

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 16

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;¹ 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

16 Punkte

Gegeben ist die nichtlineare Differentialgleichung:

$$\dot{y} + h(y) + \frac{2}{3}(y-2)^3 = \sin(\dot{u}) + bu$$

mit

$$b \in \mathbb{R} \setminus \{0\} \quad \text{und:} \quad h(\dot{y}) = \begin{cases} 42\dot{y}^2, & |\dot{y}| > 10 \\ 2\dot{y}, & |\dot{y}| \leq 10. \end{cases}$$

- Bestimmen Sie die stationären Lösungen (y^*, u^*) für beliebiges $b \neq 0$!
- Linearisieren Sie die Gleichung am Betriebspunkt mit $y^* = 3$ für beliebiges $b \neq 0$!
Hinweis: Achten Sie auf den Gültigkeitsbereich von $h(\dot{y})$.
- Seien $Y(s), U(s)$ die Laplace-Transformierten von Δy und Δu . Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$!
- Berechnen Sie die Laplacetransformierte von $\Delta u(t) = \exp(-bt)$ und geben Sie den Konvergenzbereich der Laplacetransformierten $U(s) = \mathcal{L}\{\Delta u(t)\}$ an!
- Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf des Ausgangs $y(t)$, wenn das Eingangssignal $\Delta u(t)$ aus d) auf die Strecke $G(s)$ wirkt!

$$\text{Hinweis: } \mathcal{L}\{\exp(-\alpha t) \sin(\omega t)\} = \frac{\omega}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}.$$

¹In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 16

Aufgabe 2

9 Punkte

Gegeben ist die Regelkreisstruktur in Abbildung 1, wobei $G_p(s)$ die Regelstrecke, $C(s)$ den Regler sowie $G_v(s)$ und $G_m(s)$ die zu wählenden Übertragungsfunktionen einer Vorsteuerung und eines Referenzmodells bezeichnen.

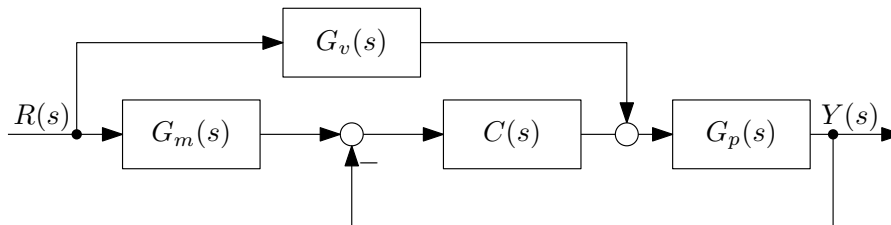


Abbildung 1: Regelkreisstruktur

- Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ allgemein!
- Wie muss $G_v(s)$ gewählt werden, damit sich $T(s) = G_m(s)$ ergibt?
- Sei r_p der Relativgrad von $G_p(s)$. $G_m(s)$ soll so gewählt werden, dass sowohl $G_m(s)$ als auch $G_v(s)$ realisierbar sind. Welchen Relativgrad r_m muss $G_m(s)$ mindestens besitzen?

Aufgabe 3

23 Punkte

Gegeben ist die Auswahl an Sprungantworten und das Bode-Diagramm in Abbildung 2 für eine zu untersuchende Regelstrecke.

- Bestimmen Sie den Relativgrad der Regelstrecke!
- Welche stationäre Verstärkung weist die Regelstrecke auf?
Hinweis: Nutzen Sie auch die Sprungantworten
- Identifizieren Sie die Übertragungsfunktion! Zeichnen Sie hierzu die entsprechenden Asymptoten in den Amplituden- und Phasengang und geben Sie die Übertragungsfunktion in Zeitkonstantenform an!
- Welche Sprungantwort gehört zur gegebenen Regelstrecke? (Begründen Sie Ihre Aussage!)

