

## Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 7

---

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

### 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

7 Punkte

Gegeben sei folgende nichtlineare Differentialgleichung

$$\dot{y} + 3\sin(y)\dot{y} - 2y = \cos(\ddot{u}) + u$$

mit Eingangssignal  $u = u(t)$  und Ausgangssignal  $y = y(t)$ .

- Geben Sie die stationäre Lösung  $(u^*, y^*)$  der Differentialgleichung an.
- Linearisieren Sie die Differentialgleichung um den Betriebspunkt  $(u^*, y^*)$ , der durch  $y^* = \pi$  gegeben ist!
- Bestimmen Sie für die linearisierte Differentialgleichung von Teilaufgabe b) die Übertragungsfunktion  $G(s) = \frac{\Delta Y(s)}{\Delta U(s)}$  unter Annahme verschwindender Anfangsbedingungen!
- Ist  $G(s)$  BIBO-stabil? Ist  $G(s)$  minimalphasig? Begründen Sie Ihre Antwort!

# Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 7

## Aufgabe 2

10 Punkte

Ein Standardregelkreis bestehe aus der Regelstrecke

$$G(s) = \frac{4s - 20}{s}$$

und dem Regler

$$C_1(s) = -2 \frac{s^2 - 3s + 1}{2s^2 - 10s}.$$

- Bestimmen Sie die Stellsensitivität  $S_u(s)$  und die Führungsübertragungsfunktion  $T(s)$ !
- Ist der Regelkreis intern stabil? Begründen Sie Ihre Antwort!

Im weiteren werde im Standardregelkreis anstatt  $C_1(s)$  ein Regler der Übertragungsfunktion

$$C_2(s) = K \frac{s - 1}{s + 6}$$

mit  $K \neq 0$  verwendet.

- Welchen Wertebereich darf  $K$  annehmen, so dass der Regelkreis intern stabil ist? (Begründung)

## Aufgabe 3

12 Punkte

Eine Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{K_G(1 + s\tau_1)}{1 + s\tau_2}$$

soll in einem Regelkreis mit Vorsteuerung nach Abb. 1 geregelt werden.

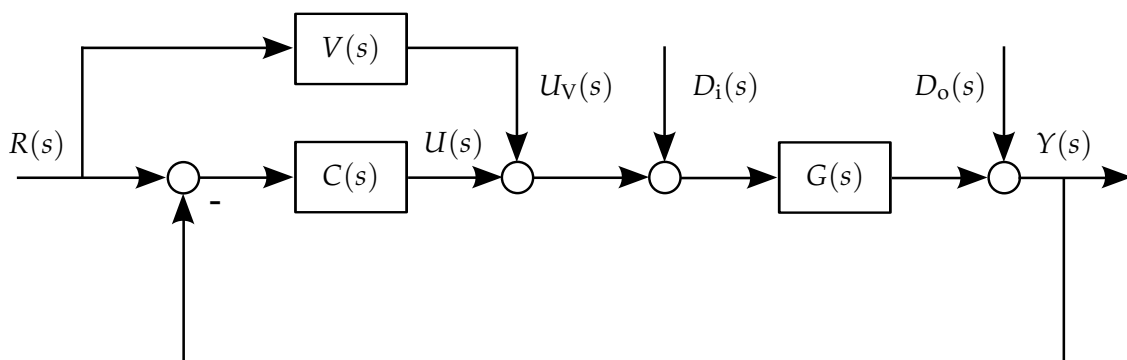


Abbildung 1: Regelkreisstruktur mit Vorsteuerung

- Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion  $\hat{T}(s)$  sowie eingangs- und ausgangsseitige Störsensitivität,  $S_i(s)$  und  $S_o(s)$ , für diese Regelkreisstruktur!
- Für den Fall verschwindender Störungen  $D_i$  und  $D_o$  entwerfen Sie die Übertragungsfunktion  $V(s)$  der Vorsteuerung so, dass  $\hat{T}(s) = 1$  gilt! Für welche  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  und  $K_G$  ist  $V(s)$  BIBO-stabil?

# Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 7

Im weiteren seien die Streckenparameter  $K_G = 10$ ,  $\tau_1 = \frac{1}{50}$  und  $\tau_2 = 2$ . Für die Unterdrückung von sprungförmigen Störungen  $D_i$  und  $D_o$  soll ein PI-Regler der Form

$$C(s) = \frac{K_C(1 + s\tau)}{s}$$

gewählt werden.

