

1. システム解析に関する次の問 (1)～(4) に答えよ。(20 点)

質量 m 、バネ定数 k 、ダンパ係数 c の質量・バネ・ダンパ系について、操作量である外力 $f(t)$ と制御量である変位 $x(t)$ の関係は次式で表される。

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = f(t) - kx(t) - c \frac{dx(t)}{dt}$$

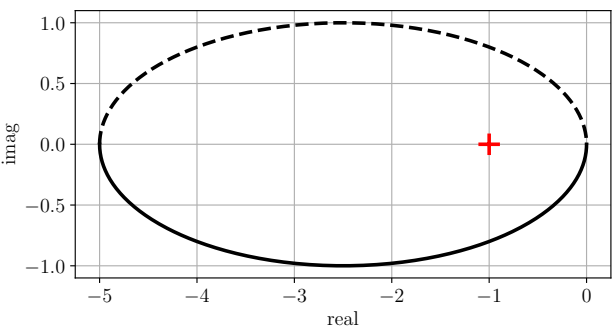
- (1) このシステムの伝達関数 $P_{\text{MSD}}(s)$ を求めよ。初期値は全て 0 とする (4 点)
- (2) このシステムの固有角周波数 ω_n 、粘性減衰係数比 ζ 、定常ゲイン K をそれぞれ m, k, c の式で表せ (4 点)
- (3) このシステムのゲイン特性 $g(\omega)$ の式を求めよ (4 点)
- (4) $m = 5.0 \text{ kg}$, $k = 20 \text{ N/m}$ であるとき、共振角周波数 $\omega_r = 1.6 \text{ rad/s}$ とするための c の値を求めよ (8 点)

2. システムの解析や制御系の設計に関する次の問 (1)～(4) に答えよ。理由や過程も書くこと。(各 6 点で 24 点)

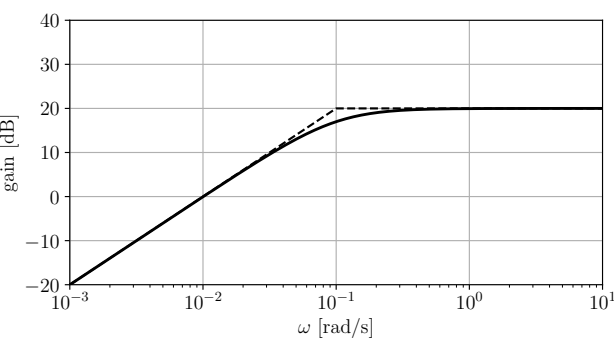
(1) 一巡伝達関数 $L_1(s)$ が

$$L_1(s) = \frac{2s + 5}{s^2 - 1}$$

で与えられるフィードバック制御システムについて、Python-control で描いたナイキスト線図が以下である。その安定性を判別せよ。



(2) あるシステムの周波数応答を調べたところ、ゲイン線図が下図のようになった (破線は折れ線で近似したもの)。このシステムの伝達関数の式 $G_2(s)$ を答えよ。



(3) 伝達関数が

$$G_3(s) = \frac{6}{\sqrt{6}s + 2}$$

で表される 1 次システムに信号

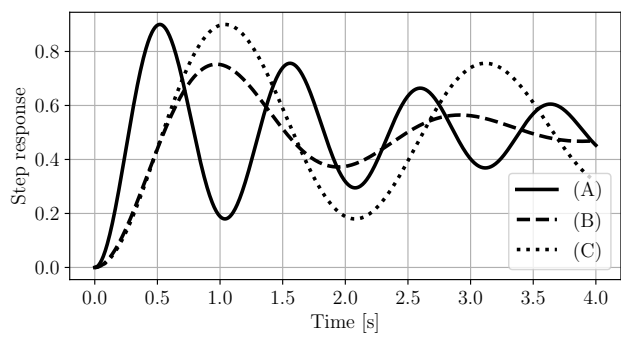
$$u(t) = \sin(\sqrt{2}t)$$

を入力したときの定常状態での応答 $y(t)$ の式を答えよ。ルートは開かなくてよい。

(4) ゲイン交差周波数 ω_g と位相余裕 P_m がそれぞれ

- $(\omega_g, P_m) = (3.0 \text{ rad/s}, 50.2^\circ)$
- $(\omega_g, P_m) = (3.0 \text{ rad/s}, 16.3^\circ)$
- $(\omega_g, P_m) = (6.0 \text{ rad/s}, 16.3^\circ)$

