

**Übungsblatt 10: Regler und Reserven**  
(Abgabe am 10.7.2015 um 8:15 im Vorlesungs-Hörsaal)

Prof. Dr. Moritz Diehl, Dr. Jörg Fischer und Lukas Klar

Bitte laden Sie sich die neuste Version der `toolbox_sr1` von der Lehrstuhl Webseite herunter.

Nützliche Python-Befehle für dieses Blatt sind:

`sr1.bode`, `.nyquist`, `.delay`, `.unknown_step` sowie `ctrl.tf`, `.margin`, `.series`, `.feedback`, `.step` und `np.cos`, `.sin`, `.linspace`, `.pi`

1. (Python) Betrachten Sie den stabilen offenen Kreis  $G_0(s) = \frac{s+2}{s^3+s^2+5s+2}$ .
  - (a) Definieren Sie das System mit Hilfe des Befehls `ctrl.tf` und zeichnen Sie das Nyquist-Diagramm mit Hilfe der `toolbox_sr1`. Erfüllt das System das Nyquist-Kriterium? Wäre der geschlossene Kreis  $\frac{G_0(s)}{1+G_0(s)}$  stabil? (1 Punkt)
  - (b) Wo schneidet das Nyquist-Diagramm die negative reelle Achse? Welche Amplitudenreserve hat das System? (1 Punkt)
  - (c) Zeichnen Sie den Einheitskreis in das Nyquist-Diagramm ein. Für welche Winkel  $\phi$  ist  $|G_0(s)| = 1$ , bzw.  $|G_0(s)|_{dB} = 0$ ? Welche Phasenreserve hat das System? (2 Punkte)  
*Tipp:* Definieren Sie einen Vektor `t = np.linspace(0, 2*np.pi, 100)` und plotten Sie anschließend `np.sin(t)` über `np.cos(t)`.
  - (d) Plotten Sie das Bode-Diagramm mit der `toolbox_sr1` und lesen Sie die Werte und Frequenzen der Reserven ab. Zeichnen Sie dafür die entsprechenden Linien in das Diagramm ein. (2 Punkte)  
*Tipp:* Links unten im Plot-Fenster können Sie die Cursorposition ablesen. Der `sr1.bode`-Befehl gibt die Achsen der beiden Plots zurück. Sie können mit `ax1, ax2=sr1.bode(sys)` und `ax1.plot([10, 10], [0, -40])` einen senkrechten Strich im Amplitudengang plotten.
2. *Übung mit Python.* Betrachten Sie den offenen Kreis  $G_0(s) = \frac{10}{10s^3+25s^2+11s+2}$ .
  - (a) Ermitteln Sie den kritischen Verstärkungsfaktor  $K_{kr}$  experimentell. Implementieren Sie dafür einen P-Regler mit  $K_P = 1$  und erhöhen Sie  $K_P$  solange, bis die Sprungantwort gerade noch nicht divergiert. (1 Punkt)
  - (b) Plotten Sie die Sprungantwort des Systems, wenn es mit dem P-Regler  $K(s) = K_{kr}$  geregelt wird und ermitteln Sie aus dem Plot die kritische Periodendauer  $T_{kr}$ . (1 Punkt)
  - (c) Verwenden Sie jetzt die im Skript angegebene Tabelle, um einen P-, einen PI- und einen PID-Regler einzustellen. Plotten Sie die Sprungantworten der drei Regler über den Horizont  $[0, 200]$  in einem gemeinsamen Diagramm. Wie unterscheiden sich die Regler im Bezug auf die Settlingzeit, die Überschwingung und den statischen Fehler? (3 Punkte)
  - (d) Welche Amplituden- und Phasenreserve hat der offene Kreis? (1 Punkt)
3. *Übung mit Python.* In dieser Aufgabe müssen Sie ein unbekanntes System anhand seiner Sprungantwort identifizieren. Die Sprungantwort können Sie sich ansehen, indem Sie `y, t = sr1.unknown_step()` aufrufen und dann `y` über `t` plotten.
  - (a) Finden Sie ein Modell  $G(s) = \frac{k_s}{T_s+1}e^{-T_t s}$ , das die gegebene Sprungantwort gut approximiert. Die Verzögerung  $e^{-T_t s}$  erzeugt eine Totzeit von  $T_t$  Sekunden. Diese Verzögerung können Sie zu einem System mit `sys = sr1.delay(sys, T_t)` hinzufügen.  
*Tipp:* Erzeugen Sie einmal die Sprungantwort des unbekanntes Systems und verwenden Sie die Werte `y` und `t` weiter. Wählen Sie die drei Parameter  $k_s$ ,  $T$  und  $T_t$  und plotten Sie die Sprungantwort von  $G(s)$  in das gleiche Fenster. Verändern Sie die Parameter so lang bis die Sprungantwort gut approximiert wird. (2 Punkte)
  - (b) Definieren Sie jetzt folgende Parameter (1 Punkt)

$$K_P = \frac{1,2 T}{k_s T_t}, \quad K_I = \frac{K_P}{2 T_t}, \quad K_D = 0,5 K_P T_t,$$

welche die Parameter eines PID-Reglers darstellen, welche mittels der im Skript genannten Methode ausgelegt sind. Die Sprungantwort des Systems, wenn es von diesem PID-Regler geregelt wird, kann durch die von uns vorbereitete Funktion `y, t = sr1.unknown_step(K_P, K_I, K_P)` erzeugt werden. Plotten Sie die Sprungantwort des geregelten Systems. (1 Punkt)

*Hinweis zur Abgabe:* Bitte **drucken** Sie die Plots und den Code aus und tackern Sie alle Blätter zusammen. Einzelne Blätter und E-mails werden nicht korrigiert.