平成２２年度弁理士試験論文式筆記試験問題

［制御工学］

１．以下の文章を読んで、(1)～(7)の設問に答えよ。

【５０点】

（式１）に示す伝達関数$T(s)$で与えられる系（これを系 1 と呼ぶ）が存在する。なお、sはラプラス演算子とする。

$$T(s) = \frac{1}{4s^2 + 12s + 25} \qquad \text{（式１）}$$

(1)　このような系を指す言葉として最も適当なものを以下より選択せよ。

選択枝群

1 次進み系、　2 次進み系、　1 次遅れ系、　2 次遅れ系、
1 次むだ時間系、　2 次むだ時間系

(2)　この伝達関数の特性方程式を書け。

(3)　極を求めよ。

(4)　系 1 のゲインと位相差を求めよ。なお、角振動数をωとし、tan の逆関数は arctan で表わすこと。

次に、$T(s)$に$G(s)$をフィードバック結合した系を考える（以下、これを系 2 と呼ぶ）。そのブロック線図を図 1 に示す。

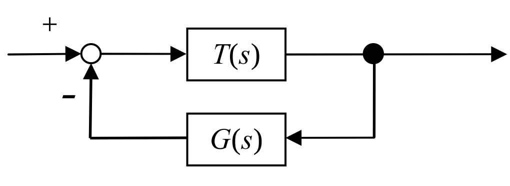

図 1

（次頁へ続く）

(5)　等価変換を行い、1 つのブロックに簡単化せよ。

(6)　$G(s) = 12\,s$ で表わされる時、系 2 の一巡伝達関数を求めよ。

(7)　インパルス入力を加えたら、系 1 では振動が発生したが、系 2 では振動が発生しなかった。この理由を説明せよ。

２．以下の文章を読んで、(1)～(5)の設問に答えよ。

【５０点】

図２に示す直流モータを考える。一定の磁界の中に置かれた電機子に電流 i を流すと、電機子に働くトルクが生じて電機子は回転する。このとき、モータの発生トルク T は、電機子電流を i、トルク定数を K_T とすると、（式２）のように表わせる。

$$T = K_T i \qquad \text{（式２）}$$

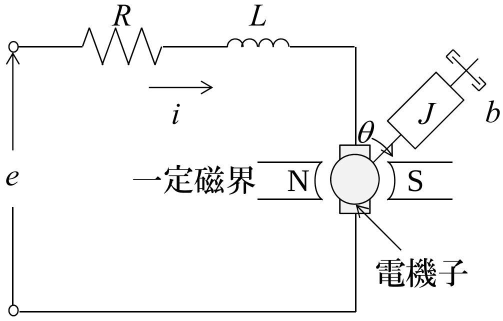

図２

磁界の中の電機子が回転するため、電機子の両端には電機子の回転数に比例する逆起電圧 e_v が誘起される。この逆起電圧 e_v の式は、電機子の回転角速度 $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta$ と逆起電圧定数 K_e で（式３）のように表わせる。

$$e_v = K_e \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta \qquad \text{（式３）}$$

ここで、$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$ は時間 t に対する一階の常微分を表わし、$\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}$ は二階の常微分を表わす。θ は電機子の回転角度であり、時計回りを正とする。等価回路の式から電機子の両端に入力される電圧 e と電機子電流 i の関係式は（式４）のように表わせる。このとき、電機子のインダクタンスは L、抵抗は R とする。

（　A　）　　　　（式４）

（次頁へ続く）

次に直流モータの運動方程式を求める。電機子の慣性モーメントを J、粘性摩擦係数を b とし、（式２）で表わされるモータの発生トルクより、モータの運動方程式は（式５）のように表わせる。

（　B　）　　　　　　　　　　　　（式５）

(1)　（　A　）にふさわしい式を以下より選択せよ。

選択枝群

$L\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i+Ri+K_e\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=e$　、　$Li+Ri+K_e\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=e$

$Li+R\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i+K_e\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=e$　、　$L\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i+R\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i+K_e\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=e$

(2)　（　B　）にふさわしい式を以下より選択せよ。

選択枝群

$J\theta+b\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=K_Ti$　、　$J\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta+b\theta=K_Ti$

$J\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta+b\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=K_Ti$　、　$J\dfrac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}\theta+b\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta=K_Ti$

(3)　電圧 e を入力、回転角度 θ を出力とした時のラプラス形式の伝達関数を求めよ。なお、ラプラス演算子を s で表わせ。

(4)　入力を $u=e$、出力を $y = i$、状態変数を $x_1=\theta$、$x_2=\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\theta$、$x_3=i$ として、状態方程式を導出する。次の式中の行列 A、行列 B を求めよ。

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{bmatrix}=A\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{bmatrix}+Bu$$

$$y=\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{bmatrix}$$

(5)　$K_T=1$、$K_e=1$、$L=1$、$R=2$、$J=1$、$b=2$ としたとき、設問(4)の制御系の可制御性行列 U_c と可観測性行列 U_o を導出せよ。また、各行列のランクを調べ、制御系の可制御性と可観測性を調べよ。