

平成 21 年 8 月 24 日 (月)

10 : 00 ~ 12 : 00

平成 22 年度大学院前期課程入学試験

回路理論

入試問題

【注意事項】

問題の数は 4 問である。解答は

問題 1 を 1 枚目 (白色) の解答用紙

問題 2 を 2 枚目 (赤色) の解答用紙

問題 3 を 3 枚目 (青色) の解答用紙

問題 4 を 4 枚目 (黄色) の解答用紙

に記入すること。

問 1 (25 点)

図 1 の回路において、電圧源の電圧は $e_s(t) = E[1 - \exp(-t/T)]$ ($t \geq 0$) なる波形を有する。

また、 $t = 0^-$ (注*1) におけるキャパシタ C の電圧は 0 である。 E, T を正の実数 (ただし $T \neq RC$) と
して以下の設問に答えよ。

(1) $e_s(t)$ のラプラス変換 $E_s(s)$ を求めよ。

(2) 電流 $i(t)$ ($t > 0$) のラプラス変換 $I(s)$ を求めよ。

(3) $t > 0$ における電流 $i(t)$ を求めよ。

(4) $t \rightarrow \infty$ に至るまでにキャパシタ C に蓄えられるエネルギーを求めよ。

(5) $0 < t < \infty$ の間に抵抗 R で消費されるエネルギーを、 $T \ll RC$ および $T \gg RC$ それぞれの場合に
対して求めよ。

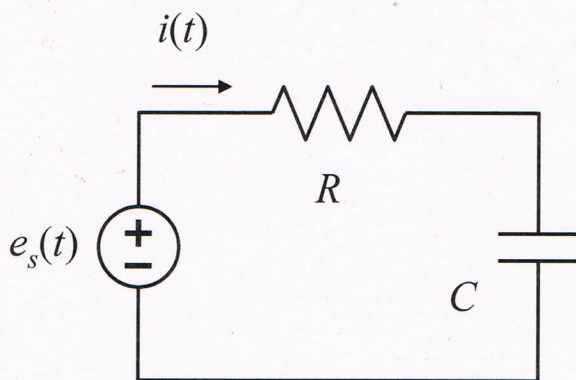


図 1

注

*1: $t = 0$ の直前を $t = 0^-$ で表す。

問 2 (25 点)

図 2a の正弦波定常状態^{*1}にある交流回路に関して、以下の設問に答えよ。ただし、 \dot{E}_0 は電圧源の電圧フェーザ（角周波数 ω の正弦波電源）、 \dot{V} はポート 1-1' の開放電圧^{*2}フェーザを示す。

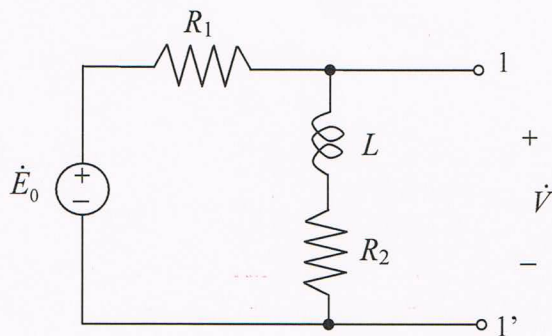


図 2a

- (1) ポート 1-1' の開放電圧フェーザ \dot{V} を求めよ。
- (2) 電圧源 \dot{E}_0 を短絡除去したときのポート 1-1' の駆動点^{*3}インピーダンス Z_0 を求めよ。
- (3) ポート 1-1' から見たテブナン等価回路^{*4}を示せ。
- (4) 図 2a のポート 1-1' に、図 2b のようにキャパシタ C からなる負荷を接続したときに、 C に流れる電流フェーザ \dot{I}_C を、テブナンの定理を用いて求めよ。

