Hochschule Reutlingen
Fakultät Technik
Studiengang Mechatronik Bachelor

Praktikum – Regelungstechnik II

Versuch 2 – Digitales Regelungssystem

Name: Marius Ketterer

Gruppe: ____________________

Mitarbeiter: ____________________

Die Ergebnisse sind in einem eigenen Dokument ab Seite 4 dieser PDF.

Endtestat: ____________________

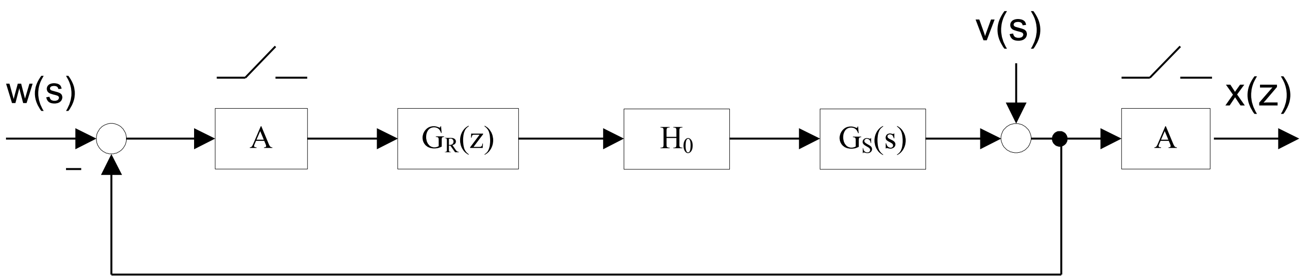
Datum: ____________________

Praktikum durchzuführen mit Simulationssoftware WinFact

Datei: V2_Digitales_Regelungssystem.odt - Stand: 17.04.2016

Aufgabenstellung :

Für ein digitales Regelungssystem sind für die Beurteilung des Führungs- und Störungsverhaltens die z-Übertragungsfunktionen zu berechnen. Für die Aufschaltung einer Einheitssprungfunktion ist der Endwert der bleibenden Regelabweichung $x_d(kT \to \infty)$ zu ermitteln. Geben Sie die Lösung bei Bedarf auf Zusatzblättern an.



$G_R(z) = K_R = 5$; H_0= Halteglied 0-ter Ordnung;

$$G_S(s) = \frac{K_s}{(1+T_s s)T_I s}$$

$K_S=3$; $T_S=1s$;$T_I=3s$

Abtastzeit $T_A=0{,}2s$

a) Berechnen Sie die z-Übertragungsfunktion der Strecke inkl. Halteglied.

b) Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion und die Führungs-sprungantwort. Geben Sie die ersten 6 Werte der resultierenden Ausgangs-Impulsfolge an.

c) Modellieren und Simulieren Sie den Regelkreis und vergleichen Sie das Simulationsergebnis mit der von Ihnen berechneten Führungssprungantwort. Stellen sie die Sprungantwort in einem Plot dar und drucken sie diesen aus. (Simulationsintervall [0;20 s] mit Schrittweite 0.05s)

d) Berechnen Sie die bleibende Regelabweichung $x_d(kT \to \infty)$ (Aufschaltung der Einheitssprungfunktion).

e) Berechnen Sie die Sprungantwort x(z) auf einen Störungssprung v(z)=. $\frac{z}{z-1}$ und geben Sie die ersten 6 Werte der resultierenden Ausgangs-Impulsfolge an.

f) Simulieren Sie das Regelverhalten bei einer Störfunktion v(z)= $\frac{z}{z-1}$ für das Simulationsintervall [0;16 s] mit der Schrittweite 0.05 s. Drucken sie das Ergebnis aus.

g) Implementieren Sie einen <u>zeitdiskreten</u> PD-Regler und optimieren Sie die Regelparameter mit der Einstellmethode nach Ziegler- Nichols.

Digitaler PD- Regler:

$$G_R(z)=\frac{K_R\left(1+\frac{T_v}{T_A}\right)z-K_R\frac{T_v}{T_A}}{z}$$

Einstellregeln nach Ziegler Nichols für PD-Regler:

$K_R=0{,}8\cdot K_{Krit.}$ $T_V=0{,}12\cdot T_{Krit.}$

Ermitteln Sie in der Simulation die Werte für K_{Krit} und T_{Krit} (Periodendauer),

K_{Krit} =	T_{Krit} =

Speichern Sie die Winfact-Programme ab und drucken Sie die Sprungantwort aus.

