
IT CookBook, 핵심이 보이는 제어공학

[연습문제 답안 이용 안내]

- 본 연습문제 답안의 저작권은 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 최고 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.

Chapter 10 연습문제 답안

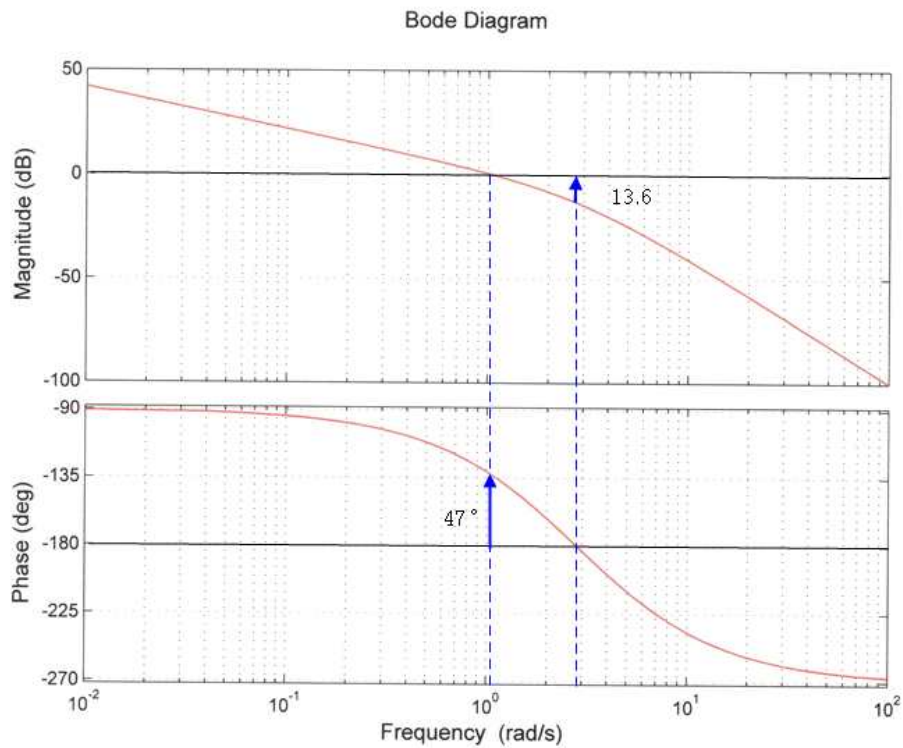
《객관식》

- 10.1 ☐ 나 10.2 ☐ 가 10.3 ☐ 가 10.4 ☐ 다 10.5 ☐ 가
10.6 ☐ 다 10.7 ☐ 나

《주관식》

- 10.8 (381쪽 참조)
10.9 (402쪽 10.2절 참조)
10.10 (402쪽 10.2절 참조)
10.11 (410쪽 10.3절 참조)
10.12 $G_M = 6.69[dB]$
 $\Phi_M = 29.3^\circ$
10.13 $K = 1.778$

10.14



시스템은 안정하고, 이득여유주파수, 이득여유, 위상여유주파수와 위상여유는 다음과 같다.

