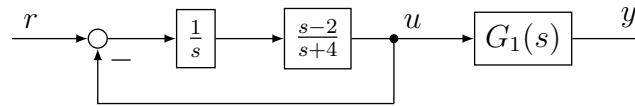


Aufgabe 1:

Betrachten Sie folgende Zusammenschaltung mehrerer Übertragungssysteme mit der Eingangsgröße r und der Ausgangsgröße y ,



wobei $G_1(s)$ die Übertragungsfunktion des LZI Systems

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ -1 & 4 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}$$

mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y ist.

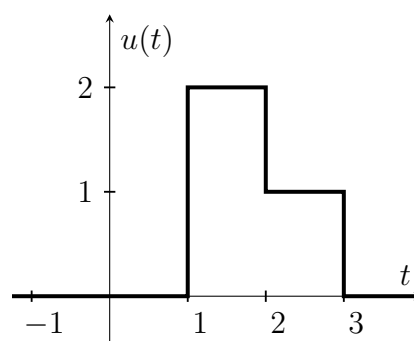
- Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion $G_1(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{u}(s)}$.
- Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{r}(s)}$ des Gesamtsystems. Geben Sie $G(s)$ in einer Form ohne Doppel- bzw. Mehrfachbrüche an.
- Ist das Gesamtsystem BIBO - stabil? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 2:

Gegeben sei ein zeitkontinuierliches, lineares, zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y , das durch die *Impulsantwort*

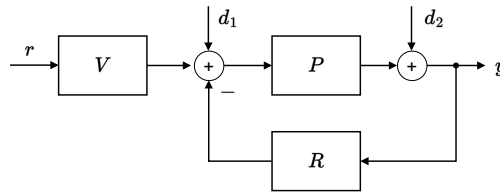
$$g(t) = (2e^{-2t} - e^{-4t}) \sigma(t)$$

beschrieben wird. Ermitteln Sie den exakten zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für die folgende Eingangsgröße:



Aufgabe 3:

Gegeben sei die folgende erweiterte Regelkreisstruktur



mit den Reglerübertragungsfunktionen

$$V(s) = \frac{c(s)}{a(s)} \quad \text{und} \quad R(s) = \frac{b(s)}{a(s)}$$

so wie der Streckenübertragungsfunktion

$$P(s) = \frac{\mu(s)}{\nu(s)}.$$

Die Übertragungsfunktionen sind durch die Polynome $a(s)$, $b(s)$, $c(s)$, $\mu(s)$ und $\nu(s)$ gegeben. Es ist bekannt, dass die Strecke weder integrierendes Verhalten noch differenzierendes Verhalten aufweist.

- Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $S_1(s) = \frac{\bar{y}(s)}{d_1(s)}$, $S_2(s) = \frac{\bar{y}(s)}{d_2(s)}$ und $T(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{r}(s)}$ als Funktionen der gegebenen Polynome.
- Nehmen Sie nun an, dass $d_1(t) = d_0$ und $d_2(t) = 17 \sin(3t)$ ist. Leiten Sie mathematisch nachvollziehbar Bedingungen an die Polynome so ab, dass

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = r_0$$

für $r(t) = r_0$ gilt. Hierbei stellen d_0 und r_0 positive Konstanten dar.

Aufgabe 4:

Gegeben sei die Reglerübertragungsfunktion

$$R(s) = \frac{(s+5)}{s(s+2)}.$$

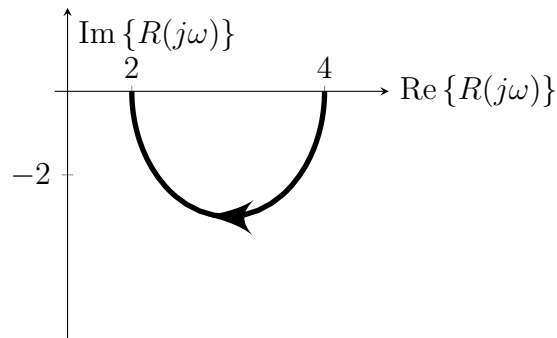
- Ermitteln Sie, für eine Abtastzeit $T_d = 2$ s, mit der Methode der *Tustin Approximation* eine zeitdiskrete Übertragungsfunktion $R_d(z)$ der Reglerübertragungsfunktion.
- Geben Sie das zugehörige Regelgesetz zur Ermittlung der Stellfolge (u_k) aus der Regelfehlerfolge (e_k) in Form einer Differenzengleichung an.
- In welchen Bereich der z -Ebene wird die linke offene s -Ebene bei Anwendung der Rückwärts-Euler-Integration abgebildet?

Aufgabe 5:

Zum Reglerentwurf mit dem Frequenzkennlinienverfahren wurde als Reglerübertragungsfunktion

$$R(s) = K \frac{1 + \frac{s}{\omega_Z}}{1 + \frac{s}{\omega_N}},$$

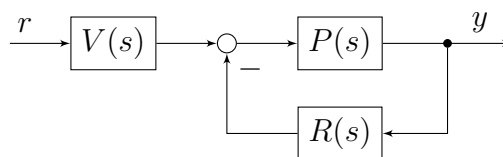
mit den positiven Konstanten K , ω_Z und ω_N , gewählt. Die Ortskurve von $R(s)$ ist dabei wie folgt gegeben:



- Ermitteln Sie aus der oben dargestellten Ortskurve, ob ein Lead-Glied oder ein Lag-Glied verwendet wird und ermitteln Sie den Verstärkungsfaktor K .
- Ermitteln Sie die Parameter des Lead/Lag-Gliedes wenn die maximale Phasenänderung bei $\omega_m = \sqrt{2} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ liegt.