Kommentieren Sie hier kurz Ihre Ergebnisse!

Versuch 2 - Digitales Regelungssystem - Lösung

Marius Ketterer

24. Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

a) Berechnen Sie die z-Übertragungsfunktion der Strecke inkl. Halteglied

a).1 Übertragunsfunktion der Strecke

$$G_s(s) = \frac{K_s}{(1 + T_s s)T_i s} \text{mit} K_s = 3; T_s = 1; T_i = 3 \tag{1}$$

$$G_s(s) = \frac{\cancel{3}}{(1 + s)\cancel{3}s} \tag{2}$$

a).2 z-Transformation mit Halteglied

$$G_s(z) = (1 - z^{-1})\mathcal{Z}\left\{\frac{G_s(s)}{s}\right\} = (1 - z^{-1})\mathcal{Z}\left\{\frac{1}{s^2(1 + s)}\right\} \tag{3}$$

Transformieren mit Hilfe der Korrespondenzentabelle(Nr.13)

$$G_s(z) = \cancel{(1 - z^{-1})}\frac{\left[(T_A - 1 + e^{-T_A}) + (1 - e^{-T_A} - aT_A e^{-T_A})z^{-1}\right] z^{-1}}{(1 - z^{-1})^{\cancel{2}}(1 - e^{-T_A} z^{-1})} \tag{4}$$

Nun wird die Abtastzeit $T_A = 0,2$ eingesetzt und ausmultipliziert

$$G_s(z) = \frac{0,0175z^{-2} + 0,019z^{-1}}{0,819z^{-2} - 1,819z^{-1} + 1} \tag{5}$$

b) Berechnen der Führungsübertragungsfunktion und der Führungssprungantwort

$$G_R(z) = K_R = 5 \tag{6}$$

$$G_w(z) = \frac{G_R(z) \cdot G_s(z)}{1 + G_R(z) \cdot G_s(z)} = \frac{\frac{5Z(z)}{N(z)}}{1 + \frac{5Z(z)}{N(z)}} = \frac{5Z(z)}{N(z) + Z(z)} \tag{7}$$

Daraus ergibt sich wenn man Zähler und Nenner wieder einsetzt

$$G_w(z) = \frac{0,0875z^{-2} + 0,095z^{-1}}{0,9065z^{-2} - 1,724z^{-1} + 1} \tag{8}$$

