Übungsblatt 10: Regler und Reserven (zu Kapitel 8, 9 und 10)

Prof. Dr. Moritz Diehl, Jochem De Schutter

1. (MATLAB®) In dieser Aufgabe soll die erste Methode von Ziegler-Nichols verwendet werden, um eine Strecke zu regeln. Dazu sollen Sie die zunächst unbekannte Strecke anhand seiner Sprungantwort identifizieren und darauf aufbauend den Regler auslegen. Die Sprungantwort können Sie sich ansehen, indem Sie die Funktion `unknown_step()` aufrufen. (Die Datei `unknown_step.p` wird benötigt, `unknown_step.m` enthält lediglich Information zur Benutzung der Funktion)

   (a) Machen Sie für die unbekannte Strecke den Ansatz $G(s) = \frac{k_\mathrm{s}}{Ts+1}e^{-T_\mathrm{t}s}$ und finden Sie Parameter k_s, T und T_t, die die gegebene Sprungantwort gut approximieren. Die Verzögerung $e^{-T_\mathrm{t}s}$ erzeugt eine Totzeit von T_t Sekunden.
   TIPP: Ein System mit Totzeit `Tt` lässt sich mittels `sys = tf(..., ..., 'InputDelay', Tt)` erzeugen.
   Es empfiehlt sich die Sprungantwort des unbekannten Systems und die Sprungantwort von $G(s)$ in das gleiche Fenster zu plotten. Verändern Sie dann die drei Parameter k_s, T und T_t so lange, bis die Sprungantwort gut approximiert wird. Achten Sie hierbei vor allem auf eine gute Übereinstimmung der Anstiegszeit (rise time). (1 P.)

   (b) Legen Sie nun einen P-, einen PI- und einen PID-Regler anhand unten stehenden Tabelle gemäß der Einstellregel von Ziegler-Nichols aus. Implementieren Sie die Regler in Matlab und plotten Sie die drei Sprungantworten in ein gemeinsames Fenster. (1 P.)
   TIPP: Mit der Definiton `s = tf('s')` lassen sich die Übertragunsfunktionen der Regler leichter implementieren: zB: `Kpi = Kp + Ki/s`

Tabelle 1: Bestimmung der P-, PI-, und PID-Reglerparameter nach der Approximationsmethode von Ziegler und Nichols (Methode 1, siehe Skript Kapitel 10.2).

Typ	Konstante K_P	Zeitkonstanten $T_\mathrm{I}, T_\mathrm{D}$	Konstanten $K_\mathrm{I}, K_\mathrm{D}$
P	$K_\mathrm{P} = \frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}$	-	-
PI	$K_\mathrm{P} = 0.9\frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}$	$T_\mathrm{I} = 3.33\,T_\mathrm{t}$	$K_\mathrm{I} = 0.27\frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}^2}$
PID	$K_\mathrm{P} = 1.2\frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}}$	$T_\mathrm{I} = 2\,T_\mathrm{t},\ \ T_\mathrm{D} = 0.5\,T_\mathrm{t}$	$K_\mathrm{I} = 0.6\frac{T}{k_\mathrm{s}T_\mathrm{t}^2},\ \ K_\mathrm{D} = 0.6\frac{T}{k_\mathrm{s}}$

2. Gehen Sie im Folgenden vom Standardregelkreis mit einer Störung $W(s)$ am Ausgang der Strecke und Messrauschen $V(s)$ aus wie in Abbildung 8.1 des Skripts dargestellt.

   (a) Wie hängt der Ausgang $Y(s)$ vom Eingang $U(s)$, den Störungen $W(s)$ und dem Messrauschen $V(s)$ ab? Wie werden die auftretenden Übertragungsfunktionen genannt und welche Werte sollen diese für eine gute Regelung idealerweise annehmen? (1 P.)

   (b) Wie sind die Sensitivitätsfunktion und die komplementäre Sensitivitätsfunktion definiert und was beschreiben sie? (1 P.)

   (c) Gegeben sei folgende Sensitivitätsfunktion und komplementäre Sensitivitätsfunktion eines geregelten Systems.

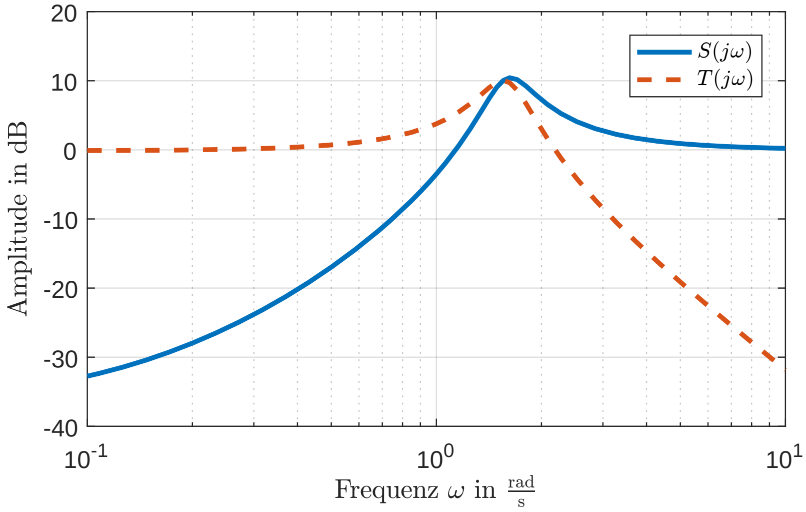

Abbildung 1: Amplituden von $S(j\omega)$ und $T(j\omega)$

Wieso können die Amplituden von $S(s)$ und $T(s)$ größer sein als 1, obwohl gilt $S(s) + T(s) = 1$? (1 P.)

(d) Ist der Regelkreis aus Abbildung 1 geeignet für Referenzsignale mit $0.4\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$ wenn Störsignale mit $0.2\ \frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$ auftreten? Begründen Sie Ihre Antwort. (1 P.)

3. (MATLAB®) Betrachten Sie den stabilen offenen Kreis $G_0(s) = \frac{s+2}{s^3+s^2+5s+2}$.

   (a) Definieren Sie das System in MATLAB und zeichnen Sie das Nyquist-Diagramm. Erfüllt das System das Nyquist-Kriterium? Wäre der geschlossene Kreis $\frac{G_0(s)}{1+G_0(s)}$ stabil? (1 P.)
   TIPP: Hilfreiche Befehle: tf(...), nyquist(...).

   (b) Wo schneidet das Nyquist-Diagramm die negative reelle Achse? Welche Amplitudenreserve hat das System? (1 P.)

   (c) Zeichnen Sie den Einheitskreis in das erstellte Nyquist-Diagramm ein. Für welche Winkel ϕ ist $|G_0(s)| = 1$, bzw. $|G_0(s)|_{\mathrm{dB}} = 0$? Welche Phasenreserve hat das System? (1 P.)
   TIPP: Einen Kreis kann man mit `t=0:pi/50:2*pi; plot(cos(t),sin(t));` erzeugen.

   (d) Plotten Sie das Bode-Diagramm des offenen Kreises und lesen Sie die Werte und Frequenzen der Amplituden- und Phasenreserve ab. (1 P.)