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 16

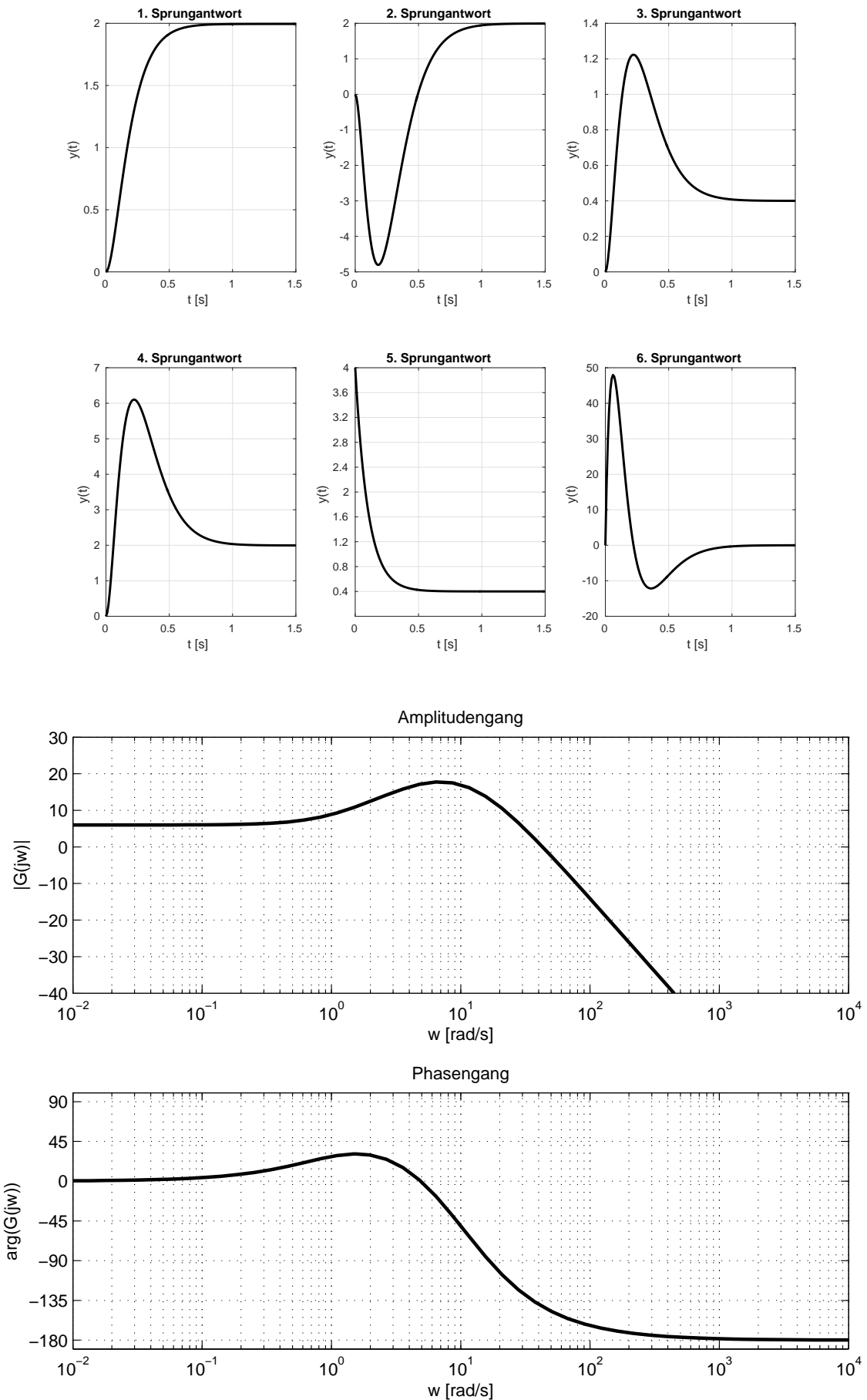


Abbildung 2: Auswahl von Sprungantworten und Bode-Diagramm der Regelstrecke

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 16

Aufgabe 4

24 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis und die Ortskurve der offenen Kette in Abbildung 3 mit Regelstrecke $G(s)$ und Regler $C(s)$, wobei

$$G(s) = \frac{s - 10}{s(s + a_0)}, \quad C(s) = \frac{K(s + a_0)}{s + 10}, \quad a_0, K \in \mathbb{R}.$$

- Skizzieren Sie in Abbildung 3 den Ast der Ortskurve $L(j\omega)$ für $\omega = -\infty$ bis $\omega = 0$! Machen Sie dabei die Richtung anwachsender Frequenz durch eine Pfeilspitze deutlich!
- 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 gefordert? Ist das Führungsverhalten BIBO stabil?
- Für welche $a_0, K \in \mathbb{R}$ ist der Regelkreis intern stabil? Geben Sie jeweils die exakten Wertebereiche an!
- Zeigen Sie, dass die offene Kette für $K < 0$ vom einfachen Typ ist!
- Welche Schnittfrequenz ω_s müssen Sie für die offene Kette erzielen, wenn für die Sprungantwort des Führungsverhaltens eine Überschwingweite von $M_p = 40\%$ gefordert wird?

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$\tan(\alpha)$	0	$2 - \sqrt{3}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	$2 + \sqrt{3}$

Tabelle 1: Wertetabelle Tangensfunktion

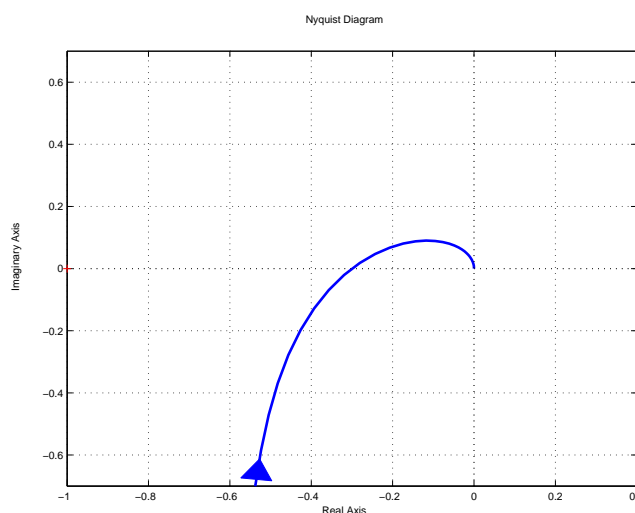


Abbildung 3: Nyquistortskurve der offenen Kette $L(j\omega)$ für $\omega > 0$ und $K = -3$.

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 16

Aufgabe 5

18 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit Regelstrecke der Übertragungsfunktion

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

Mit dem Polvorgabeverfahren soll ein Regler so entworfen werden, dass er einen Integrierer aufweist.

- Bestimmen Sie den (minimalen) Grad des Entwurfspolynoms $Q_T(s)$ und die (minimale) Ordnung des Reglers $C(s)$ mit Integrierer!
- Gegeben sei das folgende Entwurfspolynom:

$$Q_T(s) = (s+3)(s+4)(s+5)(s+6) = s^4 + 18s^3 + 119s^2 + 343s + 360$$

Berechnen Sie den Regler $C(s)$ so, dass $Q_T(s)$ Nenner der Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ ist und die Nebenbedingung erfüllt wird!

- Ist $T(s)$ eine minimalphasige Übertragungsfunktion?
(Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)