Berechnen der ersten 6 Werte der Führungssprungantwort

n	w_n	x_n
0	1	0
1	1	0,095
2	1	0,3463
3	1	0,6934
4	1	1,064
5	1	1,388

c) Simulationsergebnisse Führungsübertragungsfunktion

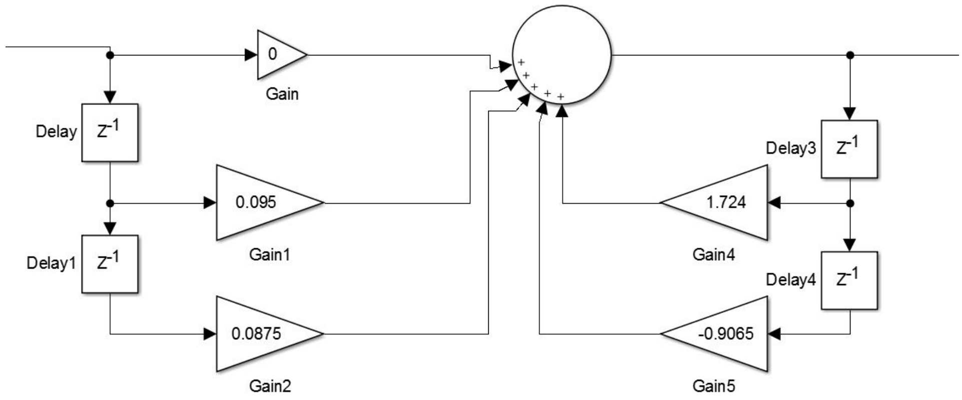


Abbildung 1: Struckturplan von $G_w(z)$

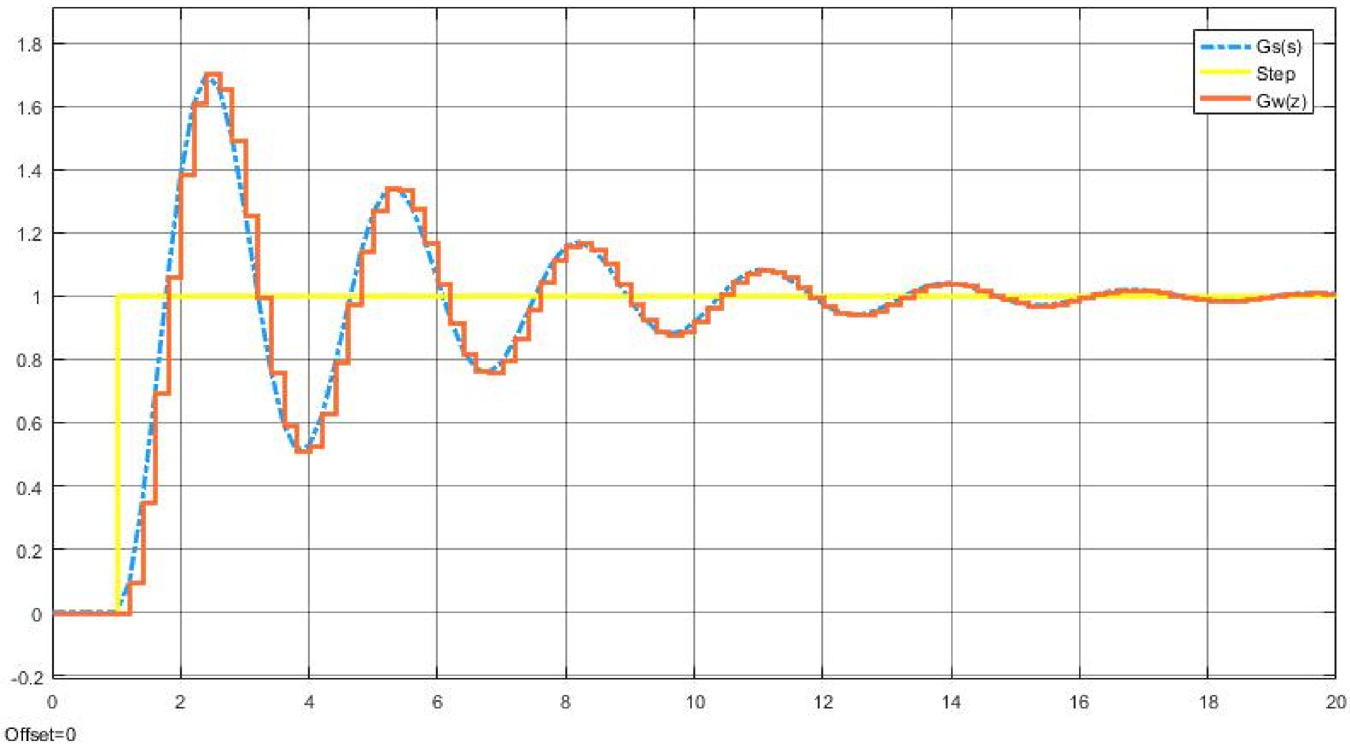


Abbildung 2: Führungssprungantwort

d) Berechnen der bleibenden Regelabweichung

$$w(s) = \frac{w_0}{s} = \frac{1}{s} \text{mit} w_0 = 1 (\text{Einheitssprung}) \tag{9}$$

Aus dem Blockschaltbild ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$x(s) = w(s) * G_w(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{5}{s^2 + s + 5} \tag{10}$$

