平成２３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)～(6)の設問に答えよ。

【５０点】

図１に制御システムのブロック線図を示す。$P(s)$ は制御対象の伝達関数、$R(s)$ は目標値の伝達関数、$Y(s)$ は制御量の伝達関数、K は制御定数を表わす。なお、s はラプラス演算子とする。制御対象の伝達関数 $P(s)$ は（式１）で与えられる。

$$P(s) = \frac{5}{s^2 + s - 12} \qquad \text{（式１）}$$

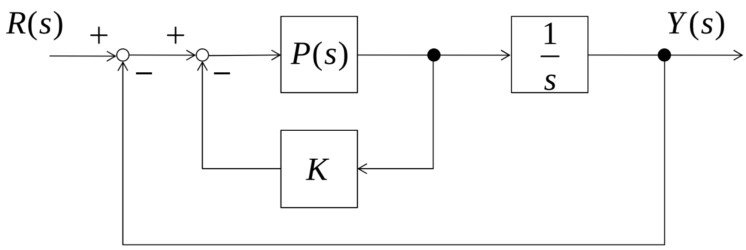

図１　制御システムのブロック線図

(1)　図１の制御対象 $P(s)$ の極を求め、また、$P(s)$ の安定性について述べよ。

(2)　図１の制御システムの開ループ伝達関数（一巡伝達関数）を求めよ。

(3)　図１の制御システムの特性方程式を求めよ。

(4)　図１の制御システムを安定にする制御定数 K の条件を、ラウス・フルビッツの安定判別法によって求めよ。このときのラウス表を示せ。

(5)　図１の制御システムが安定限界の場合の制御定数 K の条件を示せ。

(6)　図１の制御システムが安定限界の場合のラウス表を作成せよ。また、システムが安定な極１個と安定限界の極２個を有していることを説明せよ。

２．以下の文章を読んで、(1)～(6)の設問に答えよ。

【５０点】

図２に示すような、駆動力 f で水平方向に走行する質量 M の台車に、質量の無視できる長さ L の剛体棒の先に質量 m の質点が取り付けられた振り子がある。水平方向の変位を x、鉛直軸に対する振り子の振れ角を θ とし、鉛直方向に加速度 g の重力が作用するものとする。なお、本問題では時間 t に関する微分を以下のように表し、走行抵抗及び回転部の抵抗はないものとする。

$$\dot{x} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}、\quad \ddot{x} = \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} \qquad （式２）$$

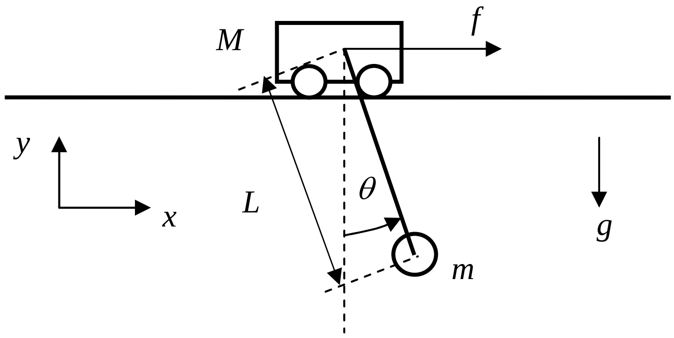

図２

(1)　質量 m の質点のポテンシャルエネルギとしてふさわしいものを以下より、選択せよ。なお、ポテンシャルエネルギは振れ角 $\theta=0$ の時を基準にする。

選択枝群

$mgL\sin\theta$、　$mgL\cos\theta$、　$mgL(1-\sin\theta)$、　$mgL(1-\cos\theta)$

(2)　台車の運動エネルギは $\frac{1}{2}M\dot{x}^2$ と表されるが、質量 m の質点の運動エネルギとしてふさわしいものを以下より、選択せよ。

選択枝群

$\frac{1}{2}m\left[(L\cos\theta)^2+(L\sin\theta)^2\right]$　、　$\frac{1}{2}m\left[(L\dot{\theta}\sin\theta)^2+(L\dot{\theta}\cos\theta)^2\right]$

$\frac{1}{2}m\left[(\dot{x}+L\dot{\theta}\cos\theta)^2+(L\dot{\theta}\sin\theta)^2\right]$、　$\frac{1}{2}m\left[(\dot{x}+L\dot{\theta}\sin\theta)^2+(L\dot{\theta}\cos\theta)^2\right]$

（次頁へ続く）

(3)　系全体の運動エネルギをT、系全体のポテンシャルエネルギをU、一般化外力をτ_i、一般化座標をq_iで表す。この時、$H = T - U$を用いて表したラグランジェ方程式としてふさわしいものを以下より、選択せよ。ただし、系の自由度をnとし、$i = 1, 2, \ldots, n$とする。

選択枝群

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{q}_i}\right) + \frac{\partial H}{\partial q_i} = \tau_i、\quad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial H}{\partial q_i} = \tau_i、\quad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right) + \frac{\partial H}{\partial \dot{q}_i} = \tau_i、\quad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right) - \frac{\partial H}{\partial \dot{q}_i} = \tau_i$$

(4)　振れ角が微小であると仮定して線形近似し、図２に示す系の運動方程式を求めよ。

(5)　運動方程式を以下のような状態方程式形式で記述する。（式３）の中のA行列とB行列を求めよ。

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix} x \\ \theta \\ \dot{x} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & & \\ & A & & \\ & & & \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ \theta \\ \dot{x} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \\ B \\ \\ \end{bmatrix} f \qquad （式３）$$

(6)　図２の系の可制御性行列を求めることにより、可制御性を調べよ。なお、$L = 11$ m、$M = 10$ kg、$m = 1$ kg、$g = 10$ m/s^{2}とする。