

## 2.3 Zusatzaufgaben

2.3.1 Reglerentwurf - Einfluss der Abtastzeit  $T_a$ 

Gegeben ist die Streckenübertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{1.5}{1 + 2 \cdot 0.9 \cdot (s/2) + (s/2)^2} \quad (2.13)$$

$$V = 1,5$$

$$\omega_c = 1,25 \text{ Hz}$$

$$\gamma = 0,9$$

$$T = 0,5$$

Aufgabe 2.8. Entwerfen Sie für das System (2.13) einen PI-Regler

$$R_1(s) = \frac{V_I(1 + sT_I)}{s} \quad (2.14)$$

mithilfe des Frequenzkennlinienverfahrens in MATLAB so, dass der geschlossene Regelkreis folgende Spezifikationen erfüllt:

bleibende Regelabweichung	$e_\infty _{r(t)=\sigma(t)} = 0$
Anstiegszeit	$t_r = 1.2 \text{ s}$
Überschwingen	$\ddot{u} \leq 10 \%$

Testen Sie in MATLAB, ob die Spezifikationen erfüllt werden.

**Hinweis:** Mithilfe des MATLAB-Befehls `step` können Sie direkt die Sprungantwort einer Übertragungsfunktion darstellen.

Da Regler heutzutage überwiegend auf Digitalrechnern implementiert werden, ist es notwendig, den Entwurf für die entsprechend abgetastete Strecke  $G(z)$  durchzuführen. Dabei soll in weiterer Folge die Bedeutung der Wahl der Abtastzeit  $T_a$  untersucht werden.

1. Bestimmen Sie entsprechend den Vorgaben aus dem Skriptum Automatisierung [2.1] eine geeignete Abtastzeit  $T_a$  für das System (2.13). Hierbei soll die Abtastzeit  $T_a$  so gewählt werden, dass einerseits die dynamischen Vorgänge hinreichend gut erfasst werden und andererseits diese jedoch (im Hinblick auf eine Echtzeit-Implementierung) nicht unnötig klein ist.
2. Bestimmen Sie für die ermittelte Abtastzeit  $T_a$  die zu  $G(s)$  gehörende  $q$ -Übertragungsfunktion  $G^\#(q)$  in MATLAB und entwerfen Sie mithilfe des Frequenzkennlinienverfahrens einen Regler  $R_2^\#(q)$  im  $q$ -Bereich so, dass der geschlossene Regelkreis die Spezifikationen erfüllt.

Implementieren Sie den kontinuierlich entworfenen Regler  $R_1(s)$  und den im  $q$ -Bereich entworfenen Regler  $R_2^\#(q)$  als Abtastsysteme an der abgetasteten Strecke  $G(z)$ . Stellen Sie die Sprungantwort der beiden geschlossenen Regelkreise mithilfe des MATLAB-Befehls `step` dar.

Erläutern Sie das Ergebnis. Welchen Einfluss hat in diesem Zusammenhang die Wahl der Abtastzeit  $T_a$  auf den geschlossenen Regelkreis, bei dem der Regler kontinuierlich entworfen aber als Abtastsystem implementiert wurde? Untersuchen Sie, wie  $T_a$  zu wählen ist, damit in diesem Fall trotzdem die Anforderung in Bezug auf das Überschwingen erfüllt wird.

**Hinweis:** Verwenden Sie gegebenenfalls den MATLAB-Befehl `feedback` zur Berechnung der Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises.

### 2.3.2 Lead-Lag-Reglerentwurf

Gegeben ist die Streckenübertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{7(1 + \frac{s}{5})}{s(1 + 2 \cdot 0.8 \cdot \frac{s}{4.2} + (\frac{s}{4.2})^2)} . \quad (2.15)$$

*Aufgabe 2.9.* Entwerfen Sie einen Lead-Lag-Regler

$$R(s) = V R_{Lead}(s) R_{Lag}(s) , \quad (2.16)$$

wobei

$$\begin{aligned} R_{Lead}(s) &= \frac{1 + sT_{Lead}}{1 + s\eta_{Lead}T_{Lead}} & 0 < \eta_{Lead} < 1 \\ R_{Lag}(s) &= \frac{1 + sT_{Lag}}{1 + s\eta_{Lag}T_{Lag}} & \eta_{Lag} > 1 , \end{aligned}$$

mithilfe des Frequenzkennlinienverfahrens in MATLAB/SIMULINK so, dass der geschlossene Regelkreis folgende Spezifikationen erfüllt:

$$\begin{aligned} \text{bleibende Regelabweichung } e_{\infty}|_{r(t)=t} &= 5\% \\ \text{Anstiegszeit } t_r &= 0.15 \text{ s} \\ \text{Überschwingen } \ddot{u} &= 15\% \end{aligned}$$

Testen Sie in MATLAB/SIMULINK, ob die Spezifikationen erfüllt werden. Begründen Sie, warum in diesem Fall die Wahl eines Lead-Lag-Reglers sinnvoll ist. Zeichnen Sie dazu die Bode-Diagramme der Strecke, des Reglers, des offenen und des geschlossenen Kreises.