

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 24

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

18 Punkte

Gegeben ist der Betriebspunkt $(y^*, u^*) = (-1, 2)$ und die nichtlineare Differentialgleichung

$$\ddot{y} = -8\dot{y} - \dot{y}(19 - \dot{y}) - y\ddot{u} + 10 \sin(\dot{u}) - 6u(y + 1).$$

- Linearisieren Sie die Differentialgleichung am angegebenen Betriebspunkt!
- Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{\Delta Y(s)}{\Delta U(s)}$ zur oben berechneten Linearisierung unter Annahme verschwindender Anfangsbedingungen!
- Ist $G(s)$ BIBO-stabil? Begründen Sie Ihre Aussage rechnerisch!
- Sei die Laplacetransformierte des Eingangssignals gegeben mit $U(s) = \frac{1}{s^2(s + 10)}$. Bestimmen Sie das Ausgangssignal $y(t)$ für $t = 0$ und $t \rightarrow \infty$!

Hinweis: Es sollen lediglich zwei Werte des Ausgangssignals bestimmt werden.

¹In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 24

Aufgabe 2

15 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit Regelstrecke $G(s)$ und Regler $C(s)$:

$$G(s) = \frac{2}{s^2 + 2s - 8}, \quad C(s) = 8 \frac{s - 2}{s}.$$

- Skizzieren Sie das Blockschaltbild des Standardregelkreises mit allen Ein- und Ausgängen!
- Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion $T(s)$, die eingangs- und ausgangsseitigen Störsensitivitäten $S_i(s)$, $S_o(s)$ sowie die Stellsensitivität $S_u(s)$! Stellen Sie diese in Pol-Nullstellenform dar und kürzen Sie vollständig!
- Ordnen Sie der Führungsübertragungsfunktion und den Sensitivitätsfunktionen aus (b) je eine der in Abbildung 1 dargestellten Sprungantworten zu und begründen Sie Ihre Auswahl!

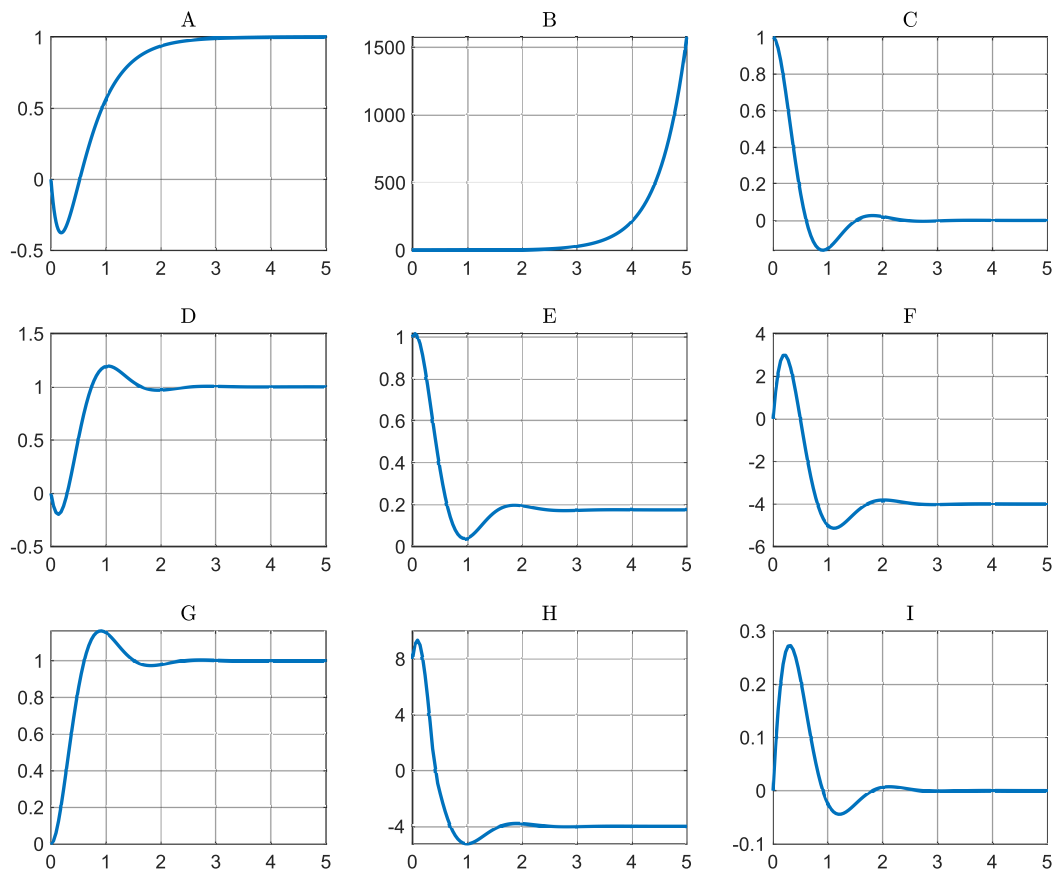


Abbildung 1: Auswahl an Sprungantworten für Aufgabenteil (c)

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 24

Aufgabe 3

16 Punkte

Gegeben ist das Bode-Diagramm einer unbekanntem Strecke in Abb. 2.

