

令和9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）

(1/5)

解答

受験番号	氏 名

得 点

総 得 点

- 問1 次の説明文の括弧に適切な語句、数値、数式を入れよ。（各2、30点）
- (1) 電流は(①)の高いところから(①)の低いところへ流れる。
- (2) 電流の大きさは(②)あたりに導線(導体)の(③)を通過する(④)の量となる。
- (3) 電力は②あたりに、(⑤)がする(⑥)のことをいう。
- (4) 定常状態ではコイルは短絡、開放のうち(⑦)とみなす。
- (5) 0.02[S]間に0.1[C]の電荷が導線の断面を通過した。このときの電流の大きさは(⑧) [A]となる。
- (6) 3.5[C]の電荷が電位差2[V]の2点間を移動した。このとき、電荷のした仕事は(⑨) [J]となる。
- (7) 10[V]、電力2[W]のLED電球4個を並列に接続したものを、電圧10[V]、容量40[Ah]の蓄電池で点灯すると、点灯できる限界は(⑩) 時間となる。
- (8) ある電熱器に100[V]の電圧を加えたときに、消費電力が2000[W]となった。この電熱器の抵抗は(⑪) [Ω]となる。また、この電熱器に60[V]の電圧を加えたときの電力は(⑫) [W]となる。
- (9) 定格10[V]、内部抵抗10[kΩ]の電圧計に倍率器R1、R2を接続して、100[V]、250[V]まで計れる電圧計としたい。R1は(⑬) [Ω]、R2は(⑭) [Ω]となる。図1-1を参照。

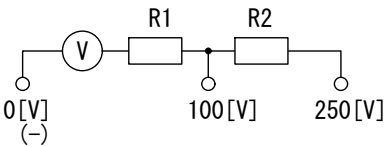


図 1-1

- (10) 内部抵抗が0.018[Ω]で最大測定電流(定格)が1[A]の電流計がある。これに分流器を接続して10[A]まで測定できる電流計としたい。分流器の大きさは(⑮) [Ω]となる。

解答欄

① 電位	② 単位時間 or 1 秒間	③ 断面	④ 電荷
⑤ 電気 or 電荷	⑥ 仕事	⑦ 短絡	⑧ 5
⑨ 7	⑩ 50	⑪ 5	⑫ 720
⑬ 90k	⑭ 150k	⑮ 0.002	

解答

受験番号	氏 名

得 点

問2 図2-1のΔ回路、Y回路の等価について以下の問いに答えよ。(各5、10点)

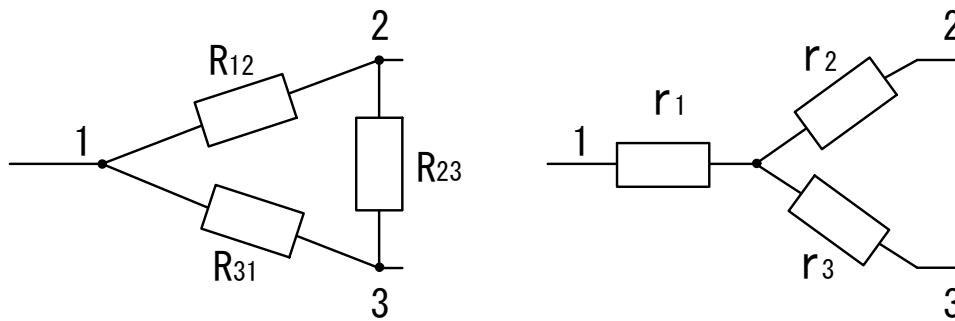


図 2-1

(1) Δ回路、Y回路が等価であるための条件式を3つ立てよ。全問正解で5点

解答欄

条件式 1	$r_1 + r_2 = \frac{R_{12}(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
条件式 2	$r_2 + r_3 = \frac{R_{23}(R_{12} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
条件式 3	$r_1 + r_3 = \frac{R_{31}(R_{12} + R_{23})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

(2) Δ回路からY回路に変換するとしたとき、条件式から r_1 を求めよ。

解答欄

$r_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

問1 ⑧ $I = \frac{0.1}{0.02} = 5 \text{ [A]}$

⑨ $W = 3.5 \times 2 = 7 \text{ [J]}$

⑩ 1個のLED $I = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ [A]}$ 4個のLEDで0.8[A] $h = \frac{40}{0.8} = 50 \text{ [h]}$

