

平成 23 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（又はB）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

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

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

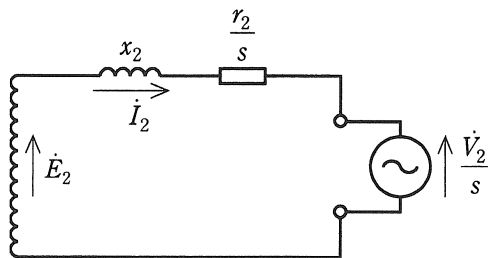
（この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できません。）

問 1～問 4 の中から任意の 2 問を解答すること。

問 1 三相巻線形誘導電動機がある。図は滑り s で運転しているときの一次側に換算した二次回路 1 相分の等価回路である。この図では静止時の二次誘導起電力を \dot{E}_2 (相電圧)、二次回路の抵抗を r_2 、定格周波数における二次回路のリアクタンスを x_2 としている。

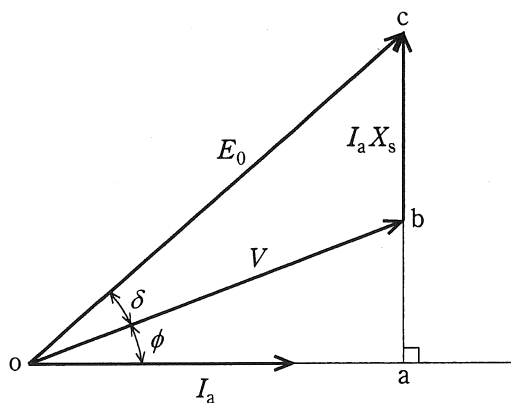
この誘導電動機のスリップリングに滑り周波数の二次励磁電源を接続して同期速度以下の速度制御を行う。二次励磁電源の相電圧を \dot{V}_2 とするとき、次の間に答えよ。ただし、二次励磁電源回路のインピーダンスは無視でき、また、 E_2 は \dot{E}_2 の大きさ、 V_2 は \dot{V}_2 の大きさを表すものとする。

- (1) スリップリングを短絡し、滑り s_0 で運転したときの同期ワットで表したトルク T_0 [W] を求めよ。
- (2) 二次誘導起電力 \dot{E}_2 と同相の \dot{V}_2 を図の方向に加え、滑り s で運転した。このとき、二次入力同期ワットで表したトルクであることを示せ。
- (3) 二次誘導起電力 \dot{E}_2 と同相の \dot{V}_2 を図の方向に加え、 V_2 を調整したところ、滑りは上記(1)と同じ滑り s_0 、トルクは上記(1)のトルク T_0 の $\frac{1}{3}$ となった。 V_2 の、回転子巻線 1 相に誘導される起電力の大きさに対する比 $\frac{V_2}{s_0 E_2}$ はいくらか。



問2 図は、三相星形接続の円筒形同期発電機のベクトル図である。この図を参照して次の間に答えよ。ただし、図の電圧、電流及びリアクタンスの記号は定格皮相電力基準の単位法で表した大きさを示している。また、電機子抵抗による電圧降下や磁気飽和は無視するものとする。

