

# 공정제어설계

2023년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

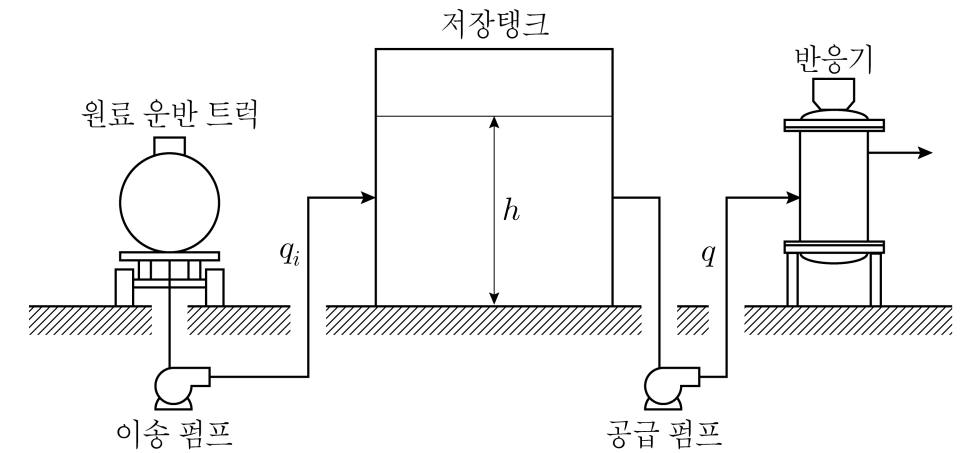
응시번호 :

성명 :

제 1 문. 인체의 혈당 농도는 췌장에서 생성되는 인슐린을 이용하여 피드백제어가 된다. 하지만, 췌장의 인슐린 생성 능력을 상실한 환자는 외부에서 인슐린을 공급받아야 한다. 이 경우 섭취한 음식의 영향을 받은 환자의 혈당 농도를 측정하고, 적절한 인슐린 양을 결정한 후, 인슐린 공급기를 이용해 인슐린을 투입한다. 다음 물음에 답하시오. (총 10점)

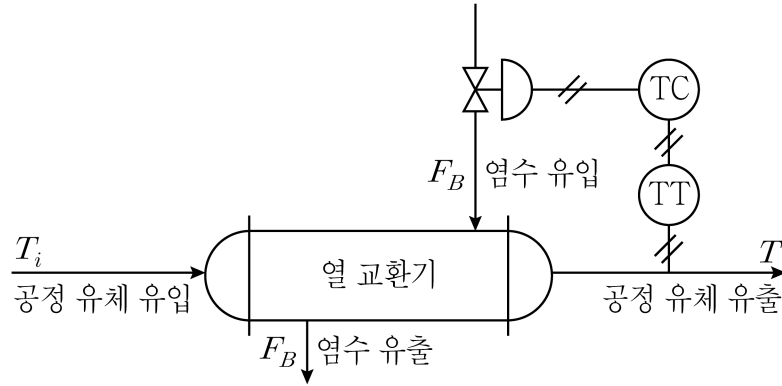
- 환자의 혈당 농도 제어시스템에 대하여 제어목적, 제어변수, 조절변수, 외란변수, 실행기(actuator)를 설명하시오. (5점)
- 연속 혈당 농도 측정기, 인슐린 공급기와 제어기를 적용한 환자의 피드백 제어시스템을 구성하는 경우, 제어시스템의 개요도와 이에 상응하는 블록선도를 그리시오. (단, 인체의 혈당 농도를  $C$ , 혈당 농도 설정값을  $C_{sp}$  라 한다) (5점)

제 2 문. 그림과 같이 원료 운반 트럭의 원료를 이송 펌프를 통해  $q_i$ 의 유량으로 저장탱크에 이송하고, 저장탱크 내에 저장된 원료는 공급 펌프를 통해  $q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 유량으로 반응기로 공급된다. 다음 물음에 답하시오. (단, 원통형 저장탱크의 단면적은  $4 \text{ m}^2$ 이고, 운반 트럭으로부터 원료가 이송되는 동안에도 공급 펌프의 운전은 멈추지 않는다) (총 15점)



- 저장탱크의 높이  $h$ 와  $q_i$ ,  $q$ 의 편차변수  $\bar{h} = h - h_s$ ,  $\bar{q}_i = q_i - q_{i,s}$ ,  $\bar{q} = q - q_s$ 를 이용하여 물질 수지식을 유도하고, 라플라스 변환을 통하여 공정의 전달함수를 구하시오. (단,  $\bar{h}$ ,  $\bar{q}_i$ ,  $\bar{q}$ 의 라플라스 변환변수는  $\bar{H}(s)$ ,  $\bar{Q}_i(s)$ ,  $\bar{Q}(s)$ 로 표시한다) (5점)
- 저장탱크의 액위가 2m일 때, 원료 운반 트럭으로부터의 원료이송이 차단되었다. 원료이송을 차단한 직후부터의 저장탱크 액위 변화  $h(t)$ 를 라플라스 역변환을 이용하여 구하시오. (5점)
- 2)의 상황에서 저장탱크의 액위가 1m가 되었을 때, 운반 트럭이 도착해 저장 탱크로의 원료이송을 다시 시작하였다.  $q_i = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 일 때, 원료이송을 재시작한 때부터의 저장탱크 액위 변화  $h(t)$ 를 라플라스 역변환을 이용하여 구하시오. (5점)

제 3 문. 염수(Brine)를 이용하여 공정 유체 유출 온도( $T$ )를 제어하는 피드백 제어 시스템의 개요도와 전달함수가 아래와 같이 주어질 때, 다음 물음에 답하시오.  
(단, 비례제어기를 사용하고, 공정 유체 유출 온도 설정값( $T_{sp}$ )은 일정하다)  
(총 15점)



○ 공정의 개루프 전달함수

$$(T - T^*) = \frac{-(1 - 0.5e^{-10s})}{(40s + 1)(15s + 1)} (F_B - F_B^*)$$

$$(T - T^*) = 0.5e^{-10s} (T_i - T_i^*)$$

제어변수: 공정 유체 유출 온도  $T$  [°C]

조절변수: 염수의 유입 유량  $F_B$  [kg/s]

외란변수: 공정 유체 유입 온도  $T_i$  [°C]

○ 제어기의 전달함수

$$(F_B - F_B^*) = -K_c (T_{sp} - T)$$

$K_c$ : 비례상수

$T_{sp}$ : 공정 유체 유출 온도의 설정값 [°C]

○ 센서와 제어 밸브의 동특성은 무시한다.

○ \*는 정상상태 값을 나타낸다.

- 1) 편차변수를 이용하여 피드백 제어계의 블록선도를 그리시오. (3점)
- 2) 폐루프 전달함수와 특성 방정식을 구하시오. (6점)
- 3) 공정 유체 유입 온도( $T_i$ )가 2 °C 계단상승할 때, 출구 온도의 정상상태 잔류편차(offset)를 비례상수( $K_c$ )의 함수로 나타내시오. (6점)

제 4 문. 이산화탄소 흡수 공정을 위한 피드백 제어기를 설계하고자 한다. 이산화탄소 가스 농도  $y(t)$ 와 아민의 용액 농도  $u(t)$ 가 각각 출력변수와 입력변수이며, 시간  $t$ 에서의 농도와 정상상태 농도와의 차이는 편차변수  $\bar{y}(t)$ 와  $\bar{u}(t)$ 로 표시한다. 이들 편차변수의 라플라스 변환변수인  $\bar{Y}(s)$ 와  $\bar{U}(s)$ 의 전달함수는  $\bar{Y}(s) = \frac{-1}{s+1} \bar{U}(s)$ 이며, 제어기의 전달함수는  $G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_I s}\right)$ 이다.  
다음 물음에 답하시오. (단, 센서와 제어 밸브의 전달함수는 1로 가정한다)  
(총 10점)

- 1) 비례상수  $K_c$ 의 부호가 양수인지 음수인지 판단하고 그 근거를 설명하시오. (3점)
- 2) 출력의 설정값과 출력변수 사이의 폐루프 전달함수  $\frac{\bar{Y}(s)}{\bar{Y}_{sp}(s)}$ 를 구하시오. (3점)
- 3) 폐루프 전달함수의 극값(pole)이 -3과 -4일 때,  $K_c$ 와  $\tau_I$  값을 각각 구하시오. (4점)

## 인사혁신처 시험출제과장