

자동제어 한방에 끝내기

6.Frequency Response

목차

Frequency domain

- Why?
- System에 진동하는 input을 넣으면?

System & Stability analysis

- Bode plot
- Stability margin
- Nyquist plot

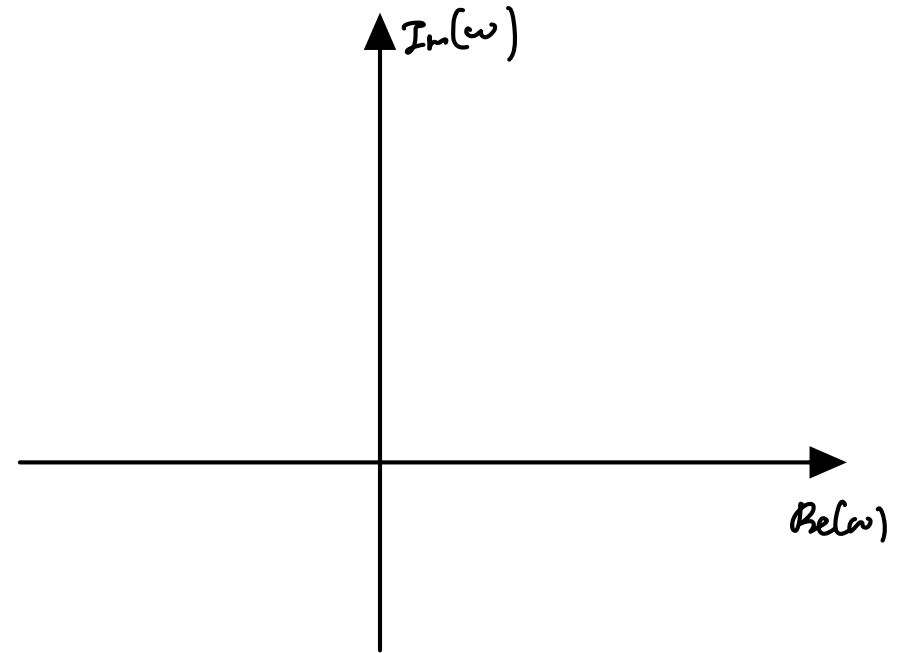
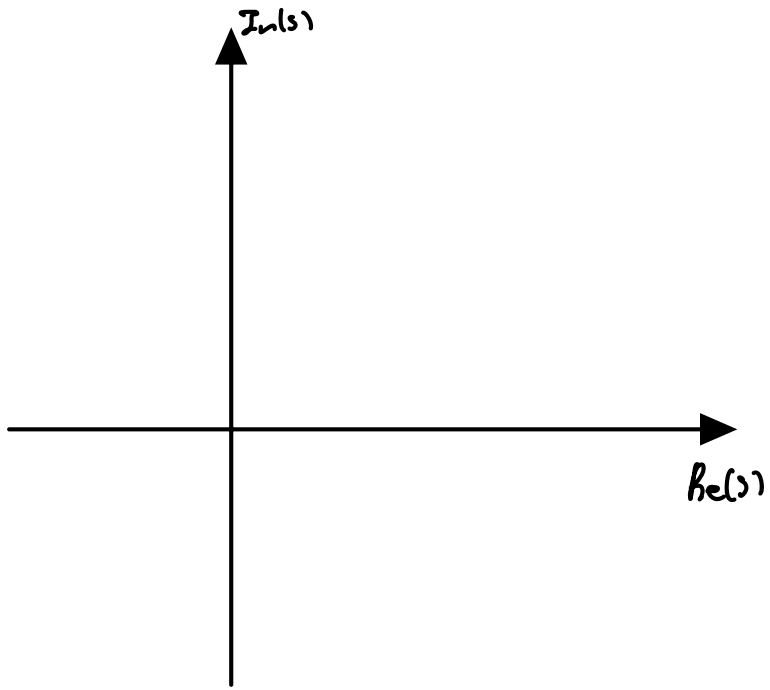
Dynamic compensation

- Lead compensation
- Lag compensation

Nyquist criterion

- 결국 Nyquist plot의 기본 s 범위는 RHP 전체를 쓸어담는다.
- RHP에 있는 Zero/Pole이 있으면 원점을 CW/CCW로 감싼다.
- $\frac{KG(j\omega)}{1+KG(j\omega)}$ 의 특성방정식 근은 $KG(j\omega)$ 가 -1점을 감싸는 횟수와 관련이 있다.
- **OLTF**에 일정 주파수를 넣어 얻은 결과만으로 **CLTF의 Stability**를 판단할 수 있다.

