1

図 1 に示すように，周波数 50 Hz，相順 a→b→c で運用された平衡三相電源が一回線の平衡三相送電線を介して受電端の平衡三相インピーダンス負荷に電力を供給している．送電端電圧（$|E_{s-a}|=|E_{s-b}|=|E_{s-c}|$）を調整することで，受電端の線間電圧の実効値は常に 6 kV に維持されている．また，平衡三相インピーダンス負荷は Y 結線されている．

平衡三相インピーダンス負荷が有効電力 36 MW，力率 1 の場合について，次の各問に答えよ．

(1) a 相，b 相および c 相の対地電圧の時間変化を一つのグラフに図示せよ．

(2) 負荷のインピーダンス Z_1 の大きさを求めよ．また，インピーダンス負荷を線形受動素子によって表し，a 相について，一相分の等価回路を示せ．

(3) a 相における瞬時電力 $p_a(t)$ の時間変化を図示せよ．

図 1 の平衡三相負荷に対し，さらに，$Z_2=2/3+j\sqrt{2}/3$ [Ω]の誘導性負荷を各相に並列に追加接続した．次の各問に答えよ．

(4) 実際の三相の誘導性負荷としては，一般にどのようなものが考えられるか，答えよ．

(5) 追加した誘導性負荷を含む負荷全体の力率 $\cos\theta_r$ を求めよ．

(6) 一相分の線路インピーダンスが $Z_L=R_L+jX_L$ [Ω]と表されるとして，ベクトル図を用いて，a 相における電流 I_a，受電端電圧 $E_{r\text{-}a}$ および送電端電圧 $E_{s\text{-}a}$ の関係を示せ．ただし，図中には受電端の力率角 θ_r および送電端の力率角 θ_s を明記すること．なお，I_a，$E_{r\text{-}a}$ および $E_{s\text{-}a}$ の大きさを求める必要はない．

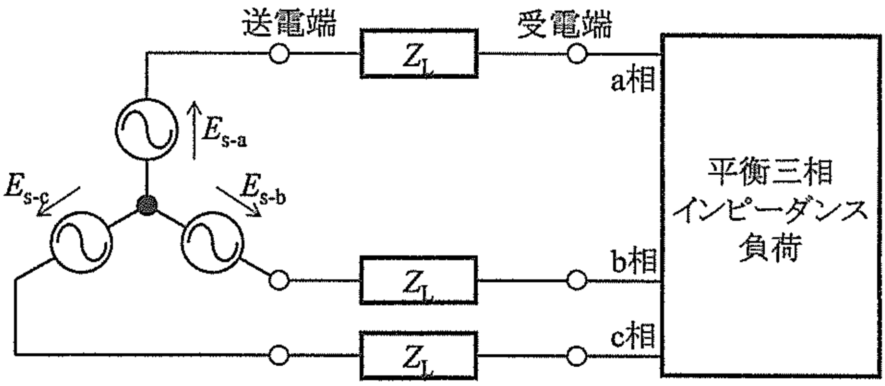

図 1

2

インピーダンス $\mathbf{Z}$ が図１のように構成されている．以下の問いに答えよ．なお，虚数単位を j，角周波数を ω とする．

(1) インピーダンス $\mathbf{Z}$ を R_1，R_2 と C を用いて表せ．

(2) $\mathbf{Z}$ の実数部 Re(Z)と虚数部 Im(Z)を R_1，R_2 と C を用いて表せ．

(3) 横軸を Re(Z)，縦軸を −Im(Z)とし，周波数を 0 から∞まで変化させた軌跡を図示せよ．なお，周波数 0 と∞の位置を示すこと．

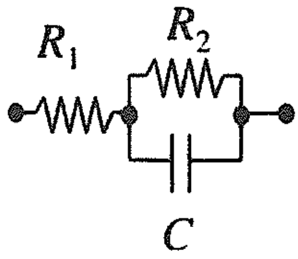

図１インピーダンス $\mathbf{Z}$

(4) この電気回路に電圧 E のステップ電圧を $t=0$ で印加した．ステップ電圧を印加した直後に流れる電流 I_0 を求めよ．なお，C の初期蓄積電荷は 0 である．

