

令和7年度専攻科入学者選抜前期学力検査問題

電気情報システム工学専攻 電気電子系 専門Ⅱ (電気回路)

(1/4)

受験番号	氏 名

得 点

総 得 点

1. 図1の回路において以下の設問に単位を含め答えなさい。

[25点]

1) 節点a, bの電圧 V_a , V_b の値をそれぞれ求めなさい。

[10点=5点×2]

2) 電流 I_1 , I_2 の値をそれぞれ求めなさい。ただし、

図中の矢印の向きを正とする。[10点=5点×2]

3) $I_2 = 0$ となるときの、電源電圧 E_1 , E_2 に成立する

関係式を求めなさい。[5点]

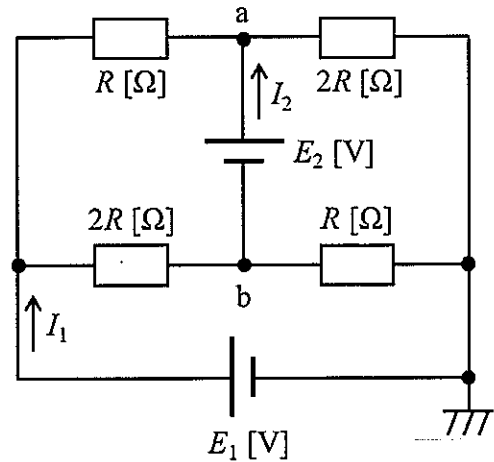


図 1

解答

1) 重ね合わせの理 (重ねの理) より, E_2 を短絡したときの電位 V'_a , V'_b は

$$V'_a = V'_b = E_1/2$$

となり, E_1 を短絡したときの電位 V''_a , V''_b は

$$V''_a = E_2/2, V''_b = -E_2/2$$

となる。したがって、

$$V_a = V'_a + V''_a = (E_1 + E_2)/2 \text{ [V]}$$

$$V_b = V'_b + V''_b = (E_1 - E_2)/2 \text{ [V]}$$

となる。

2) I_1 については, E_1 と V_a の大小関係に注意してキルヒホッフの電流則を適用する。

($E_1 \geq V_a \Leftrightarrow E_1 > E_2$ のとき)

$$I_1 = \frac{E_1 - V_a}{R} + \frac{E_1 - V_b}{2R} = \frac{3E_1 - E_2}{4R} \text{ [A]}$$

($E_1 < V_a \Leftrightarrow E_1 < E_2$ のとき)

$$I_1 + \frac{V_a - E_1}{R} = \frac{E_1 - V_b}{2R}, \quad I_1 = \frac{3E_1 - E_2}{4R} \text{ [A]}$$

I_2 については, V_b と 0 の大小関係に注意してキルヒホッフの電流則を適用する。

($V_b \geq 0 \Leftrightarrow E_1 > E_2$ のとき)

$$I_2 = \frac{E_1 - V_b}{2R} - \frac{V_b}{R} = \frac{-E_1 + 3E_2}{4R} \text{ [A]}$$

($V_b < 0 \Leftrightarrow E_1 < E_2$ のとき)

$$I_2 = \frac{E_1 - V_b}{2R} + \frac{-V_b}{R} = \frac{-E_1 + 3E_2}{4R} \text{ [A]}$$

※ 電位の大小を考慮し、電流の向きを決めて計算すれば、解は一致する。

3) 2) の解答より、

$$I_2 = \frac{-E_1 + 3E_2}{4R} = 0$$

を整理すると、

$$E_1 = 3E_2$$

受験番号	氏 名

得 点

2. 図2の回路において、時刻 $t < 0$ [s] ではスイッチ S は a 側にあり回路は定常状態である。 $t = 0$ [s] のときスイッチを a 側から b 側に切り換えた。以下の設問に単位を含め答えなさい。 [各5点, 計25点]

- 1) スイッチを切り換える直前の電流 i_2 の値を求めなさい。ただし、図中の矢印の向きを正とする。
- 2) 1) のとき、インダクタ L に蓄えられているエネルギー W_L の値を求めなさい。
- 3) $t \geq 0$ [s] のとき、電流 i_2 に関する回路方程式を導出しなさい。
- 4) 3) の回路方程式を解き、 $t = 0$ [s] 時点の条件を満たした電流 i_2 を求めなさい。
- 5) $t \geq 0$ [s] のとき、インダクタ L にかかる電圧 v_L を求めなさい。

