令和４年度３年次編入学試験（一般）問題用紙

専門基礎（60 分）

（電子システム工学課程）

〔注意事項〕

1．監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。

2．問題は、４ページからなっています。また、解答用紙は２枚、下書用紙は１枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。

3．**解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ２箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計２枚）の受験番号欄（合計４箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。**

4．この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。

5．**解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。**

6．解答用紙は持ち帰ってはいけません。

7．この問題用紙と下書用紙は、持ち帰りなさい。

$\boxed{\mathrm{I}}$

以下の空欄(1)〜(21)に入る適切な式、または数値を答えよ。

ある瞬間、ある負荷に電圧 v（瞬時値）が加わり、v の正の端子から負荷に向かって電流 i（瞬時値）が流れるとき、負荷には $p=\boxed{\quad(1)\quad}$ の瞬時電力が流れ込んでいる。交流回路において、電力（または有効電力）P とは瞬時電力の時間平均であり、1周期 T にわたって平均すると $\boxed{\quad(2)\quad}$ で表される。ここで、正弦波交流電圧を $v=V_{\mathrm{m}}\sin(\omega t+\alpha)$、正弦波交流電流を $i=I_{\mathrm{m}}\sin(\omega t+\beta)$ として、式 (2) の積分の結果を、$V_{\mathrm{m}}, I_{\mathrm{m}}, \alpha, \beta$ を用いて表すと $\boxed{\quad(3)\quad}$ となる。式 (3) を電圧、電流の実効値 V および I 用いて表すと $\boxed{\quad(4)\quad}$ となる。今、負荷が抵抗値 R の抵抗器のみからなる場合、電流 I と電圧 V の間には $\boxed{\quad(5)\quad}$ の関係が成り立ち、電圧と電流の位相差は $\boxed{\quad(6)\quad}$ となり、電力 P は I と V を用いて $\boxed{\quad(7)\quad}$ で与えられる。また、負荷がインピーダンス jX のインダクタのみからなる場合、電圧と電流の位相差は $\boxed{\quad(8)\quad}$ となり、電力 P は $\boxed{\quad(9)\quad}$ で与えられる。

次に正弦波交流をフェーザで扱い電力を考える。フェーザにはドットを付けて表すことにする。図1に示すような交流電圧 $\dot{E}_1$、$\dot{E}_2$ の電圧源、抵抗値 R_1, R_2, R_3, R_4 の抵抗器およびインピーダンス jX_1, jX_2 のインダクタを含む回路において、R_4 で消費される有効電力を求めたい。R_4 を下向きに流れる電流を $\dot{I}$ とし、その実効値を I とすると、有効電力は $\boxed{\quad(10)\quad}$ と書ける。ここで、R_1, R_2, jX_1 を結ぶ節点を節点 a、jX_2, R_3, R_4 を結ぶ節点を節点 b とし、図の接地点を基準電位として、それぞれの節点における電圧を $\dot{V}_{\mathrm{a}}$, $\dot{V}_{\mathrm{b}}$ とする。電流 $\dot{I}$ は、オームの法則から、$\dot{V}_{\mathrm{b}}$ を用いて $\boxed{\quad(11)\quad}$ となる。すなわち、$\dot{V}_{\mathrm{b}}$ を求めることで所望の有効電力を求めることができる。では、節点 a および節点 b に流れ込む電流を考えて、キルヒホッフの第1則（電流則）を用いて、電圧 $\dot{V}_{\mathrm{a}}$, $\dot{V}_{\mathrm{b}}$ を求めよう。R_1, R_2, jX_1 から節点 a に流れ込む電流をそれぞれ $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$, $\dot{I}_3$ とすると、これらの電流は、電圧 $\dot{V}_{\mathrm{a}}$, $\dot{V}_{\mathrm{b}}$ および電源電圧 $\dot{E}_1$ を用いて、次の3式で表される。

$$\dot{I}_1=\boxed{\quad(12)\quad}$$
$$\dot{I}_2=\boxed{\quad(13)\quad}$$
$$\dot{I}_3=\boxed{\quad(14)\quad}$$

キルヒホッフの第1則は、「回路網の任意の1点に流れ込む電流のフェーザ和は0となる」と表現することができる。そのため、節点 a における電流の

方程式は、

$$\boxed{\quad(15)\quad}\dot{V}_a+\boxed{\quad(16)\quad}\dot{V}_b=\boxed{\quad(17)\quad}$$

となり、同様にして、節点 b における電流の方程式は、

$$\boxed{\quad(18)\quad}\dot{V}_a+\boxed{\quad(19)\quad}\dot{V}_b=\boxed{\quad(20)\quad}$$

となる。これらの 2 式を行列表示すると次のように書くことができる。

$$\begin{pmatrix}(15) & (16)\\(18) & (19)\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\dot{V}_a\\\dot{V}_b\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}(17)\\(20)\end{pmatrix}$$

