



| | | |
|--|--|--|
|  Labor Regelungstechnik Prof. Dr. Hildenbrand | Versuch 2 Lösung von regelungstechnischen Problemen mit Computer-Simulation P und PI-Regler |  Hochschule Offenburg University of Applied Sciences Letzte Änderung: 20. 3.2012 Birk |
|--|--|--|

Lernziel:

Einführung in Matlab-Simulink.

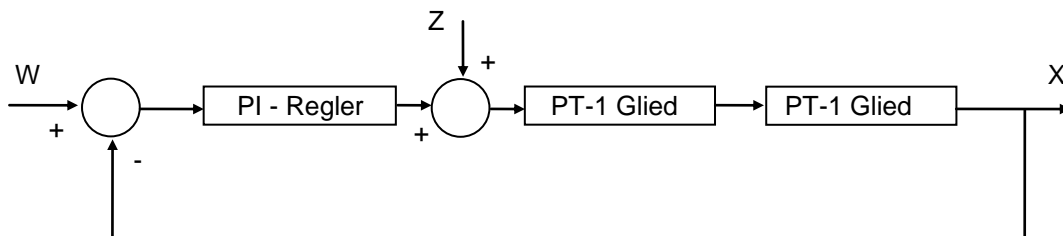
Dimensionierung von P- und Pi-Regler mit Hilfe des Bode-Diagramms. Stationäre Genauigkeit, Regelabweichung, Verhalten auf Störungen. Kompensation des D-Anteils einer Regelstrecke.

1. Allgemeines

1.1 Einführung

Die mathematische Beschreibung dynamischer regelungstechnischer Systeme erfolgt durch Differentialgleichungen. Es ist üblich, die mathematischen Zusammenhänge in Form von Blockschaltbildern darzustellen. Die Blöcke charakterisieren entweder die entsprechende Differentialgleichung oder aber im Laplace-Bereich die zugehörige Übertragungsfunktion. Es besteht demnach die Möglichkeit, ein regelungstechnisches System im Zeitbereich oder im Laplace-Bereich zu beschreiben. Für beide Möglichkeiten stehen fertige Programmiertechniken zur Verfügung.

Beispiel: Regelung einer Strecke mit zwei PT-1 Gliedern mit einem PI- Regler



Aus der Blockstruktur kann die DGL des geschlossenen Regelkreises hergeleitet werden. Die Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises lautet:

$$\mathbf{F_g(s)} = \frac{\mathbf{F_v}}{1 + \mathbf{F_o}}$$

Dabei ist: F_g Führungs-Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises

F_v Produkt der Übertragungsfunktionen aller Vorwärtsglieder

F_o Produkt der Übertragungsfunktionen aller im Kreis vorhandenen Glieder

Die Führungsübertragungsfunktion $F_g(s)$ erhält man unter der Annahme der Verwendung eines PI-Reglers und einer Streckenverstärkung K_S zu:

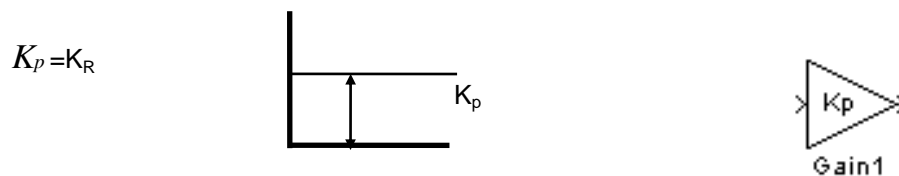
$$F_g(s) = \frac{X(s)}{W(s)} = \frac{K_R \cdot K_S \cdot (1 + T_N s)}{s(1 + T_1 s) \cdot (1 + T_2 s) + K_R \cdot K_S (1 + T_N s)}$$

Die Störübertragungsfunktion ergibt sich zu:

$$F_z(s) = \frac{X(s)}{Z(s)} = \frac{K_S \cdot s}{s(1 + T_1 s) \cdot (1 + T_2 s) + K_R \cdot K_S (1 + T_N s)}$$

1.2: Koppelplan nach der Blockstruktur des Regelkreises (Simulink)

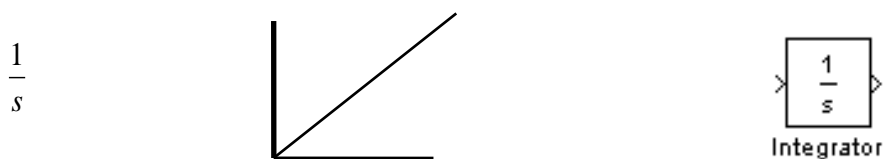
P- Glied:



