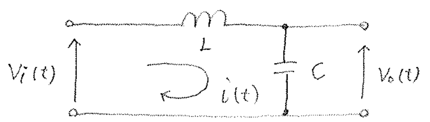
3.



$V_o(t) = \frac{1}{C}\int i(t)\,dt$

$V_i(t) = V_o(t) + L\frac{di(t)}{dt}$

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} q \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} q \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

$\frac{dq}{dt} = i$ より $a_{11} = 0,\ a_{12} = 1$

また $V_o(t)$ の式を $V_i(t)$ の式に代入すると $V_i(t) = \frac{1}{C}\int i(t)\,dt + L\frac{di(t)}{dt}$

∴ $V_i(t) = \frac{q}{C} + L\frac{di(t)}{dt}$ となるので $\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L}V_i(t) - \frac{q}{CL}$ より

$a_{21} = -\frac{1}{CL},\ a_{22} = 0.\ b_1 = 0,\ b_2 = \frac{1}{L}V_i$

∴ $\frac{d}{dt}x = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{LC} & 0 \end{bmatrix}x + u\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix},\quad z = \begin{bmatrix} \frac{1}{C} \\ 0 \end{bmatrix}x$ //

4. $Z(s) = \frac{I}{Cs},\quad U(s) = \frac{I}{Cs} + LsI$ より

$$G_c(s) = \frac{Z(s)}{U(s)} = \frac{\frac{I}{Cs}}{\frac{I}{Cs} + LsI} = \frac{1}{LCs^2+1}$$ //

5. $r = 0$ とすると

$$\frac{y}{d} = -\frac{1}{s^2+as+K+F} = -\frac{1}{s^2+as+K_p\frac{1}{LCs^2+1}+K_ds} = -\frac{LCs^2+1}{(s^2+as)(LCs^2+1)+K_p+K_ds(LCs^2+1)}$$

$$= -\frac{LCs^2+1}{LCs^4+(aLC+K_dLC)s^3+s^2+(a+K_d)s+K_p}$$

$$E = r - y = -\frac{y}{d}\cdot d$$

$$= \frac{LCs^2+1}{LCs^4+LC(a+K_d)s^3+s^2+(a+K_d)s+K_p}\cdot d$$

定常偏差 $e(\infty)$ は

$$e(\infty) = \lim_{s\to 0} sE = \lim_{s\to 0} s\cdot\frac{LCs^2+1}{LCs^4+LC(a+K_d)s^3+s^2+(a+K_d)s+K_p}\cdot\frac{\omega_f}{s^2+\omega_f^2}$$

$e(\infty) = 0$ となるので 分子の最小の s の次数が分母のそれより大きくならなくてはいけないので

$$s^2+\omega_f^2 = s^2+\frac{1}{LC}$$

∴ $\omega_f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ //