j4}{j2}=-j(4-j2)=\mathbf{-2-j4} \text{〔A〕} \quad (4)$$

$$\therefore \quad \dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=\mathbf{2-j6} \text{〔A〕} \qquad \therefore \quad \dot{Z}_{bc}=\frac{40}{2-j6}=\mathbf{2+j6} \text{〔A〕}$$

$$\therefore \quad \dot{V}_{ab}=j4\dot{I}_1+j4\dot{I}_2=j4(4-j2)+j4(-2-j4)=j16+8+16=\mathbf{24+j8} \text{〔V〕}$$

となる。この場合，V–Y 変換を用いる方が簡単である。

21. ミルマンの定理により $\dot{V}_{oo'}$を求めると，

$$\dot{V}_{oo'}=\frac{\dfrac{120}{1}+\dfrac{-60-j60\sqrt{3}}{2}+\dfrac{-60+j60\sqrt{3}}{2}}{\dfrac{1}{1}+\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{2}}=\frac{120-60}{2}=\mathbf{30} \text{〔V〕}$$