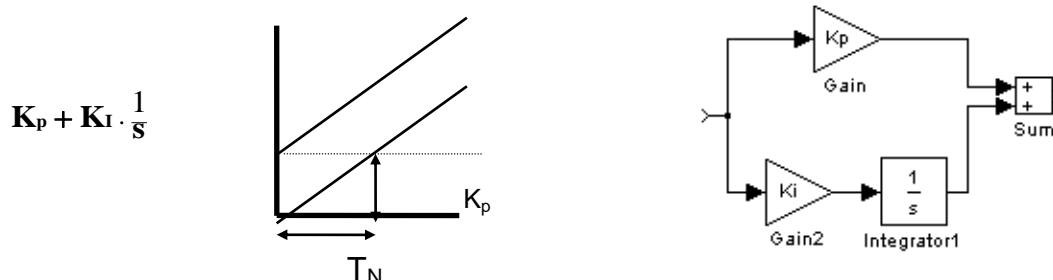
Bei reinen P-Reglern bleibt im eingeschwungenen Zustand eine Differenz zum Sollwert. Man nennt dies die „bleibende Regelabweichung“. Das ist eine natürliche Eigenschaft des P-Reglers. Die Abweichung kann mit folgender Formel berechnet werden (Endwertsatz der LP-Transformation):

$$x_d(\infty) = \frac{w_0}{1 + K_p \cdot K_S} \quad \text{mit } w_0 = \text{Führungsgröße, } K_p = \text{Verstärkungsfaktor und } K_S = \text{Verstärkungsfaktor der Strecke.}$$

I- Glied:



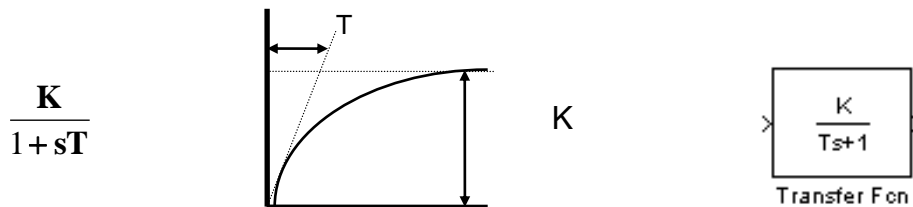
PI- Regler:



mit $K_I = K_R = \frac{K_p}{T_N}$ folgt

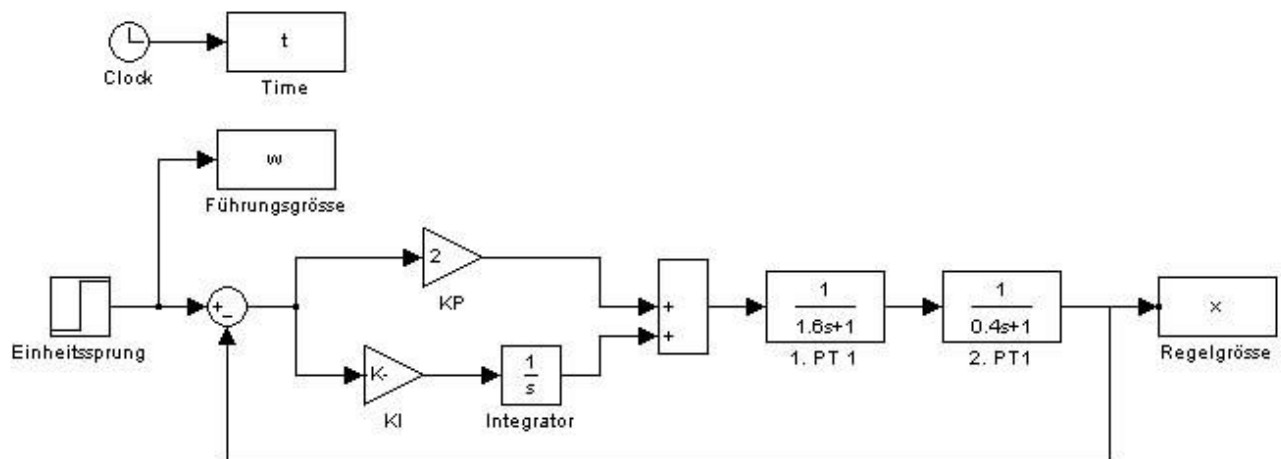
$$F_R(s) = K_p + \frac{K_p}{sT_N} = \frac{K_p \cdot sT_N + K_p}{sT_N} = \frac{K_p(1+sT_N)}{sT_N} = K_I \cdot \frac{1+sT_N}{s}$$

PT₁- Strecke:



Mit Hilfe der Grundschtaltung ist es möglich, den Koppelplan nach der Blockstruktur aufzuzeichnen.

Hier ein Beispiel der Regelung einer Strecke mit **zwei** Verzögerungsgliedern 1. Ordnung mit einem PI- Regler.



Die Parameter eines jeden Blockes des Regelkreises können direkt variiert werden. Dies ist besonders dann notwendig, wenn eine optimale Reglereinstellung für das Übergangsverhalten gesucht wird.

