

制御工学 試験問題 (2014.1.30) 略解

出題 平田 光男

問 1.

- (1) $0 < \zeta < 1$ (2) ナイキスト線図 (3) 特性方程式 (4) 1次遅れ

問 2.

- (1) $G(s) = s/(s+5)^2$ (2) $A = \sqrt{10}/2$

コメント：(1) 入力 $u(t)$ と出力 $y(t)$ のラプラス変換 $U(s)$, $Y(s)$ を求めて $G(s) = Y(s)/U(s)$ から直ちに解が得られる。(2) $\omega = 5$ における $G(s)$ のゲイン $|G(j5)|$ を計算すればよい。

問 3.

- (1) 9 dB (2) $-120 - \alpha$ [度] (3) 15 度

コメント：(1) $\sqrt{2}$ 倍は約 3dB 増加を意味するのでゲイン余裕は 3dB 減る。従って、 $12 - 3 = 9$ dB。(2) 位相余裕が 60 度なので、 $\angle L(j\omega_c) = -120$ [度]。よって、 $\angle L(j\omega_c) = \angle P(j\omega) + \angle C(j\omega)$ から直ちに求まる。(3) まず $\omega = \omega_c$ におけるフィルタ $F(s)$ のゲインと位相を求める。すると $|F(j\omega_c)| = 1$, $\angle F(j\omega_c) = -45$ [度] となる。つまり、 $L(s)$ に $F(s)$ をかけても交差周波数は ω_c から変わらない。したがって、 ω_c における位相が、 $F(s)$ をかけたことによりどれだけ遅れるかを考えればよく、冒頭の計算結果から位相余裕は 45 度減少して 15 度となる。

問 4.

(1) $g \geq 9$

(2) $h = 5/2$

(3)
$$G_{yr} = \frac{10(gs + h)}{s^2 + 10(g+1)s + 10h}, \quad h = 10g$$

コメント：(1) 目標値から偏差までの伝達関数は $1/(1+PK)$ であるにもかかわらず、 $PK/(1+PK)$ としている解答が目立った。(2) 臨界制動は伝達関数の極が重根になる。閉ループ伝達関数の分母多項式は $s^2 + 10s + 10h$ なので、2 次方程式の解の判別式から得られる方程式 $D = 10^2 - 4 \cdot 1 \cdot 10h = 0$ から直ちに解を得る。(3) G_{yr} が 1 次遅れシステムになるには、極と零点が相殺される必要がある。零点は $s = -h/g$ なので、分母多項式 $d(s) = s^2 + 10(g+1)s + 10h$ が零点を因子に持てば良い。そこで、 $d(-h/g) = 0$ を解くと $h = 0, h = 10g$ を得るが、題意より $h > 0$ なので $h = 10g$ を得る。