

平成 27 年度

第 1 種

機械・制御

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の重要事項及び注意事項

指示がありましたら答案用紙（記述用紙）2枚を引き抜いてください。答案用紙には、2枚とも直ちに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。

1. 重要事項

- a. 「選択した問の番号」欄には、必ず選択した問番号を記入してください。
記入した問番号で採点されます。問番号が未記入のものは、採点されません。
- b. 計算問題では、解に至る過程を簡潔に記入してください。
導出過程が不明瞭な答案は、0点となる場合があります。

2. 注意事項

- 記入には、濃度HBの鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
- 答案用紙は1問につき1枚としてください。
- 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。
- 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3桁です。なお、解答以外の数値の桁数は、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

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

- 記述問題については、問題の要求を逸脱しないでください。
例：「問題文に3つ答えよ。」という要求で、4つ以上答えてはいけません。
- 氏名は記載しないでください。（答案用紙に氏名記載欄はありません。）

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。

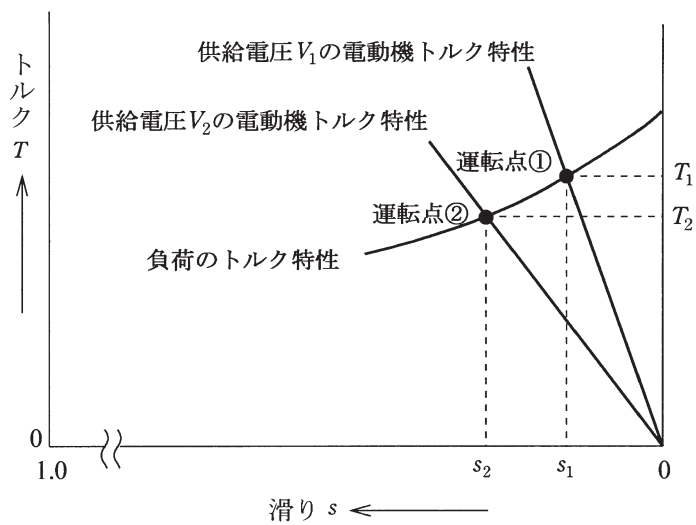
なお、この問題冊子についてはお持ち帰りください。

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 図は、三相かご形誘導電動機に回転速度の 2 乗に比例するトルクを要求する負荷をかけて運転する場合の、三相かご形誘導電動機と負荷のトルク特性である。

供給電圧を定格電圧 V_1 として運転する場合、電動機及び負荷のトルク特性の交点、すなわち運転点①における滑り及びトルクは、 s_1 及び T_1 であった。このとき、滑り s_1 は 2.5 % である。運転中に供給電圧が 12 % 低下して V_2 に変化した場合、滑り s_2 及びトルク T_2 の運転点②に移ったとする。以下に示す電動機の諸量について、運転点①に対する運転点②の比をそれぞれ求めよ。ただし、電源周波数は一定とし、供給電圧一定の場合、電動機のトルク特性は近似的に直線とみなし、電動機のトルクは滑りに比例するものとする。また、運転点①のとき、鉄損と一次銅損との比は 3 : 5 とし、一次銅損と二次銅損とは等しいものとする。

- (1) 滑り
- (2) 出力
- (3) 二次電流
- (4) 効率



問2 三相星形結線の円筒形同期発電機（短絡比 0.5）における出力と界磁電流との関係に関して、次の問に答えよ。ただし、鉄心の磁気飽和及び電機子抵抗は無視する。また、単位法は自己定格容量（定格皮相電力 [kV・A]）を基準としている。なお、界磁電流 I_f の大きさは、無負荷状態で定格電圧発生時の界磁電流 I_{f0} に対する比 k_{IF} ($k_{IF} = \frac{I_f}{I_{f0}}$) で表示する。

- (1) 定格周波数における，単位法表示の同期リアクタンス X_S [p.u.] の数値を算出せよ。
- (2) 端子電圧（相電圧） V [p.u.]，無負荷誘導起電力 E [p.u.]，負荷角（内部相差角） δ [rad] 及び X_S [p.u.] を含む有効電力 P [p.u.] の式を導出せよ。また， V 及び周波数が一定で運転し， P が一定の状態において I_f を変化させても $E \sin \delta$ が一定であることを示せ。
- (3) V [p.u.]， E [p.u.]， δ [rad] 及び X_S [p.u.] を含む無効電力 Q [p.u.] の式（誘導性無効電力を出力する遅れ力率のとき， $Q > 0$ とする）を導出せよ。また， V 及び周波数が一定で運転し， Q が一定の状態において I_f を変化させても $E \cos \delta$ が一定であることを示せ。
- (4) 定格周波数において， $V = 1$ p.u. 及び $P = 0.5$ p.u. 一定の状態では I_f の大きさを $k_{IF} = 2$ にしたときの Q [p.u.]， E [p.u.]，出力電流（相電流） I [p.u.] 及び力率 $\cos \phi$ の数値を算出せよ。ただし， $0 \leq \delta \leq \frac{\pi}{2}$ rad とする。

