

ProjektB-Elektrik

Simulationstechnik - Bericht

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Alexander Herrmann Johannes Ruffer

Abgabedatum:	19.04.2020
Bearbeitungszeitraum:	01.02.2020 - 19.04.2020
Matrikelnummer:	9859538 x 1011921
Kurs:	TFE18-2
Gutachter der Dualen Hochschule:	Sipler

Eidesstattliche Erklärung

Gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2015.

Wir versichern hiermit, dass wir unsere Projektarbeit mit dem Thema:

Projekt B-Elektrik

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Wir versichern zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 12. März 2020

Alexander Herrmann

Johannes Ruffer

AUTOREN

Kurzfassung

Der folgende Bericht wurde von zwei Studierenden der Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW)-Ravensburg am Campus Friedrichshafen verfasst. Im Rahmen des Moduls Simulationstechnik sollen die Studierenden mithilfe von Matlab und Matlab-Simulink das Verhalten des Gleichstrommotors eines Unwuchtsystems vereinfachen, simulieren und die darauf folgenden Ergebnisse analysieren und interpretieren.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Aufgabenteil a.)	3
2.1. Physikalisches Modell	3
2.2. Mathematisches Modell	4
2.3. Simulation	5
3. Aufgabenteil b.)	7
3.1. Simulationsergebnisse	7
4. Fazit	9
Autorenverzeichnis	11
Verzeichnis verwendeter Abkürzungen und Formelzeichen	13
Literaturverzeichnis	15
Sachwortverzeichnis	15
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis	19
A. Anhang	21
1. Weitere Abbildungen	21

1. Einleitung

Damit die Elektrik des Unwuchtsystems beschrieben werden kann, müssen Modelle und Vereinfachungen vorgenommen werden.

2. Aufgabenteil a.)

- a.) Leiten Sie die Gleichungen der Nebenschlussmaschine her und modellieren Sie die Systemgleichungen des mechatronischen Unwuchtsystems in SIMULINK. Bestimmen Sie Unwuchtkraft F_U , die durch die Rotation der Masse m_2 auf die Masse m_1 wirkt.

2.1. Physikalisches Modell

In Abbildung 2.1 wird der Gleichstrommotor des Unwuchtsystems, vereinfacht durch das physikalische Modell einer Nebenschlussmaschine dargestellt. Diese besteht aus einem Wicklungssystem des Ankerkreises und einer Erregerwicklung, welche dem Motor parallel geschaltet ist. Aufgrund von Wicklungen und Streufeldern im Ankerkreis entsteht eine Induktivität L_A , über welche die Spannung U_L abfällt. Dazu ist ein Widerstand R_A geschaltet. Der Gleichstrommotor wird dabei ausschließlich von der Klemmspannung U gesteuert.

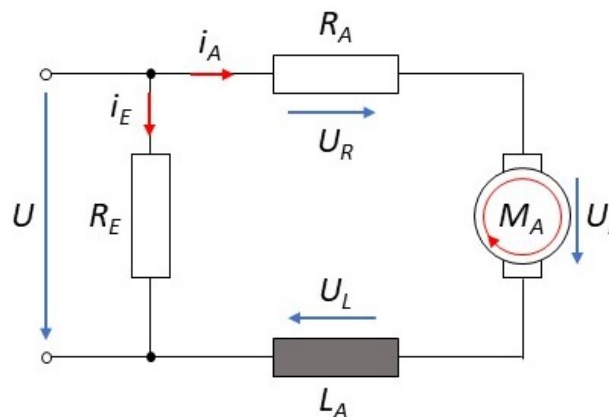


Abbildung 2.1.: Physikalisches Modell einer Nebenschlussmaschine

Die gegebenen Systemparameter lauten dabei:

Ankerflussverkettung, Motorkonstante	$M_A = 50 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$
Ohmscher Widerstand des Ankerkreises	$R_A = 0.1 \Omega$
Induktiver Widerstand des Ankerkreises	$L_A = 10 \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = 10 \text{H}$
Klemmspannung	$U = 100 \text{V}$

Tabelle 2.1.: Systemparameter des physikalischen Modells für die Nebenschlussmaschine

