

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 6

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 Platz 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

20 Punkte

Betrachten Sie die folgende nichtlineare Differentialgleichung

$$\dot{y} + 3y\dot{y} - 2y = 2\dot{u} + 3u^2 + u$$

mit Eingangssignal u und Ausgangssignal y .

- Geben Sie die stationäre Lösung (u^*, y^*) der Differentialgleichung an.
- Bestimmen Sie die Linearisierung um den Betriebspunkt, der durch $u^* = 2$ gegeben ist.
- Wie lautet die Übertragungsfunktion des an diesem Betriebspunkt linearisierten Systems?
- Ist das an diesem Betriebspunkt linearisierte System BIBO-stabil? (Begründung)
- Ist das an diesem Betriebspunkt linearisierte System minimalphasig? (Begründung)

Im weiteren habe die linearisierte Regelstrecke folgende Übertragungsfunktion:

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

- Stabilisieren Sie die Strecke durch einen P-Regler. Ermitteln Sie den Wertebereich der Reglerverstärkung so, dass der Regelkreis intern stabilisiert wird.
- Weist das (stabilisierte) Führungsverhalten des geschlossenen Standardregelkreises eine bleibende Regelabweichung auf? Wenn ja, ermitteln Sie die Regelabweichung.

Aufgabe 2

14 Punkte

In einem Standardregelkreis werde die Regelstrecke

$$G(s) = \frac{s + 1}{-6s + 3}$$

mit einem Regler

$$C(s) = -10 \frac{s^2 + 2s + 1}{s(s + 2)}$$

geregelt.

- Zeichnen Sie den vollständigen Standardregelkreis.
- Ist der Regelkreis intern stabil? (Begründung)
- Geben Sie die eingangsseitige Störsensitivität S_i und die ausgangsseitige Störsensitivität S_o an.
- Werden eingangsseitige bzw. ausgangsseitige sprungförmige Störungen durch den Regler asymptotisch zu null ausgeregelt?

Aufgabe 3

23 Punkte

Eine Regelstrecke sei beschrieben durch die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{100}{\frac{10}{4\pi^2}s^2 + \frac{1}{\pi}s + 10}.$$

- a) Bestimmen Sie die stationäre Verstärkung K , die Dämpfung ζ und die Kreisfrequenz der ungedämpften Schwingung ω_0 .
- b) Ordnen Sie die Übertragungsfunktion $G(s)$ der passenden Sprungantwort aus Abbildung 1 zu und begründen Sie Ihre Auswahl.

