

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 4

Bearbeitungszeit: 120 Min

Modalitäten

- Es sind **keine Hilfsmittel** zugelassen.
- Bitte schreiben Sie mit dokumentenechtem Schreibgerät (Tinte oder Kugelschreiber).
- Zur Lösung der Aufgaben ist der freie Platz¹ nach den jeweiligen Aufgaben vorgesehen; bei Bedarf werden Ihnen weitere Lösungsblätter ausgehändigt.
- Für alle Berechnungen sind die **Lösungswege** darzustellen. Die alleinige Angabe eines Ergebnisses wird als Lösung nicht bewertet.

Aufgabe 1

8 Punkte

Gegeben ist die Ein-/Ausgangsdifferentialgleichung

$$\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) = \dot{u}(t) + 3u(t). \quad (1)$$

- Geben Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ an!
- Berechnen Sie die Laplace-Transformierte $U(s) = \mathcal{L}\{u\}(s)$ des Eingangssignals $u(t) = te^{-3t}$ und geben Sie deren Konvergenzbereich an!
- Bestimmen Sie das Ausgangssignal $y(t)$ von (1), wenn $u(t)$ wie in b) gegeben ist und alle Anfangswerte Null sind!

Hinweis: Berechnen Sie das Ausgangssignal $y(t)$ durch Laplace-Rücktransformation von $Y(s)$. Verwenden Sie Tabelle 1, falls es für Ihre Lösung hilfreich ist.

Falls Sie für $U(s)$ in Aufgabenteil b) keine Lösung erhalten haben, verwenden Sie als Eingangssignal $U(s) = \frac{1}{(s+3)(s+2)}$!

Originalfunktion	Bildfunktion
$f(t) = 1$	$F(s) = \frac{1}{s}$
$f(t) = t^n$	$F(s) = \frac{n!}{s^{n+1}}$
$f(t) = e^{-at}$	$F(s) = \frac{1}{s+a}$

Tabelle 1: Auszug einer Laplace-Transformationstabelle ($n \in \mathbb{N}$; $a, \omega \in \mathbb{R}$)

¹In dieser Übungsklausur ist der freie Platz nicht enthalten.

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 4

Aufgabe 2

5 Punkte

Gegeben ist die Übertragungsfunktion eines vereinfachten Verstärkernetzwerks

$$F(s) = \frac{G(Cs - v)}{3LC^2s^3 + (2G + v)CLs^2 + 2Cs + G}$$

mit der Kapazität $C > 0$, der Induktivität $L > 0$, dem Leitwert $G > 0$ und dem Verstärkungsparameter $v \in \mathbb{R}$.

- Bestimmen Sie diejenigen Werte $v \in \mathbb{R}$, für die $F(s)$ BIBO-stabil ist!
- Für welche Verstärkungen $v \in \mathbb{R}$ ist das System minimalphasig?

Aufgabe 3

11 Punkte

Gegeben ist die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{-5(s - 1)}{(s^2 + 0,5s + 1)(s + 50)}$$

- Geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an und bestimmen Sie die Verstärkung sowie die Knickfrequenzen und gegebenenfalls Dämpfungen der Pol- und Nullstellen!
- Skizzieren Sie das Bodediagramm von $G(s)$ in das Raster in Abbildung 1 auf Seite 3!
Hinweis: Zeichnen Sie den Betragsfrequenzgang lediglich mit Asymptoten!
- Welcher Zeitverlauf in Abbildung 2 auf Seite 4 entspricht der Sprungantwort von $G(s)$? Begründen Sie, warum alle anderen dargestellten Verläufe auszuschließen sind!

