第6章　過渡現象

6－1　ドリル問題

問題1　初期状態でキャパシタに流れる直流電流は0A となり，電圧をかけても直流電流は流れず，つながっていない状態（開放）となる。したがって，キャパシタ電圧はE [V]となる。　（答）

問題2　初期状態でインダクタにかかる電圧は0V となり，直流電圧をかけても電圧はゼロとなり，何も介さず直接つながっている状態（短絡）となる。　（答）

問題3　回路の微分方程式の解は，一般解と特解の和（重ね合わせ）として求められるが，一般解のことを過渡解，特解のことを定常解という。過渡解は，電源電圧をゼロとしたときの解であり，回路の初期条件に対する応答の解を表す。定常解は，電源をつないだときの初期条件が関係しない解を表す。

問題4　一般解は$\dfrac{dv(t)}{dt}+v(t)=0$において$v_1(t)=ke^{st}$とすると$s+1=0$となり，$v_1(t)=ke^{-t}$ [V]となる。

一方，特解は，$v_2(t)=A\sin\omega t+B\cos\omega t$ [V]が候補であり，与式に代入することで

$A=\dfrac{\omega E}{\omega^2+1}$，$B=\dfrac{E}{\omega^2+1}$を得る。

電圧の初期条件が，$v(0)=0$となることより，

$$v(t)=ke^{-t}+\frac{\omega E}{\omega^2+1}\sin\omega t+\frac{E}{\omega^2+1}\cos\omega t=\frac{E}{\omega^2+1}\left(-e^{-t}+\omega\sin\omega t+\cos\omega t\right)[\mathrm{V}]$$

となる。　（答）

問題5　式6－15 において，$R=1$，$C=1$，$E=1$とすると$v(t)=1-e^{-t}$ [V]となる。　（答）

問題6　式6－33 において$R=1$，$C=1$，$E=1$，$\omega=1$とし，$\arctan 1=\pi/4$を考慮すると

$$v(t)=\frac{1}{2}e^{-t}+\frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(t-\frac{\pi}{4}\right)[\mathrm{V}]$$となる。　（答）

問題7　式6－41 より時定数は$\tau=L/R=2\,\mathrm{ms}$となる。　（答）

問題8　式6－40 において，$R=0.5$，$L=0.5$，$E=1$とすると$i(t)=2-2e^{-t}$ [A]となる。　（答）

問題9　式6－48 において$R=1$，$L=0.5$，$E=1$，$\omega=2$とし，$\arctan 1=\pi/4$を考慮すると

$$i(t)=\frac{1}{2}e^{-2t}+\frac{1}{\sqrt{2}}\sin\left(2t-\frac{\pi}{4}\right)[\mathrm{A}]$$となる。　（答）

６－１　演習問題

１．　式6―43より抵抗Rに流れる電流は，$i(t)=\dfrac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$ [A]となる。

したがって抵抗の瞬時電力は$p(t)=Ri^2(t)=\dfrac{E^2}{R}e^{-\frac{2R}{L}t}$ [W]となり，

消費エネルギーは

$$u(t)=\int_0^t p(\tau)d\tau=\frac{E^2}{R}\int_0^t e^{-\frac{2R}{L}\tau}d\tau=\frac{E^2L}{2R^2}\left(1-e^{-\frac{2R}{L}t}\right)$$ [J]となる。　　（答）

なお，十分時間が経過する$(t\to\infty)$と$u(\infty)=\dfrac{1}{2}L\left(\dfrac{E}{R}\right)^2$ [J]となる。　　（答）

２．　図２のように電流を定める。キルヒホッフの第二法則（電圧則）より，

$t<0\mathrm{s}$では$(r+R)i_R(t)=E$，$i_C(t)=0\mathrm{A}$となり，

キャパシタ電圧$v(t)$の初期条件は，$v(0)=\dfrac{R}{R+r}E$ [V]となる。

第一法則（電流則）より，$t\geqq 0\mathrm{s}$では$i_C(t)+i_R(t)=0$となる。また，抵抗Rとキャパシタの電流は，それぞれ$i_R(t)=\dfrac{v(t)}{R}$，$i_C(t)=C\dfrac{dv(t)}{dt}$となるので，電流則の式に代入することでキャパシタ電圧に関する微分方程式$C\dfrac{dv(t)}{dt}+\dfrac{1}{R}v(t)=0$を得る。

