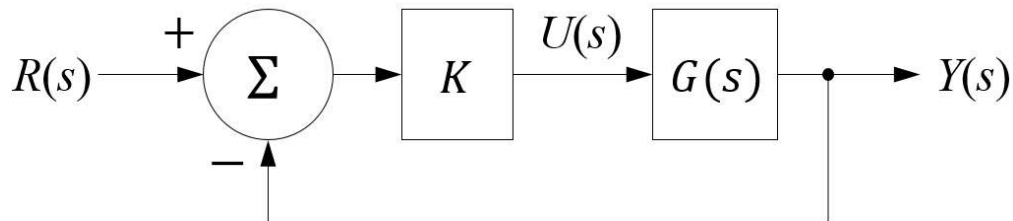


【 문제-1 】 (30점)

다음과 같은 단위피드백 시스템에 대해서 아래 물음에 답하시오. 아래 그림에서 $K > 0$ 이고 $G(s) = \frac{(s+1)^2}{s^3}$ 이다. 다음 물음에 답하시오.



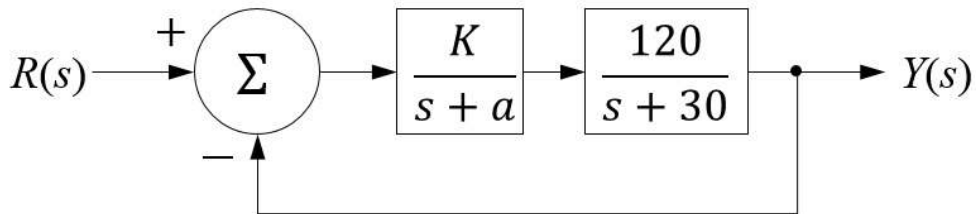
- (1) 나이퀴스트 안정도 판별법을 사용하여 폐루프 시스템의 안정도를 판별하려고 한다. $G(s)$ 에 대한 나이퀴스트 경로와 나이퀴스트 선도(plot)를 그리시오. (단, 나이퀴스트 경로(path or contour)는 s 평면의 우반평면을 일주하도록 정의하며 $j\omega$ 축에 있는 극점은 우회한다.) (8점)
- (2) 나이퀴스트 안정도 판별법을 수식 없이 기술하고, 문항(1)의 나이퀴스트 선도에 근거하여 K 에 관한 폐루프 시스템의 안정도를 판별하시오. (8점)
- (3) 근궤적을 사용하여 폐루프 시스템의 안정도를 판별하려고 한다. K 에 대한 근궤적(점근선, 극점에서의 출발각, 실수축의 분기점(break away point), 허수축에서의 교점 포함)을 그리고, 근궤적에 근거하여 폐루프 시스템의 안정도를 판별하시오. (8점)
- (4) 개루프(open-loop) 시스템 $Y(s) = G(s)U(s)$ 를 생각하자. 이 시스템이 initially rest (모든 초기값이 0) 상태라고 가정한다. $G(s)$ 의 주파수 응답의 의미를 설명하고, 입력 $u(t) = \cos(t)$ 에 대한 주파수 응답과 출력 $y(t)$ 를 구하시오. (6점)

【 문제-2 】 (20점)

아래의 그림과 같은 단위 피드백(unity feedback) 시스템에 단위계단(unit-step) 함수입력 $R(s)$ 가 인가되었고, 해당 시스템의 제어기 설계를 위한 시간영역 사양(time-domain specifications)이 아래와 같이 주어졌을 때, 다음의 물음에 답하시오.

<조건>

- 시간영역 사양 1: 25% 이하의 오버슈트(overshoot)
- 시간영역 사양 2: 0.1초를 초과하지 않는 2% 정착시간(settling time)



(그림. 단위 피드백 시스템의 블록선도)

- (1) 위 시스템의 입력 $R(s)$ 에서 출력 $Y(s)$ 로의 전달함수 $T(s)$ 를 구하시오. (4점)
- (2) 주어진 시간영역 사양들에 대한 조건식을 각각 제시하고, 해당 조건식들을 동시에 만족하는 $T(s)$ 의 극점의 허용영역을 s-평면 상에 도시하시오. (단, 소수점 네째자리까지 구하시오.) (11점)
- (3) $T(s)$ 의 특성식의 고유주파수(ω_n)의 값이 $70.0 [rad/s]$ 이고, 감쇠비(ζ)의 값이 0.707 일 때, a 및 K 의 값을 구하시오. (단, 소수점 둘째자리까지 구하시오.) (5점)