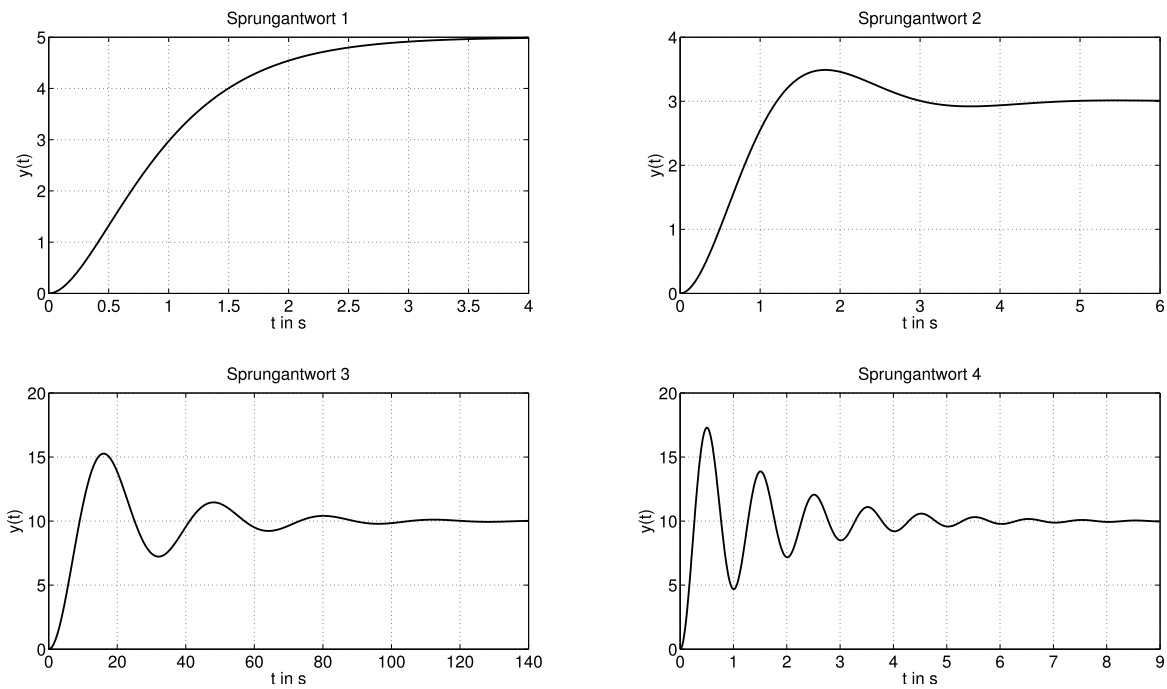


Abbildung 1: Vorgeschlagene Sprungantworten für die Strecke $G(s)$ in Aufgabe 3

Zur Regelung der Strecke soll ein PID-T₁-Regler verwendet werden mit der Form

$$C(s) = k \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{s^2 + a_1 s}.$$

- c) Bestimmen Sie die Reglerparameter b_2 , b_1 und b_0 nach dem Kompensationsverfahren.
- d) Ist die offene Kette vom einfachen Typ? (Begründung)
- e) Berechnen Sie die Reglerverstärkung k und den Parameter a_1 des Reglers so, dass die folgenden Kenngrößen eingehalten werden:
 Überschwingweite $M_p[\%] = 10$, Anstiegszeit $t_r = \frac{1}{2}$ sec., stationärer Regelfehler $e_\infty = 0$.
 Hinweis: $\tan 30^\circ = \frac{1}{3}\sqrt{3}$
- f) Drücken Sie die Parameter K_p , K_I , K_D und T des Reglers in der Summendarstellung

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{K_I}{s} + \frac{K_D s}{1 + sT} \right)$$

durch die Parameter k , b_2 , b_1 , b_0 und a_1 aus.

Aufgabe 4

11 Punkte

Zur Regelung einer I-T₁-Stecke

$$G(s) = \frac{1}{s(1+sT)}.$$

soll ein PI-Regler der Form

$$C(s) = K_P \frac{1+sT_N}{sT_N}$$

verwendet werden.

- Bestimmen Sie für die offenen Kette $L(s) = G(s)C(s)$ rechnerisch exakt den Amplitudengang $|L(j\omega)|$ und Phasengang $\arg_s L(j\omega)$.
- Sei $T_N > T$. Berechnen Sie die Frequenz ω_{\max} , bei welcher der Phasengang $\arg_s L(j\omega)$ maximal wird. Geben Sie den Maximalwert $\arg_s L(j\omega_{\max})$ an.
- Wählen Sie die Reglerverstärkung K_P so, dass ω_{\max} mit der Schnittfrequenz ω_S zusammenfällt. Welchen Wert hat der Phasenrand in diesem Fall?

Hinweis: $\frac{d}{dx} (\arctan(x)) = \frac{1}{x^2+1}$.

Aufgabe 5

10 Punkte

Gegeben sei der in Abbildung 2 (auf Seite 11) dargestellte Frequenzgang einer Regelstrecke.

- a) Welchen Relativgrad r hat die zugehörige Übertragungsfunktion $G(s)$? (Begründung)
- b) Zeichnen Sie entsprechend der vermuteten Struktur die Asymptoten an den Amplitudengang in Abbildung 2 ein und bestimmen Sie die Knickfrequenzen.
- c) Geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an.
- d) Ist $G(s)$ minimalphasig? Begründen Sie ihre Aussage.

Hinweis: Kein Pol liegt in der offenen rechten Halbebene.

