

공정제어 과제7 T/F 문제 (2018년 1학기)

- 화공공정에서 발생할 수 있는 inverse response로 증류탑에서의 reboiler level을 예로 들 수 있다. 적절한 열 전달을 위해 액위제어를 하는데 boil-up rate가 높아졌을 때 액위는 낮아져야 한다. 하지만 순간적으로 기포에 의해 위 단에서의 fluid 밀도가 낮아져 부피가 커져 흘러 내려오는 fluid의 양이 증가해 초반에 액위가 증가하는 inverse response가 발생한다. (True)
- Exothermic packed bed reactor에서 feed의 온도 변화에 따른 **출구온도에** inverse response가 발생할 수 있다. Feed의 온도가 증가하면 반응속도가 빨라져 inlet 부분에서 많은 반응이 일어나 발열을 많이 시킨다. Outlet 쪽으로 갈수록 **Feed** 농도가 낮아져 **반응이 잘 일어나지 않는 양이 줄어들어** 일시적으로 outlet의 온도가 감소한다. 그 후 시간이 흐르면 앞선 반응에서의 영향으로 다시 outlet의 온도가 증가한다. 문제해결을 위해 제어 주기를 짧게 하면 inverse response가 지나간 이후에 제어를 하면 **이런 문제를 회피할 수** 있다. (False)
- Root Locus diagram은 parameter value에 따른 closed-loop poles의 위치를 보여주는데, 이 때 diagram의 모양은 pole로부터는 밀려나가 멀어지고, zero로는 붙는 **이끌리는** 형태를 가진다. (True)
- Mason's rule은  $\frac{Y}{X} = \frac{\pi_f}{1+\pi_e}$  의 식을 가지는데, 이 때 가정은 feedback loop가 negative feedback이라고 가정한다. 만약 positive feedback이면  $1+\pi_e$ 가  $1-\pi_e$ 로 바뀌어야 하고, 이 때 매우 stable한 상태를 보여준다. (False, **대부분** unstable함)
- Ideal PID controller는 physically unrealizable하다. (True)
- Pade approximation은 원래 transfer function의 AR과 **같다**를 **변화시키지 않는다**. (True)
- Instrument description에서 'EE'는 Electric Exchanger를 말한다. (False)
- 1차 공정에서 critical frequency는 PA이  $-90^\circ$ 일 때의 frequency이다. (False)
- P&ID는 property and instrument diagram을 의미한다. (False)
- P모드에서 **제어기**는 Kc가 증가함에 따라  $AR_{OL}$ 을 **증가**한다. (T) [OK]
- SOPDT를 Direct Synthesis Method를 이용하여 **제어기**process를 구하면
 
$$\frac{\tau_1 + \tau_2}{K(\tau_c + \theta)} \left( 1 + \frac{1}{(\tau_1 + \tau_2)s} + \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} s \right)$$
 이다. 이 때 Time delay는 1st order Taylor series approximation을 **이용하여 구한 것**이다. (True)
- IMC는 실제 Controller와 model간의 error를 이용하는 방법이다. (X)
- Pade approximation은 전달함수의 order를 바꾸지 않지만, **Taylor series approximation**에 **비해**

accuracy가 낮고 oscillatory behavior를 보인다는 단점이 있다. (False, Pade approximation은 Taylor series approximation에 비해 accuracy가 높다)