이득여유 $G_M = 13.6 [dB]$

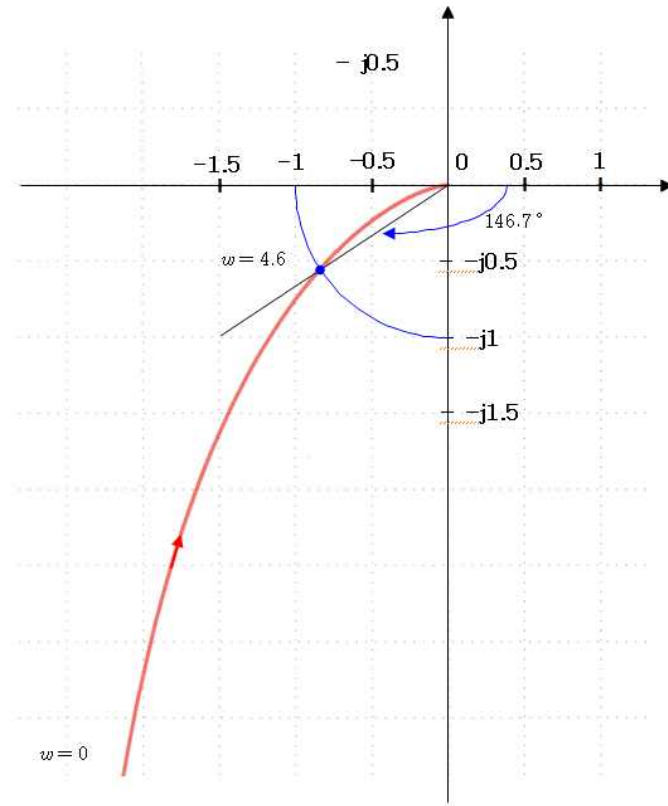
이득여유주파수 $\omega_{GM} = 2.8 [rad/sec]$

위상여유 $\Phi_M = 47.0^\circ$

위상여유주파수 $\omega_{\Phi M} = 1.1 [rad/sec]$

10.15

(a)