であるフィードバック制御系のステップ応答を重ねてプロットしたら下図のようになった。(A)～(C) の ω_g と P_m の値を答えよ。



3. 磁気浮上系の制御について以下の問 (1)～(4) に答えよ。(25 点)

右図に示す磁気浮上系において、電圧 $\delta v(t)$ と位置 $\delta x(t)$ での伝達関数 $P(s)$ は

$$P(s) = \frac{K_i}{(Ms^2 - K_x)(L_ms + R_m)}$$

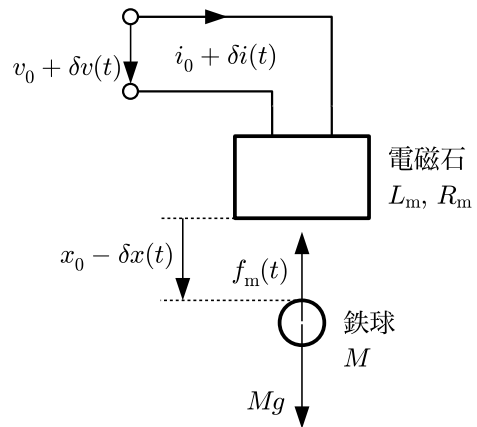
という形になる。各パラメータを測定すると

$$R_m = 4 [\Omega], \quad L_m = 0.08 [\text{H}], \quad M = 0.5 [\text{kg}],$$

$$K_x = 600 [\text{N/m}], \quad K_i = 6 [\text{N/A}]$$

という値であった (簡単のため、有効数字は考慮しない)。

- (1) 伝達関数 $P(s)$ の式からシステムが不安定であることがわかる。その理由を説明せよ (5 点)
- (2) システムを安定化させるために制御器 $K_1(s) = K_P + K_D s$ によるフィードバック制御を考える。この時の閉ループ伝達関数 $G(s)$ の式を求めよ。パラメータは上記の値を使うこと (5 点)
- (3) システムが安定となるための K_P, K_D の範囲を求めよ (10 点)
- (4) 安定になるように K_P, K_D を選んだとして、 $G(s)$ の単位ステップ応答における定常偏差 e_s の式を K_P, K_D の式で表せ (5 点)



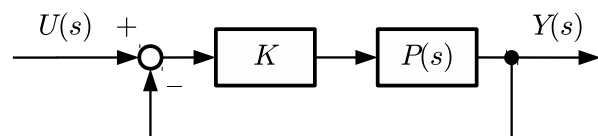
4. 以下の問 (1)～(3) に答えよ。(31 点)

図に示す比例制御によるフィードバック制御系について、システムの伝達関数が

$$P(s) = \frac{1}{s(s+1)(0.1s+1)}$$

で与えられるとする。

- (1) 伝達関数 $P(s)$ のゲイン線図を折れ線近似にて描け。各要素についての線も残しておくこと (15 点)
- (2) (1) で描いたゲイン線図の折れ線近似と、解答用紙の位相線図のプロットから、 $K = 1$ としたときのゲイン交差周波数 ω_g 、位相交差周波数 ω_p 、位相余裕 P_m 、ゲイン余裕 G_m を見積もれ。精度は 1 桁程度で構わない (12 点)
- (3) 比例ゲイン K をある値にしたとき、制御系のインパルス応答が正弦波となった。このときの K の値と、応答の周期 T を答えよ。精度は 1 桁程度で構わない (4 点)



問題は以上です。諦めずに頑張ってください！