Nyquist criterion



Nyquist criterion

$$N = Z - P$$

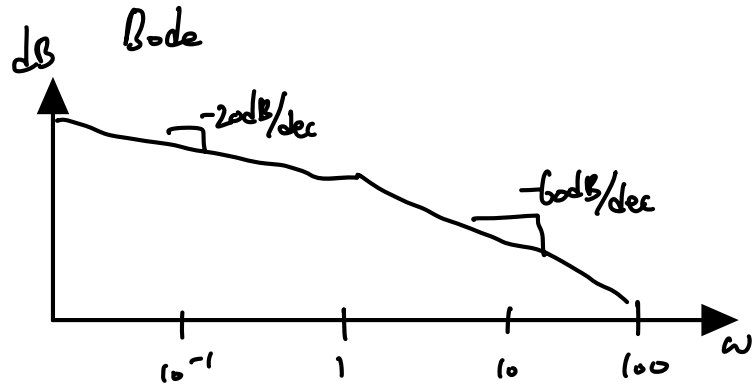
$N = KG(s)$ 가 -1을 시계방향으로 감싸는 횟수

$P = \text{OLTF } G(s)$ 가 가지는 RHP pole의 개수

$Z = \text{CLTF}$ 에 존재하는 RHP pole의 개수

Nyquist criterion

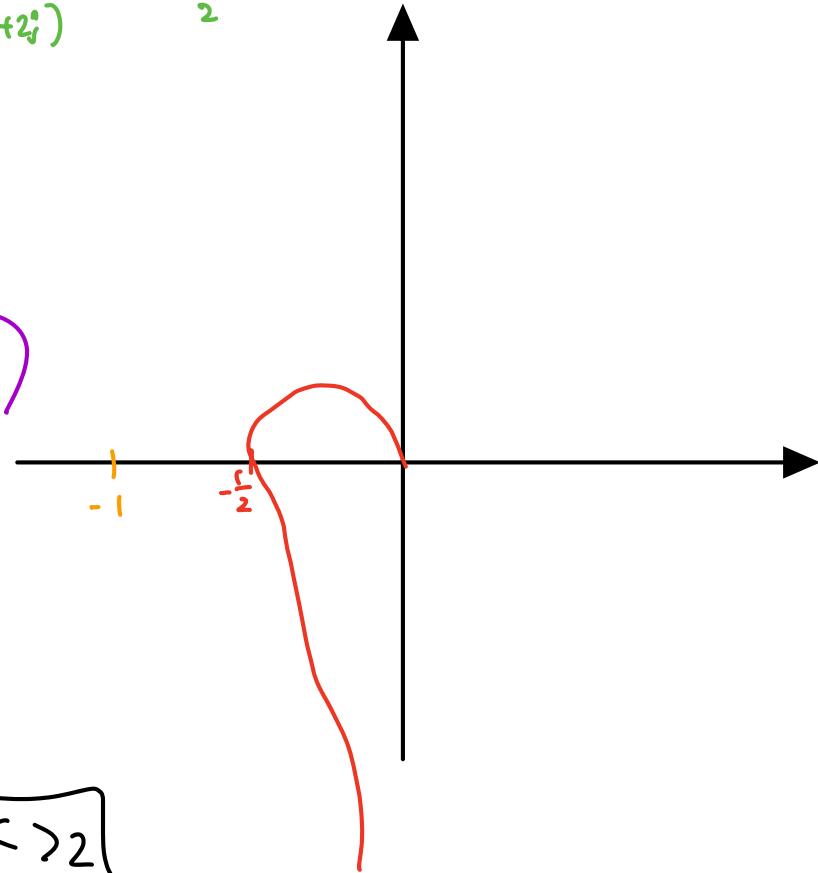
• $KG(s) = \frac{1}{s(s+1)^2}$ $\frac{1}{j(j+1)^2} = \frac{1}{j(1-j+2j^2)} = -\frac{1}{2}$