(5) ステップ電圧を印加後，$t\rightarrow\infty$ における電流 I_∞ を求めよ．

(6) ステップ電圧を印加した直後から R_1 を流れる電流の時間変化の概略を図示せよ．

(7) ステップ電圧を印加して十分時間が経るまでに C に流れ込んだ電流の積分値を求めよ．

(8) ステップ電圧を印加して十分時間が経た後の C に蓄積される静電エネルギーを求めよ．

(9) ステップ電圧を印加して十分時間が経た後にインピーダンスの両端を短絡した．短絡後，R_1 を流れる電流 $i_1(t)$ を求めよ．

(10) 短絡後 R_1，R_2 で発生するジュール損の和を求めよ．

3

（1）エミッタ接地トランジスタの小信号入力に対する入出力特性は，h パラメータをつかって次のように表すことができる．

$$\begin{pmatrix} v_i \\ i_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{ie} & h_{re} \\ h_{fe} & h_{oe} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_i \\ v_o \end{pmatrix}$$

ここで，v_i，i_i，v_o，i_o は，それぞれ，入力電圧，入力電流，出力電圧，出力電流である．トランジスタの等価回路を h パラメータを用いて示せ．

（2）図１の差動増幅回路においてトランジスタ $\mathrm{Tr_1}$ と $\mathrm{Tr_2}$ は同じ特性をもち，h パラメータは等しい．h_{re}，h_{oe} は十分小さく無視できるものとして，以下の問いに答えよ．

1）この回路の小信号等価回路を，エミッタ接地 h パラメータを用いて示せ．

2）同相入力（$v_{i1}=v_{i2}=v_i$）に対する電圧増幅度 $A_c=v_o/v_i$ を求めよ．

3）逆相入力（$v_{i1}=-v_{i2}$）に対する電圧増幅度 $A_d=v_o/v_{i1}$ を求めよ．

（3）次に，A_c を低減するために抵抗 R_E を取り除き，定電流源 I を接続した図２の差動増幅回路の小信号入力に対する入出力特性を考える．

1）同相入力（$v_{i1}=v_{i2}=v_i$）に対する電圧増幅度 $A_c=v_o/v_i$ を理由を付けて求めよ．

2）逆相入力（$v_{i1}=-v_{i2}$）に対する電圧増幅度 $A_d=v_o/v_{i1}$ を求めよ．

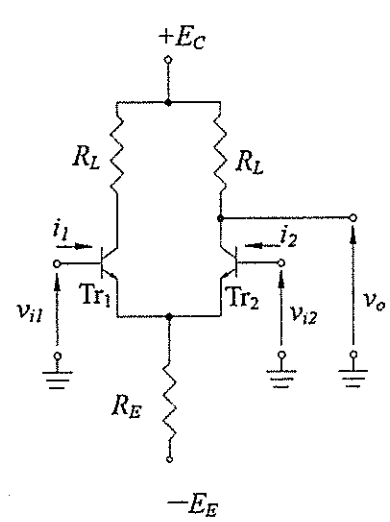

図１

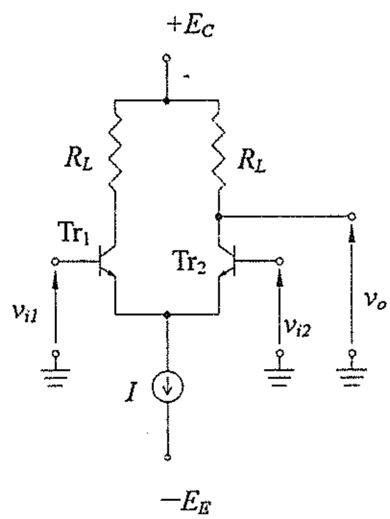

図２

4

光の回折現象は，量子論的な光子の位置と運動量の関係によって説明できる。平面波（光）の回折について，次の問に答えよ。ただし，プランク定数をhとする。

(1) 光（波長λ）の運動量の大きさpをλを用いて表せ。

(2) 図１のように，点Ｐにある粒子に波長λの光（平面波）を当て，粒子によって弾性散乱された光がレンズを通りスクリーン上に像を結んでいる場合を考える。このとき，レンズ端を通ってきた散乱光はx方向の運動量の大きさ$|p_x|$を持った光ということになる。(1)の結果を使って$|p_x|$を表せ。ただし，点Ｐはレンズの中心軸上にあり，点Ｐにおいてレンズ端と中心軸がなす角はθである。

(3) スクリーン上の像から粒子の正確な位置を求めようとした場合，レイリーの定義によれば，回折現象による粒子の位置の拡がりを$\Delta x \approx \lambda / \sin\theta$程度で求めることができる。(2)の結果を用いて，$|p_x|$と$\Delta x$の関係を示せ。

(4) 図２のようなスリットによる光の回折を考える。y方向に運動量pをもった光（平面波）がスリット（幅を$2a$とする）に垂直に入射するとする。このとき，(3)の関係式を用いてx方向の運動量の大きさp_xの範囲を求めよ。ただし，x軸の原点をスリットの中心とする。

(5) スリットから距離Lのところにあるスクリーン上に到達する光は，回折のためにαの角度でスリット幅よりも大きな拡がりをもって分布する。αを求め，この拡がりの大きさ$2b$を求めよ。ただし，αは非常に小さいとする。

(6) $2b$を最小にするには，aをどのように選べばよいか求めよ。ただし，Lは固定である。

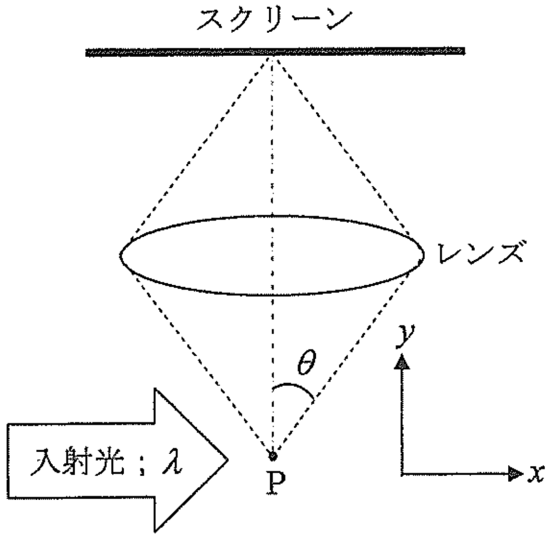

図１

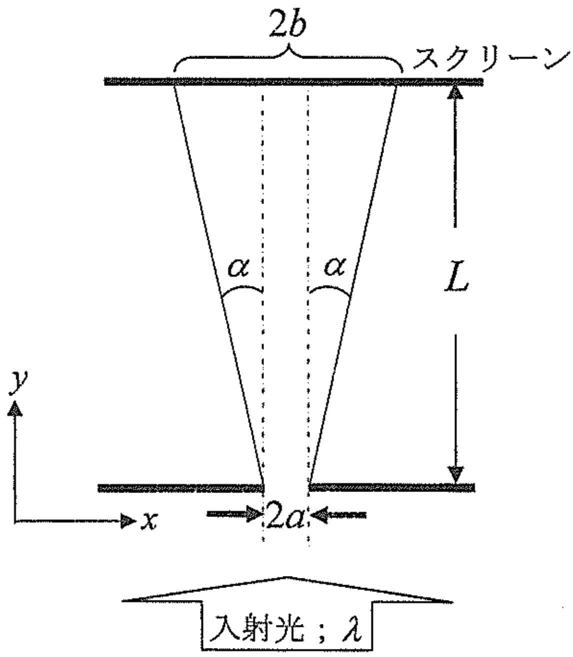

図２

5

図1は ck をクロック端子とするフリップフロップである．その出力 f の状態遷移表を表1に示す．

このフリップフロップを2個接続した，図2に示す論理回路を考える．各々のクロック端子 ck には同一のクロック信号が入力されている．次の問に答えよ．

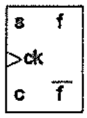

図 1: フリップフロップ

表 1: 出力 f の状態遷移表

		入力 sc			
		00	01	11	10
現在の	0	0	0	不定	1
状態 f	1	1	0	不定	1

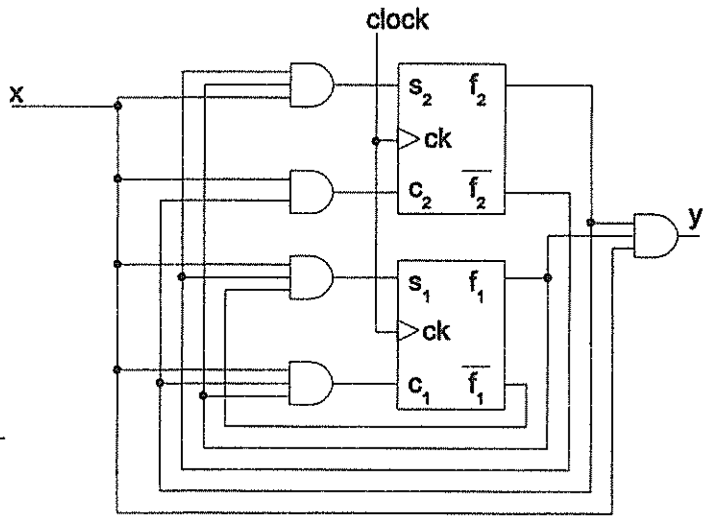

図 2: 論理回路

(1) 図2の y, s_1, c_1, s_2, c_2 の各々を， x, f_1, f_2 を用いた最も簡単な積和論理式として書け．

(2) 図2の論理回路において，状態 $f_2 f_1$ の遷移図を書け．ただし，状態遷移を表す矢印には，その時の入力 x 出力 y を "x/y" の形式で付記せよ．