Aufgabe 6:

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße r , der Stellgröße u und der Ausgangsgröße y :



Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet

$$P(s) = \frac{s - 4}{s^2 + 6s + 4}.$$

- Untersuchen Sie folgende Führungsübertragungsfunktionen $T(s)$ auf Implemen-

tierbarkeit für die gegebene Streckenübertragungsfunktion $P(s)$:

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad T(s) &= \frac{(s-4)}{s^2-5s+1} & \text{(ii)} \quad T(s) &= \frac{(s-4)}{(s+1)(s^2+4s+1)} \\ \text{(iii)} \quad T(s) &= \frac{s+4}{s^2+6s+1} \end{aligned}$$

- b) Wählen Sie die einzig mögliche implementierbare Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ aus Aufgabe a) aus und dimensionieren Sie die beiden Übertragungsfunktionen

$$R(s) = \frac{b(s)}{a(s)} \quad \text{und} \quad V(s) = \frac{c(s)}{a(s)}$$

so, dass der dargestellte Regelkreis die Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ besitzt.

Bitte wenden!

Aufgabe 7:

Hinweis zur Bewertung: Es werden pro richtiger Antwort $\frac{1}{4}$ Punkt, pro falscher Antwort $-\frac{1}{4}$ Punkt und pro nicht beantworteter Aussage 0 Punkte vergeben.

a) Kreuzen Sie an ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

Aussage	richtig	falsch
Jeder P-Regler sollte bei einer praktischen Anwendung um eine Anti-Windup-Maßnahme erweitert werden.		
Ein lineares zeitinvariantes System mit regulärer Dynamikmatrix besitzt für jede konstante Eingangsgröße genau eine Ruhelage.		
Bei einem Standardregelkreis kann man Führungsübertragungsfunktion und Störübertragungsfunktion unabhängig voneinander einstellen.		
Die Dynamikmatrix eines BIBO-stabilen Systems hat immer nur Eigenwerte mit negativem Realteil.		
Ein System mit der Übertragungsfunktion $G(s) = s$ ist BIBO-stabil.		
Die Zusammenschaltung mehrerer BIBO-stabiler Systeme führt stets zu einem BIBO-stabilen Gesamtsystem.		

b) Gegeben ist ein System mit der Übertragungsfunktion

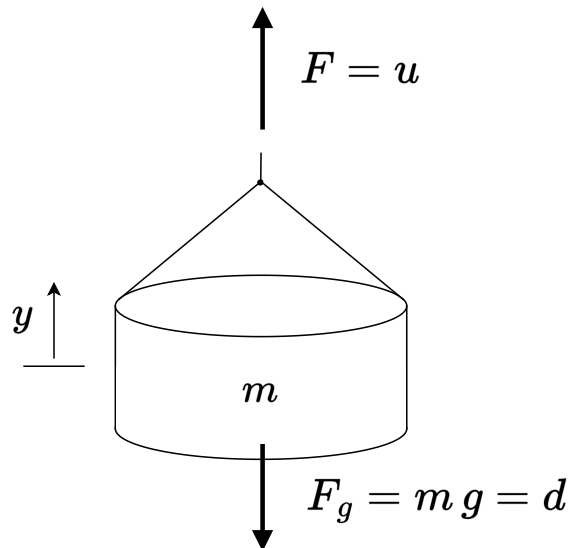
$$G(s) = 10 \frac{1}{s} \frac{s - 10}{1 + \frac{s}{0.1}}.$$

Kreuzen Sie an ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

Aussage	richtig	falsch
Das System mit der Übertragungsfunktion $G(s)$ liegt in normierter Form vor.		
Das System mit der Übertragungsfunktion $G(s)$ ist vom einfachen Typ.		
Das System mit der Übertragungsfunktion $G(s)$ hat integrierendes Verhalten.		
Das System mit der Übertragungsfunktion $G(s)$ ist sprungfähig.		
Das System mit der Übertragungsfunktion $G(s)$ hat Polüberschuss 2.		
Auf eine harmonische Eingangsgröße reagiert das System mit einer beschränkten Ausgangsgröße.		

Aufgabe 8:

Betrachten Sie folgenden mechanischen Aufbau, bei dem eine unbekannte Masse m an einem Seil befestigt ist. Auf das Seil wirkt eine von einem Motor generierte Kraft F , die den Eingang u , d.h. $u = F$, des Systems darstellt. Aufgrund der Gravitation erfährt die Masse m eine Gewichtskraft $F_g = m g$, die als Störung d betrachtet werden kann d.h. $d = F_g$. Die Position der Masse m wird mit y bezeichnet.



Das System kann beschrieben werden durch

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -m g + u,\end{aligned}$$

mit

$$y = x_1.$$

- Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $P(s) = \left. \frac{\bar{y}(s)}{\bar{u}(s)} \right|_{d=0}$, wobei $\bar{u}(s)$ als Eingang, $\bar{y}(s)$ als Ausgang und $d = F_g = 0$ als Störung angenommen werden.
- Entwerfen Sie für einen Standardregelkreis den Regler $R(s)$ mittels Polvorgabe so, dass die Polstellen des geschlossenen Regelkreises bei $-k$ für $k > 0$ liegen.
Hinweis: $(s + k)^3 = s^3 + 3k s^2 + 3k^2 s + k^3$.
- Ermitteln Sie die Störübertragungsfunktion $S(s) = \frac{\bar{y}(s)}{d(s)}$ und berechnen Sie den Wert von k so, dass sich bei einer konstanten Störung $d = m g = 1$ N ein bleibender Regelfehler

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = e_\infty \leq \frac{12}{100} \text{ m}$$

einstellt.