



Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 28

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.

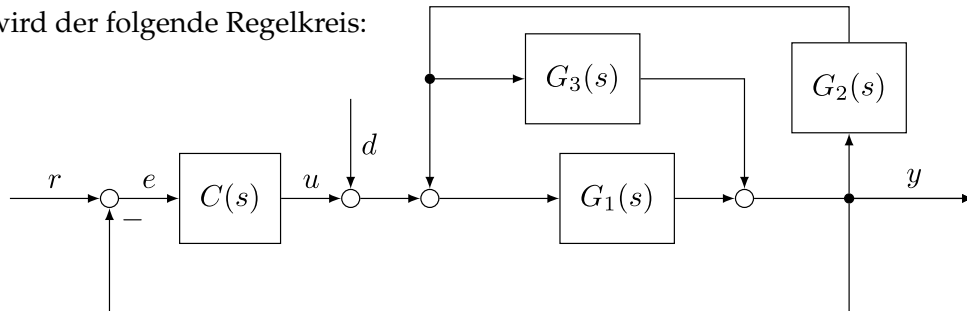
¹In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 28

Aufgabe 1

17 Punkte

Betrachtet wird der folgende Regelkreis:



- a) Bestimmen Sie die Streckenübertragungsfunktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ in Abhängigkeit von den Übertragungsfunktionen $G_1(s), G_2(s), G_3(s)$!
- b) Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion $T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$ sowie die eingangsseitige Störsensitivität $S_i(s) = \frac{Y(s)}{D(s)}$ jeweils in Abhängigkeit von $C(s), G_1(s), G_2(s), G_3(s)$!

Gegeben sind nun die folgenden Übertragungsfunktionen

$$G_1(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)}, \quad G_2(s) = \frac{1}{s+3}, \quad G_3(s) = \frac{1}{s+1}, \quad C(s) = \frac{6s+1}{6s^2}.$$

Hinweis: Falls Sie a) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit $G(s) = \frac{G_2G_3 + G_1G_2}{1 - G_2G_3 - G_1G_2}$ weiter.

- c) Bestimmen Sie $G(s)$ mit den angegebenen Übertragungsfunktionen in Polynomialform!
Hinweis: kürzen Sie, wenn möglich!
- d) Zeigen Sie, dass der Standardregelkreis aus $G(s)$ und $C(s)$ intern stabil ist!
Hinweis: $\det H_4 = a_4 \det H_3$.
- e) Bestimmen Sie die stationäre Verstärkung der Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ für o.g. Übertragungsfunktionen!
- f) Wie wirken sich sprungförmige Störungen $d(t) = 1, t \geq 0$ auf den stationären Ausgang $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ aus? (Begründen Sie Ihre Aussage mit kurzer Rechnung!)

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 28

Aufgabe 2

18 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit Regelstrecke $G(s)$ und P-Regler $C(s) = K, K \in \mathbb{R}$.

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

- Abb. 1 zeigt die Ortskurve der offenen Kette $L(s)$ für verschiedene Werte K . Markieren Sie jeweils die Punkte $\omega = 0$ und $\omega \rightarrow \infty$ und bestimmen Sie die jeweilige Verstärkung K_1 und K_2 !
- Skizzieren Sie den Phasengang für $K < 0$ und markieren Sie den Ast positiver Frequenzen in den beiden Ortskurven!
- Entscheiden Sie durch Auswertung des Nyquist-Kriteriums für K_1 (Diagramm A), ob das Führungsverhalten im geschlossenen Regelkreis BIBO-stabil ist!
- Bestimmen Sie anhand des Nyquistkriteriums alle Werte $K \in \mathbb{R}$, für die das Führungsverhalten im geschlossenen Regelkreis BIBO-stabil ist!

Die folgenden Aufgaben sind unabhängig von den vorangegangenen lösbar.

- Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion und die Stellsensitivität des geschlossenen Regelkreises in Abhängigkeit von K !
- Berechnen Sie für $K = -2$ die Sprungantwort der Führungsübertragungsfunktion!
- Berechnen Sie für $K = -1$ die Stellgröße $u(t)$ für die Referenz $r(t) = 4te^{-2t}$!

