

平成 26 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 定格線間電圧 200 V，定格周波数 50 Hz，4 極の三相かご形誘導電動機について，三相星形結線 1 相分の L 形等価回路から動作特性を考える。三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の回路定数を，励磁アドミタンス $y_0 = 0.05 - j0.15$ S，一次抵抗 $r_1 = 0.1 \Omega$ ，一次漏れリアクタンス $x_1 = 0.3 \Omega$ ，二次抵抗の一次側換算値 $r_2' = 0.15 \Omega$ ，二次漏れリアクタンスの一次側換算値 $x_2' = 0.4 \Omega$ とする。誘導電動機を定格電圧，定格周波数の三相交流電源に接続し，負荷トルクを T_L [N・m] としたとき，滑りは $s = 0.03$ であった。負荷トルクが T_L [N・m] のときの次の値を求めよ。

- (1) 同期速度 n_0 [min^{-1}]
- (2) 励磁電流 I_0 [A]
- (3) 二次電流の一次換算値 I_2' [A]
- (4) 負荷トルク T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$]
- (5) 一次電流 I_1 [A]
- (6) 入力力率

問2 三相星形結線の円筒形同期発電機 [定格容量 100 000 kV・A, 定格電圧 (線間電圧) $V_R = 13 800$ V, 定格電流 (相電流) $I_R = 4 184$ A, 定格周波数 60 Hz, 定格力率 0.9(遅れ)] における正相及び逆相リアクタンスの測定法に関して, 次の問に答えよ。ただし, 電機子抵抗などの抵抗分は無視する。

(1) 正相リアクタンス

円筒形同期発電機の正相リアクタンスは, 定格回転速度で定常運転状態では同期リアクタンスとなる。同期リアクタンスは, 図 1 に示す無負荷飽和曲線と三相短絡電流特性曲線から求めることができる。同期リアクタンスの定格電圧での飽和値 $X_{ss}[\Omega]$ 及び同期リアクタンスの不飽和値 $X_{su}[\Omega]$ を, $V_R[V]$, $I_R[A]$, $I_{f2}[A]$, $I_{f0}[A]$ 又は $I_{f0g}[A]$ を用いて表す式を導出せよ。その導出過程も示すこと。なお, I_{f2} , I_{f0} 及び I_{f0g} は図 1 に示す界磁電流である。また, $I_{f2} = 600$ A, $I_{f0} = 300$ A, $I_{f0g} = 270$ A として, $X_{ss}[\Omega]$ 及び $X_{su}[\Omega]$ を算出せよ。

(2) 逆相リアクタンス

図 2 に示すように, 電機子巻線の 2 端子を短絡し, 発電機を定格回転速度で運転する。界磁電流を流し, 短絡回路の電流 $I_S[A]$ 及び短絡回路と開放端子との間の電圧 $V_{OS}[V]$ を計測する。また, このときの対称座標法による等価回路を図 3 に示す。逆相リアクタンス $X_2[\Omega]$ を, $V_{OS}[V]$ 及び $I_S[A]$ を用いて表す式を導出せよ。その導出過程も示すこと。また, $V_{OS} = 250$ V, $I_S = 400$ A として, $X_2[\Omega]$ を算出せよ。

