

**Thema: m-files und Simulink, Bode- und Nyquistdiagramme**

Ausgabe: 20.11.08    Vorberechnung: 21.11.08    Abgabe: 28.11.08    Nachbesprechung: 05.12.08

Name: .....    Vorname: .....    Visum: .....

Stefan Ammann, Juli 2007

**Aufgabe 1 (Verbindung von Simulink und dem Workspace)**

In dieser Aufgabe geht es darum, das Gelernte aus den ersten beiden Matlab® Übungen zusammen zu bringen und selbstständig anzuwenden.

- a) Erstellen Sie ein m-file mit folgenden Matrizen:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 3 & 2 \\ -5 & -2 & 1 \\ -2 & 3 & -1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad c = [1 \quad 0.5 \quad 3], \quad d = 0.1$$

- b) Erstellen Sie nun ein Simulink-Modell und bauen Sie ein Modell der Strecke mit den gegebenen Matrizen A, b, c und d.

Obwohl es dafür den Block "State-Space" gibt, soll hier das System zum besseren Verständnis durch ein Signalflussbild mit je einem "gain" Block für jede Systemmatrix nachgebildet werden.

Tipp: Beginnen Sie den Aufbau des Modells mit dem Integrator und dessen Eingang  $\frac{dx}{dt}$  und Ausgang x.

Simulieren Sie das System mit einer Sprungfunktion als Eingang und plotten Sie den Ausgang in Simulink.

Weitere Hilfe finden sie im Matlab® Compendium Kapitel 4, besonders 4.2, 4.5, 4.6 und 4.11.

- c) Zur weiteren Verarbeitung der Daten mit Matlab® und besseren Darstellung der Resultate mit der Plot-Funktion von Matlab®, können die Daten aus Simulink im workspace von Matlab® verfügbar gemacht werden.

Dazu gibt es zwei Möglichkeiten: direkt über den Scope Block, oder über einen "To Workspace" Block. Weitere Beschreibungen dazu finden Sie im Compendium Kapitel 4.11.1 und 4.11.3.

Modifizieren Sie Ihr Simulink Modell so, dass sowohl die Ausgangsgrösse als auch der zugehörige Zeitvektor als Arrays y und t in den workspace übergeben werden.

Verwenden Sie hier die Variante mit dem "To Workspace" Block.

Simulieren Sie das Modell in Simulink und plotten Sie die Daten dann in Matlab®.

Erweitern Sie danach das m-file so, dass das Simulink Modell 20 Sekunden lang simuliert wird und die zurückgegebenen Arrays y und t danach automatisch in einem Matlab® Plot dargestellt werden.

- d) Starten Sie das m-file und vergleichen Sie das Resultat des Plots mit dem des direkten Graphen in Simulink.

## Aufgabe 2 (Bode- und Nyquistdiagramme)

- a) Zur Illustration sollen in dieser Teilaufgabe die Bode- und Nyquistdiagramme aus dem RT1 Skript auf Seite 112 und 113 nachgebildet werden.
- Implementieren Sie ein System zweiter Ordnung (nach Gleichung 8.14) in ihrem m-file. Wählen Sie  $\omega_0=1$  und erstellen Sie einen Vektor mit den folgenden Werten für die Dämpfung des Systems:  $\delta=[0.05, 0.1, 0.2, 0.33, 0.5, 0.7, 5]$ .
  - Verwenden Sie nun eine for-Schleife, um ein Nyquist- und ein Bodediagramm zu erstellen, die jeweils die Kurven für alle Dämpfungsraten des Vektors  $\delta$  darstellen. Hilfe finden Sie im Compendium unter 3.3.4 und 3.3.7.
- b) Definieren Sie in ihrem m-file einen Tiefpass (siehe "Library of standard elements" im RT1 Skript) und schalten Sie diesen in Serie mit dem System zweiter Ordnung. Wählen Sie  $\delta=0.1$ ,  $k=1$  und die Zeitkonstante  $T=0.5$ .  
Um die beiden Systeme zusammen zu hängen gibt es wiederum zwei Möglichkeiten. Man kann sie einfach multiplizieren, oder die Funktion `series` verwenden. In diesem einfachen Beispiel macht es keinen Unterschied, für speziellere Anwendungen bietet `series` aber einige Vorteile (siehe Compendium 2.2.1).
- c)
  - Erstellen Sie einen einfachen P-Regler mit einer Verstärkung von 0.3. Schalten Sie diesen in Serie mit der erweiterten Strecke und bilden Sie so die Kreisverstärkung  $L$ . Plotten Sie den Bode Plot von  $L$  und lesen Sie daraus die Durchtrittsfrequenz  $\omega_c$  und die Phasenreserve  $\varphi$  ab.  
Tipp: Stellen sie mit `axis` einen geeigneten Bildbereich dar.
  - Genauer als aus dem Bode Plot kann man  $\omega_c$  und  $\varphi$  allerdings mit dem Befehl `margin` bestimmen. Plotten Sie das System mit `margin`. Lassen Sie sich ausserdem auch direkt die gesuchten Grössen in den Matlab<sup>®</sup> Workspace schreiben, indem sie `margin` mit dem Argument `[Gm,Pm,Wcg,Wcp]` benutzen. (Weitere Infos im Compendium Kapitel 3.3.5).
- d) Definieren Sie nun einen PID-Regler mit  $k=0.5$ ,  $T_s=5$  und  $T_d=4$  und wiederholen Sie die Schritte aus der Teilaufgabe c).
- e) Erstellen Sie den Nyquist Plot von beiden Kreisverstärkungen aus Aufgabe c) und d). Sind die Systeme dem Nyquist Theorem nach stabil?
- f) Plotten Sie die Sprungantworten der beiden Systeme aus Teilaufgabe c) und d) (verwenden Sie dazu den Befehl `feedback`). Vergleichen Sie die Resultate mit den beiden Nyquistdiagrammen und erklären Sie damit, warum die Sprungantworten so aussehen.