2.2. Mathematisches Modell

Aufgrund der Schaltung in Abbildung 2.1 und der Vernachlässigung des Erregerstroms i_E , ergibt sich das mathematische Modell der Nebenschlussmaschine mit den drei Systemgleichungen des Unwuchtsystems:

$$\begin{aligned}
 U &= U_R + U_i + U_L \\
 U &= R_A i_A + K_A \dot{\varphi} + L_A \frac{di_A}{dt} \\
 \frac{di_A}{dt} &= \frac{1}{L_A} (U - K_A \dot{\varphi} - i_A R_A) = f_1(U, \dot{\varphi}, i_A)
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Translatorisch:

$$\begin{aligned}
 (m_1 + m_2) \ddot{s} - m_2 e (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi) + d_t \dot{s} + cs &= 0 \\
 \ddot{s} &= \frac{1}{m_1 + m_2} [m_2 e (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi) - d_t \dot{s} - cs] = f_2(\varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}, s, \dot{s})
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Rotatorisch:

$$\begin{aligned}
 m_2 e^2 \dot{\varphi} - m_2 e \sin \varphi (\ddot{s} + g) d_r \dot{\varphi} - M_A &= 0 \\
 m_2 e^2 \dot{\varphi} - m_2 e \sin \varphi (\ddot{s} + g) d_r \dot{\varphi} - K_A i_A &= 0 \\
 \ddot{\varphi} &= \frac{1}{m_2 e^2} [m_2 e \sin \varphi (\ddot{s} + g) d_r \dot{\varphi} + K_A i_A] = f_3(\varphi, \dot{\varphi}, \ddot{s}, i_A)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Die gegebenen mechanischen Systemparameter lauten dabei:

Um die Unwuchtkraft des Systems zu bestimmen, muss das 2. Newton'sche Axiom 2.4 angewendet werden:

$$F = m \cdot a \tag{2.4}$$

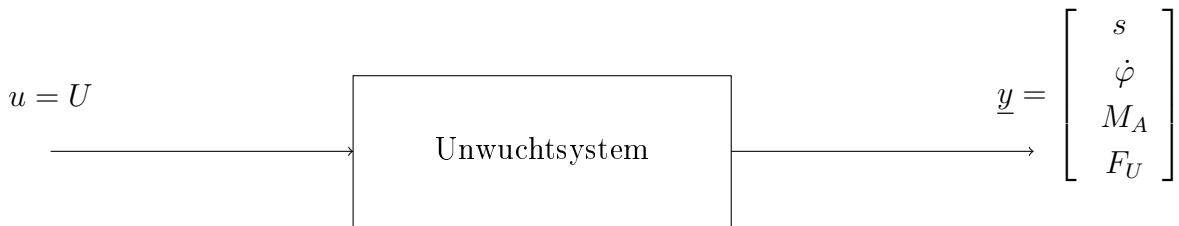
Massen	$m_1 = 90\text{kg}; m_2 = 10\text{kg}$
Federkonstante	$c = 1600 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
Dämpfungskonstanten	$d_t = 5 \frac{\text{Ns}}{\text{m}}$
Rotationsarm	$e = 0.2\text{m}$
Erdbeschleunigung	$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Tabelle 2.2.: Mechanische Systemparameter der Nebenschlussmaschine

Daraus ergibt sich, angepasst an das Unwuchsystem:

$$\begin{aligned}
 F_U &= -m_2 \cdot \underline{a} \\
 \text{mit } \underline{a} &= \begin{bmatrix} e\ddot{\varphi} \cos \varphi - e\dot{\varphi}^2 \sin \varphi \\ -e\ddot{\varphi} \sin \varphi - e\dot{\varphi}^2 \cos \varphi \end{bmatrix} \text{ ergibt sich:} \\
 \underline{F_U} &= \begin{bmatrix} e\ddot{\varphi} \cos \varphi - e\dot{\varphi}^2 \sin \varphi \\ -e\ddot{\varphi} \sin \varphi - e\dot{\varphi}^2 \cos \varphi \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Das Unwuchsystem kann modelliert nun wie folgt dargestellt werden:

**Abbildung 2.2.:** Unwuchsystem mit Eingangsspannung und Ausgang (Kinematik, Kinetik)

2.3. Simulation

Aufgrund einer Kopplung der beiden Gleichungen 2.2 und 2.3 entsteht eine sogenannte algebraische Schleife, die besagt:

Ursache gleich Wirkung gleich Ursache.

Durch eine Vereinfachung des Systems soll die algebraische Schleife verhindert werden. Dies wird mithilfe von Matlab SIMULINK durchgeführt.

2. Aufgabenteil a.)

Die Parameter werden mit den Funktionen 2.1, 2.2, 2.3 und 2.5 in einem Blockdiagramm verknüpft. So vereinfacht sich zum einen das System, zum anderen kann man leichter eine Aussage über das Verhalten des Systems treffen.

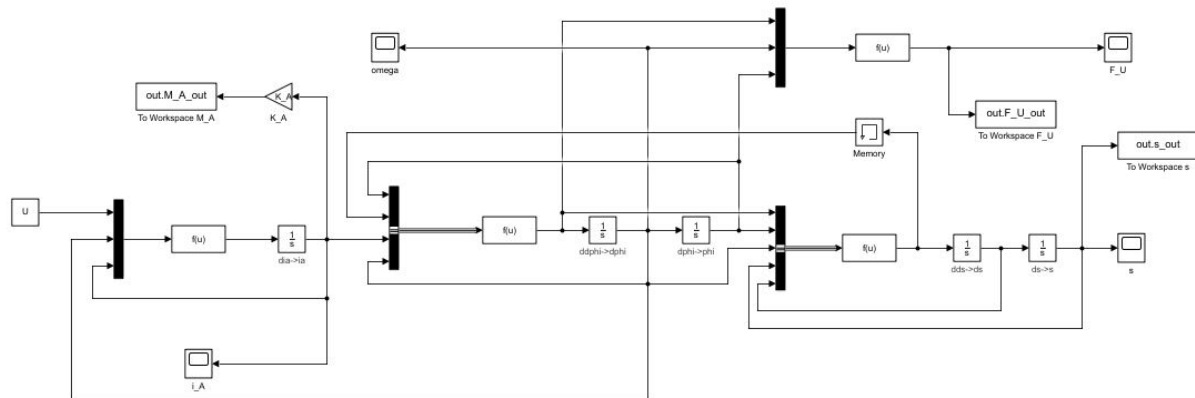


Abbildung 2.3.: Matlab SIMULINK Blockdiagramm zur Simulation des Systemverhaltens mit Memory-Block zur Umgehung der algebraischen Schleife

Als nächstes müssen die Variablen im Workspace angelegt werden. Diese sind wie folgt zu deklarieren:

```
1 % Massen
2 - m1 = 90.;
3 - m2 = 10.;
4 % Federkonstante
5 - c = 1600.;
6 % Dämpfungskonstanten
7 - dt = 5.;
8 - dr = 10.;
9 % Stablänge
10 - e = 0.2;
11 % Ankerflussverkettung
12 - K_A = 50.;
13 % Ohmscher Widerstand
14 - R_A = 0.1;
15 % Induktiver Widerstand
16 - L_A = 10.;
17 % Klemmenspannung
18 - U = 100.;
19 % Erdbeschleunigung
20 - g = 9.81;
```

Abbildung 2.4.: Angelegte Variablen in Matlab im Workspace

Damit Matlab Simulink die Variablen nicht selbst anlegt und mit Werten überschreibt, muss eine Referenz auf die Eingangsvariable U des Workspaces im Model Explorer gesetzt werden. Falls die benötigten Variablen von Simulink schon angelegt wurden, muss diese über den Model Explorer gelöscht werden. Nun kann die Schaltung mit den richtigen Parametern simuliert werden.

3. Aufgabenteil b.)

- b.) Untersuchen Sie die Wechselwirkungen zwischen Schwingssystem und Gleichstrommotor. Bestimmen Sie hierfür die zeitlichen Verläufe des Antriebsmoments M_A , der Winkelgeschwindigkeit Ω , der Unwuchtkraft F_U und der Auslenkung s des Systems.

3.1. Simulationsergebnisse

Mithilfe von Scopes oder Plots werden nun die gesuchten Signale abgegriffen und als Funktionen der Zeit dargestellt.

In den folgenden Abbildungen 3.1, 3.2 und 3.3 sind das Motormoment M , Winkelgeschwindigkeit Ω , die Strecke s und die Unwuchtkraft F_U über die Zeit von 100ms dargestellt.

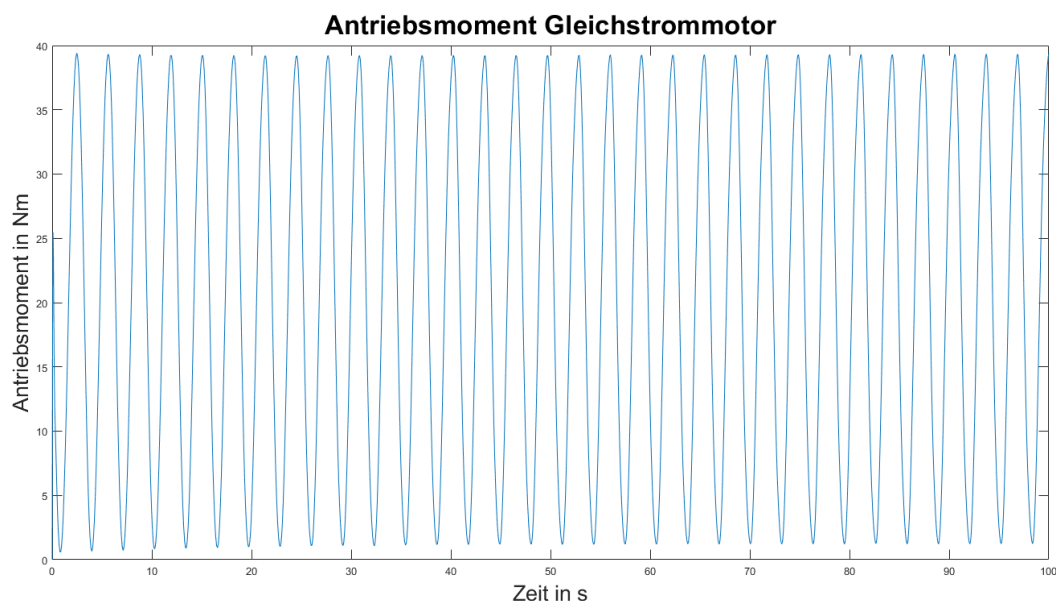


Abbildung 3.1.: Simulationsergebnis: Antriebsmoment des Gleichstrommotors

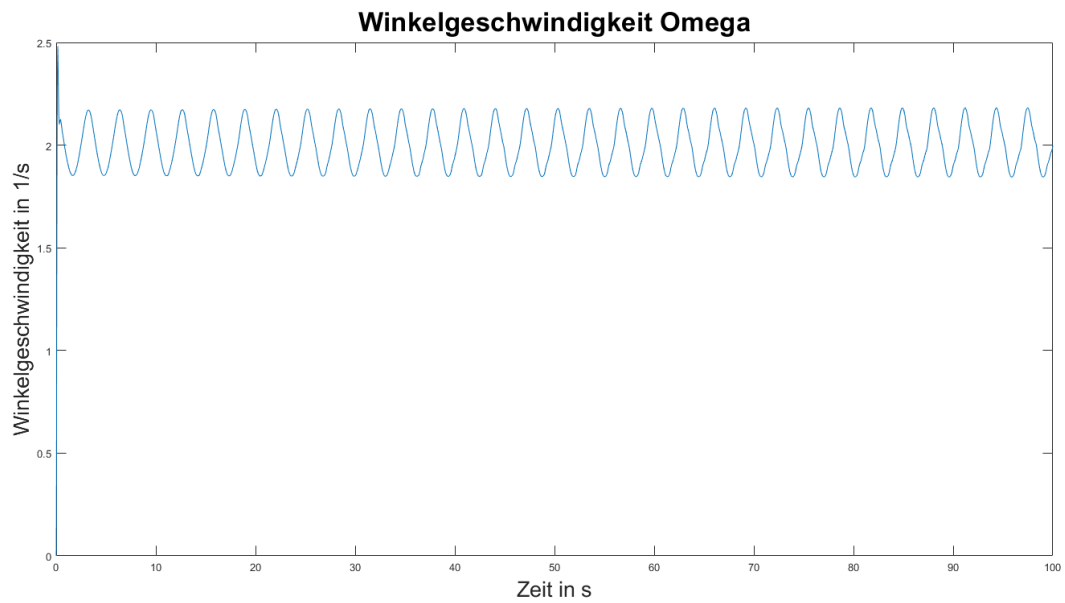


Abbildung 3.2.: Simulationsergebnis: Winkelgeschwindigkeit des mechatronischen Systems

Auffällig ist in Abbildung 3.3, dass die Auslenkung die doppelte Frequenz der Unwuchtkraft hat.

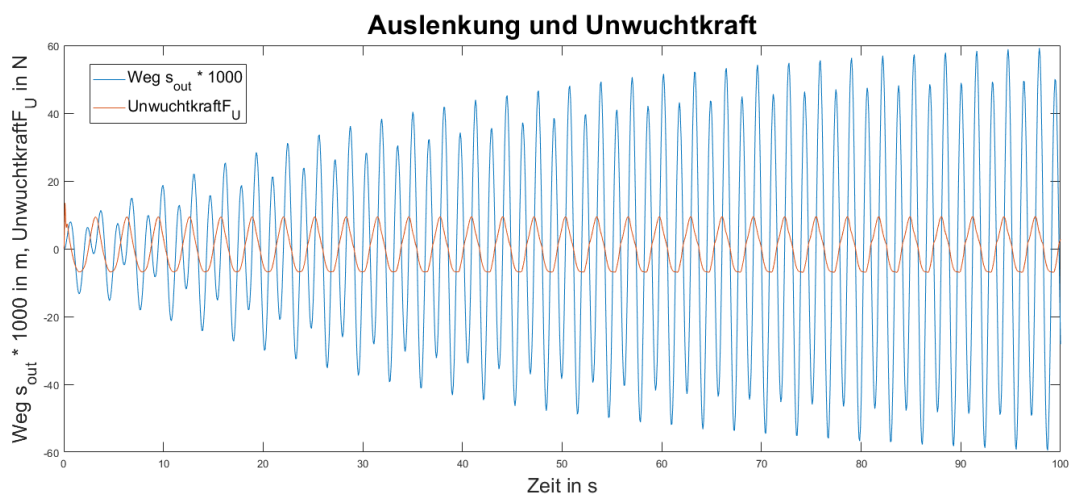


Abbildung 3.3.: Simulationsergebnis: Auslenkung-1000 und Unwuchtkraft des mechatronischen Systems

4. Fazit

Autorenverzeichnis

Alexander Herrmann

Johannes Ruffer

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen und Formelzeichen

DHBW Duale Hochschule Baden-Württemberg

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

2.1. Physikalisches Modell einer Nebenschlussmaschine	3
2.2. Unwuchtsystem mit Eingangsspannung und Ausgang (Kinematik, Kinetik) . . .	5
2.3. Matlab SIMULINK Blockdiagramm zur Simulation des Systemverhaltens mit Memory-Block zur Umgehung der algebraischen Schleife	6
2.4. Angelegte Variablen in Matlab im Workspace	6
3.1. Simulationsergebnis: Antriebsmoment des Gleichstrommotors	7
3.2. Simulationsergebnis: Winkelgeschwindigkeit des mechatronischen Systems	8
3.3. Simulationsergebnis: Auslenkung·1000 und Unwuchtkraft des mechatronischen Systems	8

Tabellenverzeichnis

2.1. Systemparameter des physikalischen Modells für die Nebenschlussmaschine . . .	4
2.2. Mechanische Systemparameter der Nebenschlussmaschine	5

A. Anhang

1. Weitere Abbildungen