- Identifizieren Sie die Lage der Pol- und Nullstellen anhand des Verlaufs von Betrags- und Phasengang! Zeichnen Sie die Asymptoten gemäß Ihrer vermuteten Struktur im Amplitudengang ein und ermitteln Sie die Knickfrequenzen der Pol- und Nullstellen!
- Bestimmen Sie die Verstärkung und geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an!
- Markieren Sie jeweils den positiven Ast der Ortskurven in Abb. 3! Welche Ortskurve gehört zu dem gegebenen Bode-Diagramm? (Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)
- Betrachten Sie die Strecke $G(s)$ im Standardregelkreis mit P-Regler $C(s) = K$. Zeigen Sie, dass das Führungsverhalten für $K > 0$ BIBO-stabil ist!

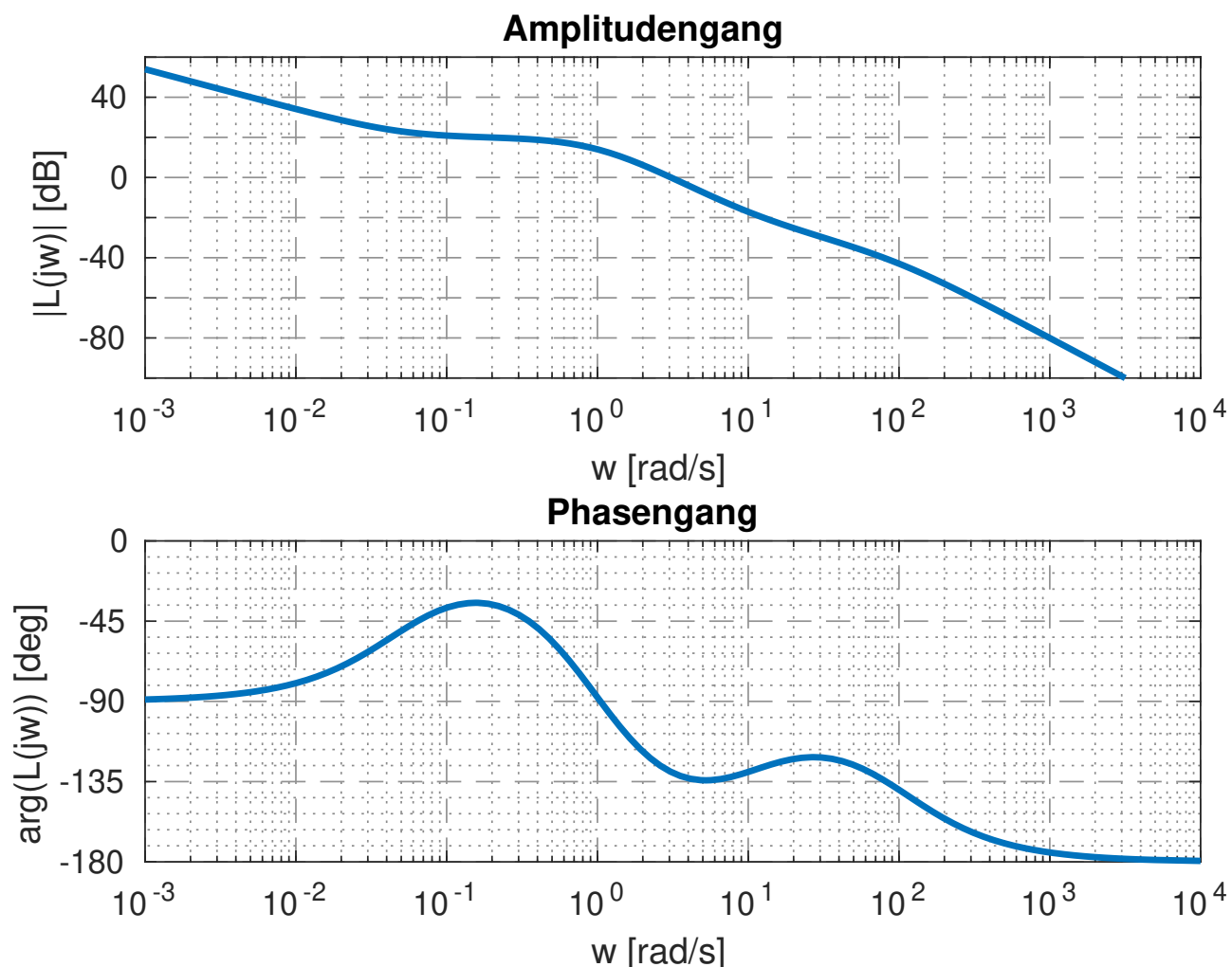


Abbildung 2: Bodeplot

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 24

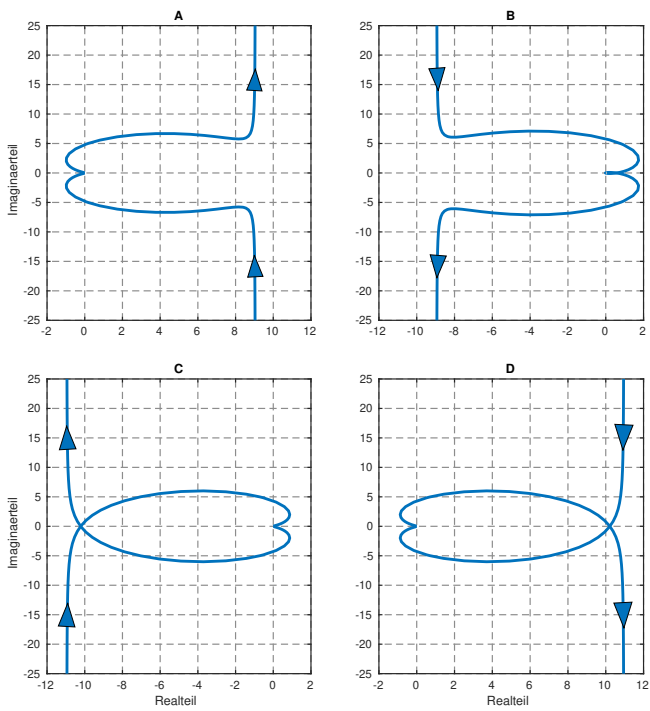


Abbildung 3: Ortskurven zur Auswahl

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 24

Aufgabe 4

17 Punkte

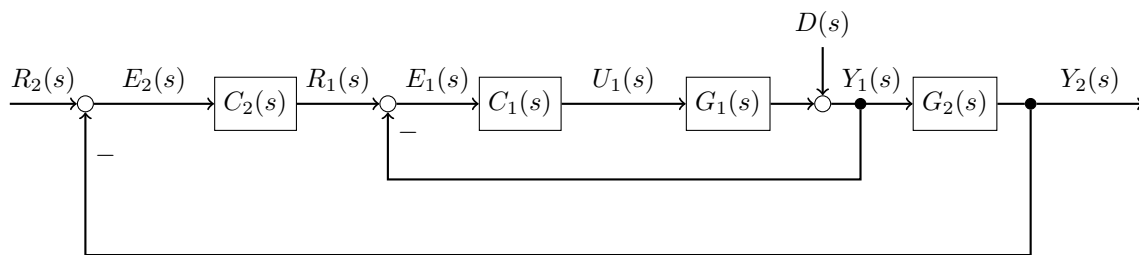


Abbildung 4: Kaskade zur Positionsregelung

Gegeben ist der Regelkreis in Abbildung 4 mit $G_1(s) = \frac{10}{s+3}$ und $G_2(s) = \frac{1}{s}$.

- a) Berechnen Sie die Störübertragungsfunktion $\frac{Y_2(s)}{D(s)}$ allgemein in Abhängigkeit von G_1, G_2, C_1, C_2 !

