

## Vortragsübung 3 - Robuste Regelung

**V1)** a) Berechnen Sie die  $\mathcal{L}_2$ -Norm des Signals

$$y(t) = \begin{cases} t^{-0.25} - 1 & \text{für } 0 \leq t \leq 1 \\ 0 & \text{für } 1 < t. \end{cases}$$

b) Bestimmen Sie die  $\mathcal{H}_\infty$ -Norm des Systems

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x.$$

c) Zeigen Sie für zwei MIMO-Systeme  $G_1$  und  $G_2$ , dass im Allgemeinen

$$\|G_1 G_2\|_\infty \neq \|G_2 G_1\|_\infty.$$

**V2)** Bestimmen Sie zu den folgenden zwei Regelkreisen die  $M$ - $\Delta$ -Struktur.

a) Zwei verkoppelte Systeme SISO-Systeme  $G_1$  und  $G_2$  mit inversen additiven Unsicherheiten  $\Delta_1$  und  $\Delta_2$  wie in Abbildung 1 dargestellt.

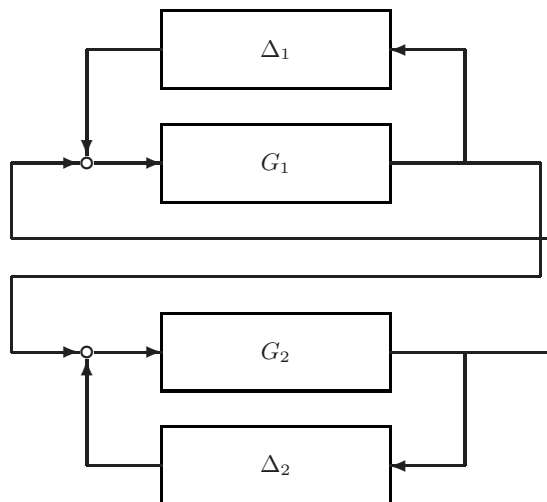


Abbildung 1: Unsicherer Regelkreis 1.

b) Kaskadenregelkreis mit invers additiver Unsicherheit  $\Delta$  über dem inneren und äußeren Kreis wie in Abbildung 2 visualisiert.

**V3)** Betrachten Sie den in Abbildung 3 dargestellten Standard-Regelkreis.

Hierbei ist die Messung, die der Regler empfängt, um eine Zeiteinheit verzögert. Diese Zeitverzögerung soll als Unsicherheit modelliert werden.

a) Erweitern Sie den Regelkreis mit einer geeigneten unstrukturierten Unsicherheit  $\Delta$ , so dass bei der Wahl  $\Delta = (e^{-\theta s} - 1)I$  die Verzögerung modelliert wird.

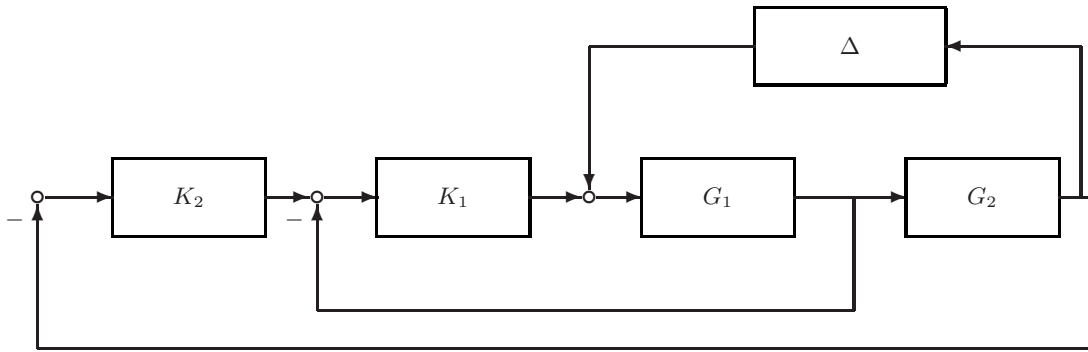


Abbildung 2: Unsicherer Regelkreis 2.

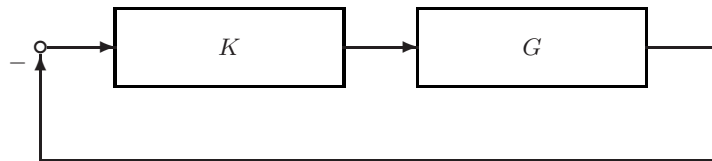


Abbildung 3: Standardregelkreis.

- b) Skalieren Sie  $\Delta$  mit  $\Delta = W\bar{\Delta}$ , so dass  $\|\bar{\Delta}\|_\infty < 1$ . Benutzen Sie Matlab, um eine geeignete Gewichtsfunktion  $W$  zu finden.

**V4)** Betrachten Sie einen Standard-Regelkreis (Abbildung 3) mit dem nominellen System

$$G(s) = \frac{2(1 - 3s)}{(10s + 1)(8s + 1)} \quad (1)$$

und dem PI-Regler

$$K(s) = \frac{11.37s + 0.6421}{17.7s}. \quad (2)$$

- a) Ist der nominelle Kreis stabil? Welche verschiedenen Ansätze gibt es, um die Stabilität zu untersuchen?
- b) Im Folgenden wird eine multiplikative Unsicherheit  $\Delta_M(s)$  mit  $\bar{\sigma}(\Delta_M(j\omega)) \leq l_M(\omega)$  betrachtet. Die Funktion  $l_M(\omega)$  ist gegeben mit:

$$l_M(\omega) = \begin{cases} -20[dB] & \omega \leq 10^{-2}[\frac{rad}{s}] \\ \text{straight line between the vertices} & 10^{-2}[\frac{rad}{s}] < \omega < 0.3[\frac{rad}{s}] \\ 13[dB] & \omega \geq 0.3[\frac{rad}{s}] \end{cases} \quad (3)$$

Ist der geschlossene Kreis robust stabil? Tipp: Betrachten Sie das Bode-Diagramm.

- c) Wenn der Regler den geschlossenen Kreis nicht robust stabilisiert, ändern Sie die Parameter des PI-Reglers, so dass der geschlossene Kreis robust stabil wird.