Vorlesung Systemtheorie und Regelungstechnik (SR)
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Sommersemester 2014

Übungsblatt 10: Stabilität von Regelungssysteme

(Abgabe am 23.07.2014, 8:15, im Hörsaal, oder früher in Geb. 102, 1. Stock, Anbau, hinten links)

Prof. Dr. Moritz Diehl, Mario Zanon

Auf diesem Blatt wollen wir die Stabilität von Regelungssystemen analysieren. Die MatLab-Dateien finden Sie unter: www.imtek.de/professuren/systemtheorie/lehre/sommersemester-2014/systemtheorie-und-regelungstechnik/sysreg . Nützliche MATLAB-Befehle für dieses Blatt sind: `zero,pole,nyquist,margin,step`

1. Betrachten Sie das folgende System $G(s) = \frac{10}{(s+1)^2\,(0.01s+1)}$. Definieren Sie das System mit Hilfe des Befehls `tf`.

   (a) Zeichnen Sie das Nyquist Diagramm in Matlab. Erfüllt das System das Nyquist Kriterium? Wäre der geschlossene Kreis $\frac{G(s)}{1+G(s)}$ stabil? (1 P.)

   (b) Wie viele stabile und instabile Pole hat das System $G(s)$? (1 P.)

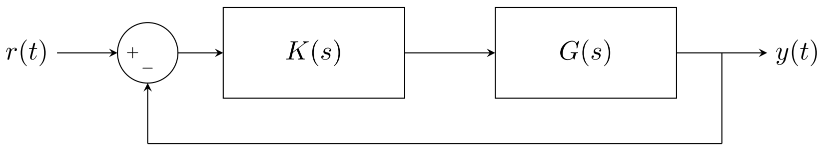
   (c) Wo schneidet das Nyquist Diagramm die negative Reelle Achse? Welche Amplitudenreserve hat das System? (1 P.)

   (d) Zeichnen Sie den Einheitskreis. Für welche ω ist $|G(j\omega)| = 1$, bzw. $|G(j\omega)|_{\mathrm{dB}} = 0$? Welche Phasenreserve hat das System? *Tipp*: definieren Sie einen Vektor `t = (0:1e-2:1)*2*pi`, benutzen Sie `hold on` und plotten Sie `cos(t)` und `sin(t)`. (1 P.)

   (e) Zeichnen Sie das Bode Diagramm in Matlab und kontrollieren Sie, ob die Werte, die Sie berechnet haben, stimmen oder nicht. (1 P.)

   (f) Benutzen Sie jetzt den Befehl `margin(mytf)`. Interpretieren Sie das Ergebnis und beziehen Sie es auf die vorige Aufgabe. (1 P.)

   (g) Benutzen Sie jetzt einen P-Regler, mit Verstärkung $k_{\mathrm{p}} > 0$. Wie groß kann man die Verstärkung k_{p} wählen, bevor der geschlossene Kreis instabil wird? Checken Sie dies mit Hilfe der Nyquist und Bode Diagrammen. Was geschieht, wenn man $k_{\mathrm{p}} = 40$ benutzt? (1 P.)



   (h) * Statt des P-Reglers, benutzen Sie den Regler $K(s) = s^2+40s+10$. Zeichnen Sie die Nyquist und Bode Diagramme. Welche Amplituden- und Phasenreserve hat das System? (1 B.P.)

2. * Betrachten Sie das System $G(s) = \frac{s+1}{(s+2)(s-2)}$ und den Regler $K(s) = \frac{s-2}{s+3}$.

   (a) * Welche Nullstellen hat die Funktion $F(s) = 1 + K(s)G(s)$? Ist der geschlossene Kreis stabil? (1 B.P.)

   (b) * Das reale System habe die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{s+1}{(s+2)(s-2+\epsilon)}$ mi kleinem $\epsilon \neq 0$. (1 B.P.)

3. Betrachten Sie das System $G(s) = \frac{2s^2-s-6}{10s^3+31s^2+13s+1}$.

   (a) Ist es stabil? (1 P.)

   (b) Welche Amplituden- und Phasenreserve hat es? (1 P.)

   (c) Berechnen Sie den kritischen Verstärkungsfaktor K_{kr}. (1 P.)

   (d) Plotten Sie die Sprungantwort des Systems, wenn es mit dem P-Regler $K(s) = K_{\mathrm{kr}}$ geregelt wird. Oszilliert das System wie erwartet? Was geschieht, wenn $K(s) = K_{\mathrm{kr}} - \epsilon$, mit $\epsilon = 0.01$ ist? (1 P.)

   (e) Berechnen Sie die kritische Periodendauer T_{kr}. (1 P.)

   (f) Verwenden Sie jetzt die im Skript angegebene Tabelle, um einen P-, einen PI- und einen PID-Regler einzustellen. Plotten Sie in der selben Figur die Sprungantwort von allen drei Reglern über den Horizont $[0, 100]$. Welches Verhalten haben die drei geregelten Systeme? Ist dieses Verhalten wie erwartet? *Tipp*: benutzen Sie den MATLAB-Befehl `step(meine_uebertragungsfunktion,100)`. (2 P.)

   (g) Welche Amplituden- und Phasenreserve haben die drei offenen Kreise? (1 P.)

   (h) * Was geschieht, wenn Sie für die drei Regler die Werte $K_{\mathrm{P}} = 1$, $K_{\mathrm{I}} = 0.1$ und $K_{\mathrm{P}} = 2$ benutzen? Und mit $K_{\mathrm{P}} = 2$, $K_{\mathrm{I}} = 0.1$ und $K_{\mathrm{P}} = 4$? Erklären Sie warum. Welche Amplituden- und Phasenreserve haben die drei offenen Kreise?

(2 B.P.)

4. Öffnen Sie die Matlab Figure mit der Sprungantwort eines unbekannten Systems.

   (a) Finden Sie ein Modell $G(s) = \frac{k_\mathrm{s}}{Ts+1}e^{-T_\mathrm{t}s}$, das die gegebene Sprungantwort gut approximiert. *Tipp*: öffnen Sie die Figur in Matlab und mit Hilfe des Befehls `hold on` polten Sie die Sprungantwort von $G(s)$ und wählen Sie die drei Parameter k_s, T und T_t, die die gegebene Antwort am besten approximieren. (1 P.)

   (b) Stellen Sie jetzt einen P-, einen PI- und einen PID-Regler ein. Benutzen Sie dafür die in der folgende Tabelle gegebene Parameter.

Regler	P	PI	PID
Parameter	$K_\mathrm{P} = \frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}$	$K_\mathrm{P} = \frac{0.9\,T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}, T_\mathrm{I} = 3.33\,T_\mathrm{t}$	$K_\mathrm{P} = \frac{1{,}2\,T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}, T_\mathrm{I} = 2\ T_\mathrm{t}, T_\mathrm{D} = 0.5\,T_\mathrm{t}$

   Checken Sie die Sprungantwort des einfachen Modells mit den drei Reglern. (1 P.)

   (c) Checken Sie die Sprungantwort des realen Modells mit den drei Reglern. Benutzen Sie dafür die gegebene Funktion `mein_geregeltes_system(Kp,Ki,Kd,horLength)`. (1 P.)

Ingesamt gibt es 18 Punkte und 5 Bonuspunkte auf diesem Blatt.