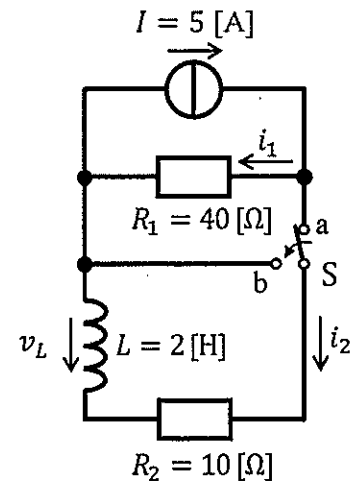


図 2

解答

- 1) $i_1 + i_2 = I$, $i_1 R_1 = i_2 R_2$ の式に値を入れると、

$$\begin{cases} i_1 + i_2 = 5 \\ 40i_1 = 10i_2 \end{cases}$$

連立方程式を解くと、 $i_1 = 1$ [A], $i_2 = 4$ [A]

- 2) インダクタのエネルギー W_L は

$$W_L = \frac{1}{2} L i_2^2 = 16 \text{ [J]}$$

- 3) 回路方程式は

$$R_2 i_2 + L \frac{di_2}{dt} = 10i_2 + 2 \frac{di_2}{dt} = 0 \quad \dots (1)$$

- 4) 3) の回路方程式の過渡解 i_t を変数分離の微分方程式により求める。

$$\frac{di_t}{i_t} = -5dt, \quad \int \frac{di_t}{i_t} = \int -5dt$$

$$\ln i_t = -5t + C, \quad \therefore i_t = Ae^{-5t} \text{ [A]}$$

上式で C, A は積分定数である。また、定常解 (特解) i_s は 0 [A] であることから、一般解 i_2 は

$$i_2 = Ae^{-5t}$$

となる。ここで、 $t = 0$ の初期条件 $i_2 = 4$ を考慮

すると、 $A = 4$ となり、解は次式となる。

$$i_2 = 4e^{-5t} \text{ [A]}$$

- 5) インダクタ L にかかる電圧 v_L は、

$$v_L = L \frac{di_2}{dt}$$

より、

$$v_L = 2 \frac{di_2}{dt} = -40e^{-5t} \text{ [V]}$$

となる。

- 4) のLaplace変換を用いた解法

式(1)をLaplace変換すると

$$R_2 I_2 + L(sI_2 - i_2(0)) = 0$$

数値を代入すると

$$10I_2 + 2(sI_2 - 4) = 0$$

より

$$I_2 = \frac{4}{s+5}$$

したがって、逆Laplace変換すると、

$$i_2 = 4e^{-5t} \text{ [A]}$$

受験番号	氏 名

得 点

3. 図 3-1 の回路は、角周波数 $\omega = 1 \text{ [rad/s]}$ 、電圧の大きさ $|\dot{V}_1| \text{ [V]}$ の正弦波交流電源に、抵抗 $R_1 = 0.25 \text{ [}\Omega\text{]}$ 、 $R_0 = 1.25 \text{ [}\Omega\text{]}$ 、インダクタンス $L_1 = 1.5 \text{ [H]}$ 、 $L_0 = 1.25 \text{ [H]}$ が接続されている。図の p-q 間電圧 $\dot{V}_0$ は、図 3-2 の複素平面の実軸 Re 上の矢印： $\longrightarrow$ で表われ、図 3-2 の複素平面の 1 マスは、電圧 1 [V] 、電流 1 [A] 、インピーダンス $1 \text{ [}\Omega\text{]}$ に各々対応する。以下の設問に答えなさい。 [25 点]

