

平成 22 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

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

8. 問3を選択する場合は、答案用紙の裏面に図が印刷されているので、どちらか1枚を使用して解答してください。選択しない場合、図は無視してください。

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 1 200 [V]，5.5 [kW]，50 [Hz]，6 極の三相かご形誘導電動機の拘束試験の結果は次のとおりである。

線間電圧 $V_S = 40$ [V]，線電流 $I_S = 22$ [A]，三相入力 $P_S = 620$ [W]

この電動機を V/f 制御のインバータで駆動する。始動の際，インバータの電圧及び周波数の調節機能を利用して，始動周波数を数ヘルツとすることによって始動電流を抑えることができる。

励磁電流が無視でき，また，電氣的過渡現象も無視できるものとして，次の間に答えよ。ただし，問及び解答で用いる記号を以下に示す。

f_N ：定格周波数 [Hz]， V_N ：定格電圧(線間電圧) [V]，

r_1 ：一次抵抗 [Ω]， x_1 ：一次漏れリアクタンス [Ω]，

r_2 ：二次抵抗 [Ω]， x_2 ：二次漏れリアクタンス [Ω]

ここで， r_2 ， x_2 はいずれも一次換算値である。また， x_1 ， x_2 は定格周波数におけるリアクタンスであり，電動機の巻線抵抗及び漏れインダクタンスは電圧及び周波数の変化に対して一定を保つものとする。

(1) $r_1 + r_2$ [Ω] 及び $x_1 + x_2$ [Ω] はいくらか。

(2) 始動時のインバータの出力周波数を f_L [Hz] とするとき，始動トルクを全電圧始動(定格周波数)で得られるトルクと等しいトルクで始動させるためのインバータの出力電圧 V_L (線間電圧) [V] を f_L と上記の記号を用いた式で表せ。

(3) 上記(2)において，始動電流が 22 [A] となる f_L [Hz] 及び V_L [V] はいくらか。

問2 変圧器の三相結線に関して、次の問に答えよ。

- (1) 単相変圧器 2 台を用いて V 結線した場合、変圧器の利用率は $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (=0.866) であることを説明せよ。
- (2) 定格容量 100 [kV・A] の単相変圧器 3 台を Δ - Δ 結線して三相平衡負荷に配電しているときに、単相変圧器 1 台が故障した。この故障した変圧器を回路から除いて V 結線にて配電した場合の最大容量 [kV・A] を計算せよ。
- (3) 3 台の同じ容量の単相変圧器を組み合わせた三相変圧器バンクと比較して、一つの鉄心に三相分の巻線を施した三相変圧器の長所と短所を理由を付してそれぞれ一つ以上述べよ。ただし、両者とも三相分の容量は同じとする。

問3 ダイオードによる単相全波整流回路によって交流電圧から直流電圧を得るには次の三つの代表的な方法があり、それぞれの方法において交流電流波形は異なる。交流電圧は $e = \sqrt{2}E \sin \omega t$ [V] で、交流電源のインピーダンス、重なり角などを無視し、回路が定常状態にあるものとして、次の間に答えよ。

- (1) 図1-1の回路において、平滑リアクトルのインダクタンスは十分に大きく、直流電流は一定とする。このとき、図1-2と同じ図が答案用紙に印刷されているので、交流電圧 e の波形に対する交流電流 i_s の波形を太線で明確に描け。また、このときに抵抗負荷に印加される平均直流電圧 E_{d1} を E を用いた式で示せ。
- (2) 図2-1の回路において、平滑コンデンサのキャパシタンスは、交流電源からの充電電流と負荷電流とによる直流電圧 e_d の変動が図2-2に示す程度になる大きさとする。また、交流電源側に充電電流の過大なピーク値だけを抑える微小なインダクタンス L_{AC} を挿入している。このとき、図2-2と同じ図が答案用紙に印刷されているので、交流電圧 e 及び直流電圧 e_d の波形に対する代表的な交流電流 i_s の波形を太線で明確に描け。また、抵抗負荷がないときの平均直流電圧 E_{d2} を E を用いた式で示し、直流電流が増加すると平均直流電圧は上昇するか、低下するかを述べよ。
- (3) 図3-1の回路において、交流電圧の周波数に対して十分高い周波数でパルプデバイス Q をオン、オフすることにより、直流電圧を目標値に制御しながら、同時に、交流電流の波形を力率1の正弦波電流基準に従って制御できることが知られている。このとき、図3-2と同じ図が答案用紙に印刷されているので、交流電圧 e の波形に対する交流電流 i_s の波形の例を太線で明確に描け。また、全波整流回路の直流出力電圧 e_{rec} と抵抗負荷に供給される直流電圧 e_{dc} とを比較して、この回路が正常に動作しているときの両者の大小関係を述べよ。