- Ideal PID controller는 physically unrealizable 하기 때문에 modified form을 사용해야 하고, modified form을 통해 filtering 효과를 얻을 수 있다. (True)
- General stability를 기준으로 따졌을 때 LHP와 허수축상에만 근이 존재한다면 linear system이 stable하다고 볼 수 있다. (False, 허수축 제외해야 함)
- Critical frequency가 여러 개 존재한다면 Bode stability보다 Nyquist stability criteria를 사용하는 것이 좋다. (True)
- In Taylor series approximation, phase angle (PA) is different unlike the pade approximation. (False, Pade approximation도 PA는 different, AR이 같다.)
- In closed loop system, if gain of  $G_{OL}$  is 1.01, lower  $K_c$  can make system stable. (False True,  $G_{OL}$ 의 분자에  $K_c$ 가 곱해져 포함되어 있으므로  $G_{OL}$ 만으로 판단한다 낮은  $K_c$ 를 사용하면 1.01보다 낮아질 수 있다. 1이상이면 1보다 조금만 커도 unstable하다)
- The frequency where the Phase Angle reaches  $-90^\circ$  is called critical frequency. (False,  $-180^\circ$ )
- PID 제어가 Frequency Response에 끼치는 영향 중 P제어기만 있을 사용하는 경우  $K_c$ 가 증가하면,  $AR_{OL}$ 도 증가하고, Phase angle에는 아무런 변화가 없다. (True)
- The transfer function of the basic pure time delay,  $G(s) = e^{-\theta s}$ , can be approximated by the Taylor series approximation or the Pade approximations (1/1 and 2/2). Among these, only the Taylor series approximation may be physically unrealizable due to the increase in the order of the numerator of the transfer function. (True, Lecture note 7-7) [OK]
- The ideal PID controller is physically unrealizable since the order of the denominator of its transfer function is smaller than that of the numerator, and therefore a modified form is required. (True, Lecture note 8-20) [OK]
- AR에 대한 Bode plot을 이용하여 전달함수의 time delay를 구할 수 있다. (False) [OK]
- Time delay를 Taylor series approximation을 이용하여 근사할 경우 1차보다 2차로 근사하는 것이 더 physically realized (?) 해진다. (False)
- Time delay에 대한 polynomial approximation 중 pade approximation은 transfer function의 order를 변화시킨다. (False)
- Direct synthesis method에서  $(Y/R)_d = 1$  이 되는 경우는 realizable하다. (False)
- Pade approximation을 사용하면 AR과 phase angle 모두 exact한 값과 동일하게 만들 수 있다.

(False)

- 적분 공정에서는 P control만 써도 sensor나 actuator에서 다른 dynamics가 존재하더라도 offset이 보이지 않는다. (True)
- Margin은 system이 stability limit과 얼마나 가까이 있는지 나타내는 것으로, Margin이 크면 stability limit과 가깝다는 뜻이므로 system이 안정하다. (False, Margin이 크면 system이 stability limit과 멀어진다.)
- Set-point change에 대한 P-control의 경우 Gain( $K_c$ )를 높이면 offset이 줄어들고 응답속도가 빨라진다. (True)
- robustness는 작은 disturbance나 모델의 부정확성에도 불구하고 제대로 작동하는 시스템의 성질을 나타낸다. (True, 표현이 충분치 않음)
- Ziegler-Nichols tuning에서는 rule of thumb에 의해 parameter값을 구한다. (True, 모호함)
- Frequency response에 대해, critical frequency에서의 open-loop gain ( $K_{OL}(w_c)$ )이 1보다 작을수록 안정된 response를 보인다. (True)
- Controller를 설계 과정에서 integral error를 설정할 때, ITAE(Integral of the Time-weighted Absolute Error)를 사용하게 되면 persisting oscillation보다 large overshoot을 없애기 위한 제어를 실시하~~성능을 보이게~~ 된다. (False, 본문의 설명은 ISE에 대한 설명이며, ITAE를 사용하면 initial response보다 뒤쪽의 persisting oscillation을 없애기 위한 제어를 실시하게 된다.)
- Process가 1st-order System이고, 전체 Close-loop System을 P-Control을 통해 제어한다면, Disturbance effect를 모두 제거할 수 있다. (False, 제거 불가능.)
- P-Control을 통한 공정 제어에서, Offset을 전부 제거하는 것은 어떤 경우라도 불가능하다. (False, 적분 공정의 경우 Offset을 전부 제거 가능.)
- Process가 1st-Order System이고, 전체 Close-loop System을 PI-Control을 통해 제어한다고 가정하자. 여기서 Controller Gain  $K_c$ 가 증가하면 Response가 빨라지고 진동이 더욱 적게 발생하며, 적분 Time constant  $\tau_i$ 가 감소하면 Response가 빨라지고 진동이 더욱 크게 발생한다. (False, 1st Order Process는 PI-Control 하에서 Controller Gain  $K_c$ 가 증가하면 Response가 빨라지고 진동이 더욱 크게 발생한다. 고차 공정의 경우에만  $K_c$ 가 증가하면 Response가 빨라지고 진동이 더욱 작아진다. 설명에 오류있음)
- Gain margin은  $1/AR(\omega_g)$ 로 구하고, Phase margin은  $\Phi(\omega_c)+180^\circ$ 로 구한다. (False,  $\omega_g$  와  $\omega_c$  가 서로 바뀌었다.)
- Small GM and PM은 sluggish한 특징을 보인다. (False, Large GM, PM이 sluggish이다.)
- Routh 조함~~어레이~~로 안정성을 판단할 때, 방정식의 모든 근이 음의 실수부를 갖기 위해서는

Routh 조합의 제1열의 모든 원소들이 0 아니면 양 이어야 한다. (True, False)

- Open-loop 전달함수의 frequency response의 amplitude ratio가 critical frequency에서 1보다 크면 closed-loop 제어 시스템은 안정하고, 1이되면 sustained 진동을 보이고, 1보다 작으면 시스템이 불안정해진다. (false)
- Closed-loop response of integrating system에서 PI control(L=0)일 때,  $-K_c$  값이 증가하면 oscillation 이 감소한다 (True) [강의자료 8-34]
- Frequency response에서 critical frequency는 2nd order process 부터 존재하는 값이다. (False 애매함)
- Rule of thumb을 생각해볼 때, Gain Margin은 1.7~2.0의 값이고, Phase Margin은 30~45도 일 때 well-tuned system이라고 할 수 있다. (True) [강의자료 10-14]
- Transfer function은 항상 frequency response를 가진다. (False) [unstable function은 unstable output이 생긴다 강의자료 9-10]
- interacting process에서  $q_i$ 를 늘리면 underdamped 할 수 있다. (False 저항을 키울수록 damping coefficient에 가까워지기 때문에, 설명오류) [강의자료 7-13 참조]
- gain scheduling 은 gain을 Table에 정해 놓고 상황에 따라 변화시키겠다는 뜻이다. (True)
- For multiple loop-feedback control system, product of the transfer function should be in the order of pathway of the system. (True)
- Regardless of the stability, all transfer functions have frequency response, which can be obtained directly from  $G(j\omega)$ . (False)
- Digital PID controller에서 velocity form은 position form과 다르게 summation이 없고  $p$ 값을 몰라도 된다. (True) [강의자료 8-24]
- Closed-Loop response of 1<sup>st</sup> order system에서 load change(R=0) 일 때 PI control에서  $K_c$ 를 증가시키면 compensation of disturbance가 빨라지고 oscillatory response는 보통 적어진다. (True) [강의자료 8-30]
- Pade Approximation 은 AR과 Phase angle 둘 다 exact로부터 벗어나있다. (False)
- MASON'S RULE에서 product of all transfer functions in the entire feedback loop는 항상 negative 부호를 가진다. (False)
- Lumped parameter system(ODE)의 변수들은 공간적인 위치보다 시간에 의존한다 (True)
- As  $K_c$  increases, faster compensation of disturbance and less oscillatory response can be achieved. (True False)

- Open-loop transfer function은 제어 루프 안의 전달함수들의 곱으로, 항상 순서대로 곱해야만 한다. (False) (1 input-1 output의 경우에는 순서대로 곱하지 않아도 되기에)
- frequency response를 해석할 경우 high frequency에서의 정보를 **세밀히** 파악하기 위해서는 Inverse Nyquist Diagram을 활용해야한다. (True) (Nyquist Diagram에서 high frequency는 원점 근처에서 나타나며, AR의 크기가 감소한다. 따라서 원점 근처에서 정확한 정보를 얻기 어렵다. 그렇기에 Inverse Nyquist Diagram를 활용해 분석해야한다.)
- PI controller에서  $\tau_i$  가 감소하면  $AR_{OL}$  이 감소해 안정하다. (False, PI controller에서  $\tau_i$  가 감소하면  $AR_{OL}$  이 증가해 불안정해진다. **주파수에 따라 영향의 크기가 달라질 수 있음**)
- Nyquist stability criterion에서 복소평면상의 (-1,0)은 critical frequency가 **-180**이고 **AR이 1인 점에 해당한다.** (true) [OK 강의자료 10-16]
- IMC를 이용한 tuning법은 direct synthesis 방법에서 process의 transfer function을 역수로 취할 때 생길 수 있는 physically unrealizability를 해결할 수 있다(True). [강의자료 11-23]
- Critical frequency에서의  $G_{OL}$ 의 gain을 보면 그 process의 안정성을 판단할 수 있는데, 이때 critical frequency에서의 gain이 1보다 크면 그 process는 stable하다(False).