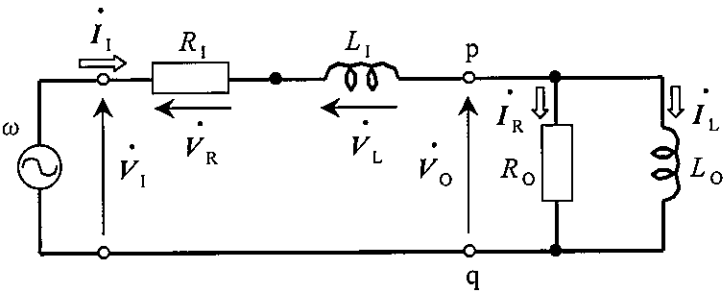


図 3-1 交流回路

- (1) 図 3-1 の各電流の大きさ $|\dot{I}_R|$ 、 $|\dot{I}_L|$ 、 $|\dot{I}_1|$ を、左下の解答欄に答えなさい。
注) 解答の $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{5}$ 、 $\sqrt{7}$ は、そのままが良い。 [6 点 = 2 点 $\times$ 3]
- (2) 各電流のベクトル $\dot{I}_R$ 、 $\dot{I}_L$ 、 $\dot{I}_1$ を、電流の大きさを考慮して、図 3-2 に各々矢印： $\longrightarrow$ で示しなさい。
ただし、矢印の傍らには、 $\dot{I}_R$ 、 $\dot{I}_L$ 、 $\dot{I}_1$ を明示すること。 [6 点 = 2 点 $\times$ 3]
- (3) 図 3-1 の各電圧の大きさ $|\dot{V}_R|$ 、 $|\dot{V}_L|$ を、左下の解答欄に答えなさい。
注) 解答の $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{5}$ 、 $\sqrt{7}$ は、そのままが良い。 [4 点 = 2 点 $\times$ 2]
- (4) 各電圧のベクトル $\dot{V}_R$ 、 $\dot{V}_L$ を、電圧の大きさを考慮して、図 3-2 に各々矢印： $\longrightarrow$ で示しなさい。
ただし、矢印の傍らには、 $\dot{V}_R$ 、 $\dot{V}_L$ を明示すること。 [4 点 = 2 点 $\times$ 2]
- (5) 電圧の大きさ $|\dot{V}_1|$ と、 $\dot{V}_0$ に対する $\dot{V}_1$ のなす角を $\theta \text{ [rad]}$ とするときの $\tan \theta$ の値を、左下の解答欄に答えなさい。 注) $\tan \theta$ の値は、分数のままで良い。 [電圧：2 点， $\tan \theta$ ：3 点]

解答欄 注) (2)、(4) は図 3-2 に作図のこと

(1)	$ \dot{I}_R = \frac{5}{1.25} = 4 \text{ [A]}$
	$ \dot{I}_L = \frac{5}{1 \times 1.25} = 4 \text{ [A]}$
	$ \dot{I}_1 = \sqrt{4^2 + 4^2} = 4\sqrt{2} \text{ [A]}$
(3)	$ \dot{V}_R = 4\sqrt{2} \times 0.25 = \sqrt{2} \text{ [V]}$
	$ \dot{V}_L = 4\sqrt{2} \times 1.5 = 6\sqrt{2} \text{ [V]}$
(5)	$ \dot{V}_1 = 13 \text{ [V]}$ $\because \dot{V}_1$ の作図より自明
	$\tan \theta = \frac{5}{12}$

