令和６年度専攻科入学者選抜前期学力検査問題

機械・電子システム工学専攻　電子制御系　専門Ｉ（電気回路）　　　　(1／6)

受験番号	氏　　名

得　点

総 得 点

【１】内部抵抗が0.003［Ω］で最大測定電流(定格)が1[A]の電流計を使って、以下の回路（図1-1）の多重レンジの電流計を設計する。抵抗 R1、R2［Ω］の値を求めよ。（15点）

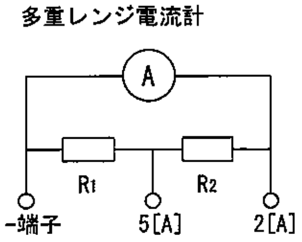
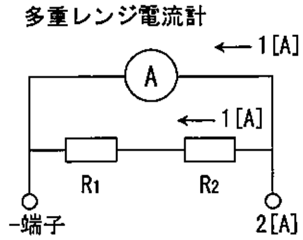
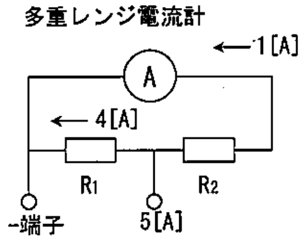


図 1-1



2[A]を測定する場合
並列の電圧が等しいことから、

$$(R_1+R_2)\times 1=0.003\times 1 \quad \cdot\cdot\cdot (1)$$



5[A]を測定する場合
並列の電圧が等しいことから、

$$4R_1=(R_2+0.003)\times 1 \quad \cdot\cdot\cdot (2)$$

(1)、(2)が導出できていたら、5点
別方法での解法の場合は、解答の両方の正解の場合に５点を加算する。

(1)(2)式より

$$\begin{array}{rl} & R_1+R_2=0.003 \\ + & 4R_1-R_2=0.003 \\ \hline & 5R_1=0.006 \end{array}$$

$$R_1=0.0012$$

$$R_2=0.003-0.0012=0.0018$$

５点　　　５点

解答　$R_1=0.0012\,[\Omega]$　　$R_2=0.0018\,[\Omega]$

受験番号	氏　名

得　点

【２】以下の回路（図2-1）において、E[V]の値を求めよ。（20点）

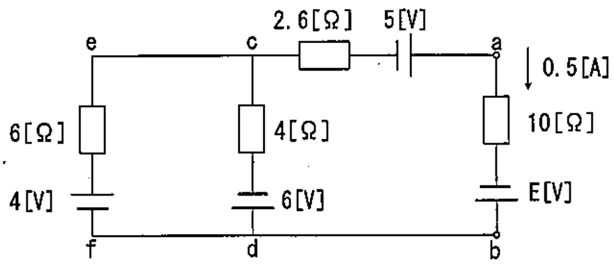
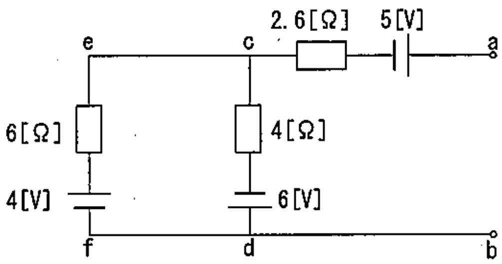


図 2-1

鳳・テブナンの定理を用いて求める。



i) a-b 間の合成抵抗 Rab を求める。

$$R_{ab} = 2.6 + \frac{4\times 6}{4+6} = 2.6 + 2.4 = 5.0$$

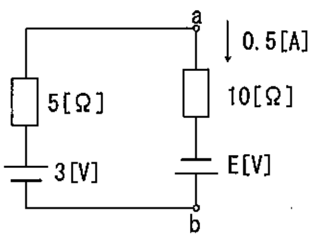
ii) a-b 間の開放電圧 Vab を求める。

閉路にキルヒホッフの第２法則を適用する。

$$6+4 = 4I + 6I$$
$$10 = 10I$$
$$I = 1$$

$$V_{cd} = 4\times 1 - 6 = -2$$
$$V_{ab} = 5 - 2 = 3$$

鳳・テブナンの定理から得られる回路



閉路にキルヒホッフの第２法則を適用する。

$$E + 3 = 5\times 0.5 + 10\times 0.5$$
$$E = 7.5 - 3$$
$$E = 4.5$$

答えが間違っている場合，上記導出過程で最大 10 点までの部分点を認める．

20 点

解答　$E = 4.5\,[V]$

受験番号	氏　　名

得　点

【３】以下の回路（図3-1）の電力P[W]を求めよ。（15点）

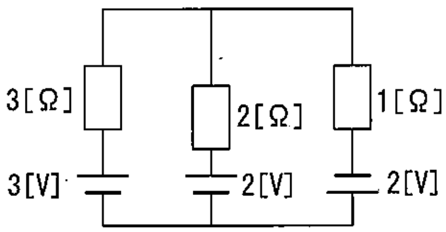
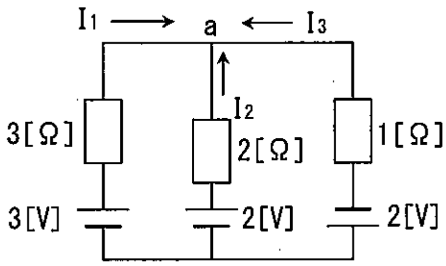


図 3-1



a 点において，キルヒホッフの第１法則より

$I_1+I_2+I_3=0$　　・・・(1)

左側の閉路において，キルヒホッフの第２法則より

$3-2=3I_1-2I_2$

$1=3I_1-2I_2$　　・・・(2)

右側の閉路において，キルヒホッフの第２法則より

$2+2=2I_2-I_3$

$4=2I_2-I_3$　　・・・(3)

(1)(3)より

$4=2I_2+(I_1+I_2)$

$4=I_1+3I_2$　　・・・(4)

(2)−(4)×３より

$$
\begin{array}{rr}
 & 1=3I_1-2I_2 \\
- & 12=3I_1+9I_2 \\
\hline
 & -11=-11I_2 \\
 & I_2=1
\end{array}
$$

(4)より

$4=I_1+3$

$I_1=1$

(1)より

$1+1+I_3=0$

$I_3=-2$

各抵抗で消費している電力の和を求める。

$P=3\times1^2+2\times1^2+1\times(-2)^2=9$

答えが間違っている場合，上記導出過程で最大５点までの部分点を認める．

15 点

解答　$P=9[W]$

解答

受験番号	氏　　名

得　点

【４】図4-1の回路について、次の問いに答えよ。ただし、R_1 = 1[Ω]、L = 0.5[H]、R_2 = 1[Ω]、$v = 6\sqrt{2}\sin 2t$[V]である。（10点）

（１）電圧 v と電流 i が同位相となるときのキャパシタンス C の値を求めよ。(5 点)

（２）電圧 v と電流 i が同位相となるとき、抵抗 R_2 で消費される電力 P_2 の値を求めよ。(5 点)

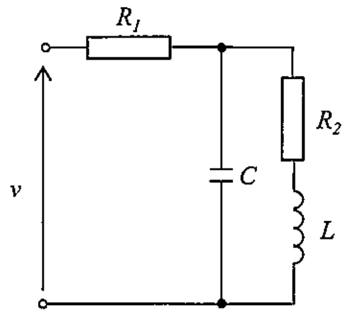


図 4-1

（１）電圧 v と電流 i が同位相となるときのキャパシタンス C の値を求めよ。

$$Z_2 = R_2 + j\varpi L = 1 + j2\times 0.5 = 1 + j = 1.414\angle 45°[\Omega]$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{1.414\angle 45°} = 0.707\angle -45° = 0.5 - j0.5[S]$$

$$Y_1 = j\varpi C = j2C[S] \qquad Y = Y_1 + Y_2 = 0.5 - j0.5 + j2C = 0.5 - j(0.5 - 2C)[S]$$

電圧の位相は 0 なので虚部を 0 にすればよい　$0.5 - 2C = 0$　$C = \frac{0.5}{2} = 0.25[F]$

（２）電圧 v と電流 i が同位相となるとき、抵抗 R_2 で消費される電力 P_2 の値を求めよ。

$$Y = Y_1 + Y_2 = 0.5 - j0.5 + j2C = 0.5 - j(0.5 - 2C)[S]$$

電圧の位相は 0 なので虚部を 0 にすればよい　$0.5 - 2C = 0$　$C = \frac{0.5}{2} = 0.25[F]$

従って $Y = 0.5[S]$　$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{0.5} = 2[\Omega]$　$Z = 1 + 2 = 3[\Omega]$

$v = 6\sqrt{2}\sin 2t[V]$　$V = \frac{6\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 6[V]$　$I = \frac{V}{Z} = \frac{6\angle 0°}{3\angle 0°} = 2\angle 0°[A]$　$V_2 = V - V_1 = 6 - 2\times 1 = 4[V]$

$$I_C = \frac{V_2}{\frac{1}{j\varpi C}} = \frac{4\angle 0°}{\frac{1}{2\times 0.25}\angle -90°} = 2\angle 90°[A]$$

$$I_{RL} = 2 - j2 = 2.828\angle -45°[V]$$

$$P_2 = I_{RL}^2 R_2 = 2.828^2 \times 1 = 8[W]$$

解答

解答

受験番号	氏　名

得　点

【5】図 5-1 の RC 回路において，次の問いに答えよ。(40 点)