$N=0$

$P=0$

$Z=0$

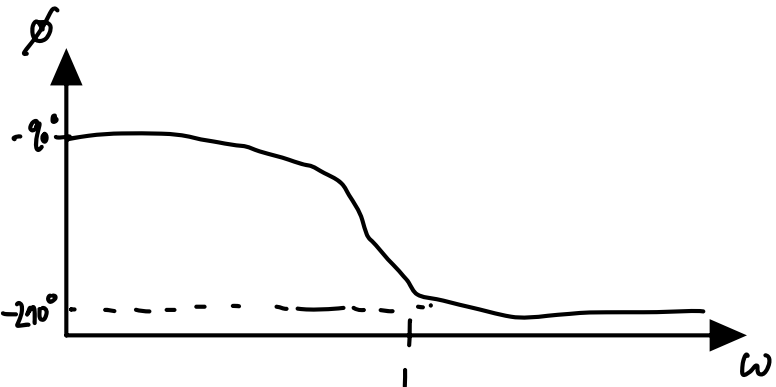


$K < 1$

$K=1$

$K < 2$

$K > 2$



Nyquist criterion

- 만약 K 가 변한다면?

- $K \times G(s)$

$$\frac{1 \angle G(s)}{1 + K G(s)} \quad \left(G(s) = -\frac{1}{K} \right)$$

- 특성방정식은 $G(s) = -1$ 이 아니라 $G(s) = -\frac{1}{K}$ 일 때 0이 된다.

Stability Margin

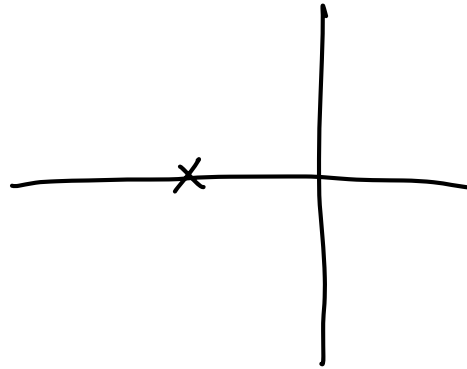
- System⁰ | Stable / Unstable
- 얼마나 Stable/Unstable한가?
- 얼마만큼의 여유가 있는가?

Gain Margin

- 불안정해질 때 까지 Magnitude가 증가할 수 있는 정도
- Bode plot에서 $\angle G(s) = 180^\circ$ 일 때 $|G(s)|$ 가 0dB에서 얼마나 밑으로 내려가 있는지.

