Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Projekt 2

Fachbericht

Team 1

10.06.2015

Auftraggeber: Peter Niklaus

Betreuer: Pascal Buchschacher, Anita Gertiser

Experten: Peter Niklaus, Richard Gut

Team: Alexander Stocker
Claudius Jörg
Denis Stampfli
Martin Moser
Reto Freivogel
Yohannes Measho

Studiengang: Elektro- und Informationstechnik

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

2 Theoretische Grundlagen

Anhand der gegebenen Schrittantwort einer Strecke, soll der dazu passende Regler dimensioniert werden kÃ¶nnen. FÃ¼r die Berechnungen werden die aus der Schrittantwort der Strecke ausgelesenen KenngrÃ¶ssen Verzugszeit (T_u), Anstiegszeit (T_g) und Streckenbeiwert (K_s) verwendet. Zur Dimensionierung eines passenden Reglers existieren verschiedenste Methoden. Im Folgenden werden nun zwei MÃ¶glichkeiten genauer erlÃ¤utert, wobei das Hauptaugenmerk auf der ersten Methode, der Phasengangmethode, liegt und die zweite, die Dimensionierung mittels diverser Faustformeln, lediglich zum Vergleich durchgefÃ¼hrt wird.

- [Bild einer Schrittantwort]

[Nach Bild Schrittantwort]: Die Kurve stellt die Schrittantwort der Regelstrecke dar. Daran gelegt ist die Wendetangente, welche benÃ¶tigt wird um die Verzugs- und die Anstiegszeit messen zu kÃ¶nnen.

Ziel:
Ziel ist es, Pi- sowie PID-Regler zu dimensionieren, das heisst deren Kennwerte zu berechnen. Der PI-Regler hat die Kennwerte Nachstellzeit (T_n) und ReglerverstÃ¤rkung (K_R), beim PID-Regler kommt noch die Vorhaltezeit (T_v) hinzu.

2.1 Streckenanalyse

- Streckenidentifikation mit Sani-Methode
- Ãœbertragungsfunktion der Strecke

Die Streckenidentifikation wird mittels der Sani-Methode durchgefÃ¼hrt. Aus dem VerhÃ¤ltnis von T_u und T_g werden die Ordnung der Strecke und die dazugehÃ¶rigen Zeitkonstanten berechnet, welche benÃ¶tigt werden um die Ãœbertragungsfunktion der Regelstrecke darzustellen.

Die Ãœbertragungsfunktion der Strecke ist wiefolgt definiert:

$$Gs(s) = \frac{K_s}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)...(1 + sT_n)} \tag{1}$$

2.2 Phasengangmethode

- Einleitung fÃ¼r Phasengangmethode / entwickelt von, grafische Methode / rechnerisch umgesetzt

Bei der Phasengangmethode handelt es sich eigentlich um eine grafische Dimensionierungsmethode, welche frÃ¼her noch von Hand mit logarithmischem Papier durchgefÃ¼hrt wurde. Anstelle der grafischen Dimensionierung wird die Methode in diesem Fall komplett rechnerisch gelÃ¶st. Um die Methode zu verstehen wird ein theoretisches Grundwissen benÃ¶tigt, welches im Folgenden erklÃ¤rt wird.

2.2.1 Grundwissen

- Amplituden / Phasengang aus Ãœbertragungsfunktion berechnen
- AmplitudengÃ¤nge Regler / Knickkreisfrequenzen / Phasenrand Ãœberschwingen /

Durch Ersetzen von s durch $j\omega$ in der Ãœbertragungsfunktion der Strecke erhÃ¤lt man den Frequenzgang. Um die Phasengangmethode anwenden zu kÃ¶nnen wird der Amplituden- und Phasengang der Regelstrecke benÃ¶tigt.

$$A(\omega) = abs(G(j\omega)) \tag{2}$$

$$\varphi(\omega) = arg(G(\omega)) \tag{3}$$

$$\varphi(\omega) = -arctan(\omega T_1) - arctan(\omega T_2)... - arctan(\omega T_n) \tag{4}$$

Die Zeitkonstanten des zu dimensionierenden Reglers stehen in direktem Zusammenhang mit dessen Amplitudengang. In den untenstehenden Grafiken sind die AmplitudengÃ¤nge eines PI- und eines PID-Reglers dargestellt, wobei die x-Achsen logarithmisch skaliert sind Wie die Kreisfrequenzen an den Knickstellen mit den Reglerparametern zusammenhÃ¤ngen sollen, ist in den untenstehenden Formeln ersichtlich.

