공정제어 중간고사 **2006**
야간
담당교수: 임영일 (N110)　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　학번:____________________

모든 문제의 계산과정을 답안지에 자세히 명시할 것!!!

1. 다음에 대하여 설명하시오(40)

1) 공정제어는 process systems engineering 의 한 학문분야로 볼 수 있다. process systems engineering 학문을 qualitative/quantitative 그리고 descriptive/predictive 의 측면에서 비교하시오. 가능하면 그래프를 그려서 설명하시오 (10).

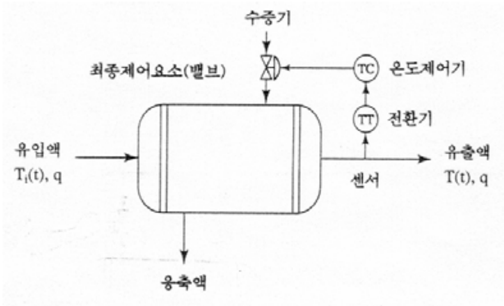
2) 공정의 동특성이란 무엇을 의미하는가? (5)

3) 화학공학에 있어서 공정 모델링이란 무엇이며, 이에 대하여 구체적으로 설명하시오(5).

4) Feedback 제어란 무엇이며, 예를 들어 설명하시오 (5).

5) 라플라스변환의 물리적 의미, 수학적 정의 그리고 특성에 관하여 설명하시오(15).

2. 열교환기의 온도제어에 대한 다음 그림을 보고 답하시오 (25).



1) 이 열교환기로 유입되는 질량유속 (q) 과 유출되는 질량유속 (q) 이 같다면 그리고 공정내부에서 생성되는 질량이 없다면, 시간에 따른 공정내 질량 변화는 없다. 즉, $\frac{dw}{dt}=0$. 이러한 상태를 무슨 상태라고 하는가?

→ steady-state (정상상태)

2) 그림에서 제어변수, 조절변수, 그리고 외부교란변수가 무엇인지 찾으시오.

→ 제어변수: 유출 온도, T(t)

조절변수: 수증기의 유량

외부교란변수: 유입온도, $T_i(t)$

3) 출력변수와 입력변수를 구분하여 명시하시오.

→ 출력변수는 주로 제어변수를 말하며, 유출온도인 T(t) 이다.

입력변수는 공정으로 유입되는 유입액의 온도인 $T_i(t)$ 와 조절변수인 수증기의 유량이다.

4) 윗그림을 보면서 블록선도를 완성하시오.

→ 교재 12쪽 그림 1-11 참조

5) 위에서 그린 블록선도는 closed-loop 인지 아니면 open-loop 인지 밝히고 그 이유를 쓰시오.

위에서 보여주는 블록선도는 제어기가 설치되어 있기 때문에 closed-loop 이다.

3. 다음과 같이 미분방정식으로 표현되는 시스템이 있다. (25).

$$\frac{dx}{dt}+x-y=-6$$
$$\frac{dy}{dt}-2x=0$$

이 연립미분방정식에서, x 와 y 는 시간에 대한 함수이며, 초기조건은 x(0)=y(0)=0 이다.

1) 이 미분방정식을 라플라스변환하시오.

→ 주어진 2개의 식의 양변에 라플라스 변환을 취하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &L[dx/dt+x-y]=L[-6] \\ &L[dy/dt-2x]=0 \end{aligned} \qquad \text{(식1)}$$

라플라스변환의 선형성과 미분방정식의 라플라스변환법에 따라 (식1) 은 다음과 같이 변환된다.

$$sX(s) - x(0) + X(s) - Y(s) = \frac{-6}{s}$$
$$sY(s) - y(0) - 2X(s) = 0 \qquad \text{(식2)}$$

주어진 초기값이 모두 영이므로, 식(2) 는 다음과 같이 정리된다.

$$sX(s) + X(s) - Y(s) = \frac{-6}{s}$$
$$sY(s) - 2X(s) = 0 \qquad \text{(식3)}$$

2) 라플라스 변환된 두 식에서, 첫번째식을 두번째식에 대입하여 X(s) 를 구하시오.

