受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(1／7ページ)

総得点	
３００	

［１］（配点）（１）５５、（２）２０

［１］ 得点	
７５	

（１）

ア	位置	イ	mgh
ウ	mgh	エ	仕事率
オ	$\frac{mgh}{t}$	カ	$mg\sin\theta$
キ	運動	ク	$\sqrt{2gh}$
ケ	$\mu' mg$	コ	$\mu' mgx$
サ	$\frac{h}{\mu'}$		

（２）

2-1	$M = \frac{mgh}{7.2\times10^6\times4.2\times0.1}$	2-2	$E = \frac{(P_1+P_2+P_3)x}{v}$

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(2／7ページ)

［２］（配点）（1）３０、（2）１０、（3）１０、（4）１０、（5）１５

［２］ 得点	
７５	

（１）

ア	$2h$	イ	R
ウ	h	エ	$\frac{14641}{10000}$
オ	$\frac{1}{2}$	カ	$\frac{9641}{10000}$

（２）

キ	$T\Delta t$	ク	$\frac{10000}{9641}\cdot\frac{T\Delta t}{\pi\rho h R^4}$

（３）

ケ	$l + x_0$	コ	$\frac{m\omega^2}{k - m\omega^2} l$

（４）

サ	$l + x_0$	シ	$\frac{k(R - l)}{mR}$

（５）

ス	$-(k - m\omega^2)$	セ	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k - m\omega^2}}$
ソ	$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k - m\omega^2}{m}}$		

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(3／7ページ)

［３］(配点) （１）３５　（２）２５　（３）１５

［3］ 得点	
７５	

（１）

仮定された枝電流の向きに従って方程式を立てると、

$E_1 = R_1 I_1 + R_3 I_3$ 　　－①
$E_2 = R_2 I_2 + R_3 I_3$ 　　－②
$I_3 = I_1 + I_2$ 　　－③

③を①と②に代入すると、

$E_1 = (R_1 + R_3) I_1 + R_3 I_2$ 　　－④
$E_2 = R_3 I_1 + (R_2 + R_3) I_2$ 　　－⑤

電流I_1、I_2、I_3を求めるために④と⑤にクラメルの公式を適用すると、

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} E_1 & R_3 \\ E_2 & R_2 + R_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2 + R_3 \end{vmatrix}} = \frac{(R_2 + R_3)E_1 - R_3 E_2}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_3) - {R_3}^2} = \frac{(R_2 + R_3)E_1 - R_3 E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} R_1 + R_3 & E_1 \\ R_3 & E_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2 + R_3 \end{vmatrix}} = \frac{(R_1 + R_3)E_2 - R_3 E_1}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_3) - {R_3}^2} = \frac{-R_3 E_1 + (R_1 + R_3)E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 + I_2 \\ &= \frac{(R_2 + R_3)E_1 - R_3 E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} + \frac{-R_3 E_1 + (R_1 + R_3)E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \end{aligned}$$

となる。

※ クラメルの公式を利用せずに求めても良い。

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(4／7ページ)

［３］

（２）

仮定された網目電流の向きに従って方程式を立てると、

$E_1 = (2R_1 + R_3)I_4 + 2R_1 I_5$ －①

$E_1 + E_2 = 2R_1 I_4 + 2(R_1 + R_2)I_5$ －②

抵抗R_3に流れる電流I_4を求めるために①と②にクラメルの公式を適用すると、

$$I_4 = \frac{\begin{vmatrix} E_1 & 2R_1 \\ E_1 + E_2 & 2(R_1 + R_2) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2R_1 + R_3 & 2R_1 \\ 2R_1 & 2(R_1 + R_2) \end{vmatrix}} = \frac{2(R_1 + R_2)E_1 - 2R_1(E_1 + E_2)}{2(2R_1 + R_3)(R_1 + R_2) - 4{R_1}^2}$$

$$= \frac{2\{(R_1 + R_2)E_1 - R_1(E_1 + E_2)\}}{2\{(2R_1 + R_3)(R_1 + R_2) - 2{R_1}^2\}}$$

$$= \frac{R_1E_1 + R_2E_1 - R_1E_1 - R_1E_2}{2{R_1}^2 + 2R_1R_2 + R_3R_1 + R_2R_3 - 2{R_1}^2}$$

$$= \frac{R_2E_1 - R_1E_2}{2R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}$$

となる。

※ クラメルの公式を利用せずに求めても良い。

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(5／7ページ)