Transformation in den Zeitbereich

$$x(t) = 5 \left[\frac{1}{5} - \frac{e^{-\frac{t}{2}(\sin(\frac{\sqrt{19}t}{2}) + \sqrt{19}\cos(\frac{\sqrt{19}t}{2}))}}{5\sqrt{19}} \right] \tag{11}$$

$$\lim t \to \infty : \tag{12}$$

$$x(t) = 5 \cdot \left(\frac{1}{5} - 0 \right) = 1 \tag{13}$$

Bleibende Regelabweichung x_b:

$$x_b = w_0 - x(t \to \infty) = 1 - 1 = 0 \tag{14}$$

e) Störübertragungsfunktion und Störsprungantwort brechnen

Durch das Blockschaltbild kann man folgende Gleichung aufstellen:

$$x(z) = v(z) - x(z) G_R G_S \tag{15}$$

Löst man diese Gleichung nach $x(z)$ erhält man dies:

$$x(z) = \frac{v(z)}{1 + G_R G_S} \tag{16}$$

Wodurch sich die Störübertragungsfunktion

$$G_v(z) = \frac{x(z)}{v(z)} = \frac{1}{1 + G_R G_S} = \frac{0,819 z^{-2} - 1,819 z^{-1} + 1}{0,9065 z^{-2} - 1,174 z^{-1} + 1} \tag{17}$$

Berechnen der ersten 6 Werte der Störungssprungantwort

n	v_n	x_n
0	1	1
1	1	0,905
2	1	0,6537
3	1	0,3066
4	1	-0,06397
5	1	-0,3882

f) Simulationsergebnisse Störungsübertragungsfunktion

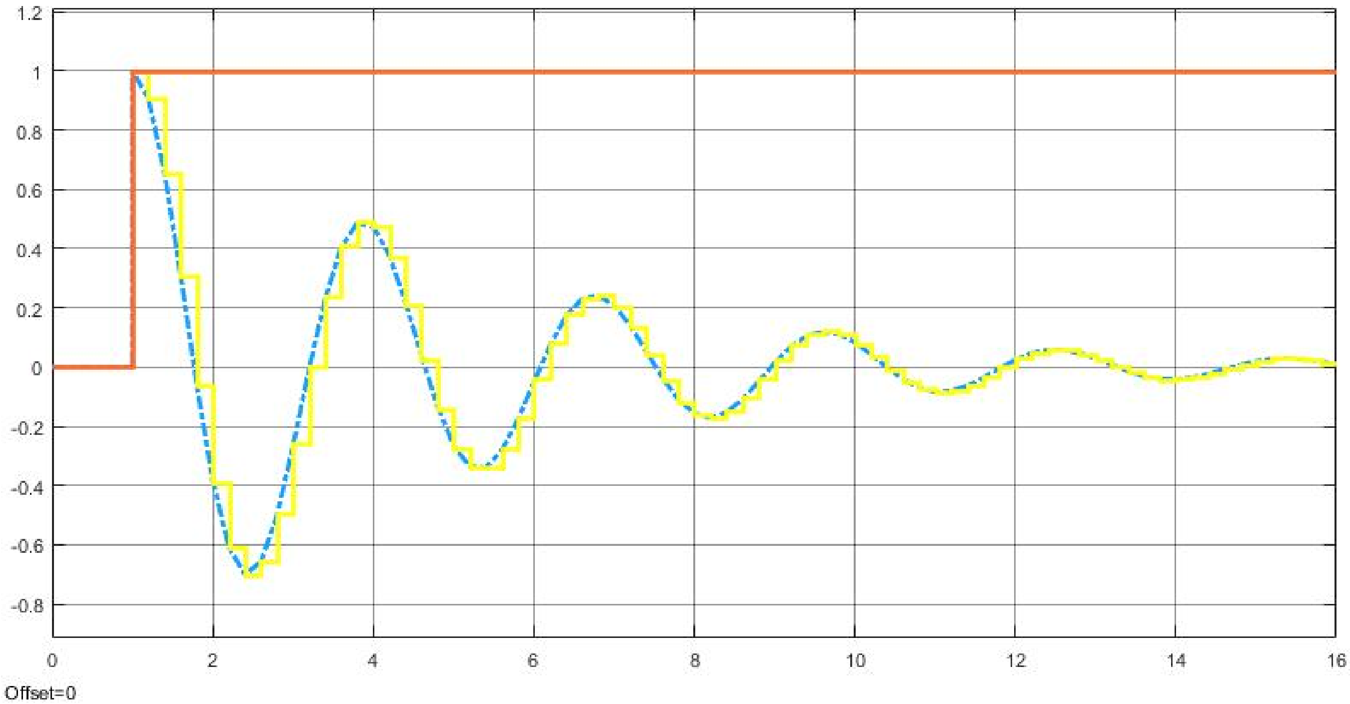


Abbildung 3: Sprungantwort der Störungsübertragungsfunktion

g) Implementieren eines PD-Reglers und optimieren der Regelparameter nach Ziegler-Nichols

