

# 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、3 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。

# I

下の文章の空欄に入る適切な式，または数値を答えよ。空欄(9), (10), (12), (13)の解答は単位を付け，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。空欄(10)については導出過程も解答欄に書くこと。また，空欄(11)は解答欄に回路図を描け。フェーザ電圧の表現において，フェーザ量の絶対値は電圧の実効値とする。

インピーダンスがそれぞれ  $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2, \dot{Z}_3, \dot{Z}_4, \dot{Z}_5$  の5つの素子とフェーザ電圧が  $\dot{E}$  の交流電圧源からなる図1のような回路がある。A-B 端から右側に種々の負荷を接続し，その負荷で消費される電力を計算したい。そのためにまず，A-B 端から左側の回路を簡単な等価電源で表し，次に A-B 端を出力端子として負荷をつなぐことを考える。

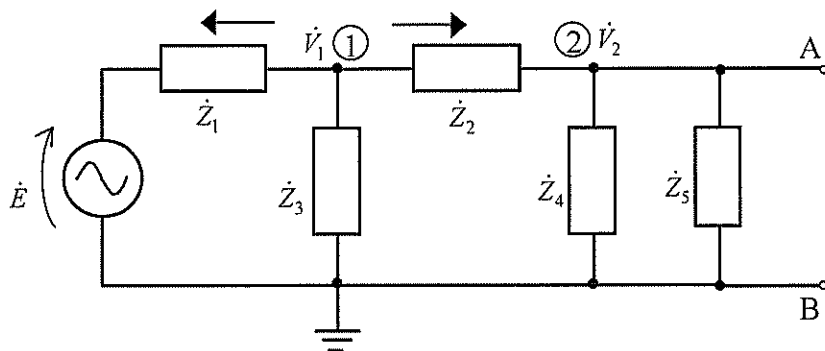


図 1

最初に，A-B 端に何も接続しない場合の開放電圧  $\dot{V}_{AB}$  を以下の手順で計算する。接地点を基準電位とし，図に示した2つの節点①，②の電位をそれぞれ  $\dot{V}_1, \dot{V}_2$  とする。 $\dot{Z}_1$  の素子を図のように左向きに流れる電流は (1) である。また， $\dot{Z}_2$  を図のように右向きに流れる電流は (2) である。同様に考えて，節点①に対してキルヒホッフの電流則を表す式を書くと (3) が成り立ち，節点②に対してキルヒホッフの電流則を表す式を書くと (4) が成り立つ。これらの2式は未知数  $\dot{V}_1, \dot{V}_2$  に関する連立方程式となる。 $\dot{V}_2$  がすなわち A-B 端子間の開放電圧  $\dot{V}_{AB}$  となる。

次に，図1の回路の A-B 端から左側をみたインピーダンスを  $\dot{Z}_0$  とする。等価電源は  $\dot{V}_{AB}$  と  $\dot{Z}_0$  を使って描くことができる。

さて次に，図2に示す回路の a-b 端から右側に種々の負荷  $\dot{Z}_L = R_L + jX_L$  を接続し，この負荷で消費される電力を計算したい。a-b 端から電源側のインピーダンス  $\dot{Z}_0$  は  $\dot{Z}_0 = R_0 + jX_0$  と表され，電源電圧は  $\dot{V}_0$  とする。

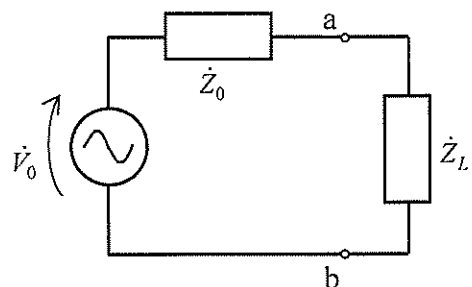


図 2

負荷の抵抗分  $R_L$  が一定とした場合、そのリアクタンス分  $X_L$  を調整することにより、電力は変化する。この負荷で消費される電力が最大になるときのリアクタンス分は  $X_L = \boxed{\text{(5)}}$  であり、その場合の電力は  $\boxed{\text{(6)}}$  と表せる。

負荷のリアクタンス分だけでなく抵抗分  $R_L$  も調整できる場合、負荷で消費される電力が最大になるとき負荷インピーダンスは  $\dot{Z}_L = \boxed{\text{(7)}}$  であり、最大電力は  $\boxed{\text{(8)}}$  である。

では図 1 の回路素子に具体的な値が与えられた場合の計算をしてみよう。 $\dot{Z}_1, \dot{Z}_2, \dot{Z}_3, \dot{Z}_5$  は抵抗で  $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_3 = \dot{Z}_5 = 4\ \Omega, \dot{Z}_2 = 2\ \Omega$  とし、 $\dot{Z}_4$  はキャパシタでキャパシタンスは  $500\ \mu\text{F}$  とする。そして電源の角周波数は  $\omega = 1000\ \text{rad/s}$ 、実効値は  $8\ \text{V}$ 、位相は  $0^\circ$  であるとする(図 3)。