（1）図 5-1 の①の状態（$t=t_1$ で SW を a に入れた後）の回路方程式を電圧 v_C の変数として記述せよ。(4 点)

（2）図 5-1 の①の状態における定常解 v_{Cs}、過渡解 v_{Ct} および一般解 $v_C(t)$を求めよ。(式の展開を示す。) (4 点×3 問：12 点)

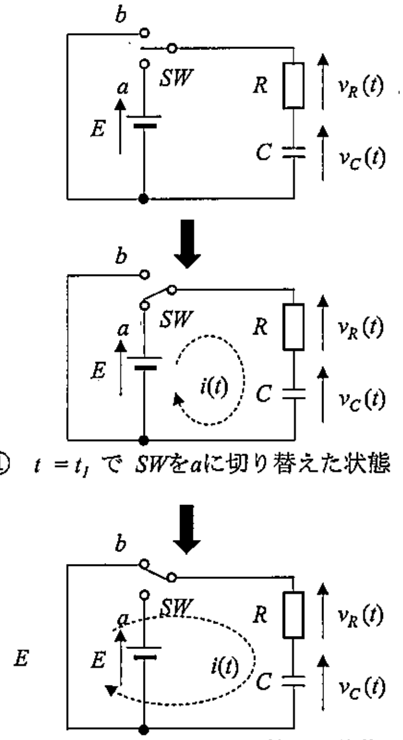
（3）図 5-1 の①の状態における回路に流れる電流 $i(t)$を求めよ。(式の展開を示す。) (4 点)

（4）図 5-1 の②の状態（十分に定常状態になった $t=t_2$ で SW を b に入れた後）の回路方程式を，電圧 v_C を変数として記述せよ。(4 点)

（5）図 5-1 の②の状態における一般解 $v_C(t)$ を求めよ。(式の展開を示す。) (4 点)

（6）図 5-1 の②の状態における回路に流れる電流 $i(t)$を求めよ。(式の展開を示す。) (4 点)

（7）①、②の状態における $v_C(t)$、$i(t)$の概略図を図 5-2 に丁寧に描け。ただし、(　　) には必要な箇所だけ記入しなさい。(4 点×2 問：8 点)



① $t=t_1$ で SWをaに切り替えた状態

② $t=t_2$ で SWをbに切り替えた状態

図 5-1

（1）$v_R+v_C=E$　$Ri+v_C=E$　ここで $q=Cv_c$、

$i=\frac{dq}{dt}=\frac{dCv_c}{dt}=C\frac{dv_c}{dt}$　$\underline{\underline{RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=E}}$

（2）$RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=E$　$\frac{dv_c}{dt}=0$ なので $v_c=E$　$\underline{\underline{v_{cs}=E}}$ [V]

$RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=0$　$RC\frac{dv_c}{dt}=-v_c$　$\int\frac{1}{v_c}dv_c=-\int\frac{1}{RC}dt$　$\log|v_c|=-\frac{1}{RC}t$

$v_c=e^{-\frac{1}{RC}t+v_0}$　$v_c=e^{-\frac{1}{RC}t}e^{v_0}$　$\underline{\underline{v_{ct}=Ae^{-\frac{1}{RC}t}}}$ [V]

$v=v_{cs}+v_{ct}=E+Ae^{-\frac{1}{RC}t}$　ここで、$t=0$、$v_c=0$ より　$A=-E$　従って、

$\underline{\underline{v_c(t)=E-Ee^{-\frac{1}{RC}t}=E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})}}$ [V]

（3）$i(t)=C\frac{dv_c}{dt}$　$i(t)=C\frac{d}{dt}\left(E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})\right)=C\left((-Ee^{-\frac{1}{RC}t})(-\frac{1}{RC})\right)\underline{\underline{=\frac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}}}$ [A]

（4）$v_R+v_C=0$　$\underline{\underline{RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=0}}$

（5）$RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=0$　$\frac{dv_c}{dt}=0$ なので $v_c=0$　$v_c=0$　$\underline{\underline{v_{cs}=0}}$ [A]　$RC\frac{dv_c}{dt}+v_C=0$

$RC\frac{dv_c}{dt}=-v_c$　$\int\frac{1}{v_c}dv_c=-\int\frac{1}{RC}dt$　$\log|v_c|=-\frac{1}{RC}t$　$v_c=e^{-\frac{1}{RC}t+v_0}$　$v_c=e^{-\frac{1}{RC}t}e^{v_0}$