- Welche Bedingungen müssen  $K_C$  und  $\tau$  erfüllen, damit die Störsensitivitäten  $S_i(s)$  und  $S_o(s)$  beide BIBO-stabil sind?
- Zeigen Sie, dass damit sprungförmige Störungen  $D_i$  und  $D_o$  beide stationär zu Null ausgeregelt werden.

## Aufgabe 4

10 Punkte

Gegeben ist ein Standardregelkreis mit der Regelstrecke

$$G(s) = \frac{10^{\frac{3}{2}}}{s^2 + 10,1s + 1}$$

- Entwerfen Sie mit dem Kompensationsverfahren einen PI-Regler so, dass die Schnittfrequenz  $\omega_s$  der offenen Kette 5 rad/s beträgt!
- Skizzieren Sie das Bodediagramm der offenen Kette im Raster von Abb. 2!
- Zeigen Sie, dass die offene Kette vom einfachen Typ ist!
- Welche Anstiegszeit erwarten Sie für die Sprungantwort des Führungsverhaltens?

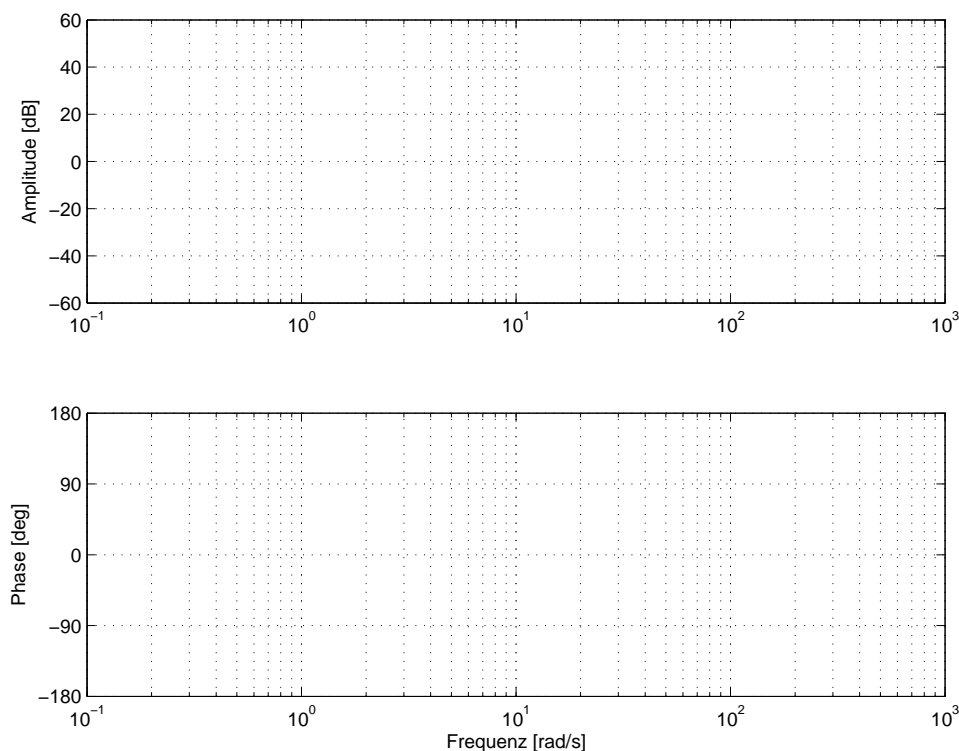


Abbildung 2: Raster für das Bodediagramm in Aufgabe 4

# Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 7

## Aufgabe 5

7 Punkte

Gegeben sei der Standardregelkreis mit der Regelstrecke

$$G(s) = \frac{3s - 1}{-0,1s + 1}$$

und dem Regler

$$C(s) = \frac{K(s + 1)}{10s + 1}.$$

Für eine unbekannte Reglerverstärkung  $K$  ist die Ortskurve des Frequenzgangs  $L(j\omega) = C(j\omega)G(j\omega)$  in Abb. 3 für  $\omega \in (-\infty, \infty)$  dargestellt, wobei der Pfeil in Richtung wachsender Frequenzen  $\omega$  zeigt.

