Übungsaufgaben zur Vorlesung Regelungssysteme – Sommersemester 2021

Lösung zur Übung 1: Einführung und Modellierung

Prof. Dr. Philipp Rostalski
Institut für Medizinische Elektrotechnik
Universität zu Lübeck

L 1.1: Blockdiagramme ([FrPE10] Aufg. 1.1)

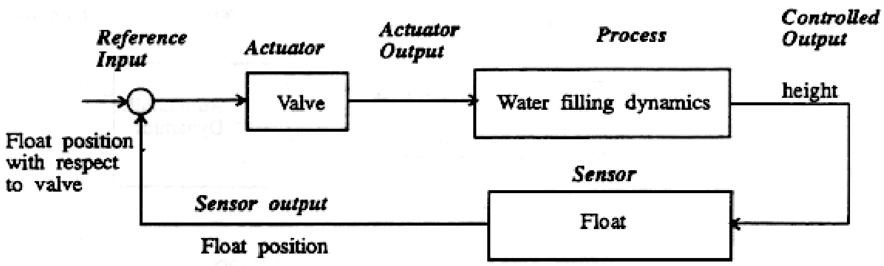
a. 

Abbildung 1 (zu L 1.1): Blockdiagramm einer Füllstandregelung

b. Die Regelgrösse des Brutkastens ist die Temperatur im Inneren der Brutkammer. Die Solltemperatur kann durch die Länge des Steuerstabes eingestellt werden. Das sich ergebende Blockdiagramm ist in Abb. 2 dargestellt.

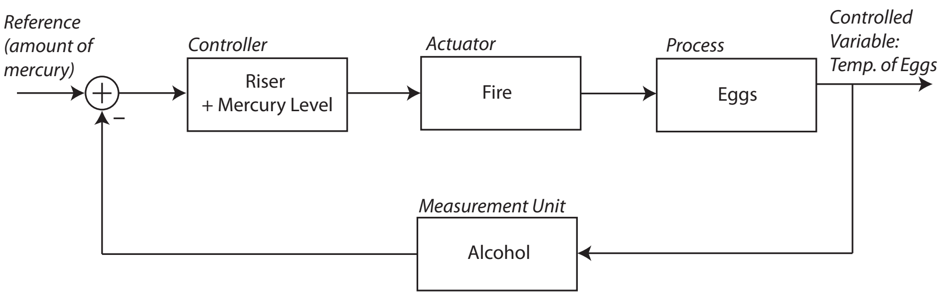


Abbildung 2 (zu L 1.1): Blockdiagramm für Drebbel's Brutkasten

L 1.2: Bandgeschwindigkeit ([Lunz96] Aufg. 2.4)

Zu jedem Zeitpunkt gilt für die Geschwindigkeit v des Bandes vor dem Kopf $v = R\omega$. Da R davon abhängt, wieweit das Band bereits abgespielt wurde, muss ω entsprechend angepasst werden, damit v konstant bleibt. Dies könnte durch eine Steuerung geschehen, hätte jedoch den Nachteil, dass weder schwankende Banddicken noch unterschiedlich dicke Spulenkerne berücksichtigt werden könnten.

L 1.3: Fahrzeug am Hang

a) Das nichtlineare Modell des Fahrzeuges am Hang ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht

$$m\ddot{x} = F - F_d - mg\sin(\alpha). \tag{1}$$

Durch Einsetzen von F_d erhält man

$$m\ddot{x} = F - c_d|\dot{x}|\dot{x} - mg\sin(\alpha). \tag{2}$$

b) Das Gleichgewicht errechnet sich durch Einsetzen der Gleichgewichtsbedingungen

$$0 = F_0 - c_d\dot{x}_0^2 - mg\sin(\alpha_0). \tag{3}$$

Daraus folgt

$$F_0 = c_d\dot{x}_0^2 + mg\sin(\alpha_0). \tag{4}$$

c) Zunächst lässt sich das System mit den vorgeschlagenen Zuständen folgendermaßen darstellen

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \frac{1}{m}\left(F - c_d|\dot{x}|\dot{x}\right) - g\sin(\alpha) \end{bmatrix} = f(x, \dot{x}). \tag{5}$$

Durch Berechnung von $A = \frac{\partial f}{\partial x^T}\Big|_{\substack{x=x_0\\u=u_0}}$ und $B = \frac{\partial f}{\partial u^T}\Big|_{\substack{x=x_0\\u=u_0}}$, wobei x_0 und u_0 die Gleichgewichtszustände und -eingänge darstellen, erhält man

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -2c_d/m \cdot \dot{x}_0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/m \end{bmatrix}. \tag{6}$$

Beachten Sie, dass der Sinusterm entfällt, da dieser weder von dem Eingang noch den Zuständen abhängt.

d) Um den Winkel zu berücksichtigen, muss man diesen im Prinzip als Eingang auffassen:

$$E = \frac{\partial f}{\partial \alpha^T}\Bigg|_{\substack{x=x_0\\u=u_0\\\alpha=\alpha_0}} = \begin{bmatrix} 0 \\ -g\cos(\alpha_0) \end{bmatrix}. \tag{7}$$