4. Übung: *Matlab* System Identification Toolbox

Aufgabe 4.1: Vorbereitung

Keine Musterlösung.

Aufgabe 4.2: Black-Box-Identifikation

Keine Musterlösung für Teile a) – g) und i) – k).

Lösung für Teil h):

Lässt man sich vom GUI der Identification Toolbox das Bodediagramm der Identifikationsdaten plotten erhält man Abb. 1.

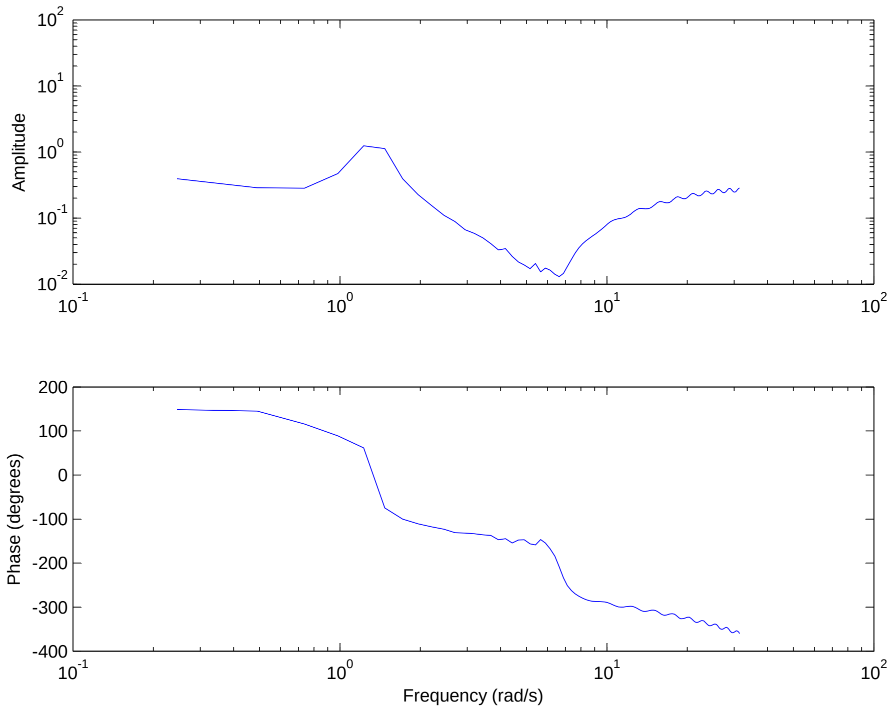

Abbildung 1: Bodediagramm der Identifkationsdaten.

Da die Phase bei $+180°$ beginnt, müssen zwei Nullstellen vorhanden sein. Da man einen Phasenabfall zwischen $0{,}3\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ und $5\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ um $270°$ sieht, müssen drei Nullstellen vorhanden sein, zwei davon konjugiert-komplex aufgrund des Resonanzpeaks zwischen 1 und $2\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}$. Achtung: Das Bodediagramm ist nur bis ca. $6\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ aussagekräftig, da der Datensatz durch Chirp-Anregung erzeugt wurde. Der Chirp endet bei $1\,\text{Hz} \approx 6\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}$, sodass das Bodediagramm oberhalb dieser Frequenz durch Messrauschen dominiert ist. Die Endfrequenz des Chirps lässt sich beispielsweise durch Anzeige des Datenspektrums ermitteln (Abb. 2). Damit benötigt man ein Zählerpolynom 3. Ordnung und ein Nennerpolynom 4. Ordnung.

