

Hochschule Darmstadt	Thema A für C22 Team-Projektarbeit	Wintersemester 2021/22
Fernstudium Master of Science Elektrotechnik	Bode-aided Design (BAD)	www.szacher.de
Prof.em, Dr.-Ing. S. Zacher	info@szacher.de	Stand 30.09.2021

Thema A

Bode-aided-Design einer Temperaturregelung

Das Thema A ist für Studierende geeignet, die sich für die Regelungstechnik interessieren und auch selbst einen Beitrag zur Weiterentwicklung eines neuen Verfahrens leisten möchten.

Die Projektaufgabe ist eigentlich aus dem Grundkurs „Regelungstechnik“ bekannt (siehe Anhang 1) und einfach formuliert: Es soll ein Standard-Regler (P-, PI-, PD- oder PID- Regler) für eine gegebene physikalische Temperaturregelstrecke ausgelegt werden. Auch die Lösung ist bekannt und in zahlreichen Regelungstechnik-Lehrbüchern beschrieben. Es sind dafür entweder die präzise Übertragungsfunktion der Regelstrecke oder der Frequenzgang des offenen Regelkreises unbedingt benötigt.

Aber:

Die Projektgruppe, die sich für dieses Thema entscheidet, wird sicherlich überrascht, dass **der Regler ohne der Übertragungsfunktion der Regelstrecke und ohne des Frequenzgangs des offenen Regelkreises** eingestellt wird!

Das neue Verfahren heißt *Bode-aided Design (BAD)* und ist aus Stabilitätskriterien ZBV (Zwei-Bode-Plots-Verfahren) und (Drei-Bode-Plots-Verfahren) abgeleitet (siehe [2 - 4]).

Nun kann die Projektaufgabe genau formuliert werden.

1. Die Regelstrecke wird als digitaler Zwilling einer realen physikalischen Anlage (OSLO-Hardware-Modell mit FieldController von ABB) zur Verfügung gestellt (siehe Anhang 2). Es soll ein Punkt des Bode-Diagramms der Strecke für die harmonische Sinus-Schwingung mit einer Amplitude A und einer Frequenz ω bestimmt werden.
2. Nach dem BAD-Verfahren sollen die Reglerparameter K_{PR} und T_n des PI-Reglers bestimmt werden.
3. Abschließend soll die Reglereinstellung des vorherigen Punktes mittels einer Simulation des Regelkreises getestet werden.

Die Liste von Links:

https://www.zacher-international.com/Automation_Letters/11_Fingerprint_DBV.pdf

https://www.zacher-international.com/Automation_Letters/38_ZBV.pdf

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Fingerprint/Flyer_Fingerprint.pdf

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Fingerprint/Kurzbericht_Fingerprint.pdf

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Fingerprint/Kurz_PraesentationFingerprint.pdf

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Fingerprint/Fingerprint.mp4

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Fingerprint/MyAppInstaller_web.zip

https://www.zacher-international.com/Automation_Letters/FingerPrint-App.7z

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Digitaler_Zwilling_L_H/DZLH.mp4

https://www.zacher-international.com/C22_Team_Projekt/Digitaler_Zwilling_L_H/Kurzbericht_DZLH.pdf

Hochschule Darmstadt	Thema A für C22 Team-Projektarbeit	Wintersemester 2021/22
Fernstudium Master of Science Elektrotechnik	Bode-aided Design (BAD)	www.szacher.de
Prof.em, Dr.-Ing. S. Zacher	info@szacher.de	Stand 30.09.2021

Bei einem erfolgreichen Abschluss sind die Ergebnisse der Projektarbeit für einen Tagungs-Vortrag oder/und eine wissenschaftliche Publikation in einer renommierten Fachzeitschrift geeignet.

