

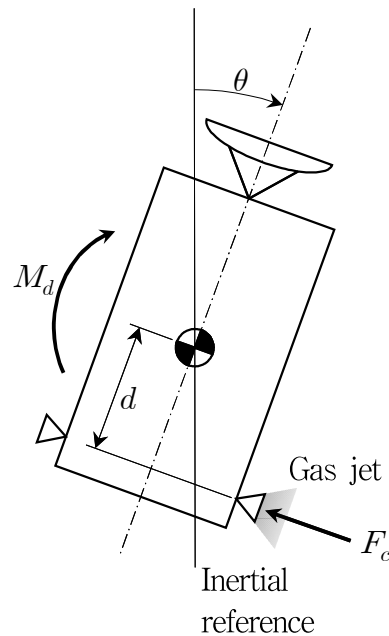
자동제어

2019년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 그림과 같은 인공위성 자세제어 시스템이 있다.

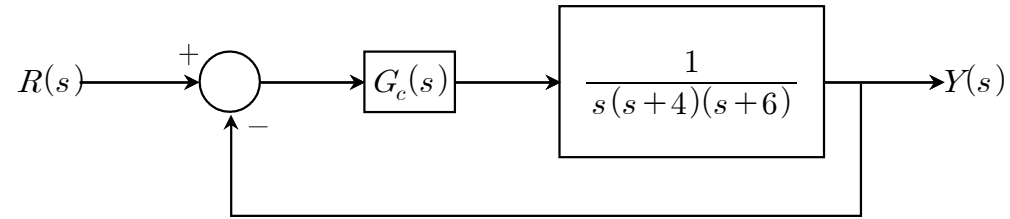


F_c 는 gas jet에 의해 발생하는 힘이고, M_d 는 외란(disturbance) 모멘트이며, d 는 모멘트 암(arm)이다. 인공위성의 관성모멘트(Moment of Inertia)를 I 로 가정하자. Gas jet에 의한 힘 F_c 는 제어입력 $u(t)$ 에 의해 다음과 같이 결정된다. 물음에 답하시오. (총 13점)

$$\frac{F_c(s)}{u(s)} = \frac{1}{Ts + 1}$$

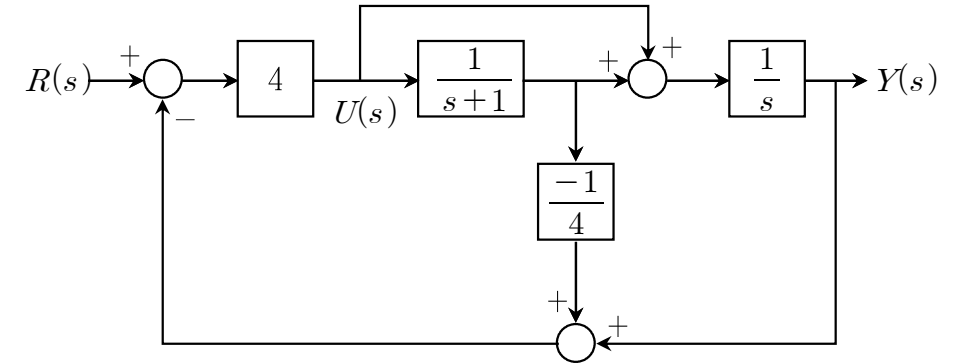
- 이 시스템의 운동 방정식을 구하시오. (3점)
- 위성의 자세 $\theta(t)$ 를 출력(output) $y(t)$ 라 할 때, 이 시스템의 입력 $u(t)$, 외란 $M_d(t)$, 출력 $y(t)$ 와의 관계를 블록선도(block diagram)로 표시하시오. (2점)
- 출력 피드백 제어 시스템에서 기준 입력(reference input) $r(t) = \theta_r(t)$ 이고, 오차 $e(t) = r(t) - y(t)$ 이며, 제어기 전달 함수를 $G_c(s) = \frac{u(s)}{e(s)}$ 라 할 때, 출력 피드백 시스템의 블록선도를 그리시오. (2점)
- 제어기로 비례제어기(proportional controller)를 사용하는 경우의 제어성능을 근궤적을 이용하여 설명하시오. (3점)
- 제어기로 비례-미분 제어기(proportional-derivative controller) $G_c(s) = K_p + K_d \cdot s$ 를 사용하는 경우, 제어시스템이 안정하기 위한 조건을 근궤적을 이용하여 구하시오. (단, K_p, K_d 는 양수) (3점)