一般解のみとなるので，初期条件を適用すると$v(t)=\dfrac{RE}{R+r}e^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]となる。　　（答）

３．　図３のように電流を定めると，キルヒホッフの第一法則（電流則）より，

$t\geqq 0\mathrm{s}$では$i_C(t)+i_R(t)=I$となる。また，抵抗とキャパシタの電流は，それぞれ$i_R(t)=\dfrac{v(t)}{R}$，$i_C(t)=C\dfrac{dv(t)}{dt}$となるので，電流則の式に代入することでキャパシタ電圧に関する微分方程式$C\dfrac{dv(t)}{dt}+\dfrac{1}{R}v(t)=I$を得る。一般解は，$v_1(t)=ke^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]となる。特解は，$v_2(t)=RI$ [V]となる。

電圧の初期条件は，$v(0)=0\mathrm{V}$となることを適用すると$v(t)=RI\left(1-e^{-\frac{1}{RC}t}\right)$ [V]となる。　　（答）

４．　図４のように電流を定めると，キルヒホッフの第一法則（電流則）と第二法則（電圧則）より，$t\geqq 0\mathrm{s}$では，$i_r(t)+i_L(t)=I$，$ri_r(t)=L\dfrac{di_L(t)}{dt}+Ri_L(t)$となる。これらより$i_r(t)$を消去すると，インダクタ電流に関する微分方程式$\dfrac{L}{r}\times\dfrac{di_L(t)}{dt}+\left(1+\dfrac{R}{r}\right)i_L(t)=I$を得る。一般解は，$i_{L1}(t)=ke^{-\frac{1}{L}(r+R)t}$ [A]となる。

特解は，$i_{L2}(t) = \dfrac{r}{r+R} I$ [A] となる。電流の初期条件は，$i_L(0) = 0\mathrm{A}$ となることを考慮すると

$$i_L(t) = \frac{rI}{r+R}\left(1 - e^{-\frac{1}{L}(r+R)t}\right) \text{ [A] となる。} \qquad \text{（答）}$$

５．　キルヒホッフの第二法則（電圧則）と $i(t) = C\dfrac{dv(t)}{dt}$ より，回路方程式は

$RC\dfrac{dv(t)}{dt} + v(t) = E + E\sin\omega t$ となる。一般解は $v_1(t) = ke^{-\frac{1}{RC}t}$ [V] となる。

特解は $v_2(t) = V_s + A\sin\omega t + B\cos\omega t$ [V] として微分方程式に代入すると

$$v_2(t) = \frac{E}{1+(\omega RC)^2}(\sin\omega t - \omega RC\cos\omega t) + E \text{ [V] を得る。}$$

電圧の初期条件は，$v(0) = 0$ V となることを考慮すると，

$$v(t) = E\left(\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2} - 1\right)e^{-\frac{1}{RC}t} + E\left\{1 + \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}\sin(\omega t - \arctan\omega RC)\right\} \text{ [V]} \quad \text{となる。} \quad \text{（答）}$$

あるいは，回路の線形性より，解は式6－15 と式6－33 の和（重ね合わせ）となると考えてもよい。

６－２　ドリル問題

問題１　式6−55より$\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = 1\,\mathrm{rad/s}$となる。　（答）

問題２　式6−60より$v_C(t) = 1 - \cos t$［V］となる。　（答）

問題３　式6−61より$i(t) = 2\sin t$［A］となる。　（答）

問題４　式6−70より，特性方程式は$s^2 + s + 1 = 0$となり，解は$s = -0.5 \pm \dfrac{\sqrt{3}}{2}j$，

すなわち $\alpha_1 = -0.5 + \dfrac{\sqrt{3}}{2}j$，$\alpha_2 = -0.5 - \dfrac{\sqrt{3}}{2}j$となるので，（Ⅲ）異なる二つの複素解となる場合になる。

（答）

問題５　式6−70より，特性方程式は$s^2 + 2s + 1 = 0$となり，解は$s = -1$，
すなわち$\alpha = -1$となるので，（Ⅱ）等しい解（重解）となる場合になる。　（答）

問題６　式6−70より，特性方程式は$s^2 + 4s + 1 = 0$となり，解は$s = -2 \pm \sqrt{3}$，

すなわち$\alpha_1 = -2 + \sqrt{3}$，$\alpha_2 = -2 - \sqrt{3}$となるので，（Ｉ）異なる二つの実数解となる場合になる。　（答）

