したがって，基本波による①系統からの遅れの無効電力 $Q_{ac1}$ は，

$$Q_{ac1} = \sqrt{S_{ac1}{}^2 - P_{ac1}{}^2} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_1 I_d \sin\alpha_1 = 1.35 V_1 I_d \sin\alpha_1 \quad \cdots (答)$$

(5) 電力の方向が②系統→①系統の場合，電流 $I_d$ の極性は正，電圧 $V_{dc1}$ の極性は負，電圧 $V_{dc2}$ の極性は負である。

比例 積 微分

$K_P\left(1+\frac{1}{T_I s}+T_D s\right)$

微分時間

〔問４の標準解答〕

(1) $K_P$ は比例ゲイン，$T_I$ は積分時間。 ・・・ (答)

(2) 補償器 $C(s)$ の伝達関数を通分してから積の形に変換すると

P I D

$K_P\left(1+\frac{1}{T_I s}\right)$

$$C(s) = K_P \frac{1+T_I s}{T_I s} = K_P \frac{1}{T_I s} \cdot \boxed{\frac{1+T_I s}{1}}$$

であるから，これの周波数伝達関数は，

$f(t)$ $t$

$$C(j\omega) = \boxed{K_P \cdot \frac{1}{jT_I\omega}} \frac{1+jT_I\omega}{1}$$

となる。まず，定数 $K_P$ のゲイン特性は，

$$20\log_{10} K_P = 20\log_{10} 10 = 20\ \text{dB}$$

で一定値となる。また，周波数伝達関数 $\frac{1}{jT_I\omega}$ のゲイン特性は，勾配が $-20$ dB/dec の直線であって，ゲインが 0 dB となるときの角周波数 $\omega$ は，$\frac{1}{T_I} = \frac{1}{0.1} = 10$ rad/s と求められる。図 a に $K_P$ と $\frac{1}{jT_I\omega}$ のゲイン特性を示す。

$-20\log_{10}\omega T_I = 0$

$\omega T_I = 1$

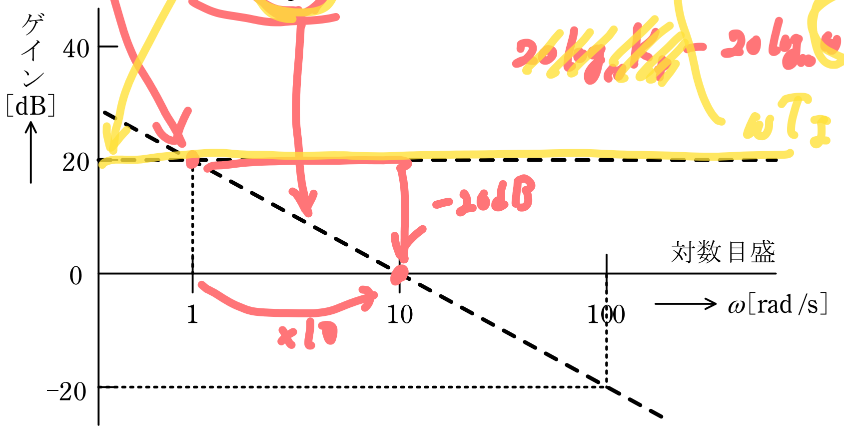


図 a

周波数伝達関数 $\dfrac{1+jT_I\omega}{1}$ については，$\omega=\dfrac{1}{T_I}=10$ rad/s が折れ点角周波数であり，$\omega<10$ の領域ではゲインは 0 dB，$\omega>10$ の領域では 20 dB/dec の勾配をもつ直線に近似できる（図 b を参照）。