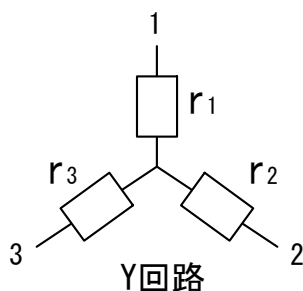
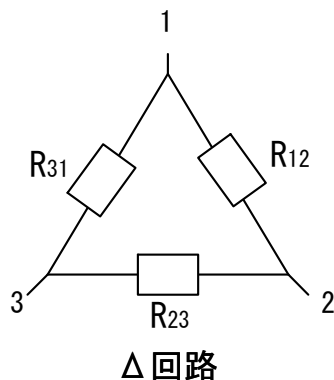
⑪ $R = \frac{100^2}{2000} = 5 \text{ [}\Omega\text{]}$ ⑫ $P = \frac{60^2}{5} = 720 \text{ [W]}$

⑬ 100[V]を測定するときR1に90[V]の電圧がかかるので $10:90=10[\text{k}\Omega]:R1$
R1は90[k Ω]

⑭ 250[V]を測定するときR2には150[V]の電圧がかかるので、⑬と同様に計算すると
R2は150[k Ω]となる。

⑮ 分流器は電流計と並列に接続して、10[A]を測定するとき、電流計に1[A]、分流器に9[A]流すことになるので、並列の電圧が等しいことから $1 \times 0.018 = 9 \times R$ となり、Rは0.002[Ω]

下図を参考にして Δ －Y変換を行い、 r_1 、 r_2 、 r_3 を R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} を用いて表す。



Δ 回路、Y回路が等価になる条件から、3つ式を導出する。

1)接点1－2間における合成抵抗が等しいことから

$$r_1 + r_2 = \frac{R_{12}(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (1)$$

2)接点 2－3 間における合成抵抗が等しいことから

$$r_2 + r_3 = \frac{R_{23}(R_{12} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (2)$$

3)接点 3－1 間における合成抵抗が等しいことから

$$r_3 + r_1 = \frac{R_{31}(R_{12} + R_{23})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (3)$$

(1)式－(2)式より，

$$r_1 - r_3 = \frac{R_{12}R_{31} - R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (4)$$

(3)式+(4)式より，

$$2r_1 = \frac{2R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (5)$$

$$r_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (6)$$

が得られる。

解答

受験番号	氏 名

得 点

問3 図3-1の回路に流れる電流 I のフェーザ表示をテブナンの定理を用いて設問に従って求めなさい。
(24 点)

- (1) a-b 間に負荷 Z を接続しないときに a-b 間に現れる電圧 V_{ab} のフェーザ表示を求めなさい。(4 点)
- (2) a-b 間から回路網を見たインピーダンス Z_{ab} の極(座標)表示を求めなさい。(4 点)
- (3) 負荷に流れる電流 I のフェーザ表示を求めなさい。(4 点)
- (4) 端子電圧 V のフェーザ表示を求めなさい。(4 点)
- (5) R および C の値を調整して P を最大にするには、 R および X_C の値をいくらにすればよいか。(4 点
×2 問)

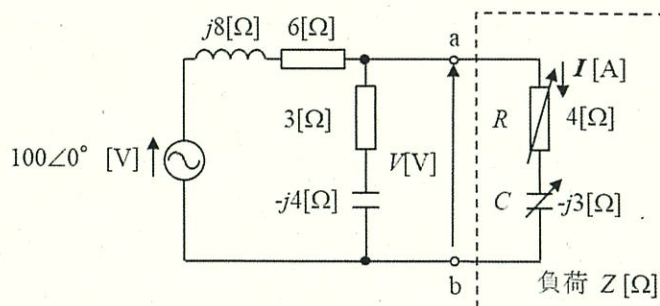


図3-1

- (1)
$$i = \frac{100\angle 0^\circ}{6 + j8 + 3 - j4} = \frac{100\angle 0^\circ}{9 + j4} = \frac{100\angle 0^\circ}{9.85\angle 23.96^\circ} = 10.15\angle -23.96^\circ [\text{A}]$$