問題７　式6−70より，特性方程式は$2s^2 + 2s + 1 = 0$となり，解は$s = -0.5 \pm 0.5j$，すなわち$\alpha_1 = -0.5 + 0.5j$，$\alpha_2 = -0.5 - 0.5j$となるので，（Ⅲ）異なる二つの複素解となる場合になる。よって，式6−76に素子値を代入することで，$v_C(t) = 1 - e^{-0.5t}(\cos 0.5t + \sin 0.5t)$［V］となる。　（答）

問題８　式6−70より，特性方程式は$0.5s^2 + s + 1 = 0$となり，解は$s = -1 \pm j$，すなわち$\alpha_1 = -1 + j$，$\alpha_2 = -1 - j$となるので，（Ⅲ）異なる二つの複素解となる場合になる。よって，式6−77に素子値を代入することで，$i(t) = 2e^{-t}\sin t$［A］となる。　（答）

問題９　式6−55の$\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}\,[\mathrm{rad/s}]$において，$L = 2$，$\omega_0 = \sqrt{2}$を代入することで，$C = 0.25\mathrm{F}$となる。　（答）

問題10　振動が生じないためには，$R^2 - \dfrac{4L}{C} \geqq 0$を満たす必要がある。$L = 1$，$C = 1$を代入すると$R \geqq 2$となる。

したがって2Ω以上となる。　（答）

６－２　演習問題

１．　キャパシタの電気エネルギーは，式6―63より瞬時電力$p_C(t)=v_C(t)i(t)$を積分することで，

$$u_C(t)=\int_{-\infty}^{t}p_C(\tau)d\tau=\frac{1}{2}Cv_C^2(t)=\frac{1}{2}CE^2\cos^2\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)=\frac{1}{4}CE^2\left\{\cos\left(\frac{2t}{\sqrt{LC}}\right)+1\right\}\ [\mathrm{J}]$$

となる。一方，インダクタの磁気エネルギーは，式6―64より瞬時電力$p_L(t)=v_L(t)i(t)$を積分することで，

$$u_L(t)=\int_{-\infty}^{t}p_L(\tau)d\tau=\frac{1}{2}Li^2(t)=\frac{1}{2}LE^2\frac{C}{L}\sin^2\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)=\frac{1}{4}CE^2\left\{1-\cos\left(\frac{2t}{\sqrt{LC}}\right)\right\}\ [\mathrm{J}]$$

となる。　　(答)

なお，エネルギーの総和は，$u_C(t)+u_L(t)=\frac{1}{2}CE^2$と時間に関係なく一定値となる。

２．　式6―66を参考にすると，$t\geqq 0\,\mathrm{s}$では$LC\frac{d^2v_C(t)}{dt^2}+RC\frac{dv_C(t)}{dt}+v_C(t)=0$となり，

特性方程式は$LCs^2+RCs+1=0$となる。

振動しないための条件は$R^2-\frac{4L}{C}\geqq 0$であり$R^2\geqq 10^6$となるので，$R\geqq 1\,\mathrm{k}\Omega$となる。　　(答)

３．　一般解は式6―74，特解は式6―75となるので，

解は$v_C(t)=k_1e^{(\alpha+j\beta)t}+k_2e^{(\alpha-j\beta)t}+E=e^{\alpha t}\{(k_1+k_2)\cos\beta t+j(k_1-k_2)\sin\beta t\}+E\ [\mathrm{A}]$となり，

$$i(t)=C\frac{dv(t)}{dt}=k_1C(\alpha+j\beta)e^{(\alpha+j\beta)t}+k_2C(\alpha-j\beta)e^{(\alpha-j\beta)t}$$

$$=Ce^{\alpha t}\{(k_1+k_2)(\alpha\cos\beta t-\beta\sin\beta t)+j(k_1-k_2)(\alpha\sin\beta t+\beta\cos\beta t)\}\ [\mathrm{A}]$$と表せる。

キャパシタ電圧とループ電流の初期条件は，$v_C(0)=0\mathrm{V}$，$i(0)=0\mathrm{A}$となることから

$$k_1=\frac{\alpha-j\beta}{2j\beta}E,\quad k_2=-\frac{\alpha+j\beta}{2j\beta}E\left(k_1+k_2=-E,\ k_1-k_2=\frac{\alpha}{j\beta}E\right)$$が求まる。

