

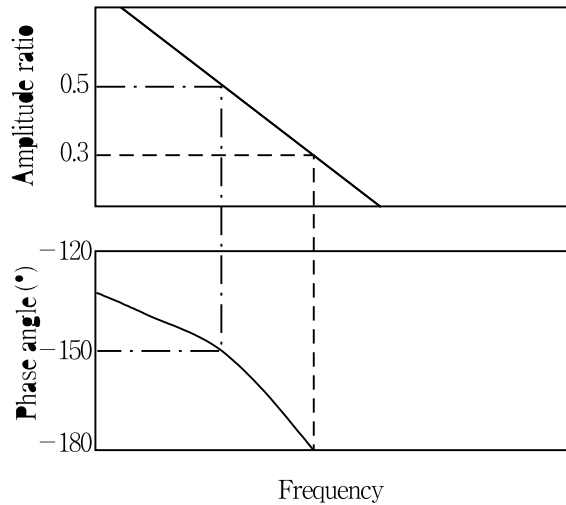
## 공정제어설계

2017년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

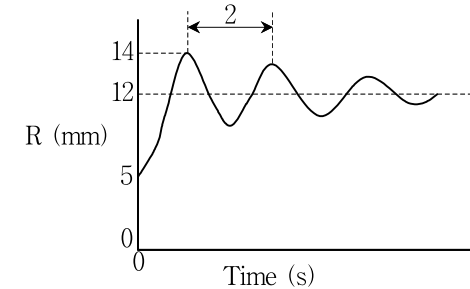
성명 :

제 1 문. 어떤 공정을 제어하기 위해 밸브를 조작하는 비례제어기(P-Controller)를 설계하려 한다.  $G_v$ 는 밸브 전달함수이며  $G_p$ 는 공정 전달함수일 때  $G_v G_p$ 의 Bode 선도는 아래와 같다. 다음 물음에 답하시오. (단, 계측기의 전달함수는 1이라 가정한다) (총 10점)



- 1) 최종제어기이득(ultimate controller gain)을 구하시오. (4점)
- 2) 이득 여유(gain margin)를 1.7로 할 때 제어기의 이득을 구하시오. (3점)
- 3) 위상 여유(phase margin)를  $30^\circ$ 로 할 때 제어기의 이득을 구하시오. (3점)

제 2 문. 어떤 공정에서 압력이 15psi에서 29psi로 계단변화 되었을 때, 압력계측기의 응답이 아래와 같다.



위의 그래프를 토대로 압력계측기의 전달함수를 다음과 같이 2차계 형태로 모델링하려고 한다.

$$R'(s)/P(s) = K_p / (\tau_p^2 s^2 + 2\zeta\tau_p s + 1)$$

여기서  $R'(s)$ 와  $P(s)$ 는 초기 정상상태 대비 편차의 라플라스 변환으로서, 각각 압력계측기에 표시되는 변화량과 입력변수인 압력의 변화량을 나타낸다. 다음 물음에 답하시오. (총 15점)

- 1) 정상상태 이득(steady state gain)  $K_p$ (mm/psi)를 구하시오. (3점)
- 2) 오버슈트(overshoot)를 구하시오. (3점)
- 3) 감쇠인자(damping factor)  $\zeta$ 를 구하시오. (단, 오버슈트(overshoot) =  $\exp[-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}]$ ) (3점)
- 4) 시간상수(time constant)  $\tau_p$ 를 구하시오. (단, 진동주기(period of oscillation) =  $(2\pi\tau_p)/\sqrt{1-\zeta^2}$ ) (3점)
- 5) 위에서 구한 값을 이용하여 위의  $R'(s)/P(s)$  식을 완성하시오. (3점)