$$V_{ab} = iZ = (10.15\angle -23.96^\circ)(3 - j4) = (10.15\angle -23.96^\circ)(5\angle -53.13^\circ) = 50.75\angle -77.09^\circ [\text{V}]$$
- (2)
$$Z_{ab} = \frac{(6 + j8)(3 - j4)}{6 + j8 + 3 - j4} = \frac{(10.00\angle 53.13^\circ)(5\angle -53.13^\circ)}{9 + j4} = \frac{50.00\angle 0^\circ}{9.85\angle 23.96^\circ} = 5.08\angle -23.96^\circ [\Omega]$$
- (3)
$$I = \frac{50.75\angle -77.09^\circ}{4.64 - j2.06 + 4 - j3} = \frac{50.75\angle -77.09^\circ}{8.64 - j5.06} = \frac{50.75\angle -77.09^\circ}{10.01\angle -30.36^\circ} = 5.07\angle -46.73^\circ [\text{A}]$$
- (4)
$$V = IZ = (5.07\angle -46.73^\circ)(4 - j3) = (5.07\angle -46.73^\circ)(5\angle -36.87^\circ) = 25.35\angle -83.6^\circ [\text{V}]$$
- (5) $Z_{ab} = R + jX = 4.64 - j2.06[\Omega]$ と $Z = R - jX$ の実数部と虚数部が等しくなれば良い。
 従って、 $R = 4.64[\Omega]$ 、 $X_C = 2.06[\Omega]$

解答欄

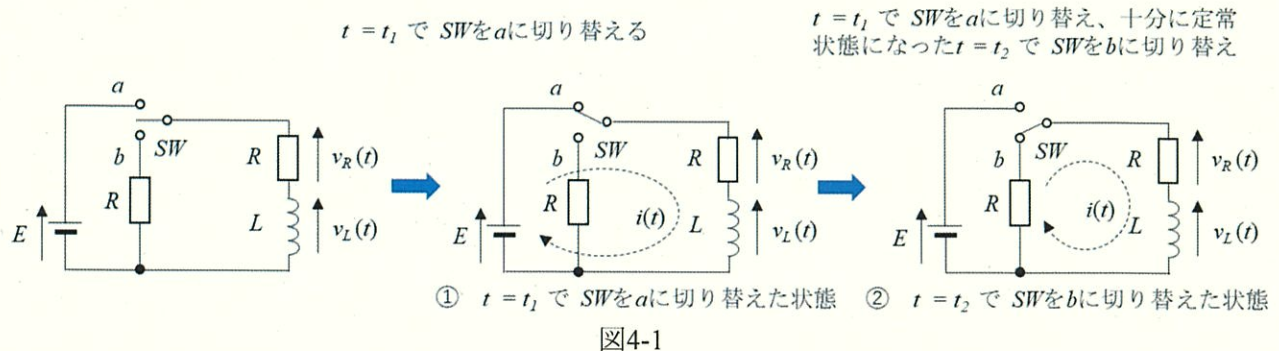
問3 (1)	$V_{ab} = 50.75\angle -77.09^\circ [\text{V}]$
問3 (2)	$Z_{ab} = 5.08\angle -23.96^\circ [\Omega]$
問3 (3)	$I = 5.07\angle -46.73^\circ [\text{A}]$
問3 (4)	$V = 25.35\angle -83.6^\circ [\text{V}]$
問3 (5)	$R = 4.64 [\Omega]$ $X_C = 2.06 [\Omega]$

解答

受験番号	氏 名

得 点

問 4 図4-1の回路において、下記の問いに答えよ。(36点)



- 図 4-1 の①の状態 ($t = t_1$ で SW を a に入れた後) の回路方程式を電流 i の変数として記述せよ。(3 点)
- 図 4-1 の①の状態における定常解 i_s 、過渡解 i_t および一般解 $i(t)$ を求めよ。(3 点×3 問 : 9 点)
- 図 4-1 の①の状態におけるコイルにかかる電圧 $v_L(t)$ を求めよ。(3 点)
- 時定数 τ を求めよ。(3 点)
- 図 4-1 の①の状態における L が消費するエネルギーを求めよ。(3 点)
- 図 4-1 の②の状態 (十分に定常状態になった $t = t_2$ ($t_2 \gg t_1$) で SW を b に入れた後) の回路方程式を、電流 i を変数として記述せよ。(3 点)
- 図 4-1 の②の状態における定常解 i_s 、過渡解 i_t および一般解 $i(t)$ を求めよ。(3 点×3 問 : 9 点)
- 図 4-1 の②の状態におけるコイルにかかる電圧 $v_L(t)$ を求めよ。(3 点)

$$(1) \quad v_R + v_L = E \quad Ri + L \frac{di}{dt} = E \text{ [V]}$$

$$(2) \quad Ri + L \frac{di}{dt} = E \quad \frac{di}{dt} = 0 \text{ なるので } Ri = E \quad i = \frac{E}{R} \quad i_s = \frac{E}{R} \text{ [A]}$$