2. Versuchsdurchführung

Vorbereitung Zuhause:

1. Dimensionieren Sie einen **P- und einen PI- Regler** mit Hilfe des Bode-Diagramms für eine Strecke mit **drei Verzögerungsgliedern 1. Ordnung** (PT1-Glieder)

$$F_s = \frac{1}{(1+pT_1)} \cdot \frac{1}{(1+pT_2)} \cdot \frac{1}{(1+pT_3)} \quad \text{mit } T_1 = 0.05s, T_2 = 0.17s, T_3 = 0.3s$$

2. Dimensionieren Sie einen **PI- Regler** mit Hilfe des Bode-Diagramms für eine Strecke mit einem **D-Glied und drei Verzögerungsgliedern 1. Ordnung**.

$$F_s = pT_D \cdot \frac{1}{(1+pT_1)} \cdot \frac{1}{(1+pT_2)} \cdot \frac{1}{(1+pT_3)}$$

$$\text{mit } T_D = 0,0033s, T_1 = 0,01176s, T_2 = 0,004s, T_3 = 0,001s$$

Das D-Glied ist mit einem Integrierer mit gleicher Zeitkonstante (T_D) zu kompensieren. Somit entfallen diese beiden Glieder im Bode-Diagramm, aber nur da!!

Wenn Sie diese Vorbereitungen zum Labortermine nicht mitbringen, erhalten Sie einen Ersatztermin an einem anderen Tag.

Im Labor am Versuchstag:

Arbeitsstation Username **Versuch2**, kein Password.

Achten Sie darauf, dass Sie im Matlab-Controll-Window das zum Versuch passende Arbeitsverzeichnis „D:\Versuch2“ eingestellt haben.

1. Gegeben ist ein zu regelndes System bestehend aus 3 PT1-Gliedern mit den Zeitkonstanten

$$T_1 = 0.05s \quad T_2 = 0.17s \quad T_3 = 0.3s$$

Diese Strecke ist schon unter dem Dateinamen **Strecke.mdl** im Arbeitsverzeichnis „D:\Versuch2“ bzw. in der „**Current Folder**“ von Matlab verfügbar.

2. Speichern Sie diese Strecke unter einem neuen Namen und ergänzen Sie diese mit einem **P-Regler** (Parameter aus dem Bode-Diagramm der Versuchsvorbereitung). Führen Sie nun die Simulation durch. Ermitteln Sie Regelabweichung, Einschwingzeit und Überschwingen und tragen Sie diese in Ihr Simulationsergebnis ein. Berechnen und messen Sie die Regelabweichung x_d (siehe 1.2 mit $K_S = 1$).

Wenn Sie das Simulationsbild vor weiteren Anwendungen nicht löschen, bleiben Ihre Text-boxen, Pfeile usw. erhalten und können passend zum neuen Ergebnis editiert werden.

Titel und X-Y-Labels werden nicht übernommen.

3. Speichern Sie dieses Modell unter einem neuen Namen und ergänzen Sie dieses mit einem **PI-Regler** (Parameter aus dem Bode-Diagramm der Versuchsvorbereitung). Führen Sie nun die Simulation durch und drucken Sie die Sprungantwort aus. Wie verhält es sich mit Regelabweichung, Einschwingzeit und Überspringen?

Welchen Unterschied erkennen Sie im Vergleich P und PI geregelten Strecken? Wie verhält es sich mit Regelabweichung, Einschwingzeit und Überspringen?

4. Bisher wurden die Regelungen auf Führungsverhalten untersucht. Nun soll eine Störgröße aufgeschaltet werden. Ändern Sie dazu die Regelkreise unter 2) und 3) so, dass ein konstanter Sprung mit dem Wert 1 als Störgröße auf einen Summierer geschaltet wird, der zwischen Regler und Strecke eingefügt werden kann. Die Führungsgröße soll Null sein. Nehmen Sie die Übergangsfunktionen bei P- und PI-Regelung auf und drucken Sie diese aus. Wie unterscheiden sich die Ergebnisse?

5. In Versuch 1 wird durch Aufnahme des Bode-Diagramms bei Strecke 2 folgendes Streckenverhalten ermittelt: **Ein D-Glied und 3 PT1-Glieder**.

$$F_s = pT_D \cdot \frac{1}{(1 + pT_1)} \cdot \frac{1}{(1 + pT_2)} \cdot \frac{1}{(1 + pT_3)}$$

$$\text{mit } T_D = 0,0033\text{s} \quad T_1 = 0,01176\text{s} \quad T_2 = 0,004\text{s} \quad T_3 = 0,001\text{s}.$$

Simulieren Sie auch hier das Übergangsverhalten dieser Strecke mit einem PI-Regler auf einen Führungs- und Störgrößensprung. Reglereinstellung aus dem Bode-Diagramm der Versuchsvorbereitung.

6. Diskussion der Ergebnisse