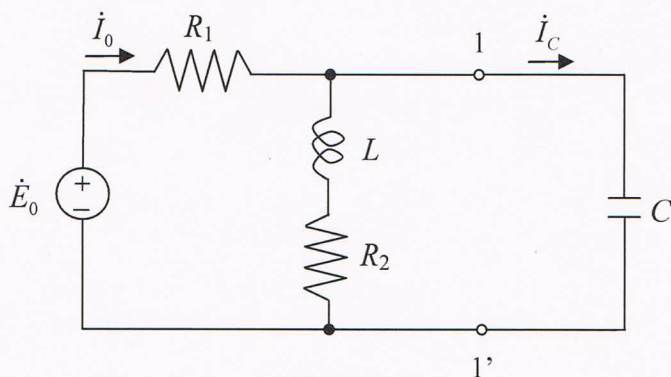


図 2b

- (5) 図 2b において起電力 \dot{E}_0 が一定であるとき、電流フェーザ \dot{I}_0 が最小となるための条件を示し、そのときの角周波数 ω_0 を求めよ。

注

^{*1} 正弦波定常状態：sinusoidal steady state

^{*2} 開放電圧：open circuit voltage

^{*3} 駆動点：driving point

^{*4} テブナン等価回路：Thévenin's equivalent circuit

問 3 (25 点)

図の抵抗 R が接続された対称格子形回路^{*1} について、以下の各設問に答えよ。

- (1) ポート 1-1' , 2-2' で挟まれた部分回路を 2 ポート回路として、そのインピーダンス行列 $Z(s)$ を求めよ。

ただし、 $Z(s) = \begin{pmatrix} z_{11}(s) & z_{12}(s) \\ z_{21}(s) & z_{22}(s) \end{pmatrix}$ は $\begin{pmatrix} V_1(s) \\ V_2(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{11}(s) & z_{12}(s) \\ z_{21}(s) & z_{22}(s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{pmatrix}$ を満たす行列である。

- (2) 電圧伝達関数^{*2} $T(s) = V_2(s)/V_1(s)$ を求めよ。

- (3) 入力インピーダンス $Z_{in} = V_1(s)/I_1(s)$ を求めよ。

- (4) $R=1\Omega$ とし、 Z_a を 2F のキャパシタ、 Z_b を 2H のインダクタで置き換える。設問(2) で求めた電圧伝達関数 $T(s)$ の周波数特性^{*3} を求め、ボード線図^{*4} に図示せよ。

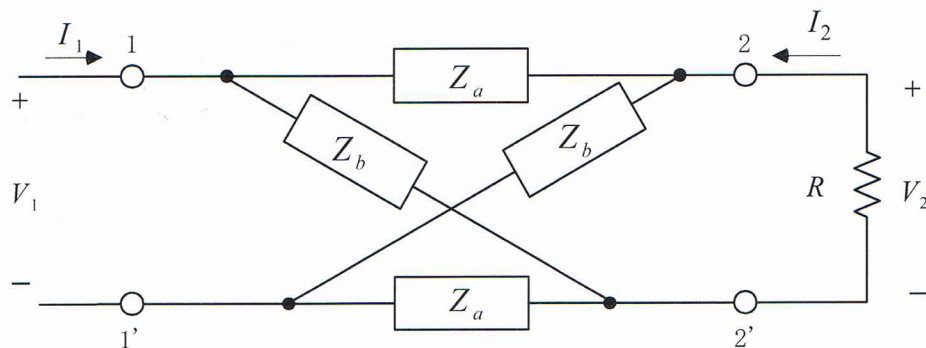


図 3

注

- *1 対称格子形回路 : symmetric lattice circuit
 *2 電圧伝達関数 : voltage transfer function
 *3 周波数特性 : frequency-response characteristic
 *4 ボード線図 : Bode diagram

問4 (25点)

以下の設問に答えよ。

(1) 次の文章の () にあてはまる適切な語句を、解答用紙に該当番号を付して答えよ。

図4aに示すダイオードにおいて、端子a側は (①) と呼ばれ、 (②) 形半導体^{*1}で構成される。一方、b側は (③) と呼ばれ、 (④) 形半導体で構成される。