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad L \frac{di}{dt} = -Ri \quad \int \frac{1}{i} di = -\int \frac{R}{L} dt \quad \log|i| = -\frac{R}{L}t \quad i = e^{-\frac{R}{L}t} + i_0 \quad i = e^{-\frac{R}{L}t} i_0 \quad i_t = Ae^{-\frac{R}{L}t} \text{ [A]}$$

$$i = i_s + i_t = \frac{E}{R} + Ae^{-\frac{R}{L}t} \quad \text{ここで、} t = 0, i = 0 \text{ より } A = -\frac{E}{R} \quad \text{従つて、} i = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \text{ [A]}$$

$$(3) \quad v_L(t) = L \frac{di}{dt} \quad v_L(t) = L \frac{d}{dt} \left(\frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \right) = L \left(-\frac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t} \right) \left(-\frac{R}{L} \right) = Ee^{-\frac{R}{L}t} \text{ [V]}$$

$$(4) \quad \tau = \frac{1}{\frac{R}{L}} = \frac{L}{R} \text{ [S]}$$

$$(5) \quad \int_0^\infty i(t)v_L dt = \int_0^\infty \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t})(Ee^{-\frac{R}{L}t}) dt = \frac{E^2}{R} \int_0^\infty (e^{-\frac{R}{L}t} - e^{-\frac{2R}{L}t}) dt = \frac{E^2}{R} \left[-\frac{L}{R}e^{-\frac{R}{L}t} - \left(-\frac{L}{2R}e^{-\frac{2R}{L}t} \right) \right]_0^\infty = \frac{E^2}{R} \left[-\frac{L}{R}e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{L}{2R}e^{-\frac{2R}{L}t} \right]_0^\infty$$

$$= \frac{E^2}{R} \left[-\frac{L}{R}e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{L}{2R}e^{-\frac{2R}{L}t} \right]_0^\infty = \frac{E^2}{R} \left(0 - \left(-\frac{L}{R} + \frac{L}{2R} \right) \right) = \frac{1}{2} \frac{E^2}{R^2} L = \frac{1}{2} \left(\frac{E}{R} \right)^2 L \text{ [J]}$$

解答

受験番号	氏 名

得 点

$$(6) \quad v_R + v_L = 0 \quad (R+R)i + L \frac{di}{dt} = 0 \quad 2Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad [\text{V}]$$

$$(7) \quad 2Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad \frac{di}{dt} = 0 \text{ なるので } 2Ri = 0 \quad i = 0 \quad i_s = 0 \quad [\text{A}]$$

$$2Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad L \frac{di}{dt} = -2Ri \quad \int \frac{1}{i} di = -\int \frac{2R}{L} dt \quad \log|i| = -\frac{2R}{L}t \quad i = e^{-\frac{2R}{L}t} + i_0 \quad i = e^{-\frac{2R}{L}t} e^{i_0} \quad i_t = A e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{A}]$$

$$i = i_s + i_t = 0 + A e^{-\frac{2R}{L}t} \quad \text{ここで、} t = 0, \quad i = \frac{E}{R} \text{ より } A = \frac{E}{R} \quad \text{従つて、} i = \frac{E}{R} e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{A}]$$

$$(8) \quad v_L(t) = L \frac{di}{dt} \quad v_L(t) = L \frac{d}{dt} \left(\frac{E}{R} e^{-\frac{2R}{L}t} \right) = L \left(\frac{E}{R} e^{-\frac{2R}{L}t} \right) \left(-\frac{2R}{L} \right) = -2E e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{V}]$$

解答欄

問4 (1)	$Ri + L \frac{di}{dt} = E \quad [\text{V}]$
問4 (2)	$i_s = \frac{E}{R} \quad [\text{A}]、i_t = A e^{-\frac{R}{L}t} \quad [\text{A}]、i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \quad [\text{A}]$
問4 (3)	$v_L(t) = E e^{-\frac{R}{L}t} \quad [\text{V}]$
問4 (4)	$\tau = \frac{L}{R} \quad [\text{S}]$
問4 (5)	$\frac{1}{2} L \left(\frac{E}{R} \right)^2 \quad [\text{J}]$
問4 (6)	$2Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad [\text{V}]$
問4 (7)	$i_s = 0 \quad [\text{A}]、i_t = A e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{A}]、i = \frac{E}{R} e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{A}]$
問4 (8)	$v_L(t) = -2E e^{-\frac{2R}{L}t} \quad [\text{V}]$