이득여유주파수

$$\omega_{GM} = \infty$$

이득여유

$$G_M = \infty$$

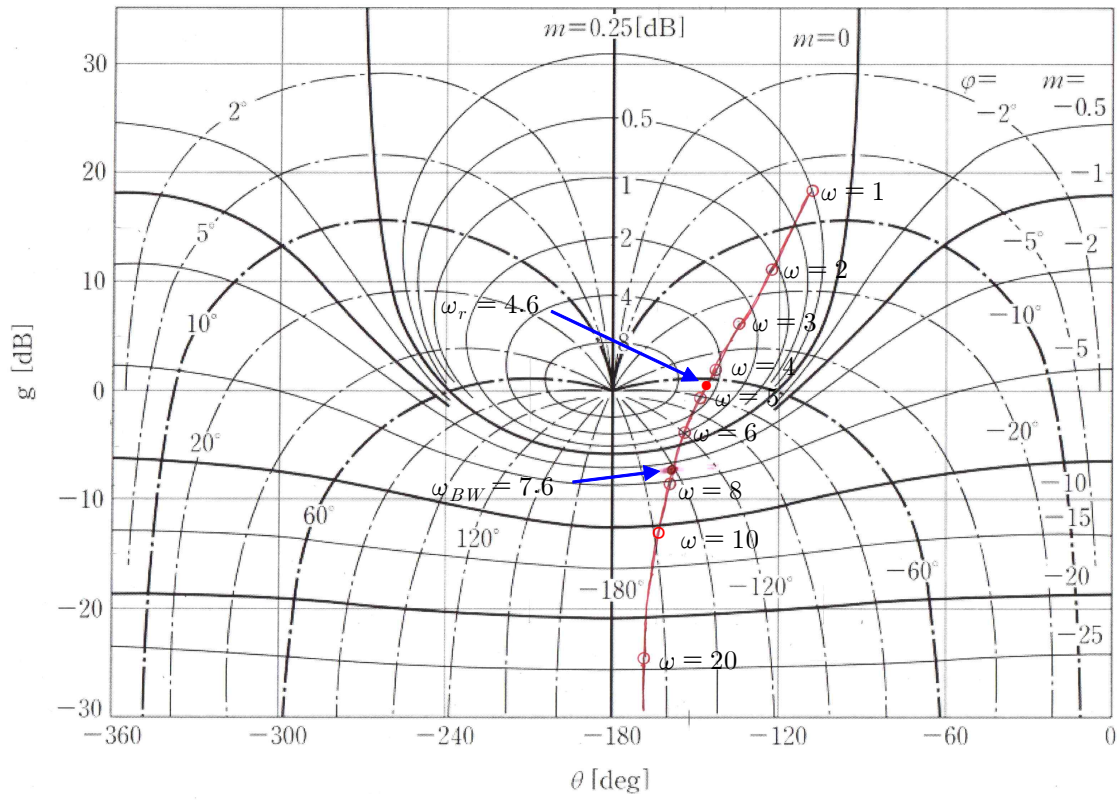
위상여유주파수

$$\omega_{\phi_M} = 4.6 [\text{rad/sec}]$$

위상여유

$$\Phi_M = 33.3^\circ$$

(b)



ω [rad/sec]	1	2	3	4	5	6	8	10	20
g [dB]	17.9	10.8	5.9	1.9	-1.3	-4.1	-8.7	-12.4	-24.2
θ [deg]	-108	-124	-135	-143	-149	-153	-159	-163	-172
m [dB]	-0.3	1.3	2.7	4.4	4.4	1.9	-5.3	-10.2	-23.6
ϕ [deg]	-7	-16	-29	-53	-90	-117	-148	-158	-171

첨두공진값 $M_p = 4.8 [dB]$

공진주파수 $\omega_r = 4.6 [rad/sec]$

대역폭 $\omega_{BW} = 7.6 [rad/sec]$

(c) 표준 2차제어시스템에서 구해진 첨두공진값 $M_p = 4.8[dB]$ 와 공진주파수 $\omega_r = 4.6[rad/sec]$ 에 의해 감쇠비와 고유주파수가 다음과 같이 구해진다.
(단, 여공식에 대입하기 위해 4.8[dB]로 표시된 첨두공진값을 크기 1.74로 환산해야 함.)

$$\zeta \simeq 0.3 \qquad \omega_n \simeq 5$$

주파수응답의 대역폭 $\omega_{BW} = 7.6[rad/sec]$ 을 가지고 시간응답들을 구하면 다음과 같이 된다.

$$\text{정정시간} \quad T_s \simeq 2.54[sec]$$

$$\text{상승시간} \quad T_r \simeq 0.3[sec]$$

$$\text{첨두값시간} \quad T_p \simeq 0.63[sec]$$

백분율 오버슈트는 427쪽 [표 10-6]의 위상여유와 백분율 오버슈트에서 구해보면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{백분율 오버슈트} \quad \%OS = 37.2[\%] \quad <--- \quad \text{위상여유} \quad \phi_M = 33.3^\circ$$

앞에서 주파수응답 사양들을 이용하여 구한 시간응답 사양들을, 주파수응답 사양에 의하여 구한 감쇠비와 고유주파수를 이용하여 다시 구하여 보면 아래와 같다.

$$\text{정정시간} \quad T_s \simeq \frac{4}{\zeta\omega_n} = \frac{4}{0.3 \times 5} \simeq 2.67[sec]$$

$$\text{상승시간} \quad T_r \simeq \frac{0.8 + 2.5\zeta}{\omega_n} = \frac{0.8 + 2.5 \times 0.3}{5} = 0.31[sec]$$

$$\text{첨두값시간} \quad T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}} = \frac{\pi}{5 \sqrt{1-0.3^2}} = 0.67[sec]$$

$$\begin{aligned} \text{백분율 오버슈트} \quad \%OS &= e^{-(\zeta\pi/\sqrt{1-\zeta^2})} \times 100 \\ &= e^{-(0.3\pi/\sqrt{1-0.3^2})} \times 100 = 37.2[\%] \end{aligned}$$

10.16

(a) 이득여유, 위상여유, 이득여유주파수, 위상여유주파수

ans =

Inf 33.2844 Inf 4.5698

(b)

resonant_peak =

4.8235

resonant_frequency =

4.6416

bandwidth =

7.5646

(c)

rise_time =

0.2600

peak_time =

0.6600

percent_overshoot =

37.2318

settling_time =

2.2400