→(식3) 의 첫번째식은 Y(s) 에 대하여 다음과 같이 정리된다.

$$Y(s) = sX(s) + X(s) + \frac{6}{s} \qquad \text{(식4)}$$

(식4) 를 (식3) 의 두번째식에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$s^2 \cdot X(s) + sX(s) - 2X(s) = -6$$
$$X(s)\left[s^2 + s - 2\right] = -6 \qquad \text{(식5)}$$
$$X(s) = \frac{-6}{s^2 + s - 2} = \frac{-6}{(s+2)(s-1)}$$

3) 위에서 얻은 X(s) 로부터 Y(s) 를 구하시오.

→ (식5) 의 마지막 식을 (식4) 에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$Y(s) = \frac{-6(s+1)}{(s+2)(s-1)} + \frac{6}{s} \qquad \text{(식6)}$$

4) 역 라플라스변환식을 하기위해 위에서 구한 X(s) 와 Y(s) 를 부분분수화 하시오.

→ (식5) 를 부분분수화 하면 다음과 같다.

$$\frac{-6}{(s+2)(s-1)} \equiv \frac{A}{(s+2)} + \frac{B}{(s-1)}$$
$$= \frac{(A+B)s - A + 2B}{(s+2)(s-1)} \qquad \text{(식7)}$$

항등식의 원리에 따라 (식7) 은 s 에 무관하게 등식이 성립해야 하므로

$$A + B = 0$$
$$-A + 2B = -6 \qquad \text{(식8)}$$

(식8) 식을 풀면, A=2, B=-2 이다. 즉, X(s) 는 다음과 같이 부분분수화 된다.

$$X(s) = \frac{2}{s+2} + \frac{-2}{s-1} \qquad \text{(식9)}$$

(식6) 을 부분분수화하기 위하여 먼저 우변의 첫번째항을 부분분수화한다.

$$\frac{-6(s+1)}{(s+2)(s-1)} \equiv \frac{A}{(s+2)} + \frac{B}{(s-1)}$$
$$= \frac{(A+B)s - A + 2B}{(s+2)(s-1)} \qquad \text{(식10)}$$

항등식의 원리에 따라, $A + B = -6, \; -A + 2B = -6$ 이다. 이 식을 풀면, A=-2, B=-4 이다. 따라서, Y(s) 는 다음과 같다.

$$Y(s) = \frac{-2}{(s+2)} + \frac{-4}{(s-1)} + \frac{6}{s}$$ (식11)

5) 부부분수화된 라플라스변환식을 역라플라스변환하여 x 와 y 에 대한 미분방정식의 해를 구하시오.

→ (식9) 를 역라플라스변환하면 다음과 같다.

$$x(t) = 2e^{-2t} - 2e^{t}$$

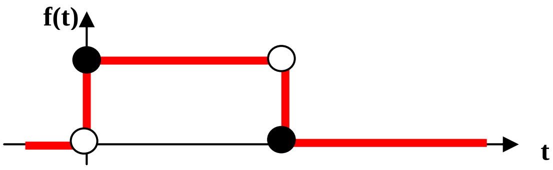
(식11) 을 역라플라스변환하면 다음과 같다.

$$y(t) = -2e^{-2t} - 4e^{t} + 6$$

4. 다음과 같은 함수가 있다 (10). $f(t) = \begin{cases} 0; & t < 0,\ t \geq 4 \\ 5; & 0 \leq t < 4 \end{cases}$

1) 위 함수를 그래프로 표현하시오.

→



2) 위 함수의 라플라스 변환을 구하시오.

→
$$L(f(t)) = F(s) = \int_0^4 5e^{-st}dt = \left[\frac{-5}{s}e^{-st}\right]_0^4 = \left[\frac{-5}{s}e^{-4s}\right] - \left[\frac{-5}{s}e^{0}\right]$$
$$= \frac{-5}{s}e^{-4s} + \frac{5}{s}$$

5. 본 과목에 있어서 수업내용, 수업방법, 수업태도 등에 보완할 점이 있다면 무엇입니까 (5) ?