したがって，未定係数が定まるので

$$v_C(t)=E\left[1-e^{\alpha t}\left\{\cos\beta t-\frac{\alpha}{\beta}\sin\beta t\right\}\right]$$

$$=E\left[1-e^{-\frac{R}{2L}t}\left\{\cos\left(\frac{1}{2L}\sqrt{-R^2+\frac{4L}{C}}\,t\right)+\frac{R}{\sqrt{-R^2+\frac{4L}{C}}}\sin\left(\frac{1}{2L}\sqrt{-R^2+\frac{4L}{C}}\,t\right)\right\}\right]\ [\mathrm{V}]$$

となる。　　(答)

　電流は，

$$i(t)=CEe^{\alpha t}\frac{(\alpha^2+\beta^2)}{\beta}\sin\beta t=\frac{2E}{\sqrt{-R^2+\frac{4L}{C}}}e^{-\frac{R}{2L}t}\sin\left(\frac{1}{2L}\sqrt{-R^2+\frac{4L}{C}}\,t\right)\ [\mathrm{A}]$$　となる。　　(答)

4．　一般解は式6−73，特解は式6−75となるので，解は$v_C(t)=k_1e^{\alpha t}+k_2te^{\alpha t}+E$［V］となり，

$$i(t)=C\frac{dv(t)}{dt}=C(\alpha k_1+k_2)e^{\alpha t}+\alpha k_2Cte^{\alpha t}$$［A］と表せる。

キャパシタ電圧とループ電流の初期条件は，$v_C(0)=0\,\mathrm{V}$，$i(0)=0\,\mathrm{A}$ となることから未定係数は$k_1=-E$，$k_2=\alpha E$ となり，

$$v_C(t)=E-Ee^{\alpha t}+\alpha Ete^{\alpha t}=E-Ee^{-\frac{R}{2L}t}-\frac{RE}{2L}te^{-\frac{R}{2L}t}$$［V］となる。　（答）

電流は，$i(t)=CE\alpha^2te^{\alpha t}=CE\left(\frac{R}{2L}\right)^2te^{-\frac{R}{2L}t}$［A］となる。　（答）

5．　一般解は式6−72，特解は式6−75となるので，解は$v_C(t)=k_1e^{(a+b)t}+k_2e^{(a-b)t}+E$［V］となり

$$i(t)=C\frac{dv(t)}{dt}=C(a+b)k_1e^{(a+b)t}+C(a-b)k_2e^{(a-b)t}$$［A］　と表せる。

キャパシタ電圧とループ電流の初期条件は，$v(0)=0\mathrm{V}$，$i(0)=0\mathrm{A}$ となることから未定係数は

$k_1=\frac{a-b}{2b}E$，$k_2=-\frac{a+b}{2b}E$ となり，

$$v_C(t)=E+E\frac{e^{at}}{2b}\left\{a\left(e^{bt}-e^{-bt}\right)-b\left(e^{bt}+e^{-bt}\right)\right\}=E+Ee^{at}\left(\frac{a}{b}\sinh bt-\cosh bt\right)$$

$$=E-Ee^{-\frac{R}{2L}t}\left\{\frac{R}{\sqrt{R^2-\frac{4L}{C}}}\sinh\left(\frac{1}{2L}\sqrt{R^2-\frac{4L}{C}}\,t\right)+\cosh\left(\frac{1}{2L}\sqrt{R^2-\frac{4L}{C}}\,t\right)\right\}$$［V］となる。　（答）

電流は，

$$i(t)=\frac{CE}{2b}e^{at}\left(a^2-b^2\right)\left(e^{bt}-e^{-bt}\right)=\frac{2E}{\sqrt{R^2-\frac{4L}{C}}}e^{-\frac{R}{2L}t}\sinh\left(\frac{1}{2L}\sqrt{R^2-\frac{4L}{C}}\,t\right)$$［A］となる。　（答）

６－３　ドリル問題

問題１　時定数は，$\tau = RC$ [s] より $\tau = 0.01\,\mathrm{s}$ となる。　（答）

問題２　式6－82 より $v_C(t) = \begin{cases} 100\left(1 - e^{-100t}\right) [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(e - 1\right)e^{-100t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$ を得る。　（答）

問題３　時定数は，$\tau = 1\mathrm{s}$ となる。式6－82 より

$$v_C(t) = \begin{cases} 100\left(1 - e^{-t}\right) [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(e^{0.01} - 1\right)e^{-t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$$ を得る。　（答）

