

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 13. 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	11
Autorenverzeichnis	13
Verzeichnis verwendeter Abkürzungen und Formelzeichen	15
Literaturverzeichnis	17
Sachwortverzeichnis	17
Abbildungsverzeichnis	19
Tabellenverzeichnis	21
A. Anhang	23
1. Weitere Abbildungen	23

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.

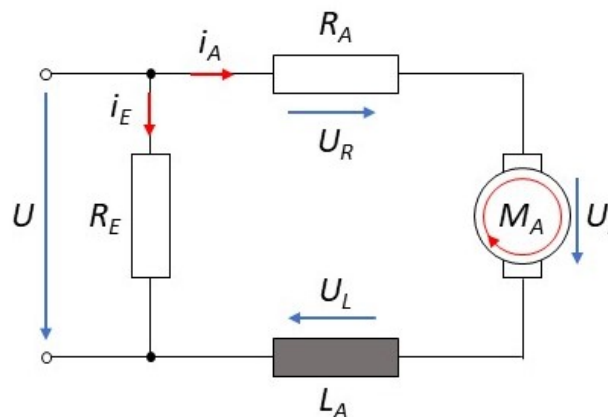


Abbildung 2.1.: Physikalisches Modell einer Nebenschlussmaschine

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:

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

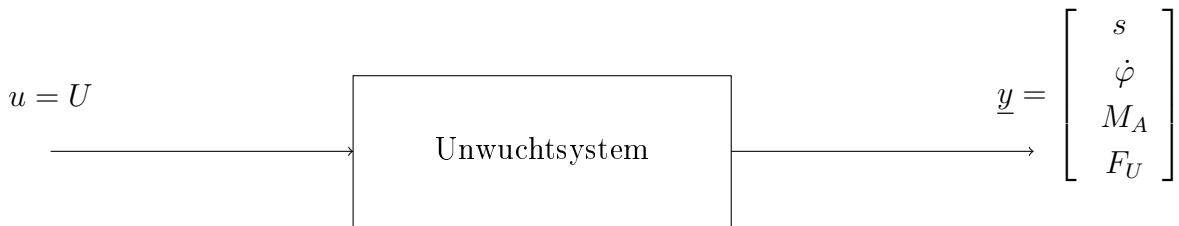
Massen	$m_1 = 90\text{kg}; m_2 = 10\text{kg}$
Federkonstante	$c = 1600 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
Dämpfungskonstanten	$d_t = 5 \frac{\text{Ns}}{\text{m}}$
Rotationsarm	$e = 0.2\text{m}$
Erdbeschleunigung	$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

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.

3. Aufgabenteil b.)

- b.) Untersuchen Sie die Wechselwirkungen zwischen Schwingsystem 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.

Die Abbildungen 3.2, 3.3 und 3.4 sind Plots aus Matlab, die wie folgt definiert wurden:

```
22 % Simulation
23 - out = sim('Block_Diagramm_ProjektB');
24
25 - figure(1),plot(out.s_out*1000);
26 - hold on;
27 - plot(out.F_U_out);
28 - hold off;
29 - xlabel('Zeit in s');
30 - ylabel('Weg s_{out} * 1000 in m, UnwuchtkraftF_U in N', 'Interpreter', 'tex');
31 - title('Auslenkung und Unwuchtkraft');
32 - legend('Weg s_{out} * 1000', 'UnwuchtkraftF_U');
33
34 - figure(2),plot(out.omega_out);
35 - xlabel('Zeit in s');
36 - ylabel('Winkelgeschwindigkeit in 1/s', 'Interpreter', 'tex');
37 - title('Winkelgeschwindigkeit Omega');
38
39 - figure(3),plot(out.M_A_out);
40 - xlabel('Zeit in s');
41 - ylabel('Antriebsmoment in Nm', 'Interpreter', 'tex');
42 - title('Antriebsmoment Gleichstrommotor');
```

Abbildung 3.1.

3. Aufgabenteil b.)

In den folgenden Abbildungen 3.2, 3.3 und 3.4 sind das Motormoment M , die Winkelgeschwindigkeit Ω , die Strecke s und die Unwuchtkraft F_U über die Zeit von 100ms dargestellt.

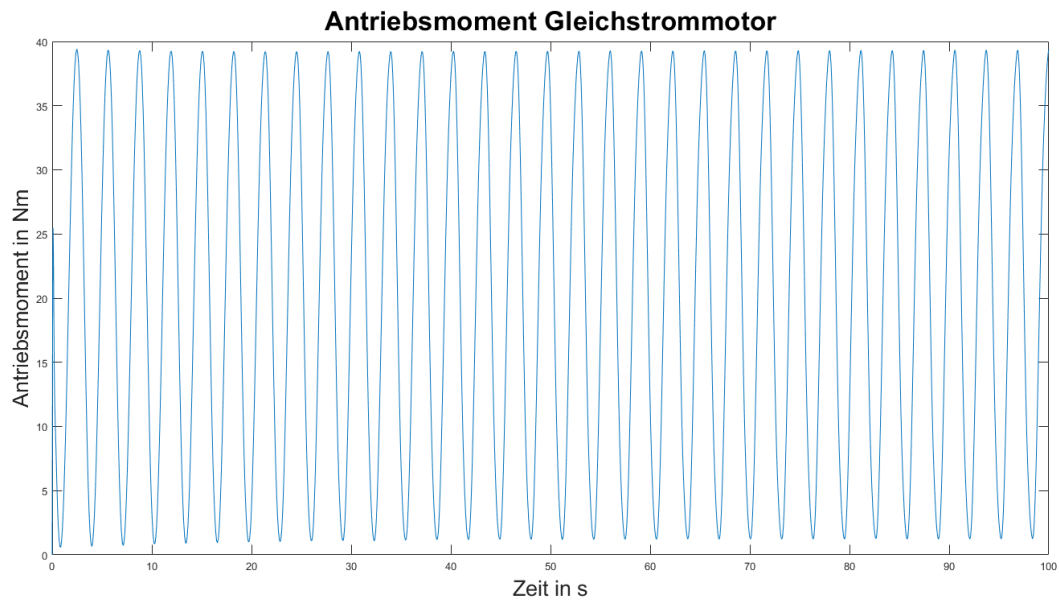


Abbildung 3.2.: Simulationsergebnis: Antriebsmoment des Gleichstrommotors

Auffällig ist in Abbildung 3.4, dass die Auslenkung die doppelte Frequenz der Unwuchtkraft hat.

