공정제어 중간고사 **2007**
야간
담당교수: 임영일 (N110)   학번:____________________

모든 문제의 계산과정을 답안지에 자세히 명시할 것!!!

1. 다음 문장을 해석하시오 (10).

The primary objective of process control is to maintain a process at the desired operating conditions (or process variables), safely and efficiently, while satisfying environmental and product quality requirements. The subject of process control is concerned with how to achieve these goals. In large scale, integrated processing plants such as oil refineries or ethylene plants, thousands of process variables such as compositions, temperatures and pressures are measured and must be controlled.

→ 공정제어의 1차적인 목표는 환경적 요구조건과 생산물의 품질에 대한 요구조건을 만족하면서 운전자가 원하는 운전조건 (혹은 공정변수들) 에서 안전하고 효율적으로 공정을 유지하는 것이다. 공정제어의 주요 내용은 이러한 목적을 어떻게 달성하는 지에 관하여 다룬다. 대형규모의 공정 (예로서 원유정제공장 혹은 에틸렌 공장과 같은 대형공장) 에서 수천개의 공정변수들 (예로서 조성, 온도, 압력 등) 은 측정되어지고, 제어되어져야만 된다.

2. 다음에 대하여 설명하시오(30)

1) Controlled variables (CV), manipulated variables (MV) and disturbance variables (DV).

→ CV: 제어변수, 공정에서 제어되는 변수로서, 주로 온도, 압력, 조성 등이다. 제어변수들에 대한 공정 운전자가 원하는 값을 설정치 (set point) 라고 한다.

MV: 조절변수, 제어변수값을 일정한 값 (혹은 설정치) 으로 유지하기 위하여 조절하는 변수이다. 일반적으로 조절변수들은 주로 유량이다.

DV: 교란변수, 제어변수에 영향을 주지만, 조절되지 않는 변수를 의미한다. 주로 운전되는 공정 주변의 환경변화에 기인하는 변수들이다. 주로 유입되는 원료의 조성, 온도 등이 교란변수들이다.

2) 라플라스변환의 물리적 의미, 수학적 정의 그리고 특성에 관하여 설명하시오(20).

3. 혼합공정 (blending process) 에서 조성제어에 대한 다음 그림을 보고 답하시오 (25).

이 그림은 x_1 의 조성을 갖는 질량유속 (w_1) 의 유입흐름에서 순수한 질량유속 (x_2=1, w_2) 을 조절하여 혼합공정내 조성 (x) 를 일정하게 유지하는 조성제어를 보여준다. 유입되는 질량유속 (w_1) 은 일정하다.

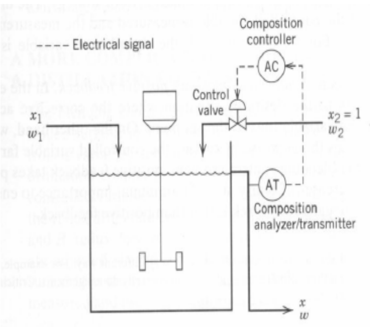


Figure 1.4

1) 이 혼합공정은 질량에 대하여 정상상태라고 가정하면, 시간에 따른 공정내 질량 변화는 없다. 즉, $\frac{dm}{dt} = 0$. 총괄물질 수지식를 구하시오.

→ $$0 = w_1 + w_2 - w$$
$$w = w_1 + w_2$$

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

→ 제어변수: x

조절변수: w_2

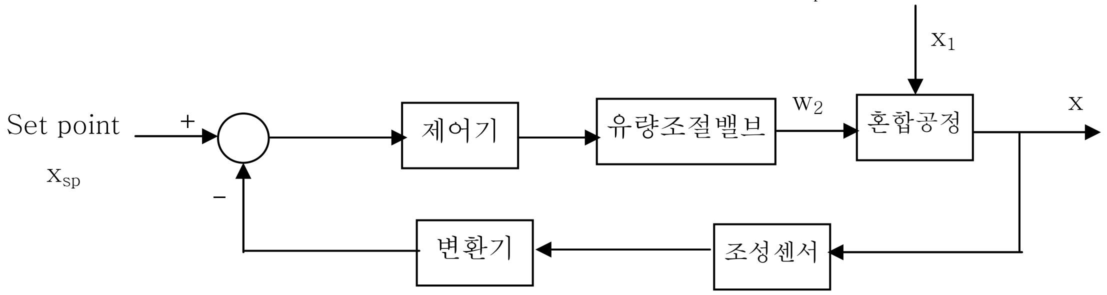
외부교란변수: x_1 (w_1 은 일정 값을 갖는 상수이고, w 는 총괄물질수지식으로부터 정해짐)

3) 출력변수와 입력변수를 구분하여 명시하시오.

→ 출력변수는 제어변수로서, x 이다.

입력변수는 조절변수와 외부교란변수로서 w_2 와 x_1 이다.

4) 윗 그림을 보면서 블록선도를 완성하시오. 단, 원하는 조성 (설정치) 은 x_{sp} 라고 한다.