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 4

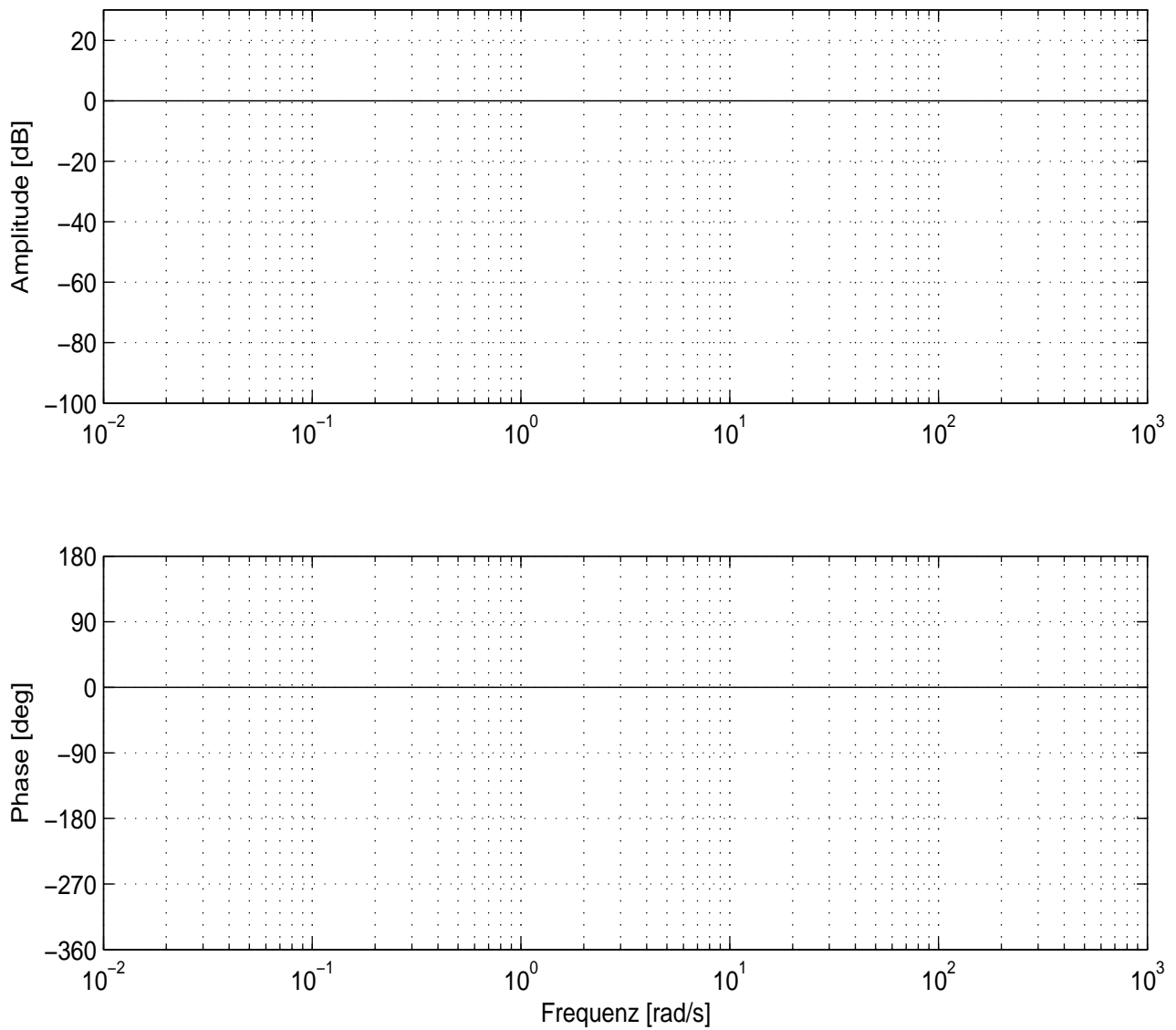
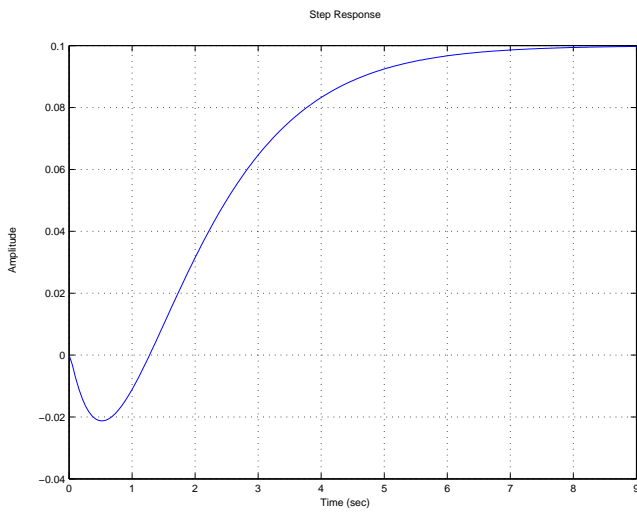
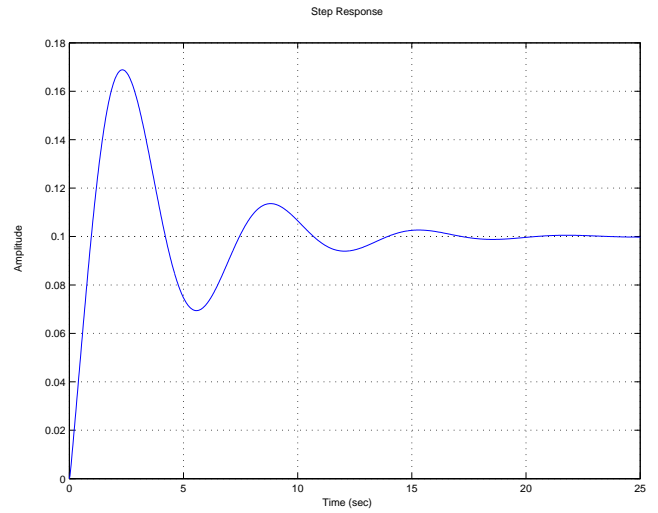