제 3 문. 페놀수지 합성 공장에서 페놀 누출사고가 발생하였다. 순수 페놀은 온도가 약 60℃로 유지되어야 안정한 액체 상태를 갖는데, 겨울에 외부온도가 급격히 떨어진 상태에서, 충분한 열공급이 저장탱크로 신속하게 이루어지지 않았기 때문이다. 이 페놀저장탱크는 페놀을 설정값 60℃로 유지하기 위하여, 스티م 열교환기를 이용해 공급되는 열량( $Q$ )을 조절해 온도를 제어해야한다. 다음 물음에 답하시오.(단, 상세 정보와 관련 가정은 아래와 같다) (총 17점)

- 페놀저장탱크: 원통형, 밑면적( $A$ ) = 10m<sup>2</sup>, 액위( $H$ ) = 4m로 일정하게 유지
- 액상 페놀 밀도( $\rho$ ) = 1,050 kg/m<sup>3</sup>, 열용량( $C_p$ ) = 2.3 kJ/(kg · K)
- 탱크로 유입(input) 및 유출(output)되는 페놀 유량( $q$ ) = 800 m<sup>3</sup>/hr로 일정
- 탱크로 유입되는 페놀 온도( $T_i$ ) = 60℃로 일정
- 외부온도( $T_a$ )는 날씨에 따라 변함
- 탱크는 완전혼합교반기가 설치되어, 온도( $T$ )는 균일
- 페놀저장탱크의 외부로의 열손실: 열전달 면적( $A_t$ ) = 70 m<sup>2</sup>, 총괄 열전달계수( $U$ ) = 80 W/(m<sup>2</sup> · K)

- 1) 시간에 따른 페놀저장탱크의 온도변화를 나타내는 비정상상태 에너지수지식을 세우고, 편차변수 이용과 라플라스변환을 거쳐 전달함수를 구하시오. (이때 시간상수  $\tau = AH/q$ , 이득  $K_{p1} = UA_t/(\rho C_p q)$ , 이득  $K_{p2} = 1/(\rho C_p q)$ 로 정의한다) (6점)
- 2) 센서/전환기, 비례적분미분(PID) 제어기, 제어밸브, 페놀저장탱크 등이 포함된 피드백 비례적분미분(PID) 온도제어 시스템의 블록선도를 그리시오. 또한, 탱크온도 설정값( $T_R$ )과 외부온도( $T_a$ )를 입력변수로 하고, 탱크온도( $T$ )를 출력변수로 하는 총괄전달함수를 구하시오. (단, 센서/전환기 전달함수 =  $K_m$ , 제어밸브 전달함수 =  $K_v$ , 비례적분미분(PID) 제어기 전달함수  $G_c = K_c[1 + 1/(\tau_I s) + \tau_D s]$ ) (6점)
- 3) 위에서 구한 총괄전달함수에서 특성방정식(characteristic equation)을 구하고, 이 제어시스템이 안정하기 위한 조건을 구하시오. (단, 적분상수  $\tau_I = \infty$ , 미분상수  $\tau_D = 0$ 을 가정하고,  $K_m = 50 \text{ mA/}^\circ\text{C}$ ,  $K_v = 20,000 \text{ kJ/mA}$ 이다) (5점)

제 4 문. K 석유화학사는 시설투자를 위한 의사결정을 하고자 한다. 아래의 초기투자 비용과 연도별 세후수익을 가진 세 가지 투자안 A, B, C가 있다. 다음 물음에 답하시오. (단, 시설의 수명은 모두 4년이고 잔존가치는 없다) (총 8점)

초기투자비용 및 연도별 세후수익 (단위: 억원, 수익은 연말 기준임)			
연도	투자안 A	투자안 B	투자안 C
0	-900	-900	-1,200
1	300	400	500
2	400	400	500
3	500	400	500
4	400	400	500

- 1) 이자율을 연 3%로 가정하여 각 안의 순현재가치(net present value)를 구하고, 그로부터 최선안을 선택하라. (4점)
- 2) 각 안의 투자 수익률(discounted cash flow rate of return)을 구하고, 그로부터 최선안을 선택하라. (4점)

## 인사혁신처 시험출제과장