

平成 25 年度

第 2 種

機械・制御

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

この試験は、4問中任意の2問を選び解答する方式です。解答する際には、この問題に折込まれている答案用紙（記述用紙）を引き抜いてから記入してください。

以下は、答案用紙記入上の注意事項です。

1. 筆記用具は、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルを使用してください。
2. 2枚の答案用紙を引き抜いたらすぐに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。
3. 答案用紙は、白紙解答であっても2枚すべて提出してください。
4. 問題は4問あります。この中から任意の2問を選び、1問につき1枚の答案用紙にて、解答してください。この場合、答案用紙には、選択した問の番号を記入してください。
5. 計算問題については、答案用紙に計算過程を明記してください。また、必要に応じ、計算根拠となる式も書いてください。
6. 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3けたです。なお、解答以外の数値のけた数は、誤差が出ないように多く取ってください。

例：線電流 I は

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.9} = 32.075 \text{ [A]} \quad \text{答 } 32.1 \text{ [A]}$$

1線当たりの損失 P_L は

$$P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ [W]} \quad \text{答 } 206 \text{ [W]}$$

以 上

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

問 1～問 4 の中から任意の 2 問を解答すること。(配点は 1 問題当たり 30 点)

問 1 400 [V], 60 [Hz], 4 極の三相誘導電動機がある。二次側諸量を一次側に換算した星形 1 相分の T 形等価回路を図 1 に示す。図中の s は滑り, V は一次電圧(星形相電圧)であり, また, 等価回路定数は次のとおりである。

$$r_1=0.2 \text{ } [\Omega], x_1=0.5 \text{ } [\Omega], x_M=20 \text{ } [\Omega]$$

$$r_2=0.1 \text{ } [\Omega] \text{ (一次側換算値)}, x_2=0.2 \text{ } [\Omega] \text{ (一次側換算値)}$$

次の問に答えよ。

- (1) 図 1 の T 形等価回路は鳳・テブナンの定理によると, 図 2 の回路で表される。
- a. 電動機に線間電圧 400 [V] を印加し, 同期速度で回転しているとき, 図 1 の端子 A, B 間に現れる電圧 V_t [V] を求めよ。
- b. 図 1 で一次端子を短絡したとき, 端子 A, B から一次側をみた合成インピーダンス $R+jX$ [Ω] を求めよ。
- (2) 図 2 の回路から, 始動時に二次回路に流れる電流 I_2 [A] (一次側換算値) 及び始動トルク T_s [N·m] を求めよ。

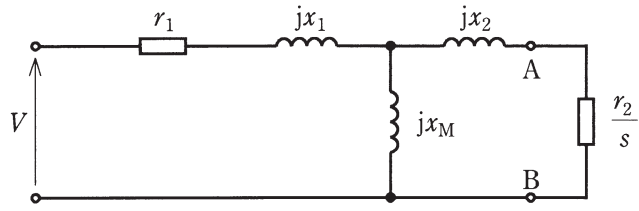


图 1

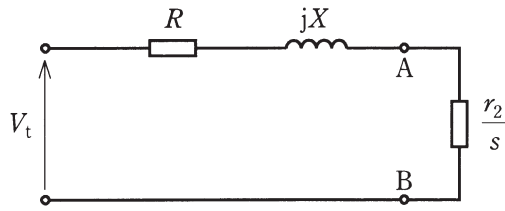
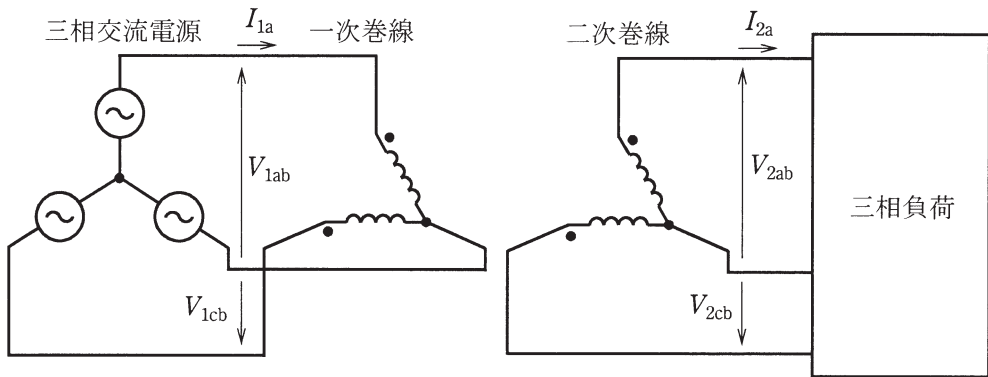


图 2

問2 図のように同一の単相変圧器2台をV結線し、一次側を線間電圧400〔V〕の平衡三相交流電源に接続する。一次巻線と二次巻線の巻数比は2:1であり、一次及び二次の漏れリアクタンスはそれぞれ0.32〔Ω〕、0.12〔Ω〕である。ある三相負荷を二次側に接続すると、三相交流電源には50〔A〕で力率1の平衡三相電流が流れた。次の問に答えよ。ただし、励磁電流、鉄損及び巻線抵抗は無視でき、変圧器鉄心は磁気飽和しないものとする。

- (1) 無負荷時の二次電圧 V_{2ab} 〔V〕を求めよ。
- (2) 三相負荷を接続した場合の変圧器二次電流 I_{2a} 〔A〕を求めよ。
- (3) 一次及び二次の漏れリアクタンスを合成したリアクタンスの二次側換算値〔Ω〕を求めよ。
- (4) 負荷接続時の変圧器二次電圧 V_{2ab} 〔V〕及び V_{2cb} 〔V〕を求めよ。
- (5) 2台の変圧器がそれぞれ負荷に供給する電力〔kW〕を求めよ。



問3 図1は、逆並列接続されたサイリスタによる単相交流電力調整回路を示す。交流電源の電圧を $v = \sqrt{2}V \sin \omega t$ [V]、サイリスタ Th_1 、 Th_2 の制御遅れ角を α [rad] として、次の間に答えよ。ただし、サイリスタの損失は無視できるものとする。

(1) 横軸を ωt [rad] とし、電圧 v 、及び Th_1 、 Th_2 に加えられるゲートパルス G_1 、 G_2 の波形を示した図2と同じ図が答案用紙に印刷されている。これに、負荷が純抵抗 R [Ω] の場合の Th_1 に加わる電圧 v_1 及び流れる電流 i_1 の波形、並びに負荷電流 i_L の波形を太線で明確に示せ。

(2) (1)における負荷電流 i_L の実効値 I_L [A] を V 、 R 及び α を用いて表せ。ただし、次式を利用してよい。

$$\int \sin^2 \theta d\theta = -\frac{1}{4} \sin 2\theta + \frac{1}{2} \theta + C$$

(3) 負荷が純インダクタンスのリアクトルの場合、リアクトルに印加する電圧の制御が可能な制御遅れ角 α [rad] の範囲を示せ。

(4) 逆並列接続されたサイリスタによる交流電力調整回路の応用例として、三相無効電力補償装置 (TCR 式三相 SVC) がある。この装置は、図3のように三相交流電源に接続された三相負荷 L_0 と並列に設け、固定の進み電流と可変の遅れ電流との合計電流によって無効電力を調整する回路構成である。図3と同じ図が答案用紙に印刷されている。これに TCR 式三相 SVC を構成するコンデンサ、リアクトル及びサイリスタの接続図を示せ。