【 문제-3 】 (30점)

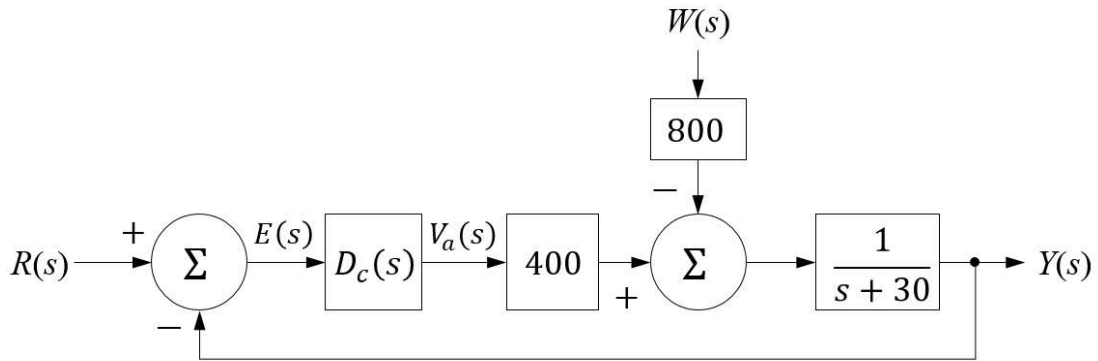
다음과 같은 상태방정식으로 표현된 시스템에 대해서 아래 물음에 답하시오.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u, \quad y = [1 \ 0] x, \quad \text{여기서 } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

- (1) 이 시스템의 안정도와 가제어성, 가관측성을 판별하고 입력 u 에서 출력 y 로의 전달함수를 구하시오. (8점)
- (2) 이 시스템의 상태변수(x)를 알 때, 제어기 $u = -Kx$ 에 대한 폐루프 (closed-loop) 시스템의 특성방정식이 -2 에서 중근을 갖도록 제어이득 K 를 구하시오. (6점)
- (3) $y = [1 \ 0]x$ 일 때는 $u = -Kx$ 를 사용할 수 없으므로 관측기 기반 상태변수(\hat{x}) 피드백 제어기 $u = -K\hat{x}$ 을 사용하려고 한다. 관측기의 일반 형태를 기술하고, 관측기에서 $A-LC$ 의 고유치가 -2 에서 중근을 갖도록 관측기 이득 L 을 정하고, 이 때 관측기의 상태방정식을 기술하시오. (8점)
- (4) 위 문항(2)와 (3)에서 구한 관측기 기반 상태변수(\hat{x}) 피드백 제어기 $u = -K\hat{x}$ 을 사용할 때 전체 폐루프 시스템의 안정도를 판별하고, 제어기의 상태방정식과 전달함수($F(s) = \frac{U(s)}{Y(s)}$)를 각각 구하고, $F(s)$ 의 안정도를 판별하시오. (8점)

【 문제-4 】 (20점)

아래의 그림과 같이 주어진 단위 피드백(unity feedback)을 갖는 DC모터 속도제어 시스템에 대하여 다음의 물음에 답하시오. (단, y 는 모터 속도(speed)이고, w 는 외란토크이며, 모터전압 v_a 는 비례적분(PI, proportional plus integral) 제어가 $D_c(s) = k_p + \frac{k_I}{s}$ 에 의해서 생성된다. 기준입력 $R(s)$ 는 0으로 가정한다.)



(그림. DC모터의 속도제어 시스템 블록선도)

- (1) 외란입력 $W(s)$ 에 대한 $E(s)$ 로의 전달함수 $T(s)$ 를 비례이득(k_p) 및 적분이득(k_I)에 대하여 구하시오. (5점)
- (2) $T(s)$ 의 극점(pole)이 $-20 \pm 20j$ 일 때, 고유주파수(ω_n , [rad/s]), 비례이득(k_p) 및 적분이득(k_I)을 각각 구하시오. (10점)
- (3) 주어진 시스템의 정상상태오차(steady-state error, $e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$)를 유한한 값으로 한정(bounded)시킬 수 있는 외란입력 $w(t) = t^k$ 의 최대 차수 k 를 구하시오. (5점)