問3 図1に、電池を含む直流回路と電力を授受する、サイリスタを用いた単相整流回路を示す。この回路は、サイリスタの制御角を調整することによって直流電力を交流電力に変換して交流電源に送る動作ができるので、この場合は他励インバータとも呼ばれる。直流リアクトルのインダクタンス L は電流リップが無視できるほどに十分大きく、交流電源のインピーダンス、転流重なり角、サイリスタの電圧降下、直流リアクトルの抵抗、電池の内部抵抗などは無視できるものとして、次の問に答えよ。

- (1) 交流電源電圧を $v_s = \sqrt{2}V \sin \omega t$ として、制御角 α で運転しているときの直流電圧 e_d の平均値 E_d を表す式を、 V 及び α を用いて示せ。
- (2) 制御角 $\alpha = 150^\circ$ のインバータモードで運転していて、直流電流 i_d は $i_d = I_d$ 一定の定常状態とする。図2が答案用紙に印刷されているので、直流電圧 e_d 、交流電流 i_s 、及びサイリスタ T_1 に印加される電圧 v_{T1} の波形を太い線で明確に描け。
- (3) 上記(2)において、交流電源の周波数を $f = 50 \text{ Hz}$ とする。このときのサイリスタの転流余裕角 γ $[\circ]$ はいくらであるか。また、サイリスタをターンオフさせる逆バイアス時間 (ホールドオフ期間) t_{off} $[\text{ms}]$ はいくらになるか。
- (4) 上記(2)の定常状態において、交流電源電圧は $V = 200 \text{ V}$ 、直流回路には直流電流 $I_d = 100 \text{ A}$ が流れているものとする。交流電源に送る有効電力 P $[\text{W}]$ 及び交流電流 i_s の基本波実効値 I_f $[\text{A}]$ はいくらであるか。
- (5) 次に、電池の電圧 E は電流、充電量などに関係なく一定であるとして、上記(4)の状態から交流電源に送る有効電力を2倍に増加させたい。他励インバータの制御角 α を過渡的にどのように変化させ、そしてその後どのような定常状態の値になるように制御すればよいかを説明せよ。

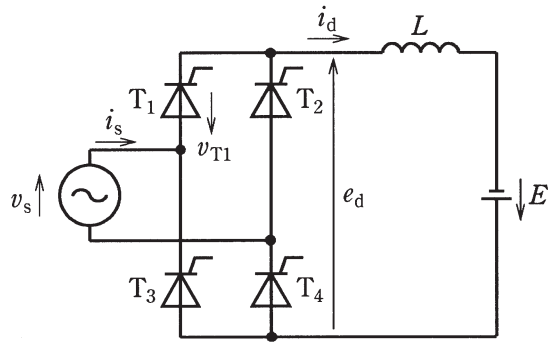


图 1

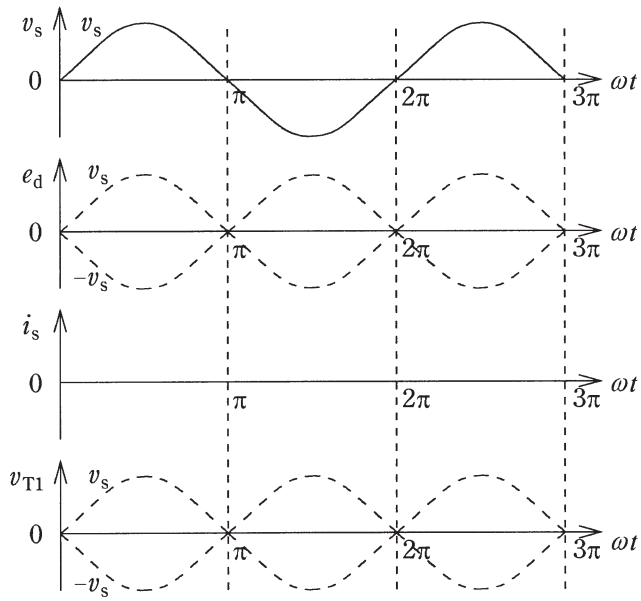


图 2

問4 次の微分方程式で表されるシステムについて、次の間に答えよ。ただし、上付添字 T は転置を表し、 I は単位行列を表す。

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = -4x_1(t) - 6x_2(t) - 2u(t)$$

$$\frac{dx_2(t)}{dt} = 3x_1(t) + 5x_2(t) + 3u(t)$$

- (1) 制御入力を $u(t)$ 、状態変数を $\mathbf{x}(t) = [x_1(t) \ x_2(t)]^T$ として、このシステムを次に示す状態方程式の形で表すとき、 A 及び \mathbf{b} を求めよ。

$$\frac{d\mathbf{x}(t)}{dt} = A\mathbf{x}(t) + \mathbf{b}u(t)$$

- (2) 制御入力を零としたときのシステムの安定性を特性方程式の根を計算することで判別せよ。
- (3) システムの可制御性を可制御性行列を用いて判別せよ。

- (4) 制御入力 $u(t)$ を次の状態フィードバック

$$u(t) = -\mathbf{f}\mathbf{x}(t), \quad \mathbf{f} = (f_1 \ f_2)$$

で与える。フィードバック制御系の特性多項式 $\det[sI - (A - \mathbf{b}\mathbf{f})]$ を f_1 及び f_2 を用いて表せ。

- (5) フィードバック制御系の特性根を $-2 \pm j$ に配置するための f_1 及び f_2 を求めよ。