

## Regelungs- und Systemtechnik 3 - Übung 7

Sommer 2013

### Aufgabe :

In dieser Übung beschäftigen wir uns mit der Regelung eines Viertelfahrzeugs. Dabei sei folgender schematischer Aufbau gegeben:

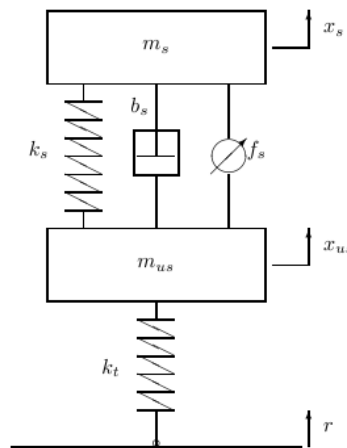


Abbildung 1: Schematischer Aufbau Viertelfahrzeug

Das Viertelfahrzeug besteht aus der Karosseriemasse  $m_s$ , der Radmasse  $m_{us}$ , der Feder  $k_s$ , dem (passiven) Dämpfer  $b_s$ , der die Fahrzeugkabine gegenüber der dem Rad abfedert, während die Feder  $k_t$  die Kompressibilität des Reifens modelliert. Die Größen  $x_s$ ,  $x_{us}$ ,  $r$  bezeichnen die Auslenkung der Fahrgastzelle, die Auslenkung des Rades und die Störung, die von der Straße auf das Fahrzeug wirkt. Die Kraft  $f_s$ , die zwischen Rad und Chassis variabel vorgebar ist, ermöglicht einen aktiven Einfluss auf die Kopplung zwischen Karosseriemasse  $m_s$  und Radmasse  $m_{us}$  des Fahrzeugs.

Die Modellgleichungen für den Aufbau ergeben sich dann zu

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{1}{m_s} [k_s(x_1 - x_3) + b_s(x_2 - x_4) - f_s] \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= \frac{1}{m_{us}} [k_s(x_1 - x_3) + b_s(x_2 - x_4) - k_t(x_3 - r) - f_s]\end{aligned}$$

wobei  $x_1 := x_s$ ,  $x_2 := \dot{x}_s$ ,  $x_3 := x_{us}$ ,  $x_4 := \dot{x}_{us}$ . Das zugehörige Zustandsraummodell hat als Eingänge dann die Störung  $r$  sowie die Kraft  $f_s$ , und als Ausgänge die Chassisauslenkung  $x_1$ , deren Beschleunigung  $\dot{x}_2$  und die Einfederung  $x_1 - x_3$ .

Regelungsziele sind

- maximaler Fahrkomfort, also eine möglichst geringe Chassisauslenkung  $x_1$ .
- eine möglichst geringe Einfederung  $x_1 - x_3$ , damit die Federung nicht übermäßig beansprucht wird.

Beide Regelungsziele sind konkurrierend, da eine möglichst geringe Einfederung bei starkem Störprofil der Straße eine starke Beeinträchtigung des Fahrkomforts zur Folge hat und umgekehrt.

Im Folgenden sollen nun zwei  $\mathcal{H}_\infty$ -Entwürfe durchgeführt werden. Im Fall 1 wird ein  $\mathcal{H}_\infty$ -Regler entworfen mit dem Ziel maximaler Fahrkomfort entworfen. Im Fall 2 möchte man eine möglichst geringe Einfederung erreichen und wirft dementsprechend einen  $\mathcal{H}_\infty$ -Regler.

Dazu werden weitere Eigenschaften in Form von Wichtungsfunktionen zum Modell hinzugefügt, um den  $\mathcal{H}_\infty$ -Entwurf zu verbessern. Wir betrachten ab nun folgendes Blockschaltbild:

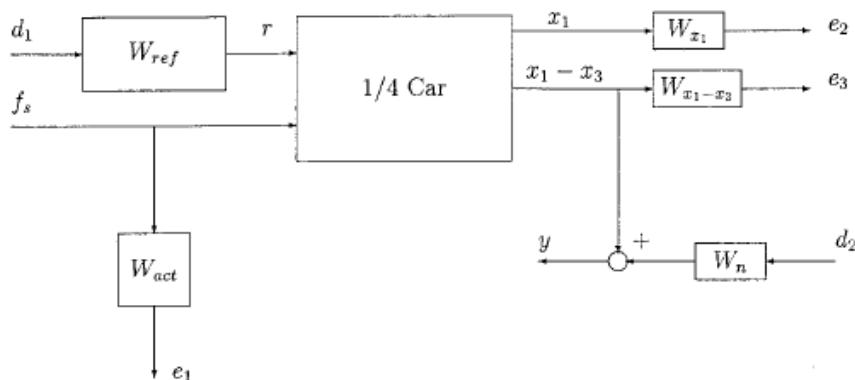


Abbildung 2: Blockschaltbild mit Gewichtungsfunktionen

Der gemessenen Ausgang  $y$  ist im Weiteren mit  $y = x_1 - x_3$ , der Einfederung, gegeben. Mit dieser Information generiert der Regler  $K$  dann das Eingangssignal  $f_s$ , die Kraft des hydraulischen Aktuators. Der Block  $W_n$  modelliert das Messrauschen, das auf den Ausgang wirkt und wird mit dem sehr geringen Wert von  $W_n = 10^{-5}$  angenommen. Realistischerweise wäre  $W_n$  frequenzabhängig, um das Messrauschen des Auslenkungssensors möglichst gut abzubilden. Die Wichtungsfunktion  $W_{ref}$  skaliert die Störungen der Straße. Unter der Annahme, dass die maximale Störung 11cm beträgt wird dann  $W_{ref} = 0.11$  gewählt. Die Verstärkung und der Frequenzanteil der Stellgröße  $f_s$  werden durch  $W_{act}$  begrenzt, und zwar mit  $W_{act} = \frac{0.5}{1300} \frac{s+50}{s+500}$ . Dadurch wird die Bandbreite des geschlossenen Regelkreises im Bereich von 50 rad/sec begrenzt.

$W_{x_1} = 20 \frac{2\pi 5}{s+2\pi 5}$  und  $W_{x_1-x_3} = 500 \frac{10}{s+10}$  dienen dazu, die Chassisauslenkung bzw. die Einfederung über bestimmten Frequenzbereichen einzuhalten.

Die Modellparameter, die oben eingefügten Bilder und der  $\mathcal{H}_\infty$ -Entwurf wurden von [1] übernommen. Auf diese Veröffentlichung greift auch ein implementiertes Beispiel in der Hilfe der Robust Control Toolbox von Matlab zurück, das mit leicht veränderten Parametern rechnet. Der dort verwendete Quellcode wurde übernommen und adaptiert.

[1] I. J. Fialho und G. J. Balas, „Design of Nonlinear Controllers for Active Vehicle Suspension Using Parameter-Varying Control Synthesis“, *Vehicle System Dynamics*, 33 (2000), pp. 351-370.