

平成 26 年度

第 1 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. 計算問題において、簡略式を用いても算出できる場合もありますが、問題文中に明記がある場合を除き、簡略式は使用しないでください。
7. 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

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

1線当たりの損失 P_L は

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

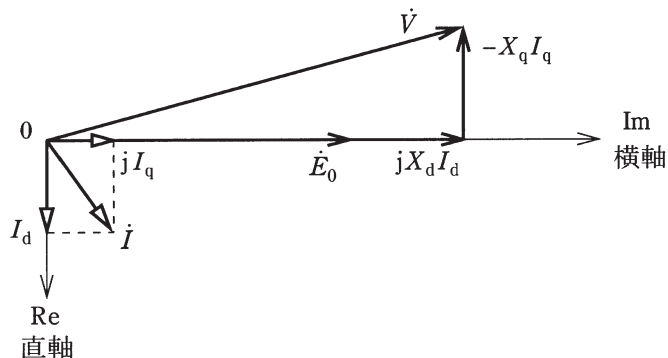
以 上

(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 定格周波数 50 Hz における磁石の磁極方向の直軸同期リアクタンスが $X_d = 1 \Omega$ 、磁極に対して電気角 90 度進み方向の横軸同期リアクタンスが $X_q = 2 \Omega$ の埋込永久磁石同期電動機がある。はじめに同期電動機の電機子巻線を開放し、回転速度 1500 min^{-1} で回転させたとき、磁極方向を実軸とすると、電機子巻線には相電圧 $\dot{E}_0 = j200 \text{ V}$ 、 $f = 50 \text{ Hz}$ の平衡三相交流電圧が現れた。次に、周波数を $f = 50 \text{ Hz}$ 一定で、相電圧 $V[\text{V}]$ を自由に調整できる平衡三相交流電源に接続して運転する。次の問に答えよ。ただし、巻線抵抗による電圧降下や鉄損は無視できるものとする。また、図は突極性がある同期電動機のフェーザ図である。

- (1) 負荷トルクが $T_1[\text{N}\cdot\text{m}]$ のとき、交流電源の相電圧 V を調整すると、電機子巻線には $\dot{I} = j50 \text{ A}$ の電流が流れた。このときの $V[\text{V}]$ を求めよ。
- (2) 上記(1)の場合の機械出力 $P_1[\text{kW}]$ 及びトルク $T_1[\text{N}\cdot\text{m}]$ を求めよ。
- (3) 交流電源の相電圧 V を調整して、電機子巻線に実効値 $I = 50 \text{ A}$ で $\dot{I} = -10 + j10\sqrt{24} \text{ A}$ の電流を流した。このときの相電圧 $V[\text{V}]$ と発生するトルク $T_2[\text{N}\cdot\text{m}]$ を求めよ。
- (4) 電機子電流の実効値が $I = 50 \text{ A}$ のときに、発生するトルクが最大となる電流 $\dot{I}[\text{A}]$ を示せ。



問2 変圧器の損失及び効率について、次の問に答えよ。

(1) ある変圧器において、電源周波数が定格周波数より 5 % 上昇し、同時に電源電圧が定格電圧より 5 % 低下した場合、この変圧器を継続して定格容量で使用するとき、次の値は定格周波数、定格電圧の状態を基準として何%になるか、それぞれ求めよ。ただし、表皮効果による巻線抵抗の変化は無視できるものとし、定格周波数、定格電圧におけるヒステリシス損は鉄損の 80 % で、最大磁束密度の 2 乗及び周波数に比例し、また、うず電流損は鉄損の 20 % で、最大磁束密度の 2 乗及び周波数の 2 乗に比例するものとする。

a. 鉄損 [%]

b. 銅損 [%]

(2) 定格容量 100 kV・A、負荷力率 85 % で全負荷における効率 99.0 % の単相変圧器がある。負荷力率を 85 % 一定として、この変圧器で 6 時間は全負荷、8 時間は $\frac{1}{2}$ 負荷、残りの 10 時間は無負荷で運転したとき、1 日における一次側と二次側の電力量計の読みの差が 16 kW・h であった。この変圧器について、全負荷における次の値を求めよ。ただし、鉄損と銅損以外の損失は小さいので無視できるものとする。

a. 鉄損 [kW]

b. 銅損 [kW]

