

問題 6

I. 制御系について以下の問に答えよ。ただし、 t を時間、 s をラプラス変換の変数とし、関数 $f(t)$ のラプラス変換は、以下の式で定義されるものとする。

$$F(s) \equiv \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

(1) 次の関数をラプラス変換せよ。ただし、上の定義式に従い、導出過程を示すこと。

(1-i) $f_1(t) = 0 (t < 0), f_1(t) = 1 (t \geq 0)$

(1-ii) $f_2(t) = 0 (t < 0), f_2(t) = e^{-\alpha t} \cos(\beta t) (t \geq 0, \alpha, \beta \text{は正の実数})$

(1-iii) $f_3(t) = 0 (t < 0), f_3(t) = t^n (t \geq 0, n \text{は自然数})$

(2) 次の関数をラプラス逆変換せよ。

(2-i) $F_4(s) = \frac{1}{s^3}$

(2-ii) $F_5(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 3}$

(2-iii) $F_6(s) = \frac{1}{(s+2)^2(s+1)}$

(3) 以下の微分方程式で表されるシステムを考える。 $y(0) = 0$ であるとする。このとき、 $Y(s)$ を $U(s)$ を含む式で表せ。ただし、 $Y(s), U(s)$ は、それぞれ出力 $y(t)$, 入力 $u(t)$ をラプラス変換した関数である。

$$u(t) = \frac{d}{dt}y(t) + y(t)$$

(4) 問(3)で求めた結果から、 $G_2(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ とし、図1に示す系について、以下の問に答えよ。 $R(s), D(s)$ は、

それぞれ目標値 $r(t)$, 外乱 $d(t)$ をラプラス変換した関数である。

(4-i) 図1において、 $G_1(s) = K_1$ とする。ただし、 K_1 は正の実数とする。このとき、目標値 $R(s)$ から出力 $Y(s)$ への伝達関数と、外乱 $D(s)$ から出力 $Y(s)$ への伝達関数をそれぞれ求めよ。

(4-ii) 問(4-i)において、 $d(t)$ を 0 とし、 $r(t)$ を単位ステップ関数としたときの定常偏差を求めよ。

(4-iii) 図1において、 $G_1(s) = K_1 + \frac{K_2}{s}$ とする。ただし、 K_1, K_2 は正の実数とする。 $d(t)$ を 0 とし、 $r(t)$ を単位ステップ関数としたときの定常偏差を求めよ。

(4-iv) 問(4-iii)において、 $K_2 = 1$ とする。このとき、図1の系の単位ステップ応答が、減衰振動、臨界制動、過制動となる K_1 の条件を求めよ。また、 K_1 の値を正の非常に小さい値から増加させたときの、 $R(s)$ から $Y(s)$ への伝達関数の極の軌跡を図示し、極の位置とステップ応答の関係について簡潔に説明せよ。

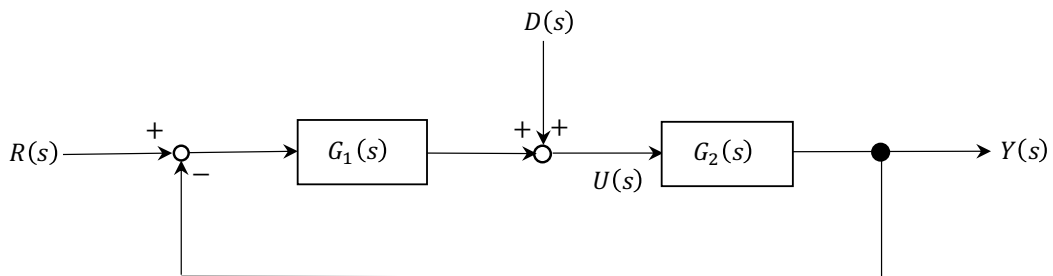


図 1

II. 交流回路について以下の問に答えよ。ただし、本問においては、送電線路を含めて負荷と考える。

- (1) 図2に示す対称三相三線式送電において、三相全体で送電される有効電力 P を、送電側の線間電圧 V 、線電流 I 、負荷力率 $\cos \varphi$ を用いて表せ。ただし、 V 、 I は実効値（実数）であるものとする。
- (2) 問(1)において、送電線一線路当たりの熱損失を W とし、線路損失率を $\frac{3W}{P}$ と表したとき、送電効率 $\mu = 1 - \frac{3W}{P}$ を送電線一線路当たりの抵抗 R_{3p} および P 、 V 、 $\cos \varphi$ を用いて表せ。
- (3) いま、図2に示す対称三相三線式送電と図3に示す単相二線式送電において、同じ有効電力 P を送るものとする。両送電方式における線間電圧 V 、送電線の抵抗率 ρ 、長さ l 、負荷力率 $\cos \varphi$ 、送電線一線路当たりの熱損失 W は等しいものとする。また、図3の送電線一線路当たりの抵抗を R_{sp} とする。このとき、それぞれの送電に必要な電線の総断面積 S を、 V 、 P 、 ρ 、 l 、 $\cos \varphi$ 、 W によって表せ。また、上の計算結果から、両者の比較についてわかることを簡潔に説明せよ。

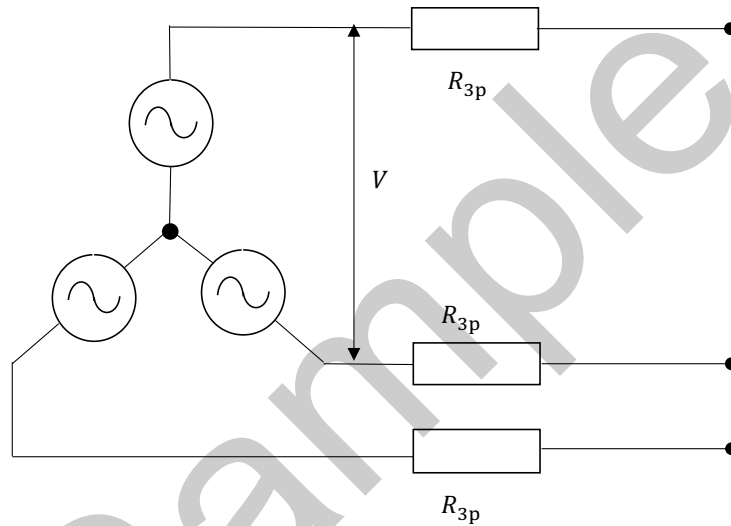


図2

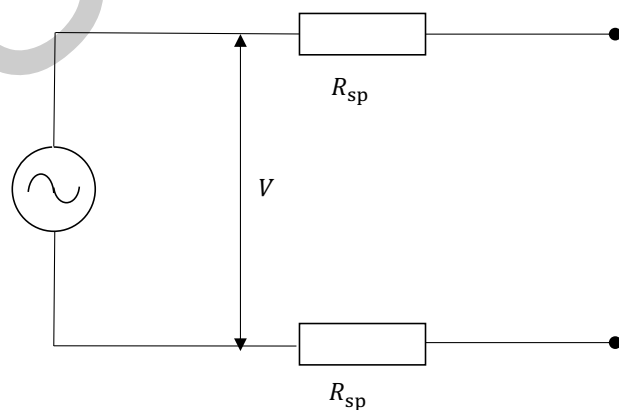


図3