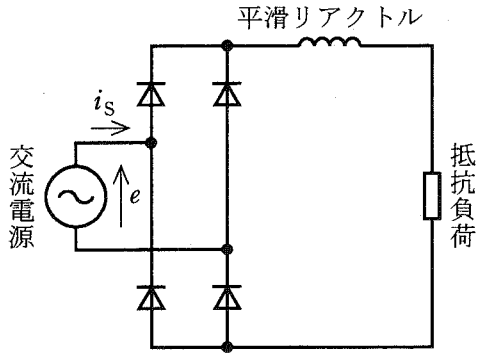


図 1-1

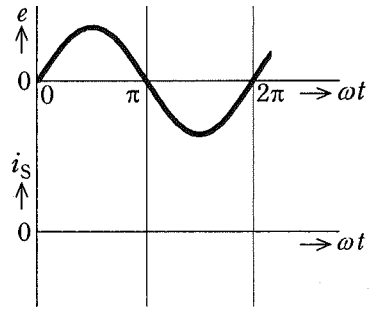


図 1-2

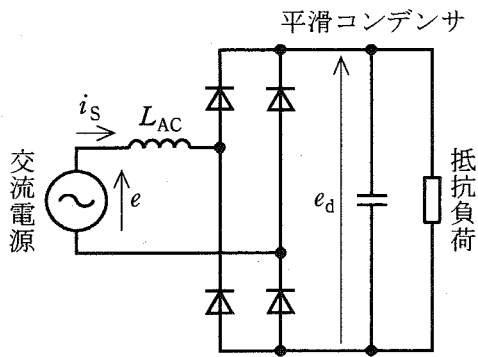


図 2-1

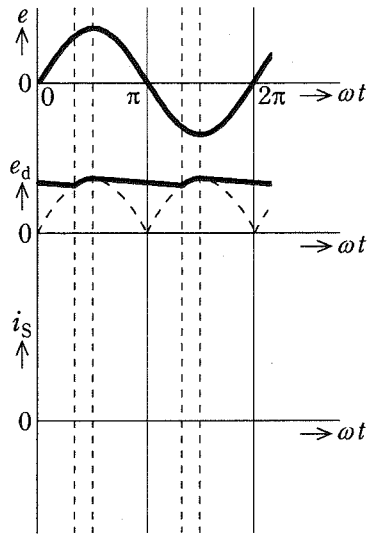


図 2-2

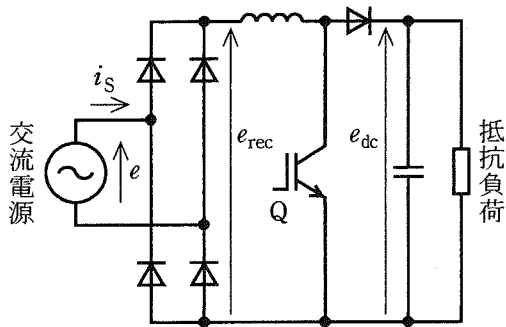


図 3-1

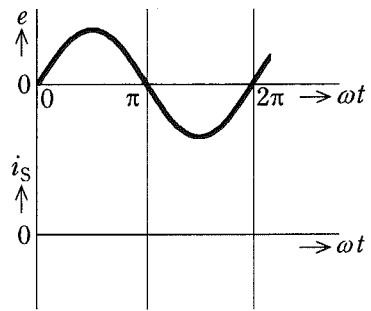


図 3-2

問4 図1に示す制御対象と図2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、 $U(s)$ は操作量、 $X_1(s)$ 、 $X_2(s)$ は状態変数、 $Y(s)$ は出力、 $R(s)$ は目標値、 $E(s)$ は偏差を表し、時間信号 $u(t)$ 、 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $y(t)$ 、 $r(t)$ 、 $e(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。

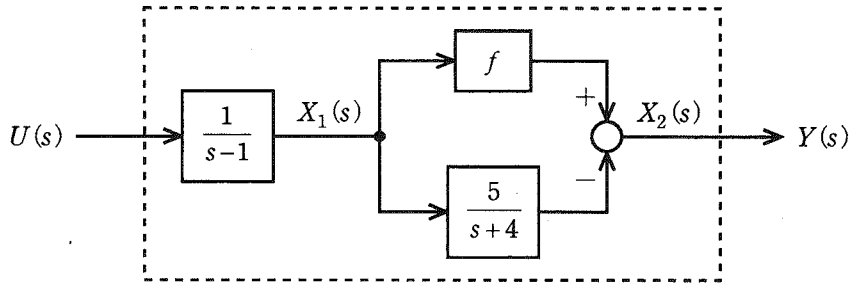


図1

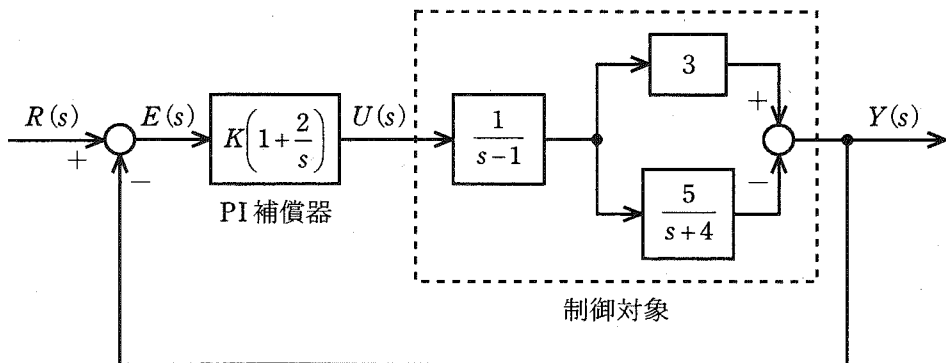


図2

- (1) 図 1 において, $f = 1$ とおく。このとき, 状態変数 $x_1(t)$, $x_2(t)$ を図 1 のように選んだときの状態空間表現 (A, b, c^T) , すなわち

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

$$y(t) = c^T \mathbf{x}(t)$$

を与える $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$, $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$, $c^T = [c_1, c_2]$ を求めよ。ただし,

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} \text{とおいた。}$$

- (2) 上記(1)で求めた状態空間表現の可制御性, 可観測性及び $u(t) = 0$ のときの原点 $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ の周りの安定性について, それぞれ判定し, その判定の根拠を述べよ。
- (3) 次に, $f = 3$ とおいた図 1 の制御対象を含む図 2 のフィードバック制御系について考える。この制御系が安定となるための K の範囲を求めよ。ただし, 答は平方根を含む形でよい。
- (4) 図 2 のフィードバック制御系が安定であるとき, 目標値 $r(t) = t$ に対する定常偏差を K を用いて表せ。ただし, $t \geq 0$ である。