この式の係数行列の行列式を Δ と置くと、電圧 $\dot{V}_b$ は、

$$\dot{V}_b=\frac{\left|\boxed{\quad(21)\quad}\right|}{\Delta}$$

で得られる。ただし、|　　|は行列式を表す。このようにして、R_4 で消費される有効電力を求めることができる。

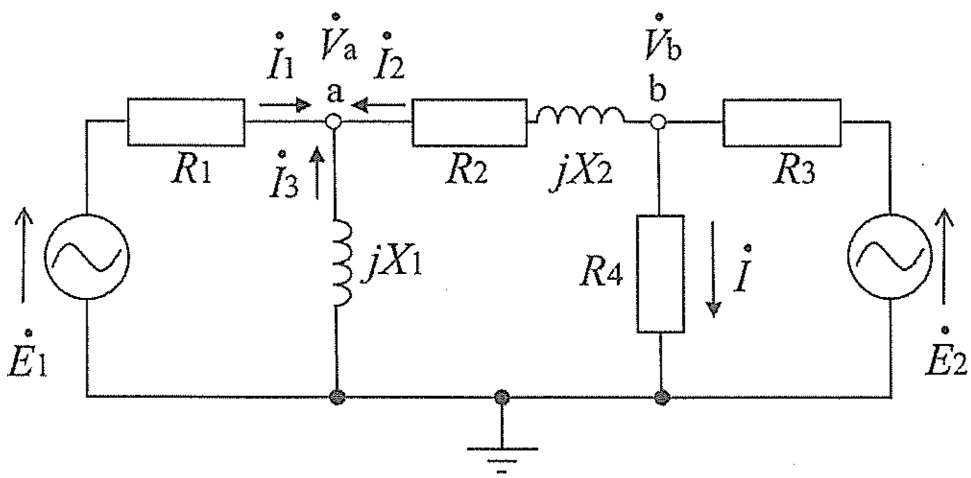

図 1

II

正弦波定電圧源と抵抗、インダクタ、およびスイッチからなる図2のような回路があり、時刻 $t=0$ においてスイッチを閉じる。その後の電流の変化を求めたい。下の文章の空欄(1)〜(7), (9), (13)に入る適切な式，および空欄(8), (10), (11), (12), (14)に入る数値を答えよ。また、波線を引いた箇所に関する設問に対して解答欄(15)に答えよ。空欄(1)〜(9)の解答において平方根が含まれる場合はそのまま根号を付けて答えてよい。また、空欄(10)〜(14)において解答に用いる数値は有効数字3桁で答え、必要ならば $\sqrt{2}=1.41$ ， $\sqrt{3}=1.73$ ， $\sqrt{10}=3.16$ ，$\pi=3.14$ を用いよ。

まず、スイッチを閉じて十分時間が経った後の**定常状態**について考える。正弦波定常状態の電流を求めるにはフェーザ電圧、フェーザ電流、およびインピーダンスを使って計算するのが簡単である。フェーザ量を表す際に、正弦波の実効値をフェーザの大きさ(絶対値)に、初期位相をフェーザの位相角に対応させ、例えば瞬時値 $f(t)=F_m\sin(\omega t+\alpha)$ に対して $\frac{F_m}{\sqrt{2}}\angle\alpha$ という複素数（フェーザ）を対応させるものとする。これを用いて電源電圧をフェーザ電圧として極形式で表すと $\boxed{\quad(1)\quad}$ と表せる。また、抵抗とインダクタの直列回路のインピーダンスは $\boxed{\quad(2)\quad}$ と表せる。回路を図の向きに流れる電流 $i(t)$ をフェーザ表示すると、その大きさは V_m, R, L, ω を使って $\boxed{\quad(3)\quad}$ と表され、また、位相角は $\phi-\theta$ と表せる。ここで $\theta=\tan^{-1}\frac{\omega L}{R}$ である。そしてフェーザ電流から電流の瞬時値を求めると $i(t)=$ $\boxed{\quad(4)\quad}$ となる。これが正弦定常状態における電流である。

次に $t=0$ においてスイッチを閉じた直後からの**過渡現象**を考える。$t>0$ において電流 $i(t)$ について成り立つ微分方程式は $\boxed{\quad(5)\quad}$ である。過渡解は、式(5)に対応する同次方程式の一般解を未知係数 A を含めて書くと $\boxed{\quad(6)\quad}$ となる。時定数は $\boxed{\quad(7)\quad}$ である。過渡解と定常解とを足したものが元の微分方程式の解となるが、未知係数 A を決定しなければならない。ここで初期条件 $i(0)=$ $\boxed{\quad(8)\quad}$ を用いると $A=$ $\boxed{\quad(9)\quad}$ と表すことができる。

さて今、$V_m = 15\sqrt{2}$ [V] , R = 10 [Ω], L = 0.05 [H], ω = 200 [rad/s] であったとする。この時、時定数は $\boxed{\quad (10) \quad}$ [ms] 、定常状態における電流の振幅は $\boxed{\quad (11) \quad}$ [A] 、また、θ= $\boxed{\quad (12) \quad}$ と計算できる。電圧源の初期位相 ϕ によって未知係数 A の値は変化する。例えば $\phi=0$ の場合は結局、電流 $i(t)$ の完全解は $\boxed{\quad (13) \quad}$ [A] となる。また特に、初期位相が ϕ = $\boxed{\quad (14) \quad}$ の場合に過渡解は 0 となり、スイッチを閉じた直後から定常状態になる。

インダクタを用いた図 2 のような回路において $i(0)$ = $\boxed{(8)}$ を含む波線部分の初期条件が成り立つ理由をインダクタの性質から解答欄(15) に簡単に説明せよ。

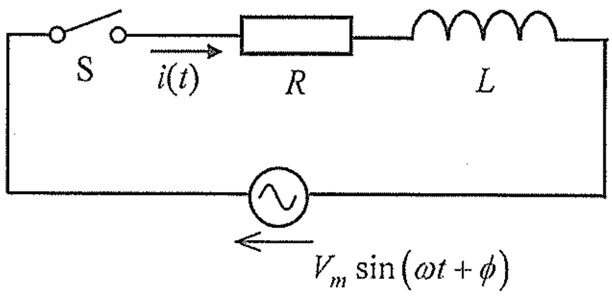

図 2

（以　上）