

令和 7 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

1. 答案用紙（記述用紙）について

- 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。
- 指示がありましたら答案用紙2枚を引き抜き、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。なお、氏名は記入不要です。
- 「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。
- 答案用紙は1問につき1枚です。
- 答案用紙にはページ番号を付しており、(1)～(3)ページに記述します。(4)ページは、図表等の問題に使用するもので、使用する場合は問題文で指定します。

2. 試験問題について

(計算問題) 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。
- 答は、問題文で指定がない限り、3桁（4桁目を四捨五入）です。なお、解答以外の数値の桁数は、誤差が出ないよう多く取ってください。

$$\text{例：線電流 } I \text{ は, } I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.9} = 32.075 \text{ A (答) } 32.1 \text{ A}$$

$$1 \text{ 線当たりの損失 } P_L \text{ は, } P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ W (答) } 206 \text{ W}$$

(記述問題) 問題文の要求に従って記入してください。

- 例えば「3つ答えよ。」という要求は、4つ以上答えてはいけません。

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。

機械・制御

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 三相円筒形同期電動機を遅れ力率で運転する場合に関して、次の間に答えよ。
ただし、単位法の基準は電動機の定格容量及び定格電圧とし、電動機の損失は無視するものとする。

- (1) この電動機の同期リアクタンスを X_s [p.u.]、端子電圧(相電圧)を V [p.u.]、無負荷誘導起電力を E [p.u.]、電機子電流を I [p.u.]、力率角を θ [rad]、負荷角を δ [rad]として、そのフェーザ図は次ページの図のようになつた。このフェーザ図中の(a), (b), (c), (d), (e), (f)に当てはまる記号を答えよ。(解答例(a) \dot{I} , (b) \dot{V} , (c) $jX_s\dot{I}$, ...)
- (2) フェーザ図から E を、 V 、 θ 、 I 、 X_s で表す式を導出せよ。
- (3) 小問(2)で求めた式から、電動機が定格力率=0.8、 $X_s = 2.0$ p.u. である場合の定格運転時の E の値を求めよ。
- (4) フェーザ図から $X_s I$ を E 、 V 、及び $\cos\delta$ で表す式を導出せよ。
- (5) この電動機を同期調相機として運転する場合に次の間に答えよ。ただし、このときの端子電圧は定格電圧一定とする。
 - a) 小問(4)で求めた式から、 I を E と X_s で表す式を求めよ。
 - b) 小問(5) a)で求めた式は、界磁電流を調整して E を変化させたときの I の値を示すグラフを表し、これは同期調相機の V 曲線に相当する。このグラフにおいて、 I が最小値のときの E の値を求めよ。

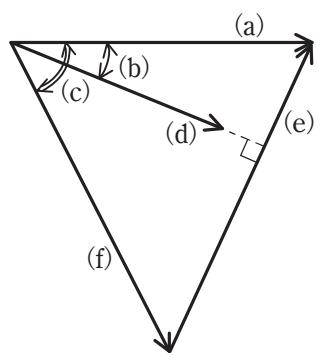


図 同期電動機のフェーザ図

問 2 定格出力 22 kW, 定格周波数 60 Hz, 6 極の三相かご形誘導電動機があり, 定格回転速度が 1158 min^{-1} , 定格運転時の効率が 87.5 %である。この誘導電動機について, 次の間に答えよ。

ただし, 負荷損は銅損のみとし, 一次銅損と二次銅損は常に等しいものとする。
また, 機械損は無視する。

- (1) 定格出力のときの滑り s_1 [%] 及び定格トルク T_1 [N·m] をそれぞれ求めよ。
- (2) 定格出力のときの二次銅損 P_{c2} [W] 及び固定損 P_f [W] をそれぞれ求めよ。
- (3) 出力トルクが定格トルクの 50% のときの回転速度 N_2 [min^{-1}] 及び出力 P_2 [W] をそれぞれ求めよ。ただし, 滑りとトルクが比例するものとする。

問3 図1に単相ダイオードブリッジ整流回路を示す。電源は、実効値100V、周波数50Hzの単相交流電圧源である。負荷抵抗R=10Ωとして、次の間に答えよ。ただし、すべての回路素子は理想的で、回路は周期定常状態にあるものとする。