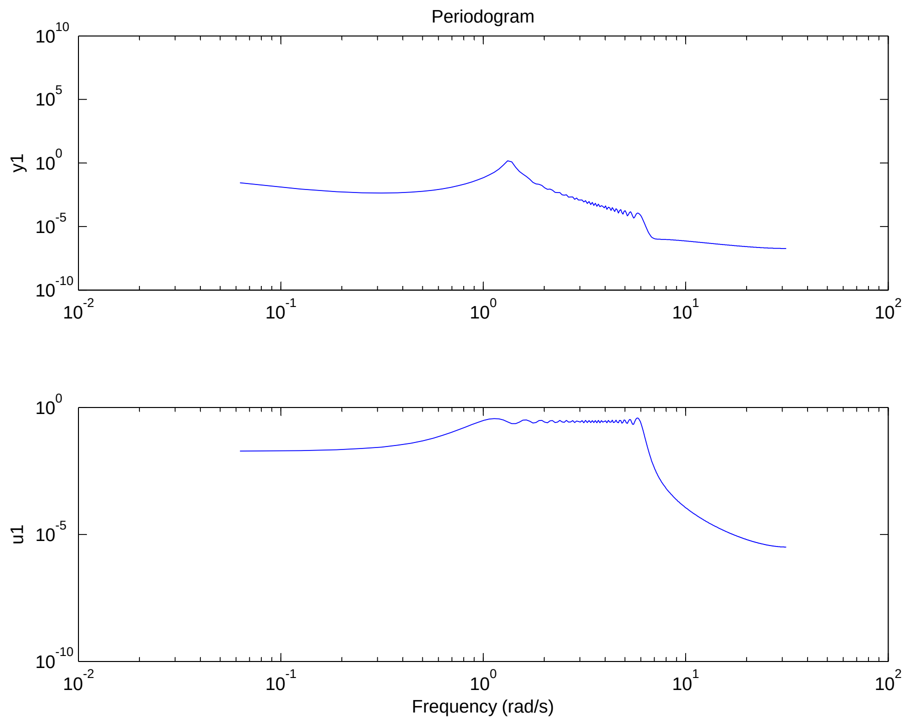

Abbildung 2: Spektrum der Identifkationsdaten.

Aufgabe 4.3: Identifikation mittels Regression und Instrumental Variables

a) Man erhält

$$G(z) = \frac{\frac{T_s^2}{m}}{z^2 + \frac{T_s \cdot d - 2 \cdot m}{m} \cdot z + \frac{T_s^2 \cdot k - T_s \cdot d + m}{m}} \tag{1}$$

und mit Zahlen eingesetzt

$$G(z) = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{z^2 - 1{,}999 \cdot z + 0{,}9991}. \tag{2}$$

b) Die Differenzengleichung für die z-Übertragungsfunktion

$$G(z) = \frac{b_0}{z^2 + a_1 \cdot z + a_0} \tag{3}$$

lautet

$$y(k+2) + a_1 \cdot y(k+1) + a_0 \cdot y(k) = b_0 \cdot u(k). \tag{4}$$

Wichtig: z^n bedeutet für $n > 0$ eine Zeitverschiebung nach vorne (also in die Zukunft).

c) Aus Gl. (2) liest man für die Anzahl der Zählerparameter $p_{\mathrm{m,a}} = 1$ und für die Nennerparameter $p_{\mathrm{m,b}} = 2$ ab. p_{d} ist 0, da keine zusätzlichen Totzeitglieder gebraucht werden.

Aus einer z-Übertragungsfunktion der Form

$$G(z) = \frac{b_m \cdot z^m + b_{m-1} \cdot z^{m-1} + \ldots + b_0}{z^n + a_{n-1} \cdot z^{n-1} + \ldots + a_0} \cdot z^d \tag{5}$$

erhält man die Differenzengleichung zum Zeitschritt k

$$y(n+k+d) = -a_{n-1} \cdot y(n+k+d-1) - \ldots - a_0 \cdot y(k+d) + b_m \cdot u(m+k) + \ldots + b_0 \cdot u(k). \tag{6}$$

Umfasst der gemessene Datensatz N Einträge, erhält man die Gleichung zur Bestimmung des Parametervektors $\boldsymbol{\theta}$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} y(n+d+1) \\ y(n+d+2) \\ \vdots \\ y(N) \end{bmatrix}}_{\tilde{\boldsymbol{y}}} = \underbrace{\begin{bmatrix} -y(n+d) & -y(n+d-1) & \ldots & -y(d+1) & u(m+1) & \ldots & u(1) \\ -y(n+d+1) & -y(n+d) & \ldots & -y(d+2) & u(m+2) & \ldots & u(2) \\ \vdots & \vdots & \ldots & \vdots & \vdots & \ldots & \vdots \\ -y(N-1) & -y(N-2) & \ldots & -y(N-n) & u(N-n-d+m) & \ldots & u(N-n-d) \end{bmatrix}}_{\boldsymbol{\Psi}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} a_{n-1} \\ \vdots \\ a_0 \\ b_m \\ \vdots \\ b_0 \end{bmatrix}}_{\boldsymbol{\theta}} . \tag{7}$$

Aufgabe 4.4: Parameteridentifikation an einem linearen Modell

a) -

b) Erstellung des Systems mit idss, Festlegung freier und fester Parameter z.B. mit idsys.Structure.b.Free = false;

c) Identifikation des Systems mit ssest()

d) Bestimmung der Dämpfungskonstanten d_1 und d_2 durch Regression:

$$\boldsymbol{\Theta} = \begin{bmatrix} -\frac{d_1+d_2}{m_1} & \frac{d_2}{m_1} & \frac{d_2}{m_2} & -\frac{d_2}{m_2} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{M} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{m_1} & -\frac{1}{m_1} \\ 0 & \frac{1}{m_1} \\ 0 & \frac{1}{m_2} \\ 0 & -\frac{1}{m_2} \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{d}_{id} = \boldsymbol{\Theta}\ \boldsymbol{M}$$

Die tatsächlichen Parameterwerte sind $d_1 = 1\,\mathrm{Ns/m}$ und $d_2 = 0{,}35\,\mathrm{Ns/m}$.