$$G_{PD}(z) = \frac{K_R\left(1+\frac{T_V}{T_A}\right)z - K_R\frac{T_V}{T_A}}{z} \text{mit} K_R = 0,8K_{Krit}; T_V = 0,12T_{Krit}; T_A = 0,2 \tag{18}$$

Für den kritischen Verstärkungsfaktors wurde $K_{Krit} = 10,353$ und $T_{Krit} = 2$ festgestellt. Nach dem einsetzen ergibt das folgende Gleichung:

$$G_{PD}(z) = -9.93888z^{-1} + 18,22128 \tag{19}$$

Wird die Strecke $G_S(z)$ damit geregelt ergeben sich die Führungs- und Störungssprungantworten welche in Abb. 4 und 5 zu sehen sind.

g).1 Interpreation der Ergebnisse

Durch den Einsatz eines PD-Reglers statt einen reinen P-Reglers konnte sowohl das Führungsverhalten als auch das Störungsverhalten deutlich verbessert werden. Wie in den Abbildungen 4 und 5 gut zu sehen ist, konnte durch den PD-Regler und die Einstellmethode nach Ziegler Nichols, die Einschwingdauer und das Überschwingen verringt werden.

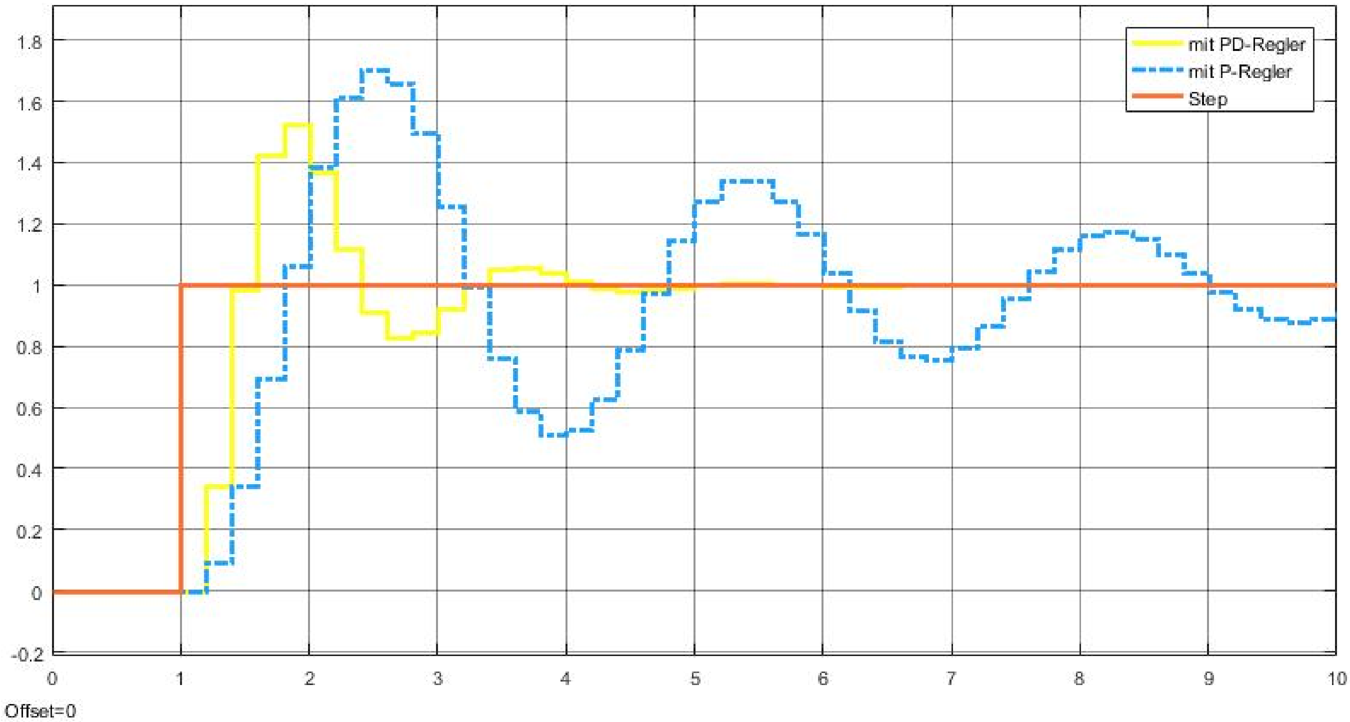


Abbildung 4: Führungssprungantwort mit PD-Regler

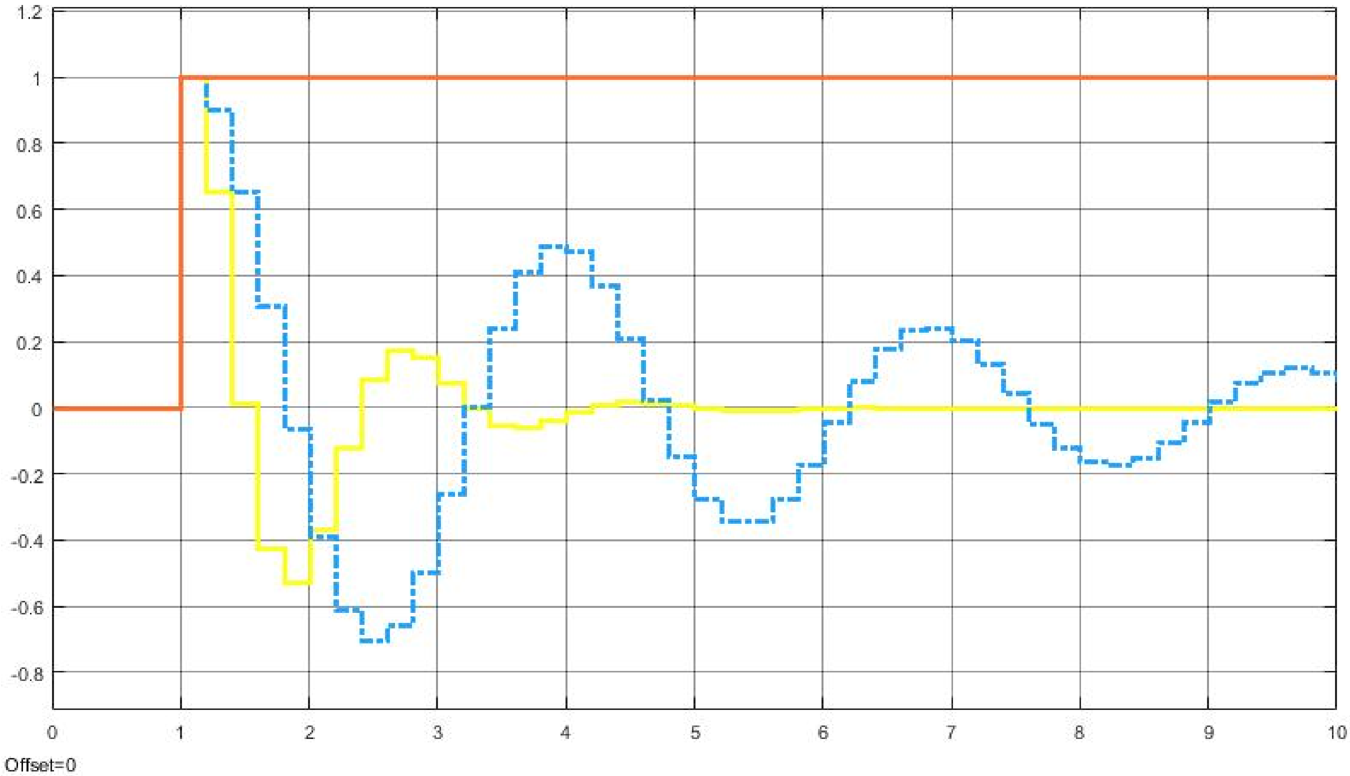


Abbildung 5: Störungssprungantwort mit PD-Regler