問3 図1は、三相ブリッジ接続の電圧形自励 IGBT インバータ 2 台を変圧器で直列に多重接続した 2 多重インバータ装置の主回路である。

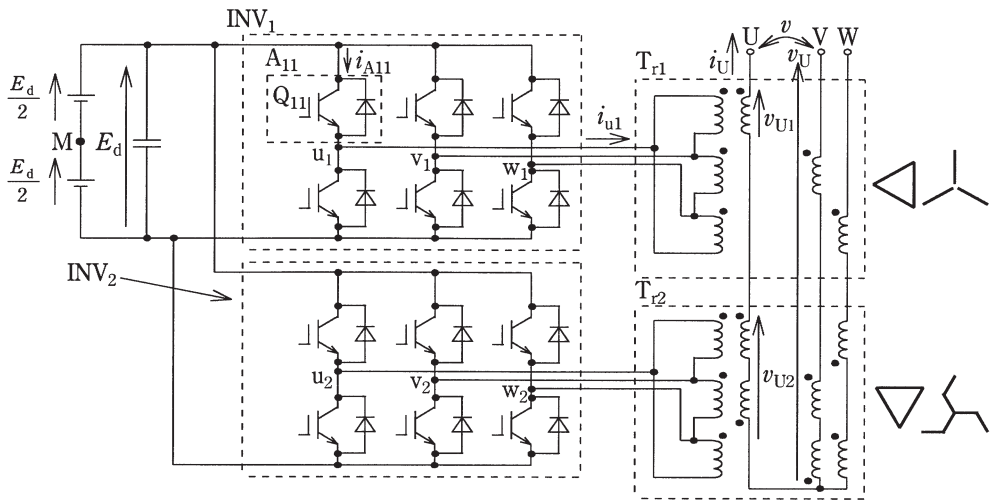


図1 2多重インバータ装置

インバータ INV_1 及び INV_2 は、直流の仮想中点 M に対する各相の電圧波形が図2のようになって動作している。変換装置用変圧器 T_{r1} は、巻線の巻数比が $1:1$ である。変換装置用変圧器 T_{r2} は、直流側（インバータ側）が 1 に対して交流側（出力側）は $\frac{1}{\sqrt{3}}$ の巻数比の 2 組の巻線を図1に示すように千鳥結線している。次の問に答えよ。

- (1) 答案用紙に図2と同じ図が印刷されているので、このときの T_{r1} の U 相出力電圧 v_{U1} の波形、及び T_{r2} の U 相出力電圧 v_{U2} の波形を太い線で明確に描け。
- (2) 平衡した三相負荷を出力端子に接続したとき、 U 相には高調波成分を無視して図2に示す電流 i_U が流れた。答案用紙に図2と同じ図が印刷されているので、このときの INV_1 の u_1 相電流 i_{u1} の波形、並びに IGBT Q_{11} 及びその逆並列ダイオードで構成されたアーム A_{11} に流れる電流 i_{A11} の波形を太い線で明確に描け。
- (3) 2 多重インバータ装置の出力端子における線間出力電圧 v の基本波実効値 V_{rms} を、直流電圧 E_d を用いて表せ。