$\frac{1+j\omega T}{1} \fallingdotseq 1$

$20\log_{10} 1 = 0$ dB

$\frac{1+j\omega T}{1} \fallingdotseq j\omega T$

$20\log_{10}|j\omega T|$

$= 20\log_{10}\omega T$

$= \boxed{20\log_{10}\omega} + 20\log_{10}T$

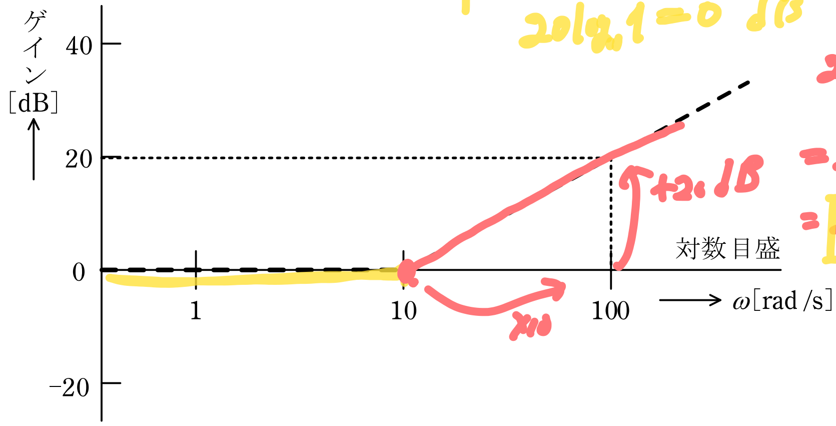


図 b

図 a と図 b のゲイン特性を図面上で加え合わせることで，補償器 $C(s)$ のゲイン特性は図 c のようになる。

−20 dB/dec

$j\omega T_2$ −20 dB/dec

$\frac{1+j\omega T_2}{1}$ +20 dB/dec

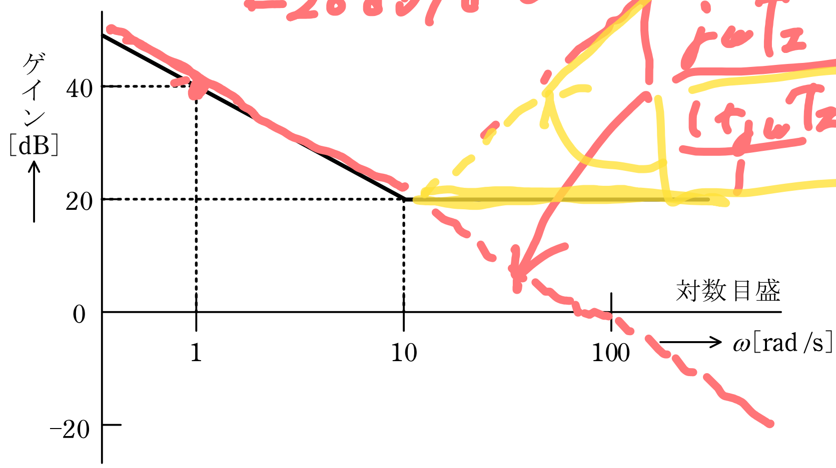


図 c

・・・（答）

(3) 図 1 において，$D(s)$ から $E(s)$ までの閉ループ伝達関数は，次のように計算される。

$$\frac{E(s)}{D(s)}=\frac{-G(s)}{1+C(s)G(s)}=\frac{-\dfrac{1}{4s+1}}{1+\dfrac{K_P(T_I s+1)}{T_I s(4s+1)}}=\frac{-T_I s}{4T_I s^2+T_I(K_P+1)s+K_P} \quad \cdots\cdots\cdots ①$$

・・・ (答)

$\fallingdotseq 4T_I$

(4) 小問 (3) で求めた閉ループ伝達関数①の分母多項式は，

$$s^2+\frac{K_P+1}{4}s+\frac{K_P}{4T_I} \quad \cdots\cdots\cdots ②$$

$s^2+2\omega_n\zeta s+\omega_n^2$

である。また，固有角周波数 $\omega_n=5$ rad/s， 減衰係数 $\zeta=0.7$ となる 2 次系の分母多項式は，

1次 $\dfrac{1}{1+Ts}$

$$s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2=s^2+7s+25 \quad \cdots\cdots\cdots ③$$

2次 $\dfrac{1}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$

となるので，②式と③式の係数を比較することで，

$K_P=27$， $T_I=0.27$ ・・・ (答)

と求められる。

(5) 図 1 のブロック線図より次の関係式が成り立つ。

$$\left\{[F(s)R(s)-Y(s)]C(s)+\frac{F(s)}{G(s)}R(s)\right\}G(s)=Y(s)$$

これを変形する。

$$\left[F(s)R(s)C(s)-Y(s)C(s)+\frac{F(s)}{G(s)}R(s)\right]G(s)=Y(s)$$

$$F(s)R(s)C(s)G(s)-Y(s)C(s)G(s)+F(s)R(s)=Y(s)$$

$$[F(s)+F(s)C(s)G(s)]R(s)=[1+C(s)G(s)]Y(s)$$

$$\therefore \frac{Y(s)}{R(s)}=F(s) \quad ・・・ \text{(答)}$$

すなわち，$G(s)$ 及び $C(s)$ の形によらず，$R(s)$ から $Y(s)$ までの目標値応答特性は $F(s)$ となる。

(6) 目標値応答特性は $F(s)$ で指定することができる。一方，外乱に対するフィードバック制御特性は $C(s)$ で指定できる。このように，二つの補償器 $F(s)$ と $C(s)$ を用いて，目標値応答特性とフィードバック制御特性を独立に指定できる特徴がある。