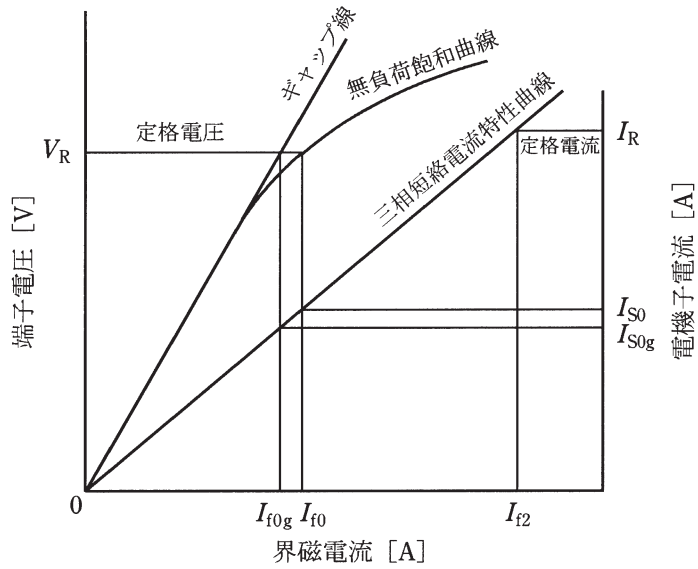


図1 無負荷飽和曲線と三相短絡電流特性

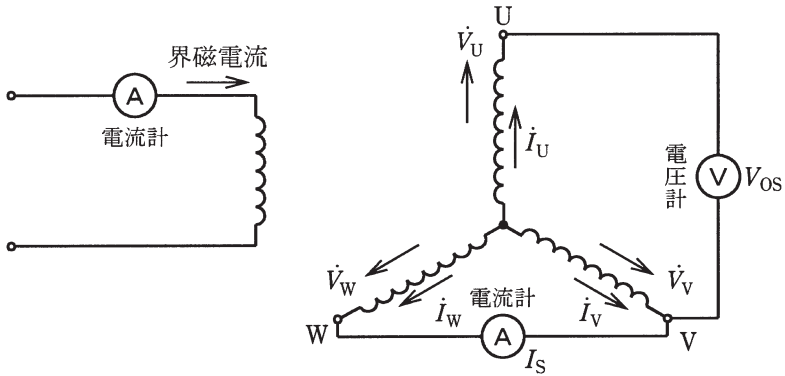


図2 逆相リアクタンスの測定回路

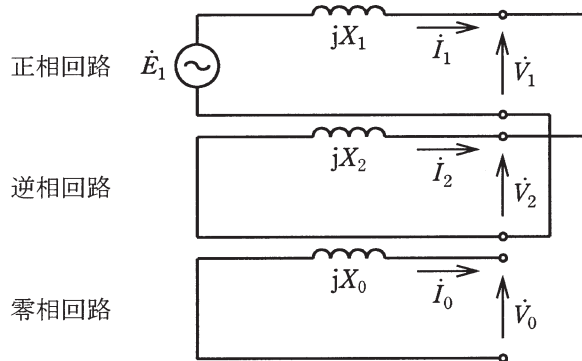


図3 対称座標法における等価回路

問3 図1に示す昇降圧チョップ及び図3に示す昇圧チョップは、運転が定常状態にあるものとする。この動作特性について、次の問に答えよ。ただし、両図において、リアクトルのインダクタンスはその電流が連続するほどに適度に大きく、また、コンデンサの静電容量は出力直流電圧が一定とみなせるほど十分に大きいものとし、損失のない理想的なチョップとする。

(1) 図1の昇降圧チョップにおいて、トランジスタ Q_1 が時刻0でターンオン、時刻 T_1 でターンオフ、時刻 T_2 でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。図2は、この昇降圧チョップの各部の電流波形を示す。図1に示す各部の電流 i_s 、 i_D 、 i_L 及び i_C の波形を図2の波形の中から選び、その記号で答えよ。

(2) 図2から T_1 及び T_2 を用いて通流率（時比率） α を表せ。

(3) 図1の出力電圧 V_1 を入力電圧 E_1 及び通流率 α を用いて表せ。

(4) 図3の昇圧チョップにおいて、トランジスタ Q_2 が時刻0でターンオン、時刻 T_a でターンオフ、時刻 T_b でターンオンするという1周期の動作を繰り返しているとする。このときの通流率（時比率） β を T_a 及び T_b を用いて表し、出力電圧 V_2 を入力電圧 E_2 及び通流率 β を用いて表せ。

(5) 図1の昇降圧チョップと図3の昇圧チョップとにおいて、同じ入力電圧で同じ通流率のときに出力電圧がより高いのはどちらのチョップであるか。また、その理由を示せ。