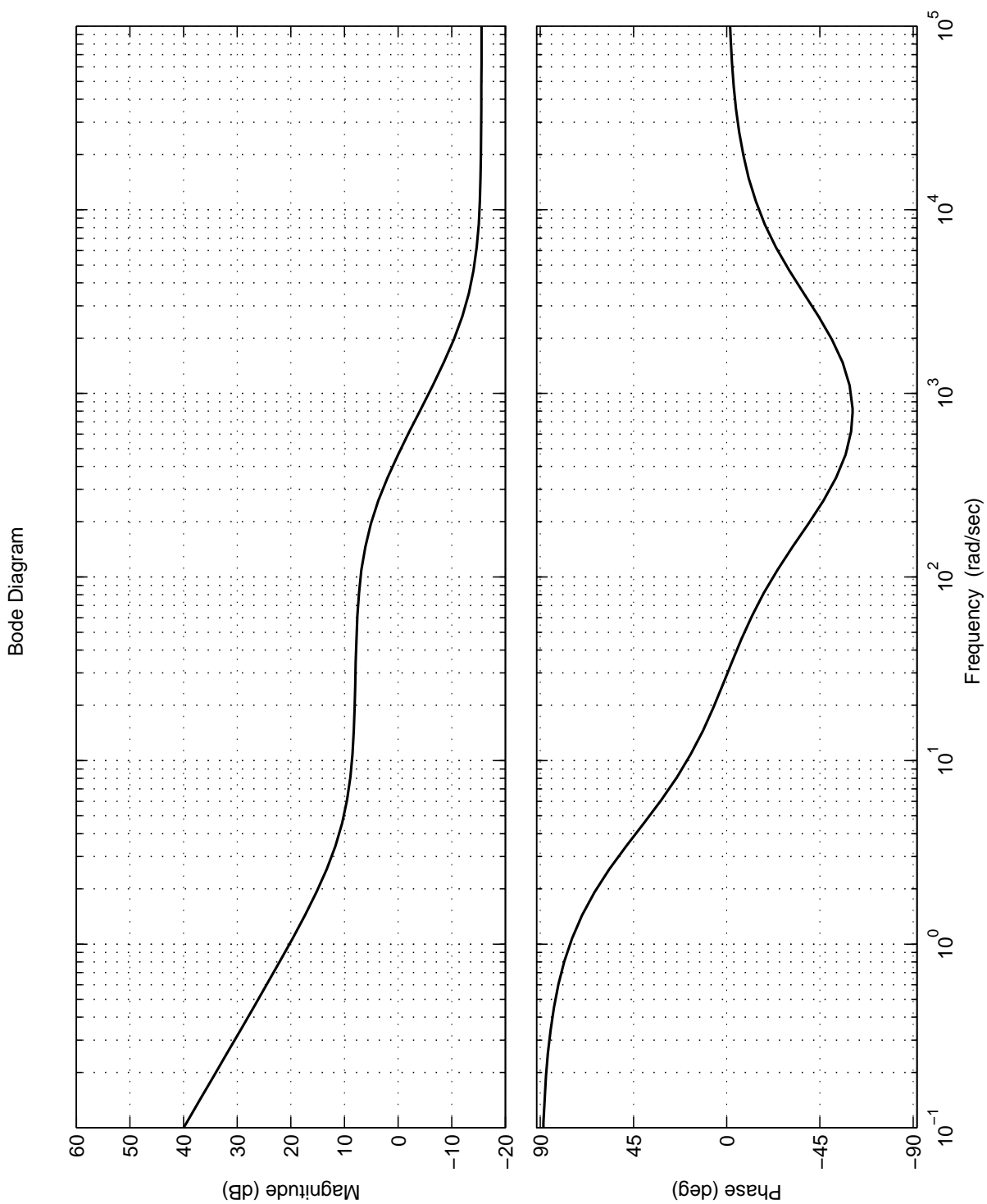


Abbildung 2: Frequenzgang der Strecke $G(s)$ in Aufgabe 5