제 2 문. 다음과 같은 단위 피드백 시스템에 대해 물음에 답하시오. (단, 계산은 반올림하여 소수점 둘째 자리까지만 할 것) (총 14점)



- 1) 제어기 $G_c(s)$ 에 비례제어기 K 를 적용할 때, 나이퀴스트(Nyquist) 선도를 그리시오. (2점)
- 2) 제어기 $G_c(s)$ 에 비례제어기 K 를 적용할 때, 시스템이 안정하기 위한 K 의 조건을 나이퀴스트 선도를 이용하여 구하시오. (단, $K > 0$) (2점)
- 3) 폐루프 극점을 $-4 \pm j2$ 에 갖도록 하는 진상보상기(lead compensator) $G_c = K_1 \frac{s+2}{s+p_1}$ 를 근궤적을 이용하여 설계하시오. (4점)
- 4) 3)에서 설계한 진상보상기에 지상보상기(lag compensator)를 추가하여 단위 램프입력에 대한 정상상태 오차가 $1/20$ 이 되도록 진지상(lead-lag)보상기 $G_c = K_2 \frac{s+2}{s+p_1} \frac{s+z_2}{s+p_2}$ 를 근궤적을 이용하여 설계하시오. (6점)

제 3 문. 다음 폐루프 시스템(closed loop system)에 대해 물음에 답하시오. (총 6점)



- 1) 폐루프 시스템의 전달함수 $H(s) = Y(s)/R(s)$ 를 구하시오. (2점)
- 2) 단위계단입력과 단위램프입력이 인가될 때, 폐루프 시스템의 정상상태 오차를 각각 구하시오. (2점)
- 3) 시스템 형(type)을 결정하고, 그 이유를 설명하시오. (2점)

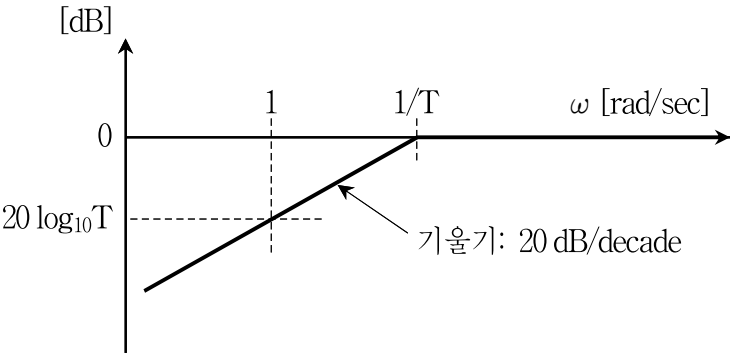
제 4 문. 다음은 입력이 u , 출력이 y , 상태변수 벡터가 z 인 2차 표준 선형시스템의
입출력 방정식이다. 물음에 답하시오. (총 10점)

$$\frac{d}{dt}z(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}z(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u(t), \quad z(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}z(t)$$

- 이 시스템의 가제어성과 가관측성 여부를 설명하시오. (2점)
- 시스템의 전달함수, 극점, 단위계단 입력에 대한 정상상태 오차를 각각 구하시오. (2점)
- 시스템의 감쇠비(damping ratio) ζ 와 고유주파수(undamped natural frequency) w_n 을 구하고, 감쇠비 ζ 를 1, 고유주파수 w_n 을 10(rad/sec)으로 바꾸기 위한 상태 궤환(state feedback) 제어기 $u(t) = [k_1 \ k_2]z + v$ 를 설계하시오. (단, v 는 새로운 입력) (3점)
- 3)에서 구한 상태 궤환 제어기를 출력 궤환으로 구현하기 위하여 상태 관측기 (state observer)를 설계하고자 한다. 상태관측기의 극점이 상태 궤환 제어에 의하여 구현된 시스템 극점의 10배가 되도록 관측기를 설계하시오. (3점)

제 5 문. 점근선으로 나타낸 보드선도의 크기곡선이 그림과 같이 표현되는 최소위상
시스템이 있다. 다음 물음에 답하시오. (단, $T < 1$) (총 7점)



- 시스템의 위상각곡선을 그리시오. (2점)
- 시스템의 극좌표선도가 반원임을 증명하고, 이 반원의 중심과 반지름을 구하시오. (3점)
- T 가 1보다 커질 경우 크기곡선과 위상각곡선의 형태는 어떻게 변화하는지 설명하시오. (2점)

인사혁신처 시험출제과장