5) 위에서 그린 블록선도는 feedback control 인지 아니면 feedforward control 인지 밝히고, 그 이유를 쓰시오.

→ 위 블록선도는 feedback control 이다. 왜냐하면, 제어변수를 측정하여 제어를 하고 있기 때문이다.

4. 다음과 같이 미분방정식으로 표현되는 시스템이 있다. (35).

$$\tau\frac{dy}{dt} = +(y_i - y) - ky^2$$

이 식에서 τ 는 시간상수, k 는 반응상수라고 하고, y 와 y_i 는 시간을 독립변수로하는 종속변수이다. 시간 t=0 에서 초기값은 각각 $y_i(0)=y_{is}$ 과 $y(0)=y_s$ 이다.

1) 이 미분방정식은 y 에 대하여 비선형성을 갖는다. y 에 대하여 선형화하시오.

→ 비선형성을 갖는 항은 y^2 으로서, 이 항은 다음과 같이 정상상태 (y_s, y_s^2) 에서 선형화된다.

$$y^2 \cong 2y_s(y - y_s) + y_s^2$$

따라서 주어진 미분방정식은 다음과 같이 치환된다.

$$\tau\frac{dy}{dt} = +(y_i - y) - k(2y_s(y - y_s) + y_s^2) \qquad \text{(식1)}$$

2) 편차변수를 $\bar{y}_i = y_i - y_{is}$, $\bar{y} = y - y_s$ 라고 할 때, 선형화된 미분방정식을 표준화하시오.

→ (식1) 은 정상상태에서도 성립되어야 하므로, 정상상태에서의 (식1) 은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\tau\frac{dy_s}{dt} = +(y_{is} - y_s) - k(2y_s(y_s - y_s) + y_s^2) \qquad \text{(식2)}$$

(식1) 에서 (식2) 를 빼면,

$$\tau\frac{d(y - y_s)}{dt} = +(y_i - y_{is} - (y - y_s)) - 2ky_s(y - y_s)$$

$$\tau\frac{d\bar{y}}{dt} = +(\bar{y}_i - \bar{y}) - 2ky_s\bar{y} \qquad \text{(식3)}$$

3) 위에서 얻은 표준화된 미분방정식을 라플라스 변환하시오. 단, 라플라스 변환된 두 함수를 $\bar{Y}_i(s)$ 와 $\bar{Y}(s)$ 라고 한다.

→ (식3) 의 두번째식을 라플라스 변환하면 다음과 같다.

$$\tau s\bar{Y}(s) = +\bar{Y}_i(s) - \bar{Y}(s) - 2ky_s\bar{Y}(s)$$

$$\bar{Y}(s)(\tau s + 1 + 2ky_s) = +\bar{Y}_i(s)$$

$$\bar{Y}(s) = \frac{\bar{Y}_i(s)}{(\tau s + 1 + 2ky_s)} \qquad \text{(식4)}$$

4) 만일 $\bar{Y}_i(s)=\frac{3}{s}$ 라고 한다면, 라플라스 변환된 식을 부분분수화 하시오. 단, $\tau=2$, k=1, y_s=1 이라고 한다.

→ $\bar{Y}(s)=\frac{\bar{Y}_i(s)}{(\tau s+1+2ky_s)}=\frac{3}{(2s+3)s}\equiv\frac{A}{(2s+3)}+\frac{B}{s}$

위 항등식을 풀면, A=-2, B=1 이다.

따라서 부분분수화된 식은 다음과 같다.

$$\bar{Y}(s)=\frac{-2}{(2s+3)}+\frac{1}{s} \qquad (식5)$$

5) 부부분수화된 라플라스변환식을 역라플라스변환하여 $\bar{y}(t)$ 에 대한 미분방정식의 해를 구하시오. 단, $L^{-1}\left[\frac{1}{s+a}\right]=e^{-at}$ 이다.

→ (식5) 에 대하여 역라플라스변환을 하면,

$$\bar{y}(t)=L^{-1}\left[\bar{Y}(s)\right]=-e^{1.5t}+1$$

6) 위에서 구한 편차변수의 해, $\bar{y}(t)$, 로부터 y(t) 를 구하시오.

→ $\bar{y}(t)=y(t)-y_s$ 이므로, $y(t)=\bar{y}(t)+y_s$ 이다.

따라서,

$$y(t)=-e^{1.5t}+1+1=-e^{1.5t}+2$$

7) y(t) 의 초기치와 최종치를 구하시오.

→ 초기치는 시간 t=0 일때의 y 값이고, 최종치는 t=∞ 일때의 y 값이다. 따라서,

$$\lim_{t\to 0}y(t)=y(0)=\lim_{t\to 0}\left(-e^{1.5t}+2\right)=-1+2=1$$

즉, 초기치는 정상상태일때의 y_s 이다.

최종치는

$$\lim_{t\to\infty}y(t)=y(\infty)=\lim_{t\to\infty}\left(-e^{1.5t}+2\right)=0+2=2$$

이다.

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