MRT+A

Thierry Prud'homme
thierry.prudhomme@hslu.ch

Aufgabenliste: **#8** Themen: **Diskreter Frequenzgang, Diskrete Systeme mit Totzeit, Smith-Predictor**

[Aufgabe 1] (*Bode-Diagramm*) Ein System kann mit der folgenden Übertragungsfunktion modelliert werden:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s+1}$$

1. Berechnen Sie $20 \log |G(j\omega)|$ und $\arg G(j\omega)$ und zeichnen Sie das Bode-Diagramm mit Matlab für $\omega \in [0.1, 1000]$ (rad/s)
2. Dieses System, ein DA-Umsetzer (zero-order hold) und ein AD-Umsetzer bilden das erweiterte System. Die Abtastzeit ist $T = 0.05$ (s). Leiten Sie die z-Übetragungsfunktion des erweiterten Systems $H(z)$.
3. z wird durch $e^{j\omega T}$ ersetzt um den Freqenzgang von $H(z)$ zu analysieren. Berechnen Sie $20 \log |H(e^{j\omega T})|$ und $\arg H(e^{j\omega T})$ und zeichnen Sie das Bode-Diagramm mit Matlab für $\omega \in [0.1, 1000]$ (rad/s). Zeichnen Sie dieses Bode-Diagramm und das Bode-Diagramm vom Punkt 1 im gleichen Plot.
4. Zeichen Sie noch im gleichen Plot das Bode-Diagramm des folgenden Systems:
$$G_1(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = e^{-\frac{T}{2}s} \frac{1}{s+1}$$
5. Vergleichen Sie diese Bode-Diagramme für $\omega \in [0.1, \omega_N]$ womit $\omega_N = \frac{\pi}{T}$ die Nyquit Frequenz ist. Welche Schlussfolgerungen können Sie aus diesem Vergleich ziehen?

[Aufgabe 2] (*Diskrete Zustandsraumdarstellung*) Ein System kann wie folgt modelliert werden:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t) \end{aligned}$$

1. Leiten Sie die Übertragungsfuktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$.
2. Dieses System wird mit einem digitalen Regler geregelt. Wählen Sie eine vernünftige Abtastzeit für dieses System.
3. Leiten Sie die diskrete Zustandsraumdartellung für das erweitere System her.
4. Leiten Sie aus dieser diskreten Zustandsraumdarstellung die z-Übertragungsfunktion $H(z) = \frac{Y(z)}{U(z)}$.
5. Leiten Sie die gleiche z-Übertragungsfunktion $H(z)$ aus $G(s)$ her.

[Aufgabe 3] (*Gebläse - Totzeit*) In dieser Übung wird versucht das System vom Bild 1 zu regeln. Ein Lüfter läuft auf einer konstanten Drehzahl. Aus diesem Grund kann man die Hypothese machen dass der Luftstrom konstant ist. Die Luft wird von einem elektrischen Widerstand an einer bestimmten Stellen des Gebläses geheizt und die Lufttemperatur wird an einer anderen Stelle gemessen. Die Heizleistung ist die Steuergrösse (Eingang) $u(t)$ und die erwähnte gemessene Temperatur ist die Ausgangsgrösse die man versucht sauber zu regeln.

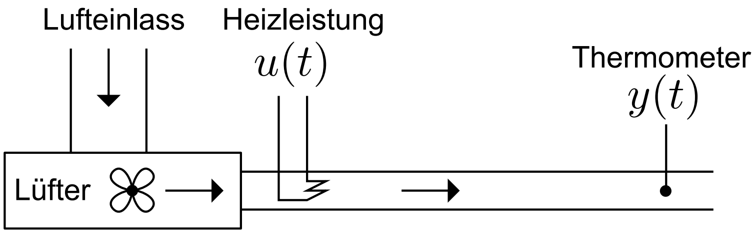

Abbildung 1: Gebläse

Man macht die Hypothese dass die Regelstrecke mit dem folgenden Modell beschrieben werden kann:

$$G(s) = \frac{\Delta Y(s)}{\Delta U(s)} = e^{-rs} \frac{K}{(s+s_1)(s+s_2)} \tag{1}$$

mit $K = 2$, $r = 0.4$ [s] $s_1 = 0.3$ [1/s] und $s_2 = 3$ [1/s].