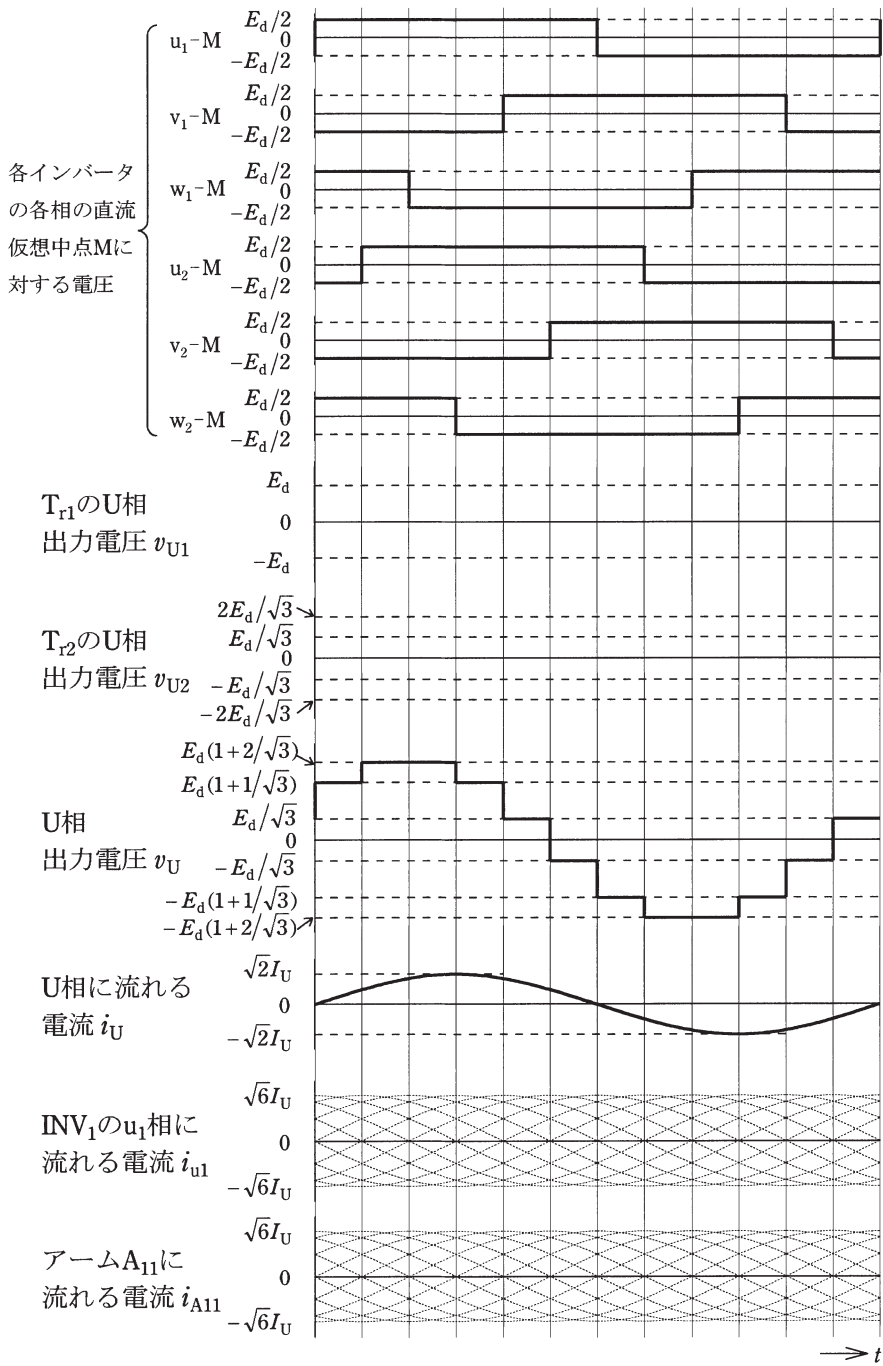


図2 各部の波形

問4 フィードバック制御系について、次の問に答えよ。ただし、図2中のゲイン K は正の実数とする。

- (1) 図1に示す制御対象の入力 $U(s)$ に単位ステップ信号を入力したときの出力 $Y(s)$ の時間応答を求めよ。ただし、初期状態は零とする。
- (2) 図2に示すフィードバック制御系の一巡周波数伝達関数のベクトル軌跡が複素平面の実軸を切るときの交点を求めよ。また、そのときの角周波数 ω_0 を求めよ。
- (3) 上記(2)の結果にナイキストの安定判別法を適用して、制御系を安定にするゲイン K の範囲を求めよ。
- (4) 図2のフィードバック制御系の特性方程式を求めよ。
- (5) 上記(4)で得た特性方程式のラウス表を示したのち、制御系を安定にするゲイン K の範囲を求めよ。
- (6) 図2のフィードバック制御系が安定限界であるとき、閉ループ伝達関数の三つの極を求めよ。

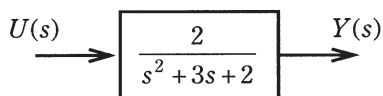


図1 制御対象

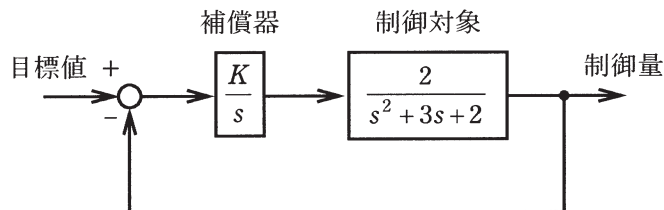


図2 フィードバック制御系