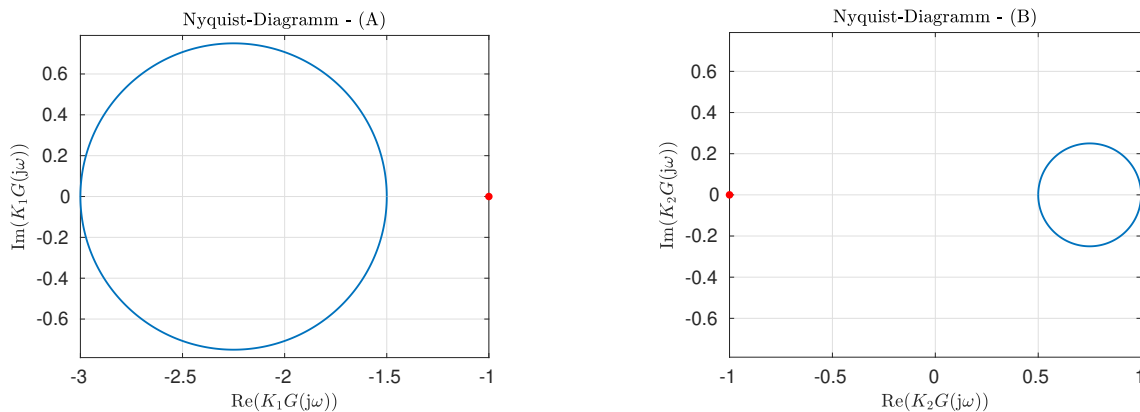


Abbildung 1: Ortskurven der offenen Kette für verschiedene Reglerverstärkungen K .

Originalfunktion, $t > 0$	Bildfunktion	Konvergenzbereich
$f(t) = 1$	$F(s) = \frac{1}{s}$	$\text{Re}\{s\} > 0$
$f(t) = t^n$	$F(s) = \frac{n!}{s^{n+1}}$	$\text{Re}\{s\} > 0$
$f(t) = e^{-at}$	$F(s) = \frac{1}{s+a}$	$\text{Re}\{s\} > -a$
$f(t) = t^n e^{-at}$	$F(s) = \frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$	$\text{Re}\{s\} > -a$

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

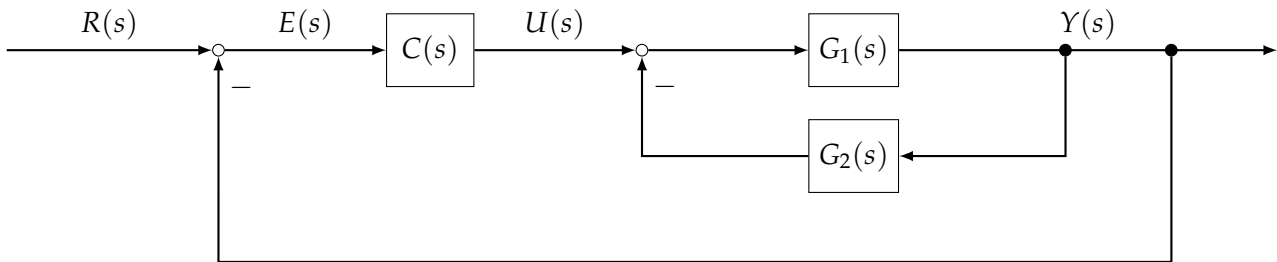
Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 28

Aufgabe 3

19 Punkte

Gegeben ist Regelkreis untenstehender Struktur mit dem Regler $C(s) = k$ sowie

$$G_1(s) = \frac{s+4}{s^2-2} \quad \text{und} \quad G_2(s) = p, \quad p \in \mathbb{R}.$$



- Zeigen Sie, dass $G_1(s)$ als offene Kette **nicht** vom einfachen Typ ist!
- Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ mit dem freien Parameter $p \in \mathbb{R}$!

Im Folgenden ist $p = \frac{1}{2}$. Mit dem Regler $C(s) = k$, $k > 0$ soll der geschlossene Regelkreis intern stabil sein, die Führungssprungantwort keine bleibende Regelabweichung und eine Anstiegszeit von $t_r = \frac{3}{4}$ aufweisen.

- Geben Sie die offene Kette $L(s) = C(s)G(s)$ in Zeitkonstantenform an und skizzieren Sie deren Bode-Diagramm für $k = \frac{5}{8}$ in das Raster in Abb. 2!
- Zeigen Sie, dass $L(s)$ für alle $k > 0$ vom einfachen Typ ist!
- Formulieren Sie anhand der Spezifikation Bedingungen an die offene Kette! Eignet sich der Regler $C(s) = k$, um die Spezifikation zu erfüllen? Berechnen Sie gegebenenfalls $k > 0$, sodass die Spezifikation erfüllt ist!
- Berechnen Sie die resultierende Phasenreserve! Welche Überschwingweite M_p erwarten Sie in der Sprungantwort der Führungsübertragungsfunktion?
Hinweis: Nutzen Sie bei Bedarf Tabelle 2.