Betrachten Sie nun ausschliesslich den inneren Regelkreis bestehend aus $G_1(s)$ und $C_1(s)$.

- b) Bestimmen Sie $K_1 \in \mathbb{R}$ so, dass die offene Kette $L_1(s) = G_1(s)C_1(s)$ für den P-Regler $C_1(s) = K_1$ vom einfachen Typ ist!
- c) Entwerfen Sie einen P-Regler $C_1(s)$, so dass die Sprungantwort des Führungsverhaltens eine Anstiegszeit $t_r = \frac{3}{8}$ s besitzt und geben Sie die Führungsübertragungsfunktion $T_1(s) = \frac{Y_1(s)}{R_1(s)}$ in Pol-Nullstellenform an!

Der äussere Regler $C_2(s)$ soll als PI-Regler für die Strecke $T_1(s)G_2(s)$ entworfen werden.

- d) Warum ist das Kompensationsverfahren für diesen Entwurf ungeeignet? (Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)

Hinweis: Betrachten Sie die resultierende Führungsübertragungsfunktion.

- e) Sei die Zeitkonstante des PI-Reglers gegeben mit $\tau = 0.5$. Berechnen Sie die Phasenreserve für die offene Kette, wenn $\omega_s = 2 \text{ rad s}^{-1}$ und eine positive Reglerverstärkung gewählt wird!

Hinweis: Falls es für Ihre Lösung hilfreich ist, verwenden Sie folgende Wertetabelle:

$\tan(\varphi)$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	4	8
$\approx \varphi$	15°	27°	30°	45°	60°	76°	83°