印加電圧^{*2} V_D と電流 I_D の関係は、近似的に図4bのように表すことができる。図4bにおける V_T をダイオードの (⑤) といい、 r_D を (⑥) という。また、正の印加電圧 V_D は (⑦) と呼ばれ、負の V_D は (⑧) と呼ばれる。図4bから分かるように、一般にダイオードは一方方向にしか電流を流さない。この性質を (⑨) 作用という。また、図4bで $V_T=0$ 、 $r_D=0$ とした電圧 V_D と電流 I_D の関係をもつダイオードのことを理想ダイオード^{*3}という。

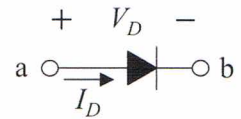


図4a

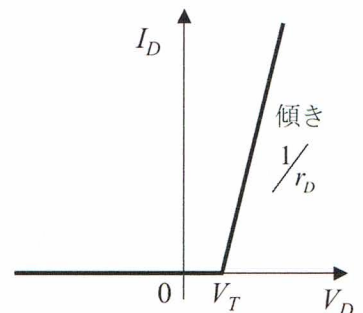


図4b

(2) 図4cのダイオード回路において、入力 $v_{in}(t)$ として正弦波電圧^{*4}を加えたときの出力電圧 $v_{out}(t)$ について次の設問に答えよ。ただし、出力端子は開放されており、ダイオードは理想ダイオードとして取り扱え。また、加える正弦波電圧は、 $v_{in}(t) = A \sin(2\pi ft)$ とし、 $E=6\text{V}$ 、 $f=1\text{kHz}$ 、 $R=1\text{k}\Omega$ とする。なお、解答は、解答用紙に図4dに示す座標軸^{*5}を写し、そこにプロットせよ。

- (i) $A=12\text{V}$ のとき、出力電圧 $v_{out}(t)$ の時間波形を描け。
- (ii) $A=4\text{V}$ のとき、出力電圧 $v_{out}(t)$ の時間波形を描け。

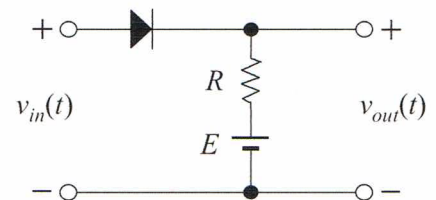


図4c

(3) 図4eのダイオード回路において、入力 $v_{in}(t)$ として正弦波電圧を加えたときの出力電圧 $v_{out}(t)$ について次の設問に答えよ。ただし、 $R_1=2\text{k}\Omega$ 、 $R_2=1\text{k}\Omega$ とし、その他の条件は、設問(2)と同じとする。なお、解答は、解答用紙に図4dに示す座標軸を写し、そこにプロットせよ。

- (i) $A=12\text{V}$ のとき、出力電圧 $v_{out}(t)$ の時間波形を描け。
- (ii) $A=4\text{V}$ のとき、出力電圧 $v_{out}(t)$ の時間波形を描け。

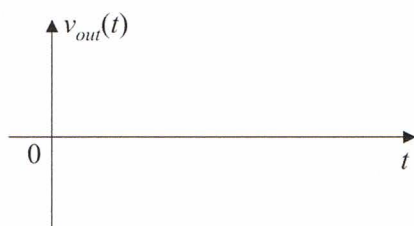


図4d

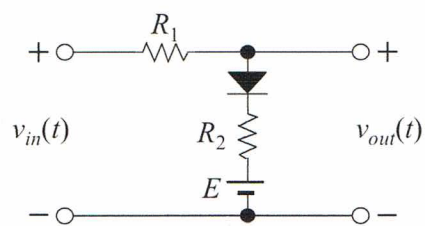


図4e

注

^{*1} 半導体 : semiconductor

^{*2} 印加電圧 : applied voltage

^{*3} 理想ダイオード : ideal diode

^{*4} 正弦波電圧 : sinusoidal voltage

^{*5} 座標軸 : coordinate axes