

Versuch V2: Einführung in Matlab/Simulink

Inhalt

1	<i>Ziel des Versuchs</i>	2
1.1	Benötigte Vorkenntnisse	2
2	<i>Grundlagen</i>	2
2.1	Erstellen eines Blockschaltbilds aus der Differentialgleichung	2
2.2	Bestimmung der Reglerparameter nach Ziegler-Nichols	2
2.3	Einarbeitung in Matlab/Simulink	2
3	<i>Einführung MATLAB/Simulink</i>	3
3.1	Erstellen eines Modells in Simulink	3
4	<i>Reglerauslegung nach Ziegler-Nichols</i>	5
5	<i>Modellierung einer Gleichstrommaschine</i>	5
6	<i>Vorbereitungsaufgaben</i>	8
7	<i>Versuchsauswertung</i>	8
8	<i>Literatur</i>	8

1 Ziel des Versuchs

- Kennenlernen von Matlab und Simulink
- Eingabe von Daten in Matlab, Erzeugen einfacher Plots
- Erstellen eines Modells in Simulink
- Vergleich Steuerung-Regelung an einfacher Regelstrecke
- Reglerauslegung nach Ziegler-Nichols für gegebene Regelstrecke
- Modellierung einer Gleichstrommaschine

1.1 Benötigte Vorkenntnisse

Stoff der Vorlesung bis zum Praktikumstermin
Skript „Einführung in Matlab/Simulink“

2 Grundlagen

2.1 Erstellen eines Blockschaltbilds aus der Differentialgleichung

Siehe Folien zur Vorlesung.

2.2 Bestimmung der Reglerparameter nach Ziegler-Nichols

Siehe Folien zur Vorlesung.

2.3 Einarbeitung in Matlab/Simulink

Siehe Skript „Einführung Matlab Simulink.pdf“.

3 Einführung MATLAB/Simulink

3.1 Erstellen eines Modells in Simulink

Gegeben ist folgende Differentialgleichung für ein PT₁-System:

$$T \cdot \dot{x}_a + x_a = K \cdot x_e$$

(System erster Ordnung, PT₁-System; T : Zeitkonstante; K : statische Verstärkung)

x_e : Eingangsgröße; x_a : Ausgangsgröße

Aufgabenstellung:

- Erstellen Sie für das gegebene PT₁-System das Blockschaltbild im Laplace-Bereich (Vorbereitungsaufgabe!).
- Erstellen Sie daraus ein Simulink-Modell. Legen Sie die Werte der Parameter fest zu:

Parameter	Nominalwert	Schwankung
T	1	keine
K	1	-x%

Für die Zeitkonstante T legen Sie $T=1$ fest. Der Wert des Parameters K soll durch Bauteiltoleranzen Schwankungen unterliegen und um $x\%$ unter dem Nominalwert liegen. Ersetzen Sie hier x durch Ihre Gruppennummer.

- Erstellen Sie zwei Modelle (siehe Abbildung 1):
 - o eine Steuerung mit einem Einheitssprung am Eingang
 - o einen Regelkreis mit Einheitsrückführung, P-Regler und Einheitssprung am Eingang

Hinweis: für die Multiplikation eines Signals mit einer Konstanten, wie hier beim P-Regler mit $K_P = 1$, verwenden Sie den Block „Gain“.

- Analyse des gesteuerten Systems:
 - o Bestimmen Sie graphisch Zeitkonstante und statische Verstärkung des gesteuerten Systems. Decken sich die Werte mit Ihren Erwartungen?
- Analyse des geschlossenen Regelkreises:
 - o Die Verstärkung K_P des P-Reglers soll zwischen 1 und 100 (fünf verschiedene Verstärkungen) variiert werden.
Welche Auswirkungen hat dies auf die Sprungantwort?
Bestimmen Sie jeweils graphisch Zeitkonstante und statische Verstärkung und dokumentieren Sie diese in einer Tabelle.

- Welche Unterschiede in der Sprungantwort sind zwischen den beiden Modellen erkennbar?
- Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises:
 - o Welches Verhalten besitzt der geschlossene Kreis?
 - o Welchen Einfluss hat die Reglerverstärkung K_P auf die Zeitkonstante des geregelten Systems?
- Wie groß ist jeweils die statische (bleibende) Regelabweichung?

