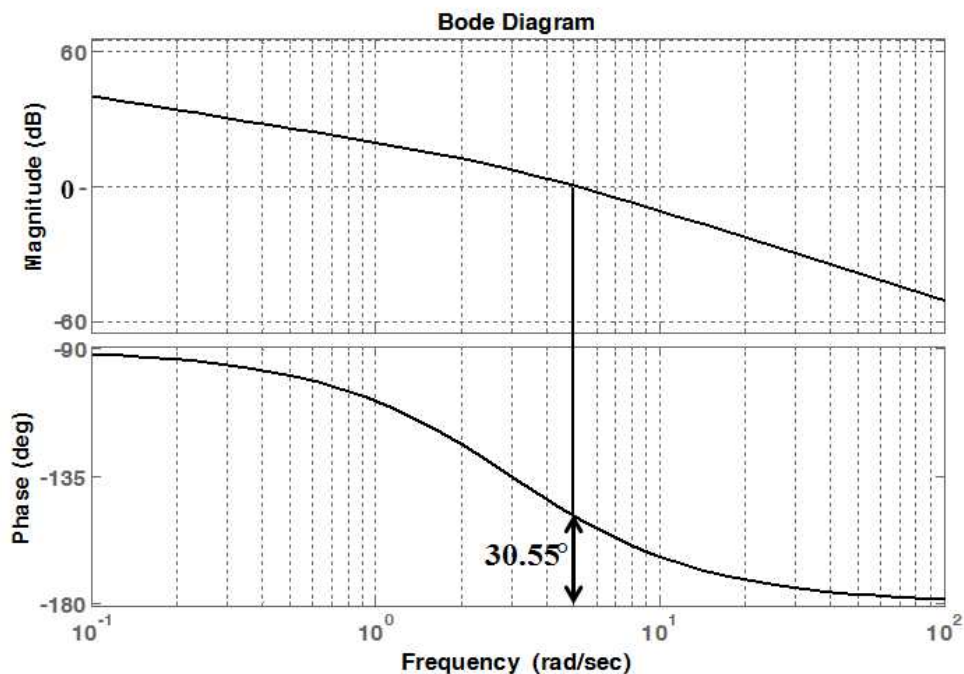


【 문제-1 】 (30점)

개루프 전달함수가 $G_p(s) = \frac{6}{s(s+3)}$ 인 시스템을 대상으로 정적속도 오차상수 (또는 램프오차상수; Static velocity error constant or Ramp error constant) K_v 는 10sec^{-1} , 위상여유는 55° , 이득 여유는 최소 5dB가 되도록 다음과 같은 진상보상기(또는 앞섬보상기; Lead compensator)를 설계하고자 한다.

$$G_c(s) = K_c \alpha \frac{Ts+1}{\alpha Ts+1} = K \frac{Ts+1}{\alpha Ts+1} \quad (0 < \alpha < 1)$$

- (1) 단위램프입력에 대한 폐루프 시스템의 정상상태 오차 $e(\infty)$ 를 유도하고 정상상태 요구 성능을 만족하기 위한 K 를 구하시오. (5점)
- (2) K_c 가 1일 때 반원 형태를 갖는 위 진상보상기의 극좌표 선도를 그리고, 최대 진위상각(또는 위상앞섬각; Phase-lead angle) ϕ_m 과 ϕ_m 이 발생하는 주파수 ω_m 을 α , T 로 나타내시오. (단, 여기에서 ω_m 은 진상보상기의 두 절점 주파수(Corner frequency)의 기하학적 평균이라 가정한다.) (8점)
- (3) $KG_p(s)$ 의 보데선도가 다음과 같을 때 위상여유, 이득여유를 만족하는 진상보상기를 설계하시오. (단, 보상기 도입에 의한 이득교차주파수의 우측 이동을 보상하기 위해 아래 선도를 통해 도출한 최대 진위상각에 6° 를 추가로 고려한다.) (17점)



【 문제-2 】 (20점)

다음 가제어(controllable)하고 가관측한(observable) 플랜트에 대하여 추정된 상태변수로 되먹임 제어를 하기 위한 조정기(regulator) 제어 시스템의 설계 과정을 고려하고자 한다.

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + Bu \\ y &= CX\end{aligned}$$

여기에서 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 8 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$, $C = [1 \ 0]$, $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ 이고 u, y 는 스칼라이며 제어 이득 행렬 $K = [28 \ 4]$ 이다.