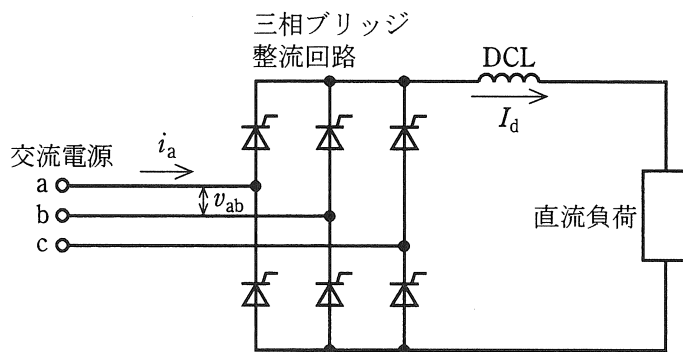
- (1) 電圧変動率 [%] の算出式を図に記載された記号を用いて示せ。
- (2) 図から、 E_0 、 δ 、 ϕ を用いて、 $I_a X_s$ 及び V を表す式を導出せよ。
- (3) 定格皮相電力 120 000 [kV・A]、定格電圧 13.8 [kV]、同期リアクタンス 1.8 [p.u.] の三相同期発電機について、無負荷状態で端子電圧が 1.3 [p.u.] になるように界磁電流を調整して、界磁電流をそのままに保って三相平衡負荷を発電機端子に接続したところ、発電機の負荷角(内部相差角)は 30° で力率は 0.9 であった。この運転状態における電機子電流 [p.u.] 及び端子電圧 [p.u.] を求めよ。
- (4) E_0 、 V 、 δ 、 X_s を用いて、発電機出力 P を表す式を単位法にて導出せよ。
- (5) 上記(4)で導出した式を用いて、上記(3)の状態における発電機出力 P [kW] を求めよ。



E_0 : 誘導起電力	X_s : 同期リアクタンス
V : 端子電圧	δ : 負荷角
I_a : 電機子電流	ϕ : 力率角

問3 図はサイリスタを用いた三相ブリッジ整流回路を示す。入力交流電源の電圧は三相對称正弦波で、線間電圧 v_{ab} の波高値を V_m とする。制御遅れ角 α で運転していて、直流回路のインダクタンスは十分に大きく直流電流 I_d は一定とする。重なり角、回路の損失などは無視できるものとし、次の問に答えよ。

- (1) a相に流れる線電流 i_a の実効値を I とする。 I_d を用いて、 I を示せ。
- (2) 皮相電力を求めるには電流の実効値が必要である。 V_m と I_d を用いて、三相皮相電力 S を示せ。
- (3) この整流回路の入力における基本波力率を $\cos\phi_1$ とする。 α を用いて、 $\cos\phi_1$ を示せ。
- (4) この整流回路において a 相に流れる線電流 i_a の基本波実効値は $\frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d$ である。 V_m と I_d と α を用いて、三相有効電力 P を示せ。
- (5) この整流回路の入力における総合力率を λ とする。 α を用いて、 λ を示せ。



問4 図に示すフィードバック制御系について、次の問に答えよ。ただし、 $R(s)$ 、 $E(s)$ 、 $U(s)$ 、 $Y(s)$ は、それぞれ目標値 $r(t)$ 、偏差 $e(t)$ 、入力 $u(t)$ 、出力 $y(t)$ をラプラス変換したものであり、 $G(s)$ は制御対象の伝達関数を表す。

(1) 図の制御対象 $G(s)$ だけを取り出し、大きさ1のステップ入力を $G(s)$ へ加えたときのステップ応答が次式で与えられるとき、この制御対象の伝達関数 $G(s)$ を求めよ。

$$\begin{cases} \frac{1}{2}t - \frac{1}{4} + \frac{1}{4}e^{-2t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

(2) 上記(1)で求めた $G(s)$ とは異なる伝達関数 $G(s) = \frac{1}{s^2(s+6)}$ に置き換えた場合に、図において、目標値 $R(s)$ から偏差 $E(s)$ までの伝達関数を求めよ。

(3) 上記(2)の制御対象 $G(s)$ を含む図のフィードバック制御系の特性根の二つが、 $-1+j\sqrt{3}$ と $-1-j\sqrt{3}$ となるように、補償器Aのパラメータ K_1 と K_2 を求めよ。さらに、このときの残りの特性根も求めよ。

(4) 上記(2)の制御対象 $G(s)$ を含む図のフィードバック制御系において
 a. ランプ関数の目標値 $r(t) = t$ に対する定常速度偏差の大きさが $\frac{1}{6}$ 以下
 b. フィードバック制御系が安定

の条件を同時に満たす K_1 と K_2 の存在範囲を、横軸 K_1 、縦軸 K_2 のグラフで図示せよ。