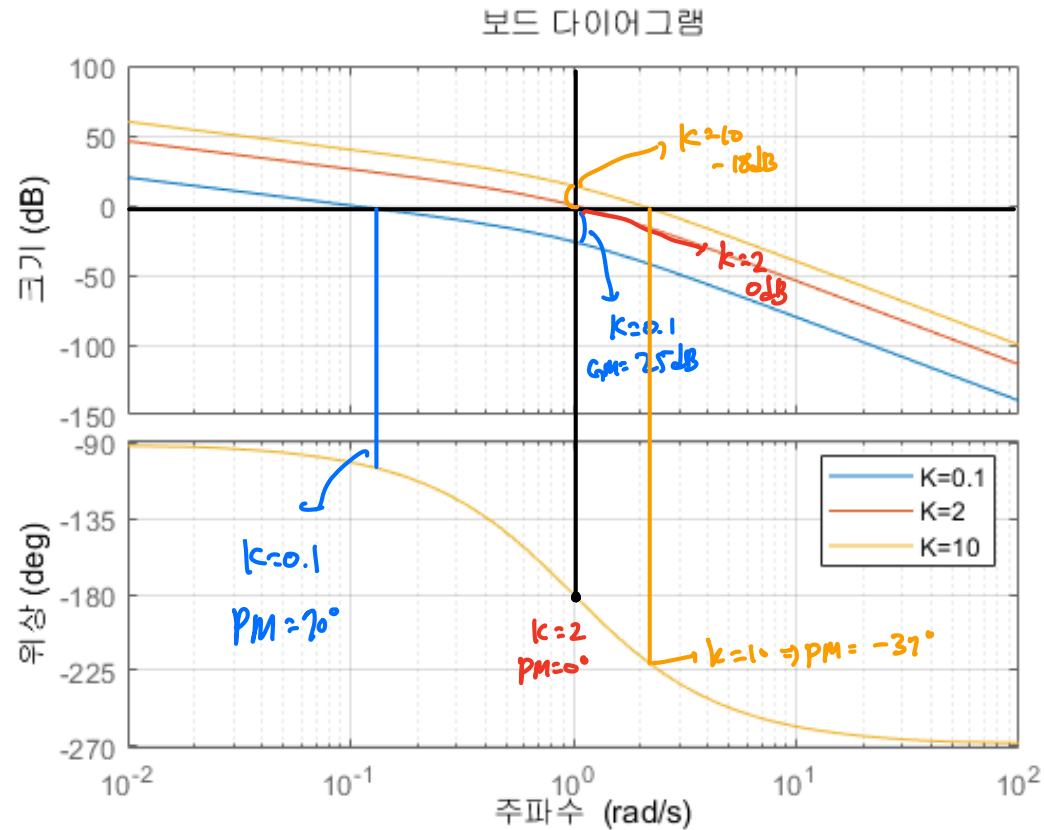
Phase Margin

- $|KG(j\omega)| = 1$ 인 순간에 $\angle G(j\omega)$ 가 -180° 에 얼마나 **덜** 갔는지
- -180° 를 넘으면 그 주위로 감겼다는 신호



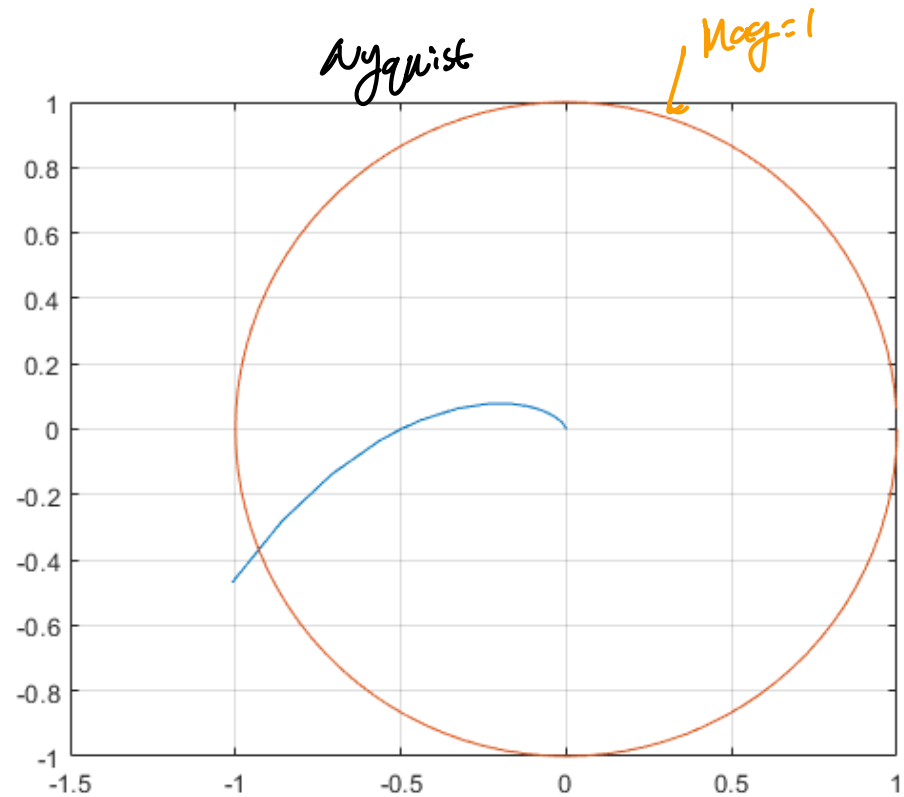
Phase Margin

- $G(s) = \frac{1}{s(s+1)^2}$



Phase Margin

- $G(s) = \frac{1}{s(s+1)^2}$



Phase Margin

```
clear all;
s = tf('s');
K = 1;
G = 1/s/(s+1)^2;
[re,im,wout] = nyquist(1/s/(s+1)^2);
for i=30:90
    r(i-29) = re(1,1,i);
    m(i-29) = im(1,1,i);
end
plot(r,m)
hold on
for i = 1:100
    x(i) = cos(2*pi/100*i);
    y(i) = sin(2*pi/100*i);
end
plot(x,y);
hold off
grid on
```

Phase Margin

- $$G(s) = \frac{85(s+1)(s^2+2s+43.25)}{s^2(s^2+2s+82)(s^2+2s+101)}$$