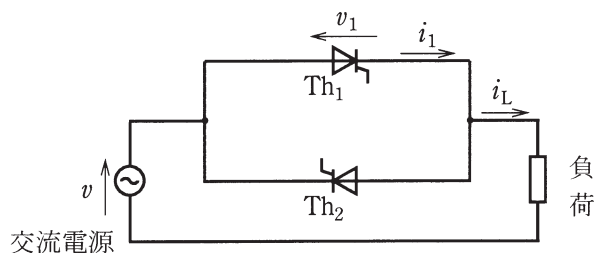


図1 逆並列接続されたサイリスタによる単相交流電力調整回路

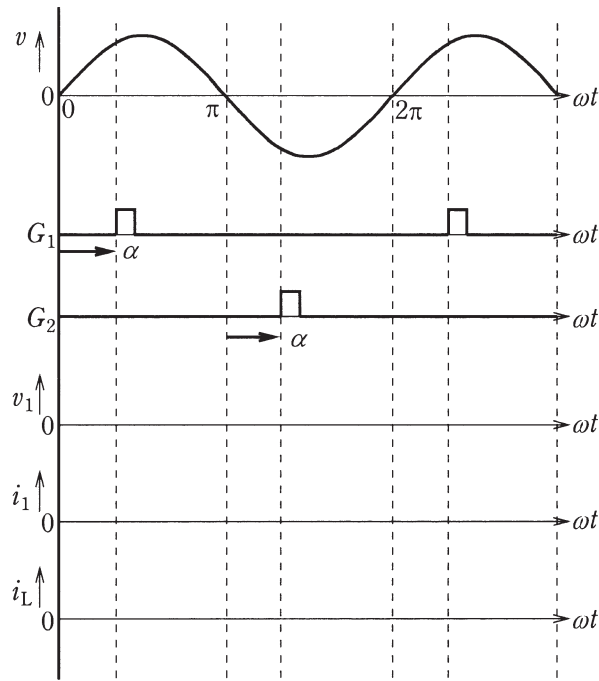


図 2 純抵抗負荷時のサイリスタの電圧，電流波形，負荷電流波形

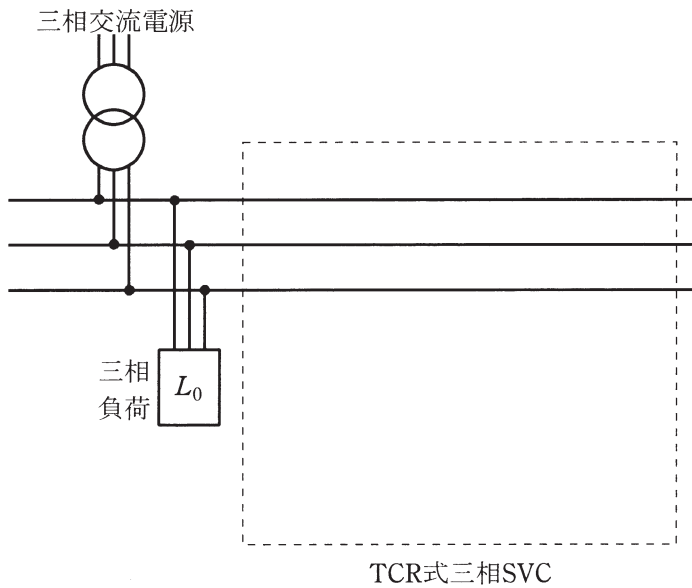
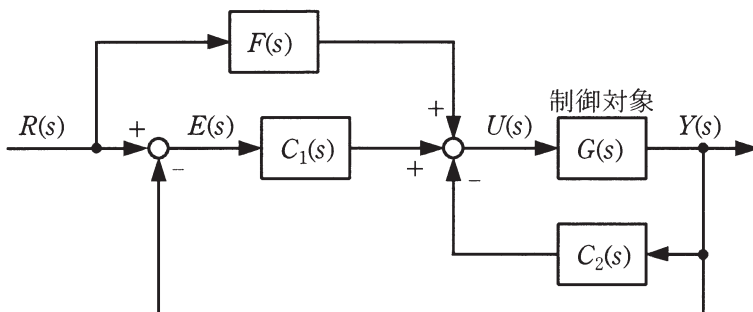


図 3 三相無効電力補償装置の回路構成

問4 図の制御系において、 $R(s)$ 、 $E(s)$ 、 $U(s)$ 及び $Y(s)$ は、目標値 $r(t)$ 、偏差 $e(t)$ 、操作量 $u(t)$ 及び出力 $y(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。以下では、 $K_1 > 0$ 、 $K_2 > 0$ とする。次の問に答えよ。



- (1) 図の制御対象の伝達関数が $G(s) = \frac{1}{s^2 + 4}$ で与えられるとき、制御対象の単位インパルス応答を求めよ。
- (2) 上記(1)において、さらに $F(s) = 0$ 、 $C_1(s) = K_1 \left(1 + \frac{1}{s}\right)$ 、 $C_2(s) = K_2 s$ のとき、 $R(s)$ から $E(s)$ までの伝達関数を K_1 と K_2 を用いて表せ。
- (3) 上記(2)において、図の制御系が安定限界となるとき、 K_1 と K_2 が満たすべき関係を求めよ。また、このとき制御系が示す応答について簡単に述べよ。
- (4) 次に、 $F(s) \neq 0$ の場合を考える。次の空欄(a)～(f)に入る数式を $F(s)$ 、 $C_1(s)$ 、 $C_2(s)$ 、 $G(s)$ を用いてできるだけ簡略化して表せ。

図から

$$U(s) = \boxed{\text{(a)}} \cdot R(s) + \boxed{\text{(b)}} \cdot E(s) - \boxed{\text{(c)}} \cdot U(s)$$

$$E(s) = R(s) - \boxed{\text{(d)}} \cdot U(s)$$

が成り立つ。これらから、 $R(s)$ から $E(s)$ までの伝達関数を求めると

$$\frac{E(s)}{R(s)} = \frac{1 + \boxed{\text{(e)}}}{1 + \boxed{\text{(f)}}}$$

となる。

- (5) 上記(4)において、 $F(s) = 4$ 、 $C_1(s) = K_1 \left(1 + \frac{1}{s}\right)$ 、 $C_2(s) = K_2 s$ 、 $G(s) = \frac{1}{s^2 + 4}$ を代入したとき、ランプ状の目標値 $r(t) = t$ に対する定常偏差を求めよ。