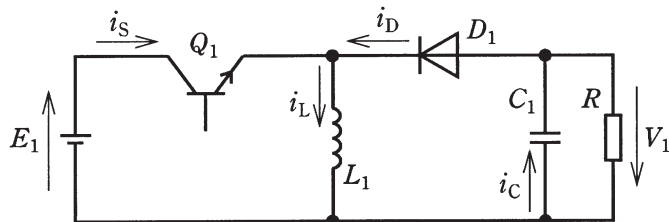


図1

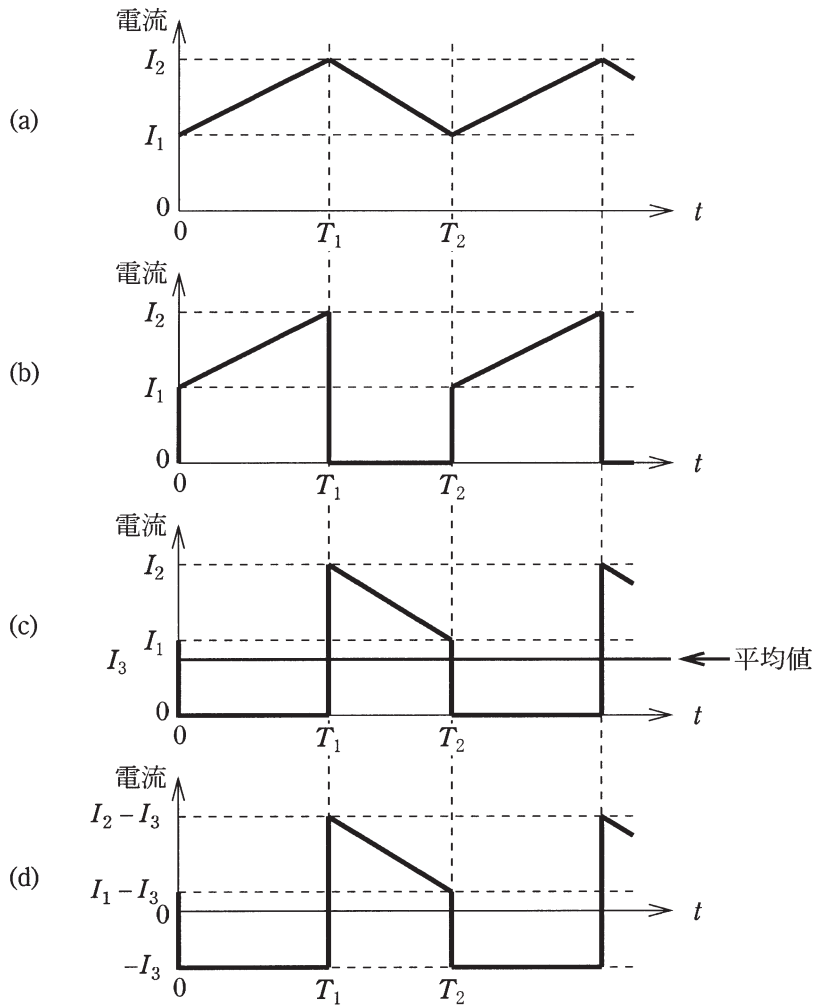


圖 2

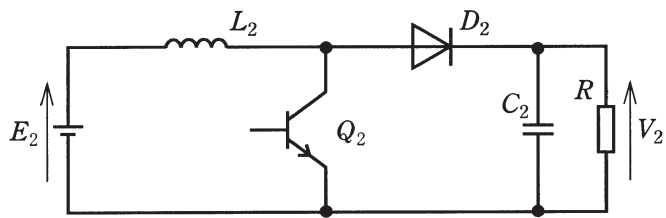


圖 3

問4 図1はフィードバック制御系の基本構成を示し、 $G_C(s)$ は補償器の伝達関数、 $G_P(s)$ は制御対象の伝達関数を表している。また、 $R(s)$ 、 $E(s)$ 、 $D(s)$ 及び $Y(s)$ は、目標値 $r(t)$ 、偏差 $e(t)$ 、外乱 $d(t)$ 及び制御量 $y(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。 $G_C(s) = \frac{4(s+1)}{s+2}$ 、 $G_P(s) = \frac{1}{s(s^2+5s+5)}$ として、次の間に答えよ。

- (1) $D(s) = 0$ としたとき、 $R(s)$ から $E(s)$ までの伝達関数を求めよ。
- (2) 上記(1)において、目標値として図2に示す大きさ a のステップ信号を入力したときの定常偏差を求めよ。
- (3) 上記(1)において、目標値として図3に示す傾き b のランプ信号を入力したときの定常偏差を求めよ。
- (4) $R(s) = 0$ としたとき、 $D(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を求めよ。
- (5) 上記(4)において、外乱として図2に示す大きさ a のステップ信号を印加したとき、制御量の最終値を求めよ。
- (6) 上記(4)において、外乱として図3に示す傾き b のランプ信号を印加したとき、制御量は発散することを示せ。

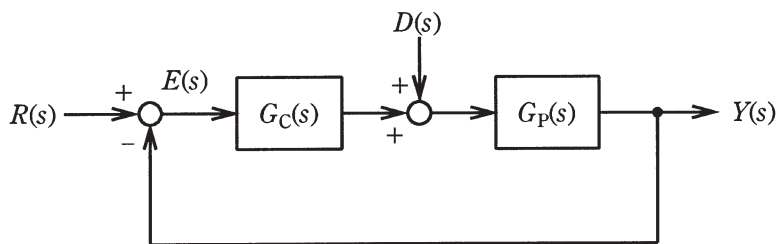


図1 フィードバック制御系

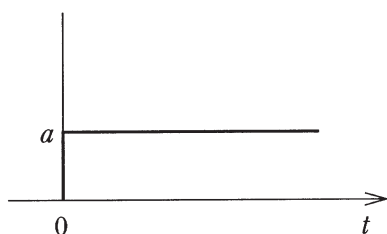


図2 ステップ信号

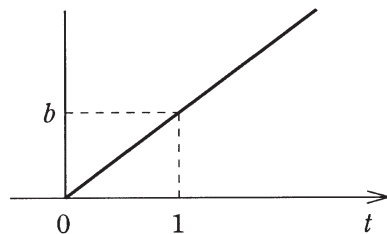


図3 ランプ信号