1. Wie können Sie die Totzeit im Modell erklären?
2. Studieren Sie die Funktion `pade` von Matlab. Approximieren Sie die Totzeit e^{rs} mit der Padé Approximation 1. Ordnung. Leiten Sie aus dieser Approximierung die neue Laplace Übetragungsfunktion $G_{ap,1}$ des approximierten Streckenmodelles her. Machen Sie das gleiche mit der Padé Approximation 5. Ordnung und leiten Sie eine zweite Laplace Übetragungsfunktion $G_{ap,5}$ des approximierten Streckenmodelles her.
3. Programmieren Sie die 3 Laplace-Übertragungsfunktionen $G(s)$, $G_{ap,1}(s)$ und $G_{ap,5}(s)$ mit Matlab (`tf` funktion). Simulieren Sie und Vergleichen Sie die Sprungantworte von diesen 3 Systemen.
4. Schlagen Sie für dieses System eine vernünftige Abtastzeit vor.

5. Ein Regler wird digital implementiert. Zeichnen Sie das Blockschaltbild des Regelkreises.
6. Leiten Sie die z-Übertragungsfunktion des erweiterten Systems her, zuerst Manual und dann mit der Matlab funktion `c2d`. Vergleichen Sie die Ergebnisse.
7. Wir versuchen jetzt einen analogen PID Regler zu entwerfen. Wir werden Ihn später diskretisieren. Versuchen Sie mit dem SISOTool vom Matlab einen vernünftigen Regler zu entwerfen. Beobachten Sie die Sprungantwort, Nyquist-Diagramm, Bode-Diagramm und Steueurgrösse.
8. Diskretisieren Sie den Regler mit der Trapezrel. Simulieren Sie mit Simulink den Regelkreis (mit dem ursprünglichen System ohne Approximation und mit dem dikretisierten Regler).
9. Versuchen Sie jetzt verschiedene Abtastzeiten und beobachten Sie den Einfluss auf die Sprungantworte, Nyquist-Diagramm, Bode-Diagramm, usw.
10. Jetzt wird versucht einen Smith-Predictor zu entwerfen. Das Prinzip des Smith-Predictors ist im Bild 2 zu sehen.

$$H(z) = z^{-d}H'(z)$$

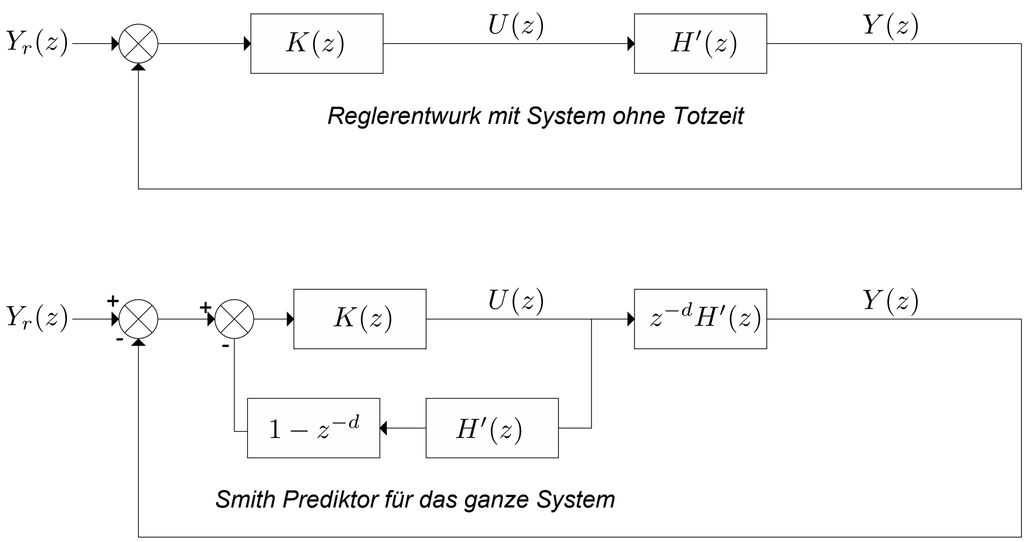

Abbildung 2: Smith-Predictor Prinzip

Leiten Sie die Übertragungsfunktion $\frac{Y(z)}{Y_r(z)}$ her wenn das System mit einem Smith-Predictor geregelt wird.

11. In einem ersten Schritt wird einen guten Regler mit SISOTool für das System ohne Totzeit entwickelt. Simulieren Sie mit Simulink das Verhalten des geregelten Systems mit disem neuen Regler (mit und ohne die Totzeit).
12. Fügen Sie einen Smith Predictor im Simulink Diagramm, und Simulieren Sie das Verhalten des geregelten Systems für das System mit Totzeit mit und ohne Smith Predictor.