- [Tabelle mit AmplitudengÃ¤ngen PI- und PID-Regler / Formeln fÃ¼r wpi, wnk, wvk, Tnk, Tvk (Pflichtenheft S. 7)]

Diese Knickkreisfrequenzen werden mithilfe des Phasengangs der Strecke berechnet. Je nach dem welcher Reglertyp dimensioniert werden soll, mÃ¼ssen andere Punkte im Phasengang gesucht werden.

- [Tabelle mit -90-Punkt und -135-Punkt und Knickkreisfrequenzen]

Der PI-Regler kann anhand dieser Dimensionierungskriterien bereits dimensioniert werden. Beim PID-Regler muss allerdings noch ein Parameter mehr bestimmt werden. Es handelt sich um den Faktor β welcher benÃ¶tigt wird um die Knickkreisfrequenzen des PID-Reglers berechnen zu kÃ¶nnen. Dieser Faktor β hÃ¤ngt mit der Tangentensteigung des Phasengangs der offenen Regelung im Punkt $-135°$ zusammen.
Ein Dimensionierungskriterium der Phasengangmethode lautet, dass die Steigung des Phasengangs der gesamten, offenen Regelung bei der Knickkreisfrequenz $\frac{-0.5}{\omega_{PID}}$ betragen soll. Dies hat damit zu tun, dass eine Steigung von -20dB/Dekade angestrebt wird. Auf die genaue Herleitung wird an dieser Stelle allerdings verzichtet.

Es gilt also die folgende Beziehung:

$$\frac{2\beta}{1+\beta^2} + \omega_{PID}\frac{d\varphi_{Strecke(\omega_{PID})}}{d\omega} = -0.5 \tag{5}$$

Da der Phasengang der Strecke und somit dessen Ableitung gegeben ist, kann durch AuflÃ¶sen nach β nun auch dieser Parameter ermittelt werden. Ergibt sich ein Wert grÃ¶sser als eins oder imaginÃ¤r, so wird β als eins angenommen.

Die VerstÃ¤rkung des Reglers wird mit Hilfe des Phasenrands bestimmt. Der Phasenrand ist die Differenz der Streckenphase zu $-180°$. Bei unterschiedlichem Phasenrand ergeben sich unterschiedliche VerstÃ¤rkungsfaktoren, was auch auf das Ãœberschwingen des Reglers Einfluss hat. Die untenstehende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen dem gewÃ¤hlten Phasenrands und dem daraus resultierenden Ãœberschwingen der Regelung.

- [Tabelle Phasenrand (Pflichtenheft S. 8)]

Zur Berechnung der VerstÃ¤rkung werden nun die AmplitudengÃ¤nge der Strecke, sowie des Reglers benÃ¶tigt. Die Werte dieser beiden AmplitudengÃ¤nge an der Stelle wo der Phasenrand abgetragen wurde, werden miteinander multipliziert. GemÃ¤ss Phasengangmethode soll die VerstÃ¤rkung an dieser Stelle eins sein. Dies fÃ¼hrt zur Formel:

$$K_R = \frac{1}{|Go(\omega_D)|} \tag{6}$$

2.2.2 Ablauf der Phasengangmethode

- Ablauf Phasengangmethode
- Umrechnung Bode-/Reglerkonform

Die Phasengangmethode der Strecke φ_S wird nach dem folgenden Ablauf durchgefÃ¼hrt (Die Punkte 2. und 3. werden nur fÃ¼r PID-Regler benÃ¶tigt.):