$\phi [^\circ]$	≈ 14	≈ 26	30	45	60	≈ 63	≈ 76
$\tan(\phi)$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	2	4

Tabelle 2: Wertetabelle der Tangensfunktion

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 28

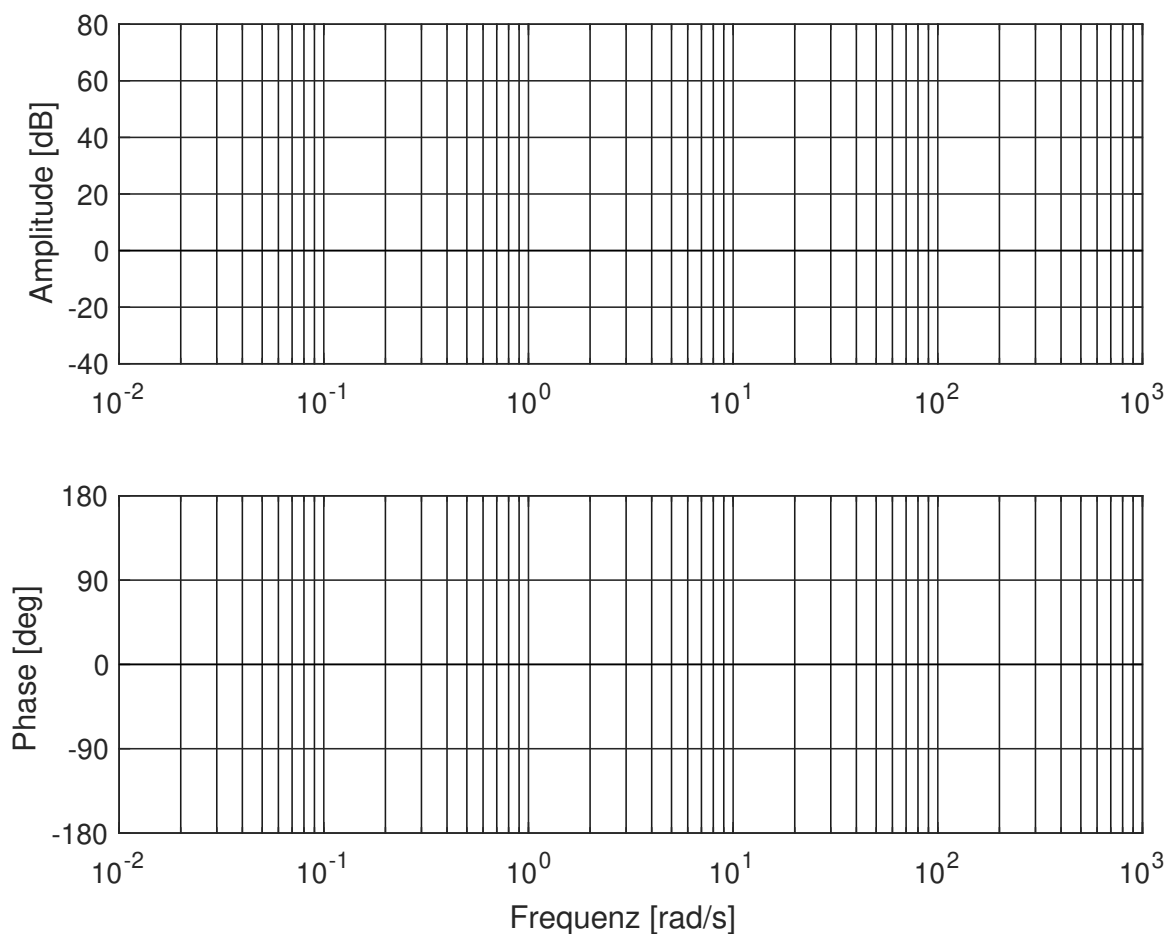


Abbildung 2: Boderaster für Aufgabe 3

Aufgabe 4

14 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit Regelstrecke der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{1}{2s^2 + 40s}.$$

Mittels Polvorgabe soll der Regler $C(s)$ so entworfen werden, dass das Führungsverhalten eine stationäre Verstärkung von eins besitzt und durch das konjugiertes Polpaar mit Knickfrequenz $\omega_0 = 5$ und Dämpfung $\zeta = 0.5$ dominiert wird.

- Ergeben sich durch die Spezifikation Nebenbedingungen an den zu entwerfenden Regler $C(s)$? (Begründen Sie Ihre Aussage!)
- Welche Reglerordnung wird mindestens zum Polvorgabeentwurf benötigt und wie groß ist der entsprechende minimale Grad des Entwurfspolynoms $Q_T(s)$?
- Geben Sie ein minimales $Q_T(s)$ mit einem dominanten Polpaar gemäß der Spezifikation in Polynomialform an!
- Geben Sie eine Parametrierung für den Regler $C(s)$ an und bestimmen Sie dessen Parameter so, dass $Q_T(s)$ Nenner der Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ ist!
- Besitzt die erzielte Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ ein dominantes Polpaar entsprechend der Faustregel? Ist $T(s)$ minimalphasig? (Begründen Sie Ihre Aussage!)