- (1) 図1に示す回路の端子Aと端子Bの間にリアクトルLを接続した場合を考える。このリアクトルLのインダクタンスは十分に大きく、リアクトルLを流れる電流 $i_o(t)=I_o$ は一定とする。答案用紙に図2と同じ図が描かれているので、ダイオードD1に流れる電流 $i_{D1}(t)$ を図示せよ。答案用紙には太い線で明確に描け。なお、同図には電源電圧 $e(t)$ が破線で、 I_o と $-I_o$ が点線で示してある。
- (2) 小問(1)において、リアクトルLの両端電圧の平均値 V_L を求めよ。
- (3) 小問(2)の結果を考慮して、負荷抵抗Rの両端電圧 $v_o(t)$ の平均値 V_o を求めよ。
- (4) 図1に示す回路の端子Aと端子Bを短絡し、端子Bと端子Cの間にコンデンサCを接続した場合を考える。このとき、コンデンサに流れる電流の平均値 I_c を求めよ。
- (5) 小問(4)のコンデンサの静電容量は十分に大きく、両端電圧の変動は無視できるとして、負荷抵抗Rに流れる電流 $i_o(t)$ の平均値 I_o を求めよ。
- (6) 小問(5)の負荷抵抗Rの平均消費電力 P_{oC} は、小問(1)で用いた回路での負荷抵抗Rの平均消費電力 P_{oL} の何倍か。

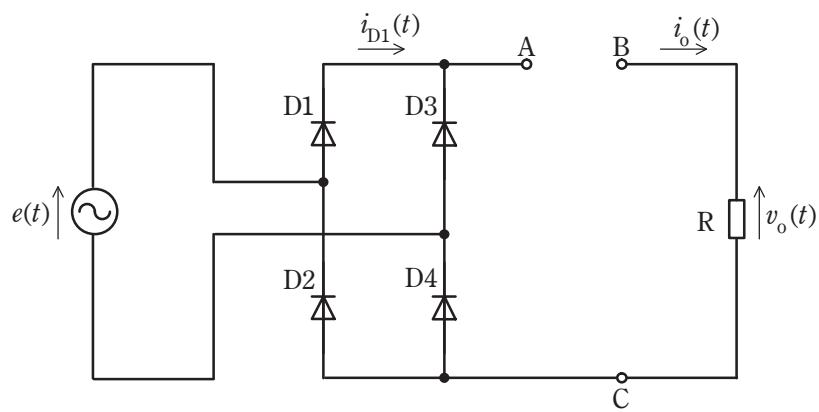


図1 単相ダイオードブリッジ整流回路

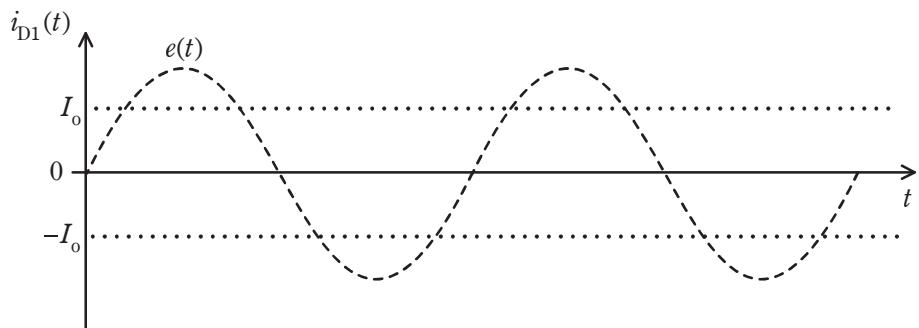


図2 電流波形及び電源電圧波形

問4 図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わしている。また, $R(s)$, $E(s)$, $Y(s)$ は, 目標信号 $r(t)$, 偏差信号 $e(t)$, 制御量 $y(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。

$$G_c(s) = \frac{2s+4}{s}, \quad G_p(s) = \frac{1}{s+3} \text{ として, 次の間に答えよ。}$$

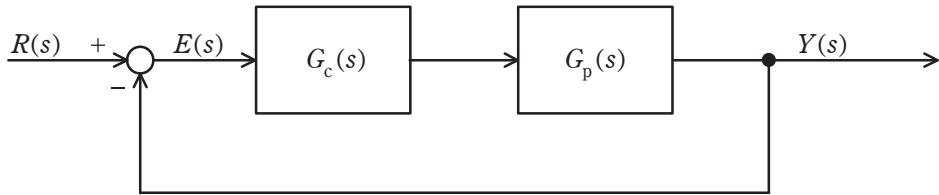


図 フィードバック制御系のブロック線図

- (1) $R(s)$ から $E(s)$ までの伝達関数 $G_e(s)$ を求めよ。
- (2) 目標信号として大きさ a のステップ信号, $r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ a & (t \geq 0) \end{cases}$ を入力したときの定常偏差を求めよ。
- (3) 目標信号として傾き b のランプ信号, $r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ bt & (t \geq 0) \end{cases}$ を入力したときの定常偏差を求めよ。
- (4) $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数 $G_y(s)$ を求め, $G_y(s)$ のインパルス応答 $g_y(t)$, $t > 0$ を求めよ。
- (5) 目標信号として $r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ 1 & (t \geq 0) \end{cases}$ を入力したとき, 時刻 $t = 1$ の制御量 $y(1)$ を求めよ。なお, 自然対数の底 e に対して $e^{-1} = 3.679 \times 10^{-1}$ とする。