

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übung 8

Sommer 2010

Vorbereitung

Wiederholen Sie Vorlesungs- und Übungsinhalte zu folgenden Themen:

- Definition der offenen Ketten vom einfachen Typ
- Entwurf mit Näherungsbeziehungen
- Überschwingweite und Anstiegszeit der Sprungantwort
- Skizzieren von Bode-Diagrammen
- Zeitkonstantenform von Termen mit konjugiert komplexen Wurzeln
- PI-Regler in Summen und Zeitkonstantenform

Aufgabe 1

Gegeben ist die schwingungsfähige P-T₂-Strecke mit der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{5}{s^2 + 2\sqrt{\frac{1}{2}}s + 1}.$$

Entwerfen Sie einen Regler $C(s)$ so, daß die Führungssprungantwort des geschlossenen Kreises eine Anstiegszeit von $t_r = 3$, eine Überschwingweite von $M_p = 10\%$ und einen stationären Regelfehler von $e_\infty = 0$ für sprungförmige Führungsgrößen aufweist.

- a) Zeigen Sie, dass die offene Kette $L(s) = G(s)C(s)$ für PI-Regler der Form $C_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{K_i}{s}\right)$ mit $K_p > 0, K_i > 2$ vom einfachen Typ ist.
- b) Formulieren Sie Anforderungen an die offene Kette, so daß die Spezifikation für den geschlossenen Regelkreis erfüllt ist.
- c) Betrachten Sie das Bode-Diagramm der offenen Kette mit I-Regler. Warum ist ein I-Regler für dieses Entwurfsvorhaben ungeeignet?
- d) Entwerfen Sie statt dessen einen PI-Regler.

Aufgabe 2

Um den Phasengang der offenen Ketten gezielt in einem bestimmten Frequenzbereich anzuheben oder abzusenken wird häufig das Übertragungsglied

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

eingesetzt. Falls $\tau_1 > \tau_2$ wird der Phasengang in einem Frequenzintervall angehoben, man spricht dann von einem Lead-Glied. Für $\tau_1 < \tau_2$ wird der Phasengang Frequenzintervall abgesenkt, C wird dann als Lag-Glied bezeichnet.

a) Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des Übertragungsgliedes

$$(i) C_{\text{Lead}}(s) = \frac{1 + 10s}{1 + s}, \quad (ii) C_{\text{Lag}}(s) = \frac{1 + 10s}{1 + 100s}.$$

b) Berechnen Sie für das Lead-Glied jene Frequenz ω_{\max} als Funktion von τ_1 und τ_2 , bei der die maximale Phasenhebung ϕ_{\max} erreicht wird. Berechnen Sie ϕ_{\max} als Funktion von τ_1 und τ_2 .

Aufgabe 3

Betrachten Sie die Strecke aus Aufgabe 1, bei gleicher Spezifikation. Jedoch soll nun eine Anstiegszeit von $t_r = 0,3[s]$ realisiert werden.

- Zeigen Sie, daß der Entwurf eines PI-Reglers hier nicht zum Ziel führt.
- Erweitern Sie statt dessen den PI-Regler aus Aufgabe 1d um die Serienschaltung eines Lead-Gliedes: $C_{\text{PI-Lead}} = C_{\text{PI}}(s)C_{\text{Lead}}(s)$. Wählen Sie dabei τ_2 des Lead-Gliedes möglichst groß, damit die Stellgröße beim Führungssprung nicht unnötig groß wird.

Aufgabe 4

Die in Aufgabe 1 gegebene Strecke $G(s)$ habe nun zusätzlich eine Totzeit von $\tau = 1[s]$. Sie soll mit dem entworfenen Reglern aus Aufgabe 1d und Aufgabe 3b

$$(i) C_{\text{PI}}(s), \quad (ii) C_{\text{PI-Lead}}(s)$$

geregelt werden.

- Bestimmen Sie den Phasenrand der offenen Kette für beide Regler. Ist der geschlossene Regelkreis stabil? Wie kann ggf. Stabilität hergestellt werden?
- Der PI-Regler C_{PI} soll nun in einen Smith-Prädiktor realisiert werden. Zeichnen Sie das Blockschaltbild des Regelkreises mit Smith-Prädiktor und geben Sie die Übertragungsfunktion des Smith-Prädiktors $C_{\text{SP}}(s) = \frac{U(s)}{E(s)}$ an.
- Skizzieren Sie die Führungssprungantwort des geschlossenen Regelkreises mit Smith-Prädiktor.