Literatur:

1. S. Zacher: *Regelungstechnik für Ingenieure*, 15. Auflage, Springer Vieweg Verlag, 2017
2. S. Zacher: *Das zweite Leben des Zweiortskurvenverfahrens*. 2018, Stuttgart, Verlag Dr. Zacher, ISBN 978-3-937638-36-2
3. S. Zacher: *Zwei Bode-Plots-Verfahren*. 2018, Stuttgart, Verlag Dr. Zacher, ISBN 978-3-937638-37-9
4. S. Zacher: *Drei Bode-Plots-Verfahren*. 2020, Springer Vieweg Verlag

Anhang 1: Zwei Schritte des klassischen Regler-Entwurfs

Identifizierung: Die physikalisch vorhandene Regelstrecke wird getrennt vom Regler separat untersucht bzw. identifiziert, d.h. es wird die Übertragungsfunktion $G_S(s)$ der Strecke nach Messwerten bestimmt. Dies erfolgt entweder nach der Sprungantwort (Wendetangenten-Verfahren, Zeit-Prozentkennwert-Verfahren) oder nach dem Bode-Diagramm (siehe [1]).

Im ersten Fall wird zum Strecken-Eingang ein Sprung der Stellgröße eingegeben und der Ausgang der Strecke (Sprungantwort) wird gemessen.

Im zweiten Fall, also für das Bode-Diagramm, wird zum Eingang der Strecke eine harmonische Sinus-Schwingung mit verschiedenen Frequenzen eingegeben und am Strecken-Ausgang wird wiederum die harmonische Schwingung aufgezeichnet. Aus dem Verhalten zwischen Amplituden und Phasen der Ein- und Ausgangsschwingungen wird das Bode-Diagramm $G_S(j\omega)$ der Strecke ermittelt, woraus die Übertragungsfunktion $G_S(s)$ der Strecke resultiert.

Regler-Entwurf: Es wird einen Reglertyp mit der Standard-Übertragungsfunktion $G_R(s)$ gewählt und mit der oben identifizierten Übertragungsfunktion $G_S(s)$ der Strecke verknüpft, d.h. es wird die Übertragungsfunktion $G_0(s) = G_R(s)G_S(s)$ des offenen Regelkreises bestimmt. Die einfachen Regelkreise kann man in 6 Standardtypen aufteilen (Betragsoptimum, Typ A oder B, symmetrisches Optimum usw.) und die Reglerparameter K_{PR} , T_n , T_v nach der $G_0(s)$ direkt nach bereits fertigen Formeln berechnen. Falls die Regelkreise zu keinem Standardtyp A, B, ... gehören, soll die Übertragungsfunktion $G_w(s)$ des geschlossenen Regelkreises ermittelt werden, die entsprechende charakteristische Gleichung gelöst und die somit gefundenen Polstellen zu gewünschten Stellen der s-Ebene verschoben werden (Pole-placing bzw. Polzuweisung).

Alternativ kann man das Bode-Diagramm $G_S(j\omega)$ der Strecke mit das Bode-Diagramm $G_R(j\omega)$ des Reglers verknüpfen, das Bode-Diagramm $G_0(j\omega) = G_R(j\omega)G_S(j\omega)$ des offenen Regelkreises zeichnen und daraus die Reglerparameter K_{PR} , T_n , T_v nach Nyquist-Stabilitätskriterium bestimmen.

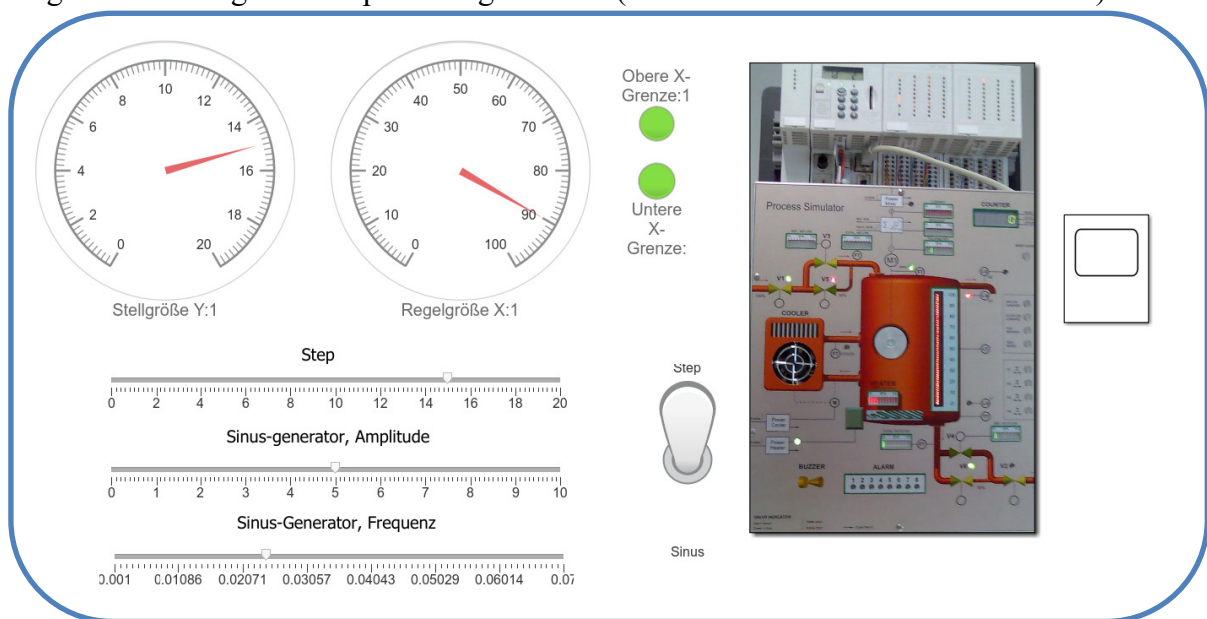
Hochschule Darmstadt	Thema A für C22 Team-Projektarbeit	Wintersemester 2021/22
Fernstudium Master of Science Elektrotechnik	Bode-aided Design (BAD)	www.szacher.de
Prof.em, Dr.-Ing. S. Zacher	info@szacher.de	Stand 30.09.2021

Gegenüberstellung von klassischen Verfahren: Vergleichen wir nun beide Lösungen (in der s-Ebene nach der $G_w(s)$ und im Frequenzbereich nach $G_0(j\omega)$), miteinander. Es ist klar, dass die Identifizierung nach Bode-Diagramm mit 10-20 Versuchen für verschiedene Frequenzen viel aufwändiger als die Identifizierung mit 1-2 Versuchen nach der Sprungantwort ist. Dagegen ist der Regler-Entwurf mit $G_0(j\omega)$ im Bode-Diagramm viel einfacher und leichter zu realisieren als der Entwurf in der s-Ebene nach $G_w(s)$.

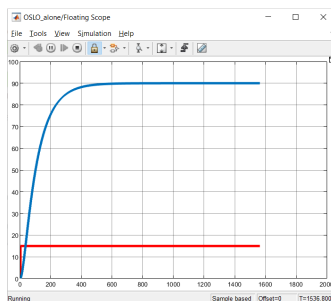
Fazit: beide klassischen Verfahren verlangen fast gleicher Projektierungsumfang und sind ohne ein mathematisches Modell der Regelstrecke nicht möglich bzw. nicht optimal!

Anhang 2: Die Regelstrecke zum Projekt

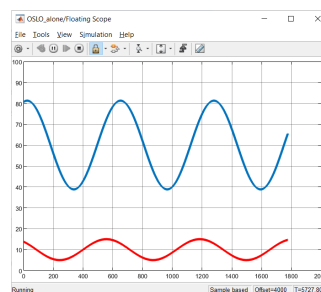
Digitaler Zwilling der Temperaturregelstrecke (OSLO mit FieldController von ABB)



Sprung und Sprungantwort der Strecke zur Ermittlung der Übertragungsfunktion



Ein/Ausgangsschwingen zur Ermittlung des Frequenzganges



Beispiel einer Lissajous-Figur zur Ermittlung der Amplitude und Phase