(3) 問(2)の結果から，図2の回路の機能を説明せよ．更にその機能の名称を述べよ．なお，初期状態を $f_2 f_1 = 00$ と仮定してよい．

(4) 問(3)の機能は，問(1)で求めた y, s_1, c_1, s_2, c_2 の各々の論理式を簡単化することによって，更に簡単な回路で実現可能である．初期状態を $f_2 f_1 = 00$ とし，問(2)の遷移図で遷移しない状態が存在することを利用して，問(1)で求めた論理式をカルノー図により簡単化せよ．

$\boxed{6}$

出力値 $s \in S = \{-1,+1\}$ である 1 重マルコフ情報源がある．この情報源の出力は，一つ前のシンボルの値による条件付き確率で以下のように定まるものとする．

$$P(-1 \mid -1) = 1 - p$$
$$P(+1 \mid -1) = p$$
$$P(-1 \mid +1) = q$$
$$P(+1 \mid +1) = 1 - q$$

ここで p，q は，各々非負で 1 以下の定数である．このとき以下の問いに答えよ．

(1)定常状態において，この情報源出力が $s=+1$ を出力する確率 P_{+1} を示せ．

(2)二つの連続する情報源出力の対

$$(s_0, s_1) \in S^2 = \{(-1,-1),(-1,+1),(+1,-1),(+1,+1)\}$$

について，それぞれの出力対の発生確率を示せ．

(3)以下の定義により 1 重マルコフ情報源のエントロピーを計算せよ．

$$H(S) = -\sum_{s_0 \in S} P(s_0) \sum_{s_1 \in S} P(s_1 \mid s_0) \log P(s_1 \mid s_0)$$

(4)$q=p$ とする．このとき，$H(S)$を最大にする p を示せ．ただしその導出過程も示すこと．

(5) $q=p$ とする．このとき，(1)で求めた確率 P_{+1} と同じ確率で $s=+1$ を出力し，確率 $1-P_{+1}$ と同じ確率で $s=-1$ を出力する無記憶情報源のエントロピー $H(\bar{S})$ が $H(S)$ 以上となることを示せ．