1. Im Phasengang der Strecke φ_S werden die Kreisfrequenzen in bestimmten Punkten gesucht. - [Tabelle mit PI: -90-Punkt , PID: -135-Punkt , Umrechnung Knickkreisfrequenzen->Zeiten (Pflichtenheft S. 9)]
2. Der Faktor β wird bestimmt.
3. Mithilfe von β werden die Zeiten T_{nk} und T_{vk} ermittelt.
4. Der Phasengang der offenen Regelung $\varphi_g o$ wird berechnet (Phasengang Strecke + Phasengang Regler)
5. Die Kreisfrequenz ω_D beim gewÃ¤hlten Phasenrand wird berechnet.
6. Die AmplitudengÃ¤nge der Strecke sowie des Reglers bei ω_D werden miteinander multipliziert. Damit wird die ReglerverstÃ¤rkung K_R festgelegt.

Besondere Vorsicht ist bei den erhaltenen KenngrÃ¶ssen des dimensionierten Reglers geboten. Die Parameter des PI-Reglers kÃ¶nnen direkt weiterverwendet werden. Die Reglerparameter des PID-Reglers, welche wir bei der Dimensionierung mittels Phasengangmethode erhalten, sind nicht dieselben, wie diejenigen welche durch die Faustformeln ermittelt werden. Dies hat die Ursache darin, dass je nach dem mit welchem Ziel gerechnet wird, die Rechnung mit unterschiedlichen Parametern von Vorteil ist. Es wird zwischen Regler- und Bodekonform unterschieden.

StandardmÃ¤ssig wird in der Fachliteratur meist reglerkonform gerechnet. Die Parameter des PID-Reglers, welche aus der Phasengangmethode hervorgehen, sind jedoch bodekonform. Bodekonform bedeutet, dass die Parameter kaskadiert sind und die logarithmische Rechnung somit vereinfacht wird. FÃ¼r die Umrechnung wurden die folgenden Formeln fÃ¼r PID-Regler hergeleitet:

$$K_R = K_{rk} \left(1 + \frac{T_{vk}}{T_{nk}} - \frac{T_p}{T_{nk}}\right) \tag{7}$$

$$T_n = T_{nk} + T_{vk} - T_p \tag{8}$$

$$T_v = \frac{T_{nk} T_{vk}}{T_{nk} + T_{vk} - T_p} - T_p \tag{9}$$

T_p steht fÃ¼r die parasitÃ¤re Zeitkonstante. Diese wird benÃ¶tigt, da ein idealer PID-Regler in der Praxis nicht umsetzbar ist. Der Index k in der bodekonformen Darstellung steht fÃ¼r Kaskadierung.

2.3 Dimensionierung mit Faustformeln

- Diverse Fausformeln zum Vergleich
- Formeln auflisten

2.4 Ãœbertragungsfunktion der Regler

- Berechnung Ãœbertragungsfunktion der geschlossenen Regelung

2.5 Schrittantwort der Regelung

- Ãœbertragungsfunktion Regelung (Berechnung aus Ã¼funk regler und Ã¼funk regelung)
- Berechnung durch Residuen

3 Java Software

3.1 Klassendiagramm

3.2 Beschreibung der Software

3.3 Benutzerschnittstelle

3.4 Klassen

3.4.1 GUI Klassen

3.4.2 Model Klassen

3.4.3 View Klassen

3.4.4 Controller Klassen

4 Test Matlabs

4.1 Schrittantwort

4.1.1 Ãœbertragungsfunktion

4.1.2 Wendetangent

4.2 Dimensionierung mit Faustformeln

4.3 Dimensionierung mit Phasengangmethode

4.3.1 Amplitudengang der Strecke

4.3.2 Phasengang der Strecke

5 Schlusswort

5.1 Schrittantwort

5.1.1 Ãœbertragungsfunktion

5.1.2 Wendetangent

5.2 Dimensionierung mit Faustformeln

5.3 Dimensionierung mit Phasengangmethode

5.3.1 Amplitudengang der Strecke

5.3.2 Phasengang der Strecke

6 Literaturvezeichnis