図 3 の回路の A-B 端から左側をみたインピーダンス  $\dot{Z}_0$  は  $\boxed{\text{(9)}}$  である。また、開放電圧  $\dot{V}_{AB}$  を計算すると  $\boxed{\text{(10)}}$  となる。従って A-B 端を出力とする等価電源は図 4 のようになる(解答用紙の解答欄(11)に等価回路図を描け)。

この電源が負荷に供給できる最大電力は  $\boxed{\text{(12)}}$  であり、またそのときの負荷のインピーダンスは  $\boxed{\text{(13)}}$  である。

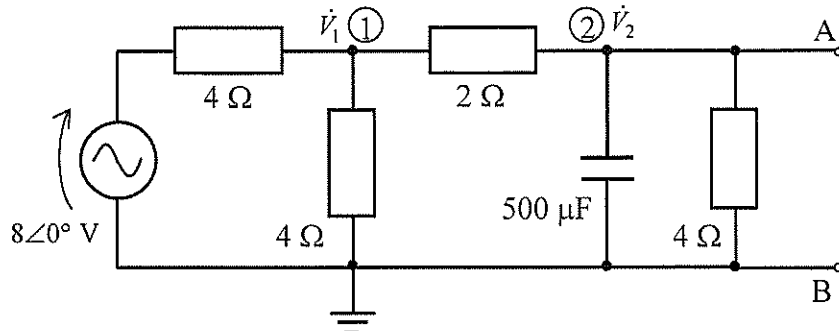


図 3

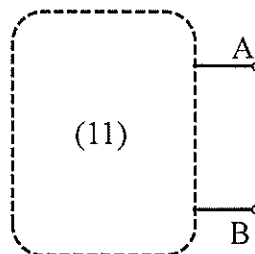


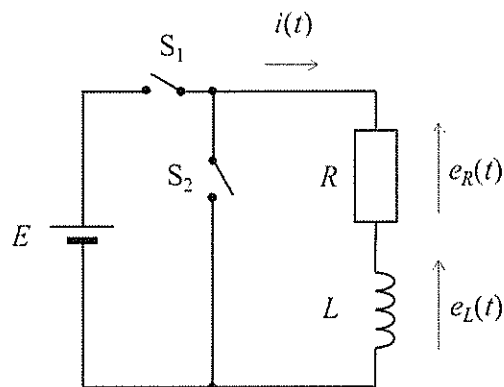
図 4

## Ⅱ

電圧  $E$  の直流電源，抵抗  $R$ ，インダクタ  $L$ ，およびスイッチ  $S_1$ ， $S_2$  からなる図の回路について，以下の問いに答えよ。ただし，インダクタ  $L$  を下向きに流れる電流を  $i(t)$  とし，時刻  $t < 0$  において，スイッチはいずれも開いているとする。

時刻  $t = 0$  にスイッチ  $S_1$  を閉じる。

- (1)  $i(t)$  についての回路方程式を示せ。
- (2) 定常解を求めよ。
- (3) 過渡解を求めよ。
- (4) 時定数  $\tau$  を求めよ。
- (5)  $i(t)$  を求めよ。
- (6) 抵抗  $R$  の両端の電圧  $e_R(t)$  を求めよ。
- (7) インダクタ  $L$  の両端の電圧  $e_L(t)$  を求めよ。
- (8)  $i(t)$  と， $e_R(t)$ ， $e_L(t)$  の  $t > 0$  のグラフを描け。 $t = \tau$  における各値，および定常状態の漸近値も記入せよ。必要ならば  $e = 2.7$  とせよ。



図

次に，時刻  $t = T$  でスイッチ  $S_1$  を開け，同時にスイッチ  $S_2$  を閉じる。なお，これ以降，時間  $5\tau$  で定常状態に至るとみなす。

- (9) 次の二通りの場合の  $i(t)$  のグラフを，両者の違いが分かるように描け。
  - (ア)  $T = 5\tau$  の場合。
  - (イ)  $T = \tau$  の場合。

「 $S_1$  を閉じ，同時に  $S_2$  を開ける動作」を A，「 $S_1$  を開け，同時に  $S_2$  を閉じる動作」を B とし，動作 A，B を交互に繰り返す。初回の動作 A を  $t = 0$ ，つづく動作 B を  $t = 5\tau$  に行い，解答用紙に示すように繰り返し動作を徐々に速くするものとする。

- (10) 以下のときの  $e_R(t)$  のグラフの概形を描け。ただし(イ)については簡単に説明も記述せよ。

- (ア) 繰り返し動作を 3 回行ったところまで。
- (イ) さらに時間が経ち，繰り返し動作が非常に速くなったとき。

(以 上)