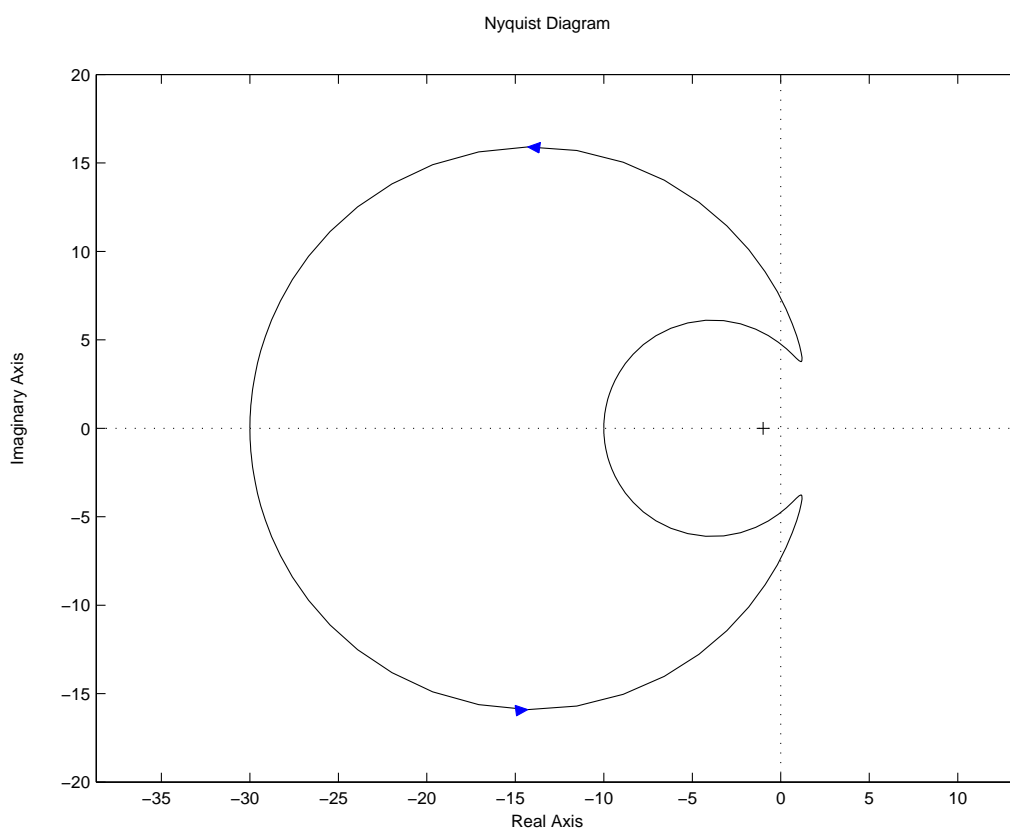


Abbildung 3: Ortskurve  $L(j\omega)$

- 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 der Führungsübertragungsfunktion  $T(s)$  gefordert? Ist  $T(s)$  BIBO-stabil?
- Bestimmen Sie die Reglerverstärkung  $K$ , die Abb. 3 zugrunde liegt!
- Geben Sie den Wertebereich der Reglerverstärkungen  $K > 0$  an, für den das Führungsverhalten BIBO-stabil ist!

# Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 7

---

## Aufgabe 6

7 Punkte

Mit Hilfe eines Reglers soll für die Regelstrecke

$$G(s) = \frac{10}{s(s+10)}$$

ein gewünschtes charakteristisches Polynom  $Q_T(s)$  im geschlossenen Regelkreis vorgegeben werden.

- a) Welchen Grad muss das Polynom  $Q_T(s)$  mindestens besitzen, damit das Problem lösbar ist? Welche Reglerordnung benötigt man in diesem Fall?

Im weiteren gelte  $Q_T(s) = (s+1)^3$ , d.h. es soll ein Dreifachpol bei -1 vorgegeben werden.

- b) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $C(s)$  des Reglers minimaler Ordnung, der das Polvorgabeproblem mit  $G(s)$  und  $Q_T(s)$  löst!
- c) Ist die Übertragungsfunktion  $C(s)$  gemäß Teilaufgabe b) minimalphasig? Ist  $C(s)$  BIBO-stabil? (Begründung)