- (1) 관측기의 수학적 모델을 유도하고 관측기 극점을 -6의 중근으로 설정하기 위한 관측기 이득 행렬 $K_e = \begin{bmatrix} k_{e1} \\ k_{e2} \end{bmatrix}$ 를 구하시오. (4점)
- (2) 문제(1)의 관측기를 이용하여 관측기-제어기(Observer-based controller) 전달함수를 유도하고 특성방정식을 구하시오. (단, 상태변수의 초기값은 모두 0으로 가정하시오.) (8점)
- (3) 플랜트와 문제(2)의 전차수 관측기-제어기의 상태 방정식을 통합하면 $\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{e} \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X \\ e \end{bmatrix}$ 이다. 이 상태방정식과 아래 전체 시스템의 블록선도를 통해 구한 각각의 특성방정식이 서로 같음을 보이고 관측기 극점 배치와 되먹임 제어기의 극점 배치 설계 과정간의 연계성 여부를 설명하시오. (단, $e = X - \tilde{X}$ 이고 \tilde{X} 는 X 의 추정값이다.) (8점)



【 문제-3 】 (30점)

다음과 같은 시스템에 대하여 물음에 답하시오. 단, $u(t)$ 는 제어입력, $x_2(t)$ 는 출력이다.

$$u(t) = \frac{dx_1(t)}{dt} + 2.7x_1(t) + E$$

$$E = 0.3 \frac{dx_2(t)}{dt}$$

$$x_1(t) = 0.25 \frac{d^2x_2(t)}{dt^2} + 0.08 \frac{dx_2(t)}{dt}$$

(1) 다음의 상태방정식을 완성한 후 가제어성을 판단하시오. (6점)

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad y(t) = Cx(t)$$

단, $x(t) = [x_1, x_2, x_3]^T = [x_1(t), x_2(t), \dot{x}_2(t)]^T$ 이고, $y(t)$ 는 출력이다.

(2) 문제(1)의 상태방정식을 가제어성표준형(CCF: controllable canonical form) 상태방정식인 $\dot{z}(t) = \bar{A}z(t) + \bar{B}u(t)$ 로 변환하시오. (8점)

(3) 문제(2)에서 $u(t) = -Kz(t) = -[k_1, k_2, k_3]z(t)$ 라 할 때 근의 위치가 $-1, -2 \pm j2$ 에 위치하도록 K 를 결정한 후 영입력(zero input)에 대한 $z(t)$ 의 응답형태를 구하시오. (6점)

(4) 상기 동적방정식의 일부를 침삭하여 다음과 같은 새로운 동적방정식을 구성하였다. 단, $x(t) = [x_1, x_2]^T$, $u(t)$ 는 제어입력, $x_2(t)$ 는 출력이다.

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -3.9 & 0.096 \\ 4 & -0.32 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

이와 같은 상태방정식에 대하여 제어입력 $u(t) = -Kx(t) = -[k_1, k_2]x(t)$ 에서 성능지수 J 를 최소화하는 K 를 구하시오. (단, $k_1 = 0$, 성능지수 $J = \int_0^\infty x^T x dt$, 성능지수의 최소값을 얻기 위

해서는 $\frac{d}{dt}(x^T Px) = -x^T x$ 가 만족되어야 한다. 여기서 P 는 양의 대칭 행렬이고 $x(t)$ 의 초기값은 $x^T(0) = [1 \ 1]$ 이다.) (10점)

【 문제-4 】 (20점)

개루프 전달함수가 $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{s+2}{s^2(s-2)}$ 인 시스템에 대하여 물음에 답하시오.

(1) 다음의 2가지 제어기에 대하여 근궤적을 그리고, 안정도를 판별하시오.

(단, 2가지의 제어기는 $u(t) = Ke(t)$ 인 비례제어기와 $u(t) = K \left[e(t) + \frac{de(t)}{dt} \right]$ 인 비례-미분 제어기이다. 여기서 $e(t) = r(t) - y(t)$ 이고, $r(t)$ 는 참조입력 (reference input)이다. $u(t)$, $y(t)$ 는 $U(s)$, $Y(s)$ 의 시간영역 함수이다. K 는 0 에서 ∞ 까지 변화한다.) (6점)

(2) 문제(1)의 제어기를 $u(t) = K \left[e(t) + \frac{de(t)}{dt} + \int_0^t e(t) dt \right]$ 인 비례-미분-적분 제어기로 대체하는 경우 근궤적을 그리고, 폐루프 시스템을 안정화하기 위한 K 값의 범위를 결정한 후 Routh-Hurwitz 판별법을 이용하여 검증하시오. (8점)

(3) 제어입력 $u(t)$ 에 크기가 D 인 계단함수 노이즈 $d(t)$ 가 첨가될 때 문제(1)과 문제(2)에 주어진 비례-미분, 비례-미분-적분 제어기에 대한 정상상태 오차를 각각 구하시오. (단, 참조입력은 단위램프함수이다.) (6점)