解答

受験番号	氏　名	得　点

$v_{ct} = Ae^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]　　$v_c = v_{cs} + v_{ct} = 0 + Ae^{-\frac{1}{RC}t}$　ここで、$t=0$、$v_c = E$ より　$A = E$

従って　$v_c(t) = Ee^{-\frac{1}{RC}t}$ [V]

（6）$i(t) = C\dfrac{dv_c}{dt}$　　$i(t) = C\dfrac{d}{dt}\left(Ee^{-\frac{1}{RC}t}\right) = C\left((Ee^{-\frac{1}{RC}t})(-\frac{1}{RC})\right) = -\dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$ [A]

（7）立上がり：$i(t) = \dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$　$t = t_1 = 0$ の時　$i(t) = \dfrac{E}{R}e^0 = \dfrac{E}{R}$ [A]

立上がり：$i(t) = \dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$　$t = \tau_1 = RC$ の時　$i(t) = \dfrac{E}{R}e^{-\frac{RC}{RC}} = \dfrac{E}{R}e^{-1} = 0.37\dfrac{E}{R}$ [A]

立上がり：$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$　$t \fallingdotseq t_2 = \infty$ の時　$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^{\infty} = 0$ [A]

立下がり：$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$　$t = t_2 = 0$ の時　$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^0 = -\dfrac{E}{R}$ [A]

立下がり：$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$　$t = \tau_2 = RC$ の時　$i(t) = -\dfrac{E}{R}e^{-\frac{RC}{RC}} = -\dfrac{E}{R}e^{-1} = -0.37\dfrac{E}{R}$ [A]

立上がり：$v_c(t) = E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})$　$t = t_1 = 0$ の時　$v_c(t) = E(1-e^0) = E(1-1) = 0$ [V]

立上がり：$v_c(t) = E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})$　$t = \tau_1 = RC$ の時　$v_c(t) = E(1-e^{-\frac{RC}{RC}}) = E(1-e^{-1}) = 0.63E$ [V]

立上がり：$v_c(t) = E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})$　$t \fallingdotseq t_2 = \infty$ の時　$v_c(t) = E(1-e^{\infty}) = E(1-0) = E$ [V]

立下がり：$v_c(t) = E(1-e^{-\frac{1}{RC}t})$　$t = t_2 = 0$ の時　$v_c(t) = Ee^0 = E$ [V]

立下がり：$v_c(t) = Ee^{-\frac{1}{RC}t}$　$t = \tau_1 = \tau_2 = RC$ の時　$v_c(t) = Ee^{-\frac{RC}{RC}} = 0.37E$ [V]

解答

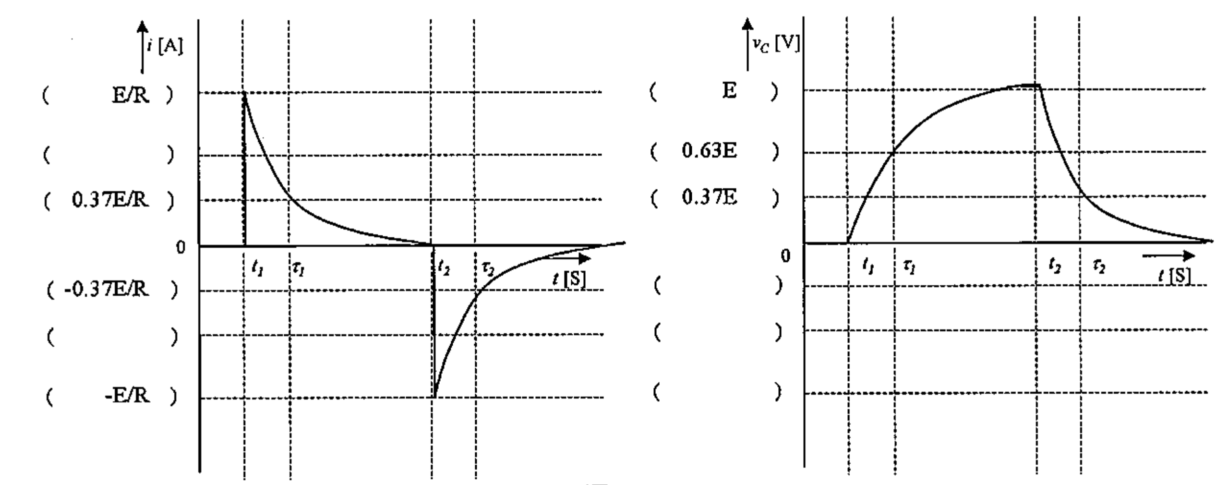


図 5-2