問題４　式6－83 より $v_R(t) = \begin{cases} 100\,e^{-100t}\ [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(1 - e\right)e^{-100t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$ を得る。　（答）

問題５　時定数は，$\tau = \dfrac{L}{R}$ [s] より $\tau = 0.1\,\mathrm{s}$ となる。　（答）

問題６　式6－88 より $v_R(t) = \begin{cases} 100\left(1 - e^{-10t}\right) [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(e^{0.1} - 1\right)e^{-10t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$ を得る。　（答）

問題７　時定数は，$\tau = 0.01\,\mathrm{s}$ となる。式6－88 より

$$v_R(t) = \begin{cases} 100\left(1 - e^{-100t}\right) [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(e - 1\right)e^{-100t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$$ を得る。　（答）

問題８　式6－89 より $v_L(t) = \begin{cases} 100\,e^{-10t}\ [\mathrm{V}], & 0 \leqq t < 0.01 \\ 100\left(1 - e^{0.1}\right)e^{-10t}\ [\mathrm{V}], & t \geqq 0.01 \end{cases}$ を得る。　（答）

問題９　たとえば，図６－20 のように RC 直列回路を構成し，時定数 $\tau = RC$ [s] の値を十分大きく選ぶと，キャパシタ電圧は電源電圧の近似的積分回路となる。

6－3　演習問題

1．　$v_C(0)=0\,\mathrm{V}$ および式6―15を参考にすると，$0 \leqq t < t_{\mathrm{s}}$ [s]では $v_C(t)=V_{\mathrm{s}}-V_{\mathrm{s}}\,e^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]となる。

一方，式6―18を参考にすると $t \geqq t_{\mathrm{s}}$ [s]で未定係数を含む解は $v_C(t)=ke^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]となり，

$t=t_{\mathrm{s}}$ [s]で $v_C(t_{\mathrm{s}})=V_{\mathrm{s}}-V_{\mathrm{s}}e^{-\frac{1}{RC}t_{\mathrm{s}}}$ [V]となるので，$k=V_{\mathrm{s}}e^{\frac{t_{\mathrm{s}}}{RC}}-V_{\mathrm{s}}$ となる。

よって，$t \geqq t_{\mathrm{s}}$ [s]では $v_C(t)=V_{\mathrm{s}}\left(e^{\frac{t_{\mathrm{s}}}{RC}}-1\right)e^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]となり，式6―82を得る。　　（答）

抵抗電圧については，キルヒホッフの第二法則（電圧則）より

$v_R(t)=v_s(t)-v_C(t)$ となるので，式6―83を得る。　　（答）

2．　$i(0)=0\,\mathrm{A}$ および式6―40を参考にすると，$0 \leqq t < t_{\mathrm{s}}$ [s]では $i(t)=\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}-\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$ [A]となる。

一方，式6―43を参考にすると，$t \geqq t_{\mathrm{s}}$ [s]では未定係数を含む解は $i(t)=ke^{-\frac{R}{L}t}$ [A]となり，$t=t_{\mathrm{s}}$ [s]で

$i(t_{\mathrm{s}})=\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}-\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}e^{-\frac{R}{L}t_{\mathrm{s}}}$ [A]となるので，$k=\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}e^{\frac{R}{L}t_{\mathrm{s}}}-\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}$ となる。

よって，$t \geqq t_{\mathrm{s}}$ [s]では $i(t)=\dfrac{V_{\mathrm{s}}}{R}\left(e^{\frac{R}{L}t_{\mathrm{s}}}-1\right)e^{-\frac{R}{L}t}$ [A]となり，式6―87を得る。

抵抗電圧については $v_R(t)=Ri(t)$，インダクタ電圧については $v_L(t)=L\dfrac{di(t)}{dt}$ となるので，

式6―88および式6―89を得る。　　（答）

3．　図6－21の過渡現象は式6―82で表されるため，図1の場合には，$t_{\mathrm{s}}=1\mathrm{s}$，$V_{\mathrm{s}}=1\mathrm{V}$ としてパルス波形を $t=1\mathrm{s}$ 推移させて反転させた場合となるので，

$$v_C(t)=\begin{cases} e^{-\frac{1}{RC}(t-1)}-1\ [\mathrm{V}] & 1 \leqq t < 2 \\ \left(1-e^{\frac{1}{RC}}\right)e^{-\frac{1}{RC}(t-1)}\ [\mathrm{V}] & t \geqq 2 \end{cases}$$

となる。　　（答）

４． 図２は，図６－21（$t_{\mathrm{s}}=1\,\mathrm{s}$，$V_{\mathrm{s}}=1\,\mathrm{V}$）と図１を重ね合わせた電圧波形となるので，

$$v_C(t)=\begin{cases}1-e^{-\frac{1}{RC}t}\ [\mathrm{V}] & 0\leqq t<1\\ \left(2e^{\frac{1}{RC}}-1\right)e^{-\frac{1}{RC}t}-1\ [\mathrm{V}] & 1\leqq t<2\\ \left(2e^{\frac{1}{RC}}-e^{\frac{2}{RC}}-1\right)e^{-\frac{1}{RC}t}\ [\mathrm{V}] & t\geqq 2\end{cases}$$

となる。　(答)

５． 式６－66 を参考にすると，回路方程式は

$$LC\frac{d^2v_C(t)}{dt^2}+RC\frac{dv_C(t)}{dt}+v_C(t)=\begin{cases}V_{\mathrm{s}},\ 0\leqq t<t_{\mathrm{s}}\\ 0,\ t\geqq t_{\mathrm{s}}\end{cases}$$

となる。素子値を代入すると，

$$0.5\frac{d^2v_C(t)}{dt^2}+\frac{dv_C(t)}{dt}+v_C(t)=\begin{cases}V_{\mathrm{s}},\ 0\leqq t<\pi\\ 0,\ t\geqq \pi\end{cases}$$ と表される。

特性方程式は$0.5s^2+s+1=0$となり，α_1，$\alpha_2=\alpha\pm j\beta=-1\pm j$となり（Ⅲ）異なる二つの複素解の場合となる。

$v_C(0)=0\mathrm{V}$および式６－76，式６－77 を参考にすると，

$0\leqq t<\pi$ [s]では

$$v_C(t)=V_{\mathrm{s}}\left\{1-e^{-t}(\cos t+\sin t)\right\}[\mathrm{V}],\quad i(t)=2V_{\mathrm{s}}e^{-t}\sin t\ [\mathrm{A}]$$ となる。　(答)

$t\geqq\pi$ [s] で未定係数を含む解は式６－74 を参考にすると

$$v_C(t)=e^{-t}\left\{(k_1+k_2)\cos t+j(k_1-k_2)\sin t\right\}[\mathrm{V}]$$

$$i(t)=C\frac{dv_C(t)}{dt}=-e^{-t}\left\{(k_1+k_2)(\cos t+\sin t)-j(k_1-k_2)(\cos t-\sin t)\right\}[\mathrm{A}]$$

となり，$t=t_{\mathrm{s}}\ [\mathrm{s}]=\pi\,\mathrm{s}$ で $v_C(\pi)=V_{\mathrm{s}}(e^{-\pi}-1)[\mathrm{V}]$，$i(\pi)=0\,\mathrm{A}$ となるので，

$$k_1=\frac{V_{\mathrm{s}}}{2}(1+e^{\pi})(j-1),\quad k_2=-\frac{V_{\mathrm{s}}}{2}(1+e^{\pi})(j+1)$$

$\left(k_1+k_2=-V_{\mathrm{s}}(1+e^{\pi}),\ k_1-k_2=jV_{\mathrm{s}}(1+e^{\pi})\right)$となる。

よって，$t\geqq t_{\mathrm{s}}$ [s]では

$$v_C(t)=-V_{\mathrm{s}}(1+e^{\pi})e^{-t}(\cos t+\sin t)[\mathrm{V}],\quad i(t)=2V_{\mathrm{s}}(1+e^{\pi})e^{-t}\sin t\ [\mathrm{A}]$$

となる。

よって　$v_C(t)=\begin{cases}V_{\mathrm{s}}\left\{1-e^{-t}(\cos t+\sin t)\right\}[\mathrm{V}] & 0\leqq t<\pi\\ -V_{\mathrm{s}}(e^{\pi}+1)e^{-t}(\cos t+\sin t)\ [\mathrm{V}] & t\geqq\pi\end{cases}$，

$$i(t)=\begin{cases}2V_{\mathrm{s}}e^{-t}\sin t\ [\mathrm{A}] & 0\leqq t<\pi\\ 2V_{\mathrm{s}}(e^{\pi}+1)e^{-t}\sin t\ [\mathrm{A}] & t\geqq\pi\end{cases}$$　(答)