

[2024-1 디지털제어] HW#2

(담당 교수 : 박경훈, 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부,
e-mail: gyunghoon.park@uos.ac.kr)

- 출제 범위 : Ch. 5 – Ch. 7 중 수업까지의 강의 내용
- 총점 : 15점
- 제출 마감 : 6/21(금) 18:00까지
 - 6/21(금) 18:01 – 6/25(화) 18:00 기간 내 제출 시 : 50% 감점
 - 6/25(화) 18:01 이후는 제출 불가
- 풀이 및 답안 제출 방법
 - 양식은 자율입니다.
 - 답안은 PDF로 변환한 후 파일명을 “학번_이름_HW02.pdf”로 하여 LMS를 통해 제출해주세요.
 - MATLAB/Simulink을 풀이에 활용해도 되는 문제들은, 문제 앞에 [MATLAB]을 적어놓겠습니다. (반대로, 문제에 [MATLAB] 표시가 없는 문제들은 MATLAB/Simulink 도움 없이 풀어주시기 바랍니다.)

1. 다음 폐루프 제어 시스템에 대하여 다음에 순서대로 답하세요.

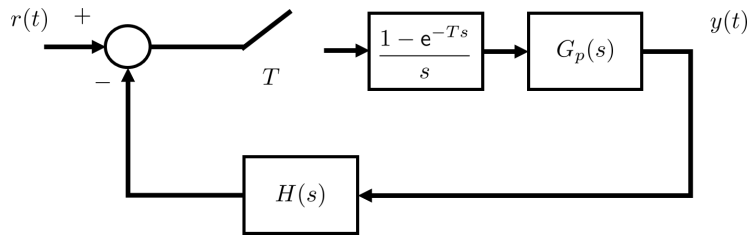


Figure 1: 문제 1의 폐루프 제어 시스템

이때 $T = 0.2 \text{ sec}$ 는 샘플링 주기이며, 전달함수 $G_p(s)$ 와 $H(s)$ 는 각각 다음과 같습니다.

$$G_p(s) = \frac{1}{s}, \quad H(s) = \frac{1}{\tau s + 1}$$

- a. 전체 폐루프 시스템의 전달함수 $Y^d(z)/R^d(z)$ 를 구하세요. (여기서 $y^d(k) := y(kT)$, $r^d(k) := r(kT)$)

b. 전체 폐루프 시스템의 이산 시간 상태변수 모델

$$\begin{aligned}x^d(k+1) &= A^d x^d(k) + B^d r^d(k), \\ y^d(k) &= C^d x^d(k)\end{aligned}$$

을 구하세요.

c. b의 결과를 이용하여, 전체 폐루프 시스템이 안정(stable)할 τ 의 조건을 찾으세요.

d. [MATLAB] c에서 찾은 조건을 만족하는 τ 를 임의로 하나 선정하고, Simulink 환경에서 문제의 폐루프 시스템을 구현하세요. 그리고 $r(t) = 1$ 일 때의 출력 파형 $y(t)$ 를 그리세요. (Simulink에서 구현된 폐루프 시스템의 블록 다이어그램과 출력 파형 $y(t)$ 를 각각 캡처하여 첨부하세요.)

2. 다음 전달함수

$$G_p(s) = \frac{1}{s^2 + s}, \quad C^d(z) = K$$

로 구성된 폐루프 시스템을 생각해봅시다.

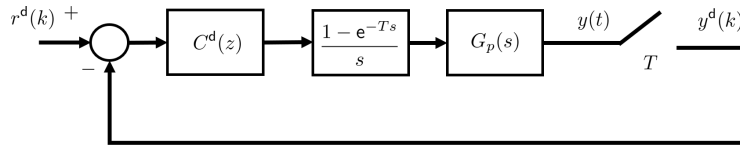


Figure 2: 문제 2의 폐루프 제어 시스템

a. [MATLAB] 이 시스템의 폐루프 전달함수 $Y^d(z)/R^d(z)$ 를 계산하세요.

b. 추종 신호(reference) $r^d(k)$ 가 단위계단 신호

$$r^d(k) = 1, \quad \forall k \geq 0$$

로 주어질 때, $K = 1$ 일 때와 $K = 10$ 일 때의 정상상태에서의 추종 오차

$$e_{ss} := \lim_{k \rightarrow \infty} (r^d(k) - y^d(k))$$

를 각각 구하세요. (a의 결과를 활용하세요.)

c. 추종 신호(reference) $r^d(k)$ 가

$$r^d(k) = kT, \quad \forall k \geq 0$$

로 주어질 때, 정상상태에서의 추종 오차

$$e_{ss} := \lim_{k \rightarrow \infty} (r^d(k) - y^d(k))$$

의 크기의 최소값을 구하세요.

3. z -영역에서 정의된 다음의 다항식

$$F^d(z) = z^4 + Kz^3 - 0.4z^2 + 0.5K, \quad (\text{단, } K > 0)$$

에 대해서, 아래 질문에 각각 답하세요.

- Jury의 안정도 판별법(Jury's stability test)를 이용하여 $F^d(z)$ 가 안정하도록 하는 K 의 범위를 구하세요.
- 쌍선형 변환(bilinear transformation)과 Routh-Hurwitz 판별법(Routh-Hurwitz criterion)을 이용하여 $F^d(z)$ 가 안정하도록 하는 K 의 범위를 구하세요.
- [MATLAB] rlocus 함수를 사용하여 $F^d(z)$ 가 안정하도록 하는 K 의 범위를 확인하세요.
- [MATLAB] nyquist 함수를 사용하여 $F^d(z)$ 가 안정하도록 하는 K 의 범위를 확인하세요.
- [MATLAB] bode 함수를 사용하여 $F^d(z)$ 가 안정하도록 하는 K 의 범위를 확인하세요.