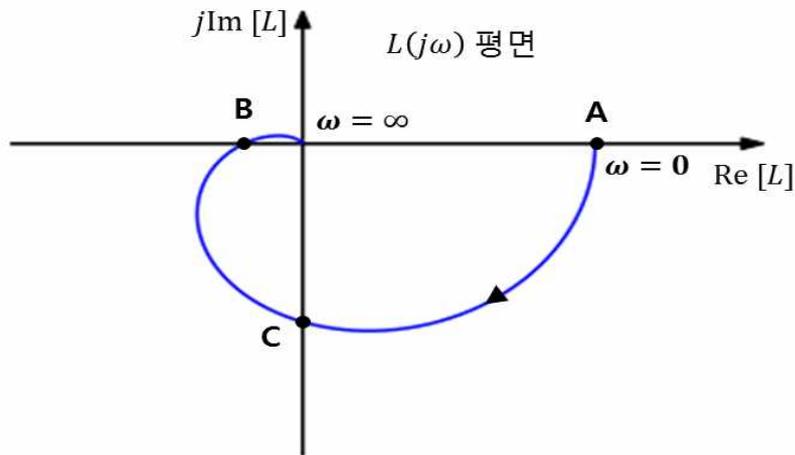


【 문제-1 】 (30점)

단위 부궤환(unity negative feedback) 제어 시스템의 폐루프(closed loop) 전달 함수와 나이퀴스트 선도(Nyquist plot)가 다음과 같을 때 물음에 답하시오. (단, $R(s)$ 와 $Y(s)$ 는 각각 입력 $r(t)$ 와 출력 $y(t)$ 의 라플라스 변환이고, K 는 양수이다.)

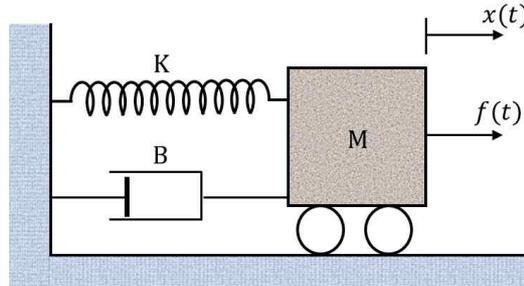
$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{K}{s^3 + 4s^2 + 6s + 4 + K}$$



- (1) 루프(loop) 전달함수(또는 개루프 전달함수) $L(s)$ 를 구하고, 점 A에서 직류 이득 $|L(j0)|$ 를 K 의 함수로 구하시오. (4점)
- (2) 점 B 및 점 C에서의 주파수 ω [rad/s]가 각각 ω_B , ω_C 이고, 크기 $|L(j\omega)|$ 를 각각 $|L(j\omega_B)|$, $|L(j\omega_C)|$ 라고 할 때, ω_B , ω_C 의 값을 구하고, $|L(j\omega_B)|$, $|L(j\omega_C)|$ 의 값을 K 의 함수로 구하시오. (10점)
- (3) 전체 시스템이 안정하기 위한 K 의 범위를 나이퀴스트 선도(Nyquist plot)에 의한 방법, 근궤적(root locus)에 의한 방법, 그리고 Routh-Hurwitz 판별법으로 각각 구하시오. (10점)
- (4) 전체 시스템이 임계 안정(marginally stable)일 때, K 의 값과 진동 주파수 ω [rad/s]를 구하시오. (6점)

【 문제-2 】 (20점)

그림과 같은 질량-스프링-댐퍼 시스템에 대하여 다음 물음에 답하시오. (단, $x(t)$ 는 변위, $f(t)$ 는 질량에 가해진 힘, M [kg]은 질량, B [N/m/s]는 점성마찰 계수, K [N/m]는 선형스프링상수이고, 바닥의 마찰력은 무시한다.)



- (1) 상태변수 x_1 을 변위($x(t)$), 상태변수 x_2 를 속도($v(t) = \dot{x}(t)$)라고 할 때, 상태 방정식을 유도하시오. (7점)
- (2) 힘에 대한 속도의 전달함수 $\frac{V(s)}{F(s)}$ 를 구하고, 영(zero)이 아닌 초기조건 ($x_1(t_0), x_2(t_0)$)에 대하여 상태전도(또는 신호흐름전도)를 도시하시오. (8점)
- (3) 주어진 그림의 기계 시스템과 유사(analogous)한 전기 회로망을 제시하고, 그 전달함수 $\frac{I(s)}{E(s)}$ 를 구하시오. (단, 전기 회로망에는 하나의 전압원($e(t)$)과 R, L, C 소자 각 하나씩만 사용되어야 하며, $i(t)$ 는 전압원에서 흘러나오는 전류이다.) (5점)

【 문제-3 】 (30점)

선형 시불변(linear time invariant)의 시스템에 대하여 다음 물음에 답하시오.

(1) 선형 시스템과 시불변 시스템을 각각 설명하시오. (6점)

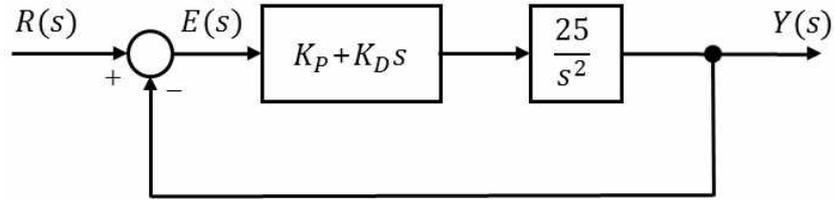
(2) 페루프 전달함수 $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{s+\alpha}{s^2+s+1}$ 에서 감쇠비(damping ratio)의 값을 구하고, α 의 값이 1일 때와 -1일 때의 단위계단응답을 시간영역에서 각각 개략적으로 도시하시오. (14점)

(3) 다음 두 전달함수의 위상 응답을 보드(Bode) 선도로 각각 개략적으로 도시하시오. (단, 여기서 $K > 0$, $0 < T < T_1$ 이다.) (10점)

$$G_1(j\omega) = K \frac{1+j\omega T}{1+j\omega T_1}, \quad G_2(j\omega) = K \frac{1-j\omega T}{1+j\omega T_1}$$

【 문제-4 】 (20점)

다음과 같은 단위 부궤환(unity negative feedback) 제어 시스템에 대하여 물음에 답하시오.



- (1) 전체 시스템이 안정하도록 K_P 와 K_D 의 범위를 각각 구하시오. (6점)
- (2) 전체 시스템의 응답이 임계 감쇠(critical damping)의 특성을 갖도록 K_P 와 K_D 의 값을 구하고, 단위계단 입력에 대한 정상상태 오차를 구하시오. (단, 고유 주파수 $\omega_n = 20[\text{rad/s}]$ 이다.) (8점)
- (3) $K_D = 0$ 일 때, 단위계단응답을 시간영역에서 K_P 의 함수로 구하시오. (6점)