［３］

（３）

抵抗R_3に流れる電流が０となるためには（２）で求めた電流I_4が０となれば良いため、（２）の解にその条件を適用すると、

$$0 = \frac{R_2E_1 - R_1E_2}{2R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}$$

これを整理すると、

$$0 = R_2E_1 - R_1E_2$$
$$R_1E_2 = R_2E_1$$

となる。

※ 解を利用せずに、（２）で立式した方程式に電流I_4が０となる条件を適用して求めても良い。

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(6／7ページ)

［4］(配点) （１）１５、（２）２０、（３）２０、（４）２０

［4］ 得点	
７５	

（１）

RL 直列接続の合成インピーダンスを$\dot{Z}_1$、　$\dot{Z}_1 = R + j\omega L$

RC 直列接続の合成インピーダンスを$\dot{Z}_2$　とすると、　$\dot{Z}_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$

よって、端子 ab 間の合成アドミタンス$\dot{Y}_{\mathrm{ab}}$は、

$$\dot{Y}_{\mathrm{ab}} = \frac{1}{\dot{Z}_1} + \frac{1}{\dot{Z}_2} = \frac{1}{R + j\omega L} + \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$= R\left\{\frac{(\omega C)^2}{1 + (\omega CR)^2} + \frac{1}{R^2 + (\omega L)^2}\right\} + j\omega\left\{\frac{C}{1 + (\omega CR)^2} - \frac{L}{R^2 + (\omega L)^2}\right\}$$

$$\boxed{\text{① イ}} = \boxed{\text{② ウ}}\left\{\boxed{\text{③ コ}}\right\} + j\,\boxed{\text{④ オ}}\left\{\boxed{\text{⑤ ク}}\right\}$$

（２）

$\dot{E}$と$\dot{I}$が同相となるためには、$\dot{Y}_{\mathrm{ab}}$のサセプタンス（虚数部）がゼロとなればよい。

また、$f > 0$より$\omega \neq 0$であるので、

$$\frac{C}{1 + (\omega CR)^2} - \frac{L}{R^2 + (\omega L)^2} = 0$$

$$C\{R^2 + (\omega L)^2\} = L\{1 + (\omega CR)^2\}$$

$$\omega^2 CL\{L - CR^2\} = L - CR^2$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$\omega > 0$ より

$$\therefore \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$\omega = 2\pi f$ より

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

受験番号		氏名	

電子機械システム工学専攻
（公表用解答）
(7／7ページ)

［４］

（３）

$R^2 = \frac{L}{C}$ のとき、周波数に依らず

$$\mathrm{Re}\left[\dot{Y}_{\mathrm{ab}}\right] = \frac{1}{R}$$

$\mathrm{Im}\left[\dot{Y}_{\mathrm{ab}}\right] = 0$　　となることを示す。

$$\mathrm{Re}\left[\dot{Y}_{\mathrm{ab}}\right]_{L=CR^2} = R\left\{\frac{(\omega C)^2}{1+(\omega CR)^2} + \frac{1}{R^2+(\omega CR^2)^2}\right\} = \frac{R(1+\omega^2C^2R^2)}{R^2(1+\omega^2C^2R^2)}$$
$$= \frac{1}{R}$$

$$\mathrm{Im}\left[\dot{Y}_{\mathrm{ab}}\right]_{R^2=\frac{L}{C}} = \omega\left\{\frac{C}{1+\omega^2C^2\frac{L}{C}} - \frac{L}{\frac{L}{C}+(\omega L)^2}\right\}$$
$$= \omega\left\{\frac{C}{1+\omega^2LC} - \frac{CL}{L(1+\omega^2LC)}\right\} = 0$$

（証明終了）

（４）

複素電流$\dot{I}$（実効値I）の複素共役を$\bar{\dot{I}}$とすると、

$$\dot{P} = \dot{Z}_{\mathrm{ab}}\dot{I}\bar{\dot{I}} = \dot{Z}_{ab}\left|\dot{I}\right|^2$$

$\dot{Z}_{\mathrm{ab}} = R$ のとき、$\dot{Z}_{\mathrm{ab}}$に流れる電流$\dot{I}$は、

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{r+\dot{Z}_{\mathrm{ab}}} = \frac{\dot{E}}{r+R}$$

よって、

$$P = \mathrm{Re}\left[\dot{Z}_{\mathrm{ab}}\left|\dot{I}\right|^2\right] = RI^2 = \frac{R}{(r+R)^2}E^2$$