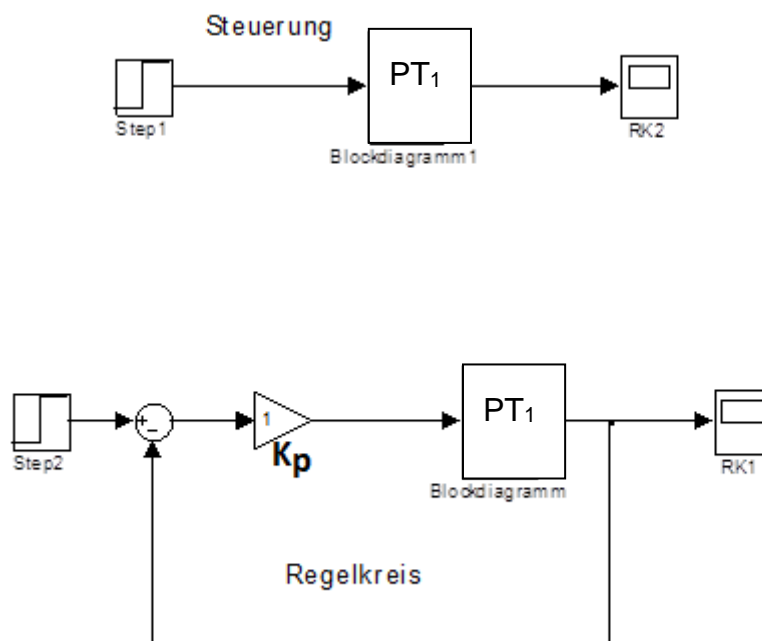


Abb. 1: Simulink-Modelle

4 Reglerauslegung nach Ziegler-Nichols

- Öffnen Sie das gegebene Simulink-Modell „Vergleich-Regler-nach-Ziegler-Nichols.slx“.
- Kontrollieren Sie, dass PI und PID-Regler deaktiviert sind.
- Bestimmen Sie durch Variation der Reglerverstärkung K des P-Reglers die beiden Größen T_{krit} und K_{krit}
- Berechnen Sie daraus die Reglerparameter für einen P-, PI- und PID-Regler nach Ziegler-Nichols (ZN).

Führen Sie nun für alle drei Regler die folgenden Schritte aus:

- Stellen Sie die Reglerparameter nach ZN im Regler ein.
- Zeichnen Sie eine Sprungantwort auf.
- Diskutieren Sie das Ergebnis bezüglich:
 - o Schwingverhalten
 - o Stationäre Genauigkeit
 - o Dynamik

Vergleichen Sie die drei Regler miteinander.

5 Modellierung einer Gleichstrommaschine

In diesem Abschnitt soll eine fremderregte Gleichstrommaschine modelliert werden.

Vorbereitungsteil:

Dazu wird im ersten Schritt das elektrische Ersatzschaltbild der Maschine hergeleitet:

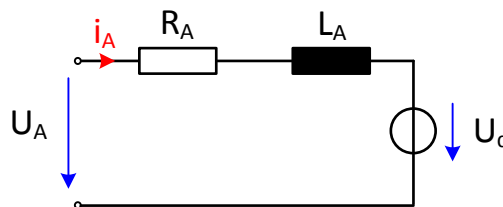


Abb. 2: Elektrisches Ersatzschaltbild einer fremderregten Gleichstrommaschine

- o Stellen Sie die Differentialgleichung für das gegebene Ersatzschaltbild auf. Als Eingangsgröße wird die Differenz zwischen der Ankerspannung U_A und der Ankerquellspannung U_q angesetzt ($U_A - U_q$). Der Ankerstrom I_A soll der Ausgangsgröße des Systems entsprechen.
- o Zeichnen Sie das dazugehörige Blockschaltbild.

- Der Zusammenhang zwischen dem Drehmoment M und dem Ankerstrom I_A ist gegeben durch:

$$M = c\phi \cdot I_A \quad c\phi \dots \text{Maschinenkonstante}$$

- Die Winkelbeschleunigung lässt sich aus dem Drehmoment bestimmen

$$\dot{\omega} = \frac{1}{J} \cdot M \quad J \dots \text{Massenträgheitsmoment}$$

- Die Winkelgeschwindigkeit ergibt sich durch Integration der Winkelbeschleunigung und daraus lässt sich die Drehzahl der Gleichstrommaschine bestimmen:

$$n = \frac{1}{2\pi} \cdot \int \dot{\omega} \, dt$$

- Ergänzen Sie das Blockschaltbild, sodass die Ausgangsgröße nun die Drehzahl n ist.
- Erweitern Sie das Blockschaltbild, damit nur noch U_A die Eingangsgröße des Systems ist. Verwenden Sie dazu folgenden Zusammenhang:

$$U_q = c\phi \cdot \omega \quad \omega \dots \text{Kreisfrequenz}$$

Aufgabenstellung für den Praktikumsversuch:

Machen Sie für die Simulation geeignete Abschätzungen für die Maschinenparameter, z.B.:

```
Ra = 3;           % in Ohm; Ankerwiderstand kl. Maschine
La = 1.5e-3;      % in H; Ankerinduktivität
Cphi = 0.02;      % in Vs; Drehmomentkonstante
J = 10e-6;        % in kg/m^2; Massenträgheitsmoment
Ua = 12;          % Ankerspannung
```

- Erzeugen Sie ein M-File in MATLAB, welches alle Maschinenparameter als Variablen enthält. Starten Sie das m-File einmal (Taste F5), so dass die Variablen im Speicher (Workspace) von Matlab abgelegt werden.
- Erstellen Sie ein Modell der Gleichstrommaschine in Simulink und testen Sie dieses. Für die Maschinenparameter tragen Sie die im M-File definierten Variablen ein. Die Ankerspannung U_A sei 12V.
- Plotten und interpretieren Sie den Beschleunigungsvorgang ($U_A=12V$) und den Bremsvorgang ($U_A=0V$) der Maschine. Verwenden Sie dazu unterschiedliche Einheitssprungfunktionen (Superpositionsprinzip). Analysieren Sie neben der Drehzahl n als Ausgangssignal auch den Ankerstrom I_A und das Drehmoment M .
- Was passiert bei einem echten Elektromotor, wenn Sie die Verbindung zum Netzteil trennen? Entspricht dies dem gerade simulierten Bremsvorgang? Warum (nicht)?
- Beschleunigen Sie die Maschine und schalten Sie nach 2s eine sprungförmige Last $M_L=0.01Nm$ an die Welle der Maschine. Analysieren Sie wieder die Drehzahl n , den Ankerstrom I_A und das Drehmoment M .
- Reduzieren Sie die Ankerspannung auf $U_A = 1V$. Beschleunigen Sie die Maschine und schalten Sie wieder nach 2s eine sprungförmige Last $M_L=0.01Nm$ an die Welle der Maschine. Analysieren Sie wieder die Drehzahl n , den Ankerstrom I_A und das Drehmoment M .

Hinweis:

mit Analyse ist nicht gemeint, dass Sie den Verlauf einzelner Größen in Worten wiedergeben, sondern Sie sollen dem Leser nachweisen, sondern dass Sie die Gleichstrommaschine richtig modelliert haben.

Es geht also nicht nur darum, wie die Verläufe sind, sondern warum sie so sein müssen!

6 Vorbereitungsaufgaben

Diese sind schriftlich auszuarbeiten und dem Betreuer bei Bedarf vorzuweisen.

- Erstellen Sie das Blockschaltbild für das PT_1 -System aus Kapitel 3.1.
- Arbeiten Sie den Vorbereitungsteil aus Kapitel 5 aus.

7 Versuchsauswertung

Erstellen Sie pro Gruppe ein Protokoll (Versuchsname und -datum, Studiengang, Gruppennummer, Platznummer und Teilnehmer).

Inhalt:

- Blockschaltbilder/Signalflusspläne aller betrachteten Systeme/Modelle.
- Liste aller Parameter (mit Werten).
- Bestimmte Systemgrößen (Zeitkonstanten, statische Verstärkungen) und zugehörige Formeln.
- Zeitverläufe der Sprungantworten mit dazugehöriger Diskussion der Ergebnisse für alle betrachteten Systeme.
- Hängen Sie den Vorbereitungsteil als Anhang an das Protokoll an.

Abgabe als PDF-File direkt in Moodle innerhalb von max. 1 Woche!

8 Literatur

A. Angermann et. al.: Matlab – Simulink – Stateflow. Oldenbourg Verlag, München, 2002, ISBN 3-486-25979-2