

Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 22

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

14 Punkte

Gegeben ist eine unbekannte Regelstrecke *zweiter Ordnung* mit einem *Relativgrad von zwei* und unbekanntem Anfangswerten $y(0) = y_0$ und $\dot{y}(0) = \dot{y}_0$.

Die Strecke wird mit dem Signal

$$u(t) = \sin(\omega t)$$

angeregt.

- Zeigen Sie durch Auswertung des Laplace-Integrals, dass die Laplace-Transformierte des gegebenen Eingangssignals $U(s) = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ ist und geben Sie deren Konvergenzbereich an!
- Geben Sie die Ein-/Ausgangsdifferentialgleichung der Regelstrecke mit allgemeinen Parametern a_i, b_i an! *Hinweis: Wieviele Parameter werden jeweils benötigt?*
- Bestimmen Sie die Lösung $Y(s)$ der Differentialgleichung mit Eingang $U(s)$ und allgemeinen Anfangswerten $y(0) = y_0$ und $\dot{y}(0) = \dot{y}_0$! *Hinweis: $\mathcal{L}\{\dot{y}\}(s) = s\mathcal{L}\{y\}(s) - y_0$.*
- Die Laplace-Transformierte des Ausgangs ergibt sich mit dem Eingang $u(t) = \sin(\omega t)$ zu:

$$Y(s) = \frac{s^3 - 11s^2 + \omega^2 s + 10\omega - 11\omega^2}{(s^2 + \omega^2)(s + 1)^2}.$$

Bestimmen Sie die Parameter a_i, b_i der Regelstrecke sowie die Anfangswerte y_0 und \dot{y}_0 durch Koeffizientenvergleich mit $Y(s)$!

¹In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 22

Aufgabe 2

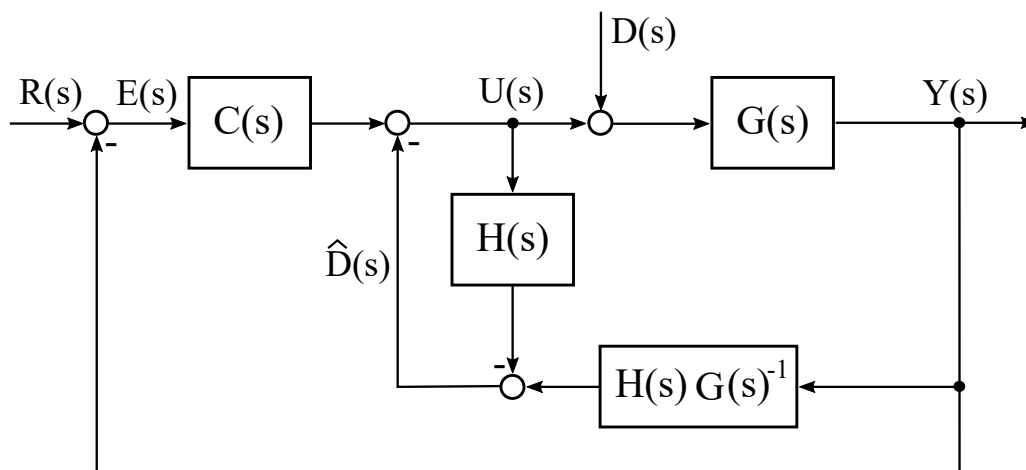
23 Punkte

Gegeben sind die Strecke $G(s)$ und der Regler $C(s)$ mit:

$$G(s) = \frac{s+1}{(s+3)(s+10)}, \quad C(s) = 15 \frac{\frac{s}{3} + 1}{s+1}.$$

- Skizzieren Sie den vollständigen Standardregelkreis mit allen Eingängen und beschriften Sie die Signale!
- Ist der Regelkreis für die gegebenen $G(s)$ und $C(s)$ intern stabil?
- Geben Sie die eingangsseitige Störsensitivität $S_i(s) = \frac{Y(s)}{D_i(s)}$ in Polynomialform für die gegebenen $G(s), C(s)$ im Standardregelkreis an! Kürzen Sie dabei so weit wie möglich! Berechnen Sie deren stationäre Störverstärkung, falls sie existiert!

Betrachten Sie im weiteren die folgende Regelkreisstruktur:



- Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G_d(s) = \frac{\hat{D}(s)}{D(s)}$ für allgemeines $C(s), G(s), H(s)$!
- Bestimmen Sie die Störsensitivität $S(s) = \frac{Y(s)}{D(s)}$ allgemein für die oben dargestellte Regelkreisarchitektur und setzen Sie die oben angegebenen Übertragungsfunktionen $G(s), C(s)$ sowie $H(s) = \frac{5}{s+5}$ ein! Können konstante Störungen $d(t) = \sigma(t)$ am Ausgang $y(t)$ für $t \rightarrow \infty$ vollständig kompensiert werden?
- Welchen Relativgrad muss $H(s)$ mindestens haben, damit $H(s)G(s)^{-1}$ realisierbar ist?

Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 22

Aufgabe 3

19 Punkte

Gegeben sind die Ortskurven in Abb. 1 und die Übertragungsfunktion der offenen Kette im Standardregelkreis

$$L(s) = \frac{200s^2 + 400s + 200}{s^3 - 10s^2 - 200s}$$

- Bestimmen Sie die Zeitkonstantenform der offenen Kette $L(s)$ und geben Sie deren Verstärkung, Zeit- und ggf. Dämpfungskonstanten an!
- Ist die offene Kette vom einfachen Typ? (Begründen Sie Ihre Antwort!)
- Skizzieren Sie den Phasenverlauf von $L(s)$ im Bode-Diagramm! (Eine grobe Skizze genügt.)

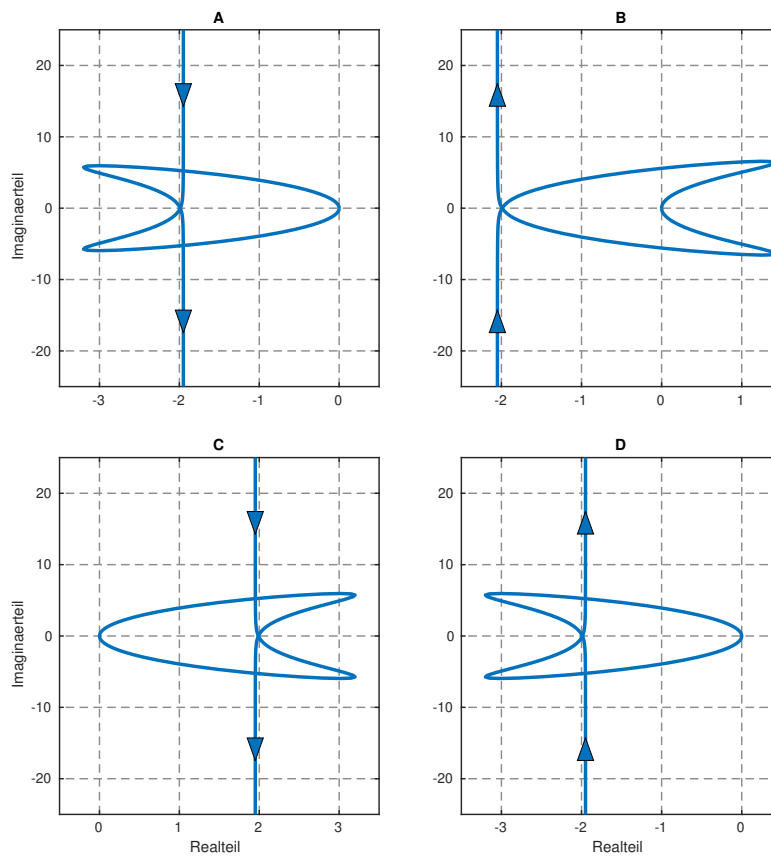


Abbildung 1: Auswahl verschiedener Ortskurven

- Markieren Sie in den Nyquist-Diagrammen in Abb. 1 jeweils den Ast positiver Frequenzen, unter der Annahme, dass jeweils genau ein Pol bei Null vorliegt!
- Welche der Ortskurven gehört zu $L(s)$? (Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)
- Welche stetige Winkeländerung der Ortskurve $1 + L(j\omega)$ ist nach dem Nyquistkriterium gefordert? Bestimmen Sie die stetige Winkeländerung der von Ihnen gewählten Ortskurve $1 + L(j\omega)$! Ist das Führungsverhalten BIBO-stabil?
- Die Ortskurve ist für die Reglerverstärkung $K_p = 10$ dargestellt. Bestimmen denjenigen Wertebereich mit $K_p > 0$, für den die resultierende Führungsübertragungsfunktion BIBO-stabil ist! *Hinweis:* Benötigte Werte dürfen Sie aus den Ortskurven ablesen.

Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 22

Aufgabe 4

11 Punkte

Gegeben ist die Regelstrecke

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

im Standardregelkreis. Mittels Polvorgabe soll der Regler $C(s)$ so entworfen werden, dass konstante Eingangsstörungen für $t \rightarrow \infty$ kompensiert werden.

- Welche Reglerordnung wird mindestens benötigt, um die Anforderungen zu erfüllen? Geben Sie die Nebenbedingungen an den Regler an falls nötig und geben Sie eine geeignete Reglerparametrierung an!
- Gegeben ist das folgende Entwurfspolynom:

$$Q_T(s) = (s + 2)^4 = s^4 + 8s^3 + 24s^2 + 32s + 16$$

Berechnen Sie den Regler $C(s)$ so, dass $Q_T(s)$ Nenner der Führungsübertragungsfunktion $T(s)$ ist!