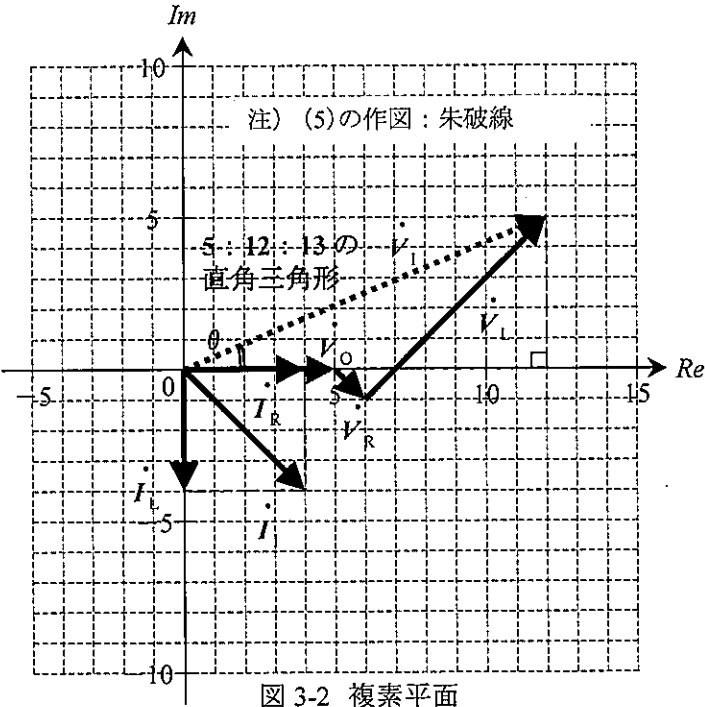


図 3-2 複素平面

受験番号	氏 名

得 点

4. 図 4-1 の回路は、角周波数 ω [rad/s]、電圧の大きさ $|\dot{E}|$ [V] の正弦波交流電源に、キャパシタンス C [F] および抵抗 R [Ω]、インダクタンス L [H] が接続されている。虚数単位を j として、以下の設問に答えなさい。 [25点]

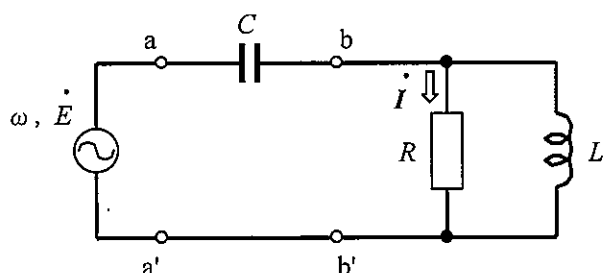


図 4-1 CRL 回路

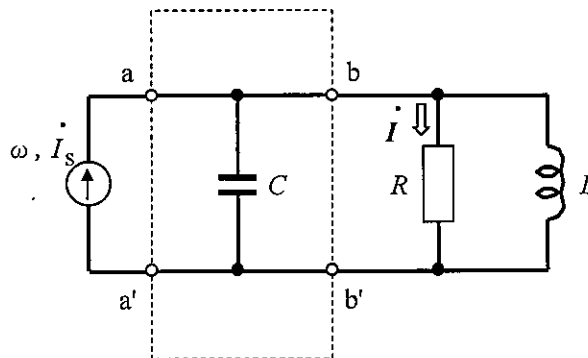


図 4-2 等価電流源回路

- (1) 図 4-1 の 端子 b-b' から左側を、電流 $\dot{I}_s$ [A] のノートン電源で置き換えた等価電流源回路が、図 4-2 に示されている。ただし、同図においては [] で囲まれた部分が空欄となっている。空欄 [] の内部を記入して、等価電流源回路を完成させなさい。 [3点]
- (2) 図 4-2 のノートン電源が流す電流 $\dot{I}_s$ を、角周波数 ω 、電圧 $\dot{E}$ 、各素子値 (C, R, L) 等を用いて、下の解答欄に答えなさい。 [4点]
- (3) 図 4-2 の端子 a - a' から右側を眺めた場合における合成アドミタンス $\dot{Y}$ [S] を、下の解答欄に答えなさい。 [4点]
- (4) 抵抗 R を流れる電流 $\dot{I}$ が、ノートン電流 $\dot{I}_s$ と等しくなるための条件を求めなさい。下の解答欄には、導出過程も示すこと。 [6点]
- (5) 電流 $\dot{I}$ が $\dot{I}_s$ と等しくなったときの電流の大きさ $|\dot{I}|$ を、下の解答欄に答えなさい。 [4点]
- (6) 電流 $\dot{I}$ が $\dot{I}_s$ と等しくなったとき、抵抗 R で消費される電力 P [W] を、下の解答欄に答えなさい。 [4点]

解答欄 注) (1)は、図 4-2 中に記入のこと

(2)	$\dot{I}_s = j \omega C \dot{E}$ [A]	(3)	$\dot{Y} = \frac{1}{R} + j \cdot \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)$ [S]
(4)	抵抗 R を流れる電流 $\dot{I}$ が、ノートン電流 $\dot{I}_s$ と等しくなるには、図 4-2 の L と C の並列部分のアドミタンスがゼロ (LC 部共振)、即ち 問(3) で求めた $\dot{Y}$ の虚部がゼロであればよい。 従って、 $\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$ より $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ $\therefore \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ [rad/s] となるとき		
(5)	$ \dot{I} = \omega C \dot{E} = \sqrt{\frac{C}{L}} \dot{E} $ [A]	(6)	$P = \dot{I} ^2 R = \frac{CR}{L} \dot{E} ^2$ [W]