Abbildung 1: Raster für das Bodediagramm (Aufgabe 3)

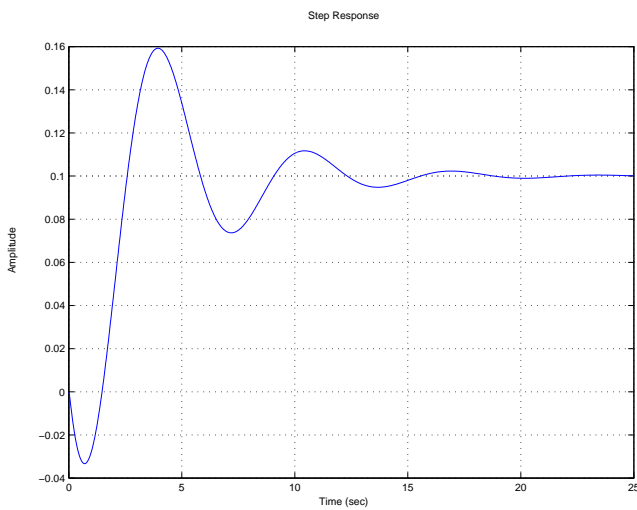
Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 4



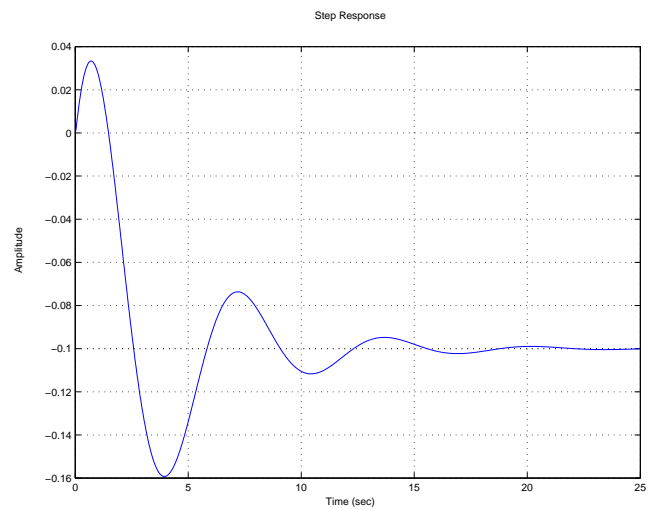
(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 2: Auswahl an Sprungantworten für Aufgabe 3

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 4

Aufgabe 4

12 Punkte

Gegeben sind die Regelstrecke mit Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{s - 1}{s^2 + 2s + 1}$$

und der Regler mit Übertragungsfunktion

$$C(s) = \frac{1}{s(s - 1)}.$$

- Zeichnen Sie den Standardregelkreis mit allen Ein- und Ausgangssignalen!
- Geben Sie die Übertragungsfunktion $T(s)$ des Führungsverhaltens an!
- Bestimmen Sie die stationäre Verstärkung von $T(s)$, falls sie existiert!
- Geben Sie die Übertragungsfunktion der Eingangsstörsensitivität an!
- Werden konstante Eingangsstörungen für $t \rightarrow \infty$ vollständig kompensiert? Begründen Sie Ihre Antwort!
- Zeigen Sie, daß der Regelkreis nicht intern stabil ist! Welche Sensitivitätsfunktion ist instabil? Begründen Sie Ihre Antwort!

Aufgabe 5

5 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit der Übertragungsfunktion der offenen Kette:

$$L(s) = K \frac{s + 0,5}{s(s - 2)}.$$

Die Ortskurve des Frequenzgangs $L(j\omega)$ ist in Abbildung 3 für $K = 5$ und $\omega > 0$ dargestellt. Der Pfeil zeigt in Richtung wachsender Frequenz.

- Zeichnen Sie den Ast der negativen Frequenzen ω der Ortskurve in Abbildung 3 ein und kennzeichnen Sie die Richtung anwachsender Frequenzen mit einer Pfeilspitze!
- Geben Sie die stetige Winkeländerung der Ortskurve $1 + L(j\omega)$ für $\omega = -\infty$ bis $\omega = \infty$ an! Welche stetige Winkeländerung der Ortskurve $1 + L(j\omega)$ ist nach dem Nyquistkriterium für die BIBO-Stabilität von $T(s)$ gefordert? Ist das Führungsverhalten BIBO-stabil?
- Geben Sie denjenigen Wertebereich von $K > 0$ an, für den der geschlossene Regelkreis BIBO-stabiles Führungsverhalten besitzt!

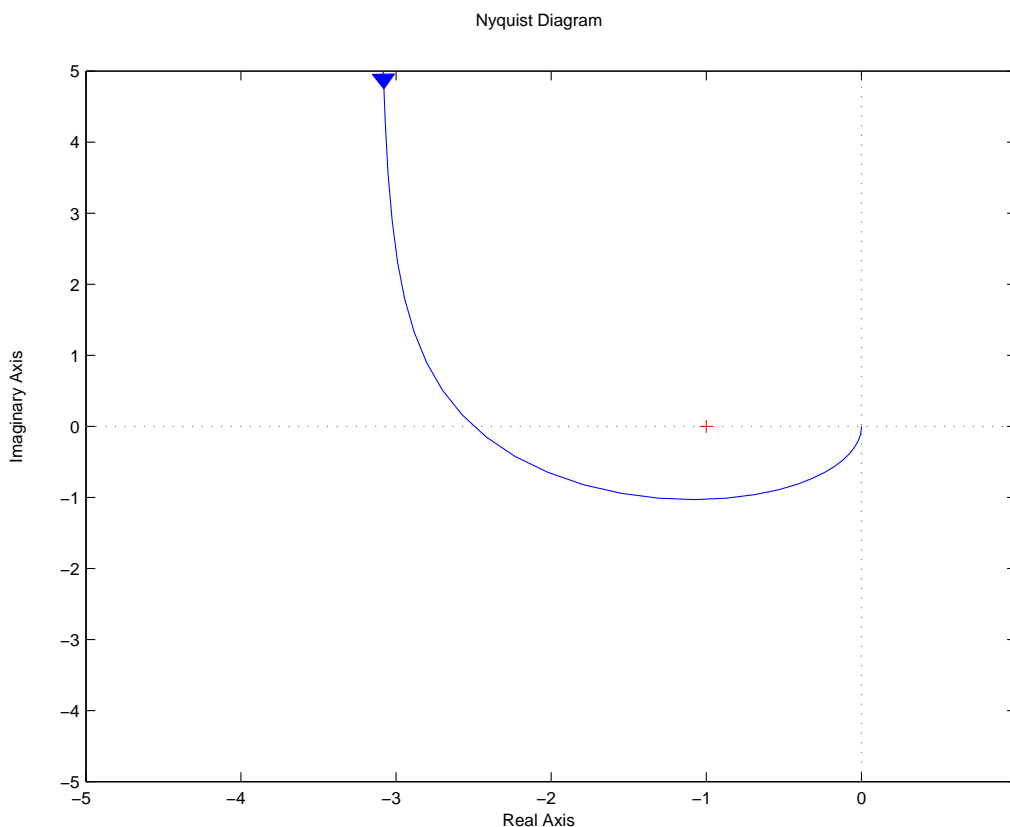


Abbildung 3: Ortskurve $L(j\omega)$

Aufgabe 6

5 Punkte

Gegeben ist die Regelstrecke mit Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{(s-1)^2}{(s^2+2s+1)(s+4)}$$

und die Führungsübertragungsfunktionen

$$T_1(s) = \frac{s-1}{5s^2+3s+4}, \quad T_2(s) = \frac{s^2+2s+1}{10s^2+4s+20}, \quad T_3(s) = \frac{s^2-2s+1}{(s+2)^3}.$$

- Prüfen Sie $T_1(s)$, $T_2(s)$ und $T_3(s)$ auf Implementierbarkeit mit $G(s)$!
- Bestimmen Sie durch direkte Reglerberechnung einen Regler $C(s)$, der eines der genannten (implementierbaren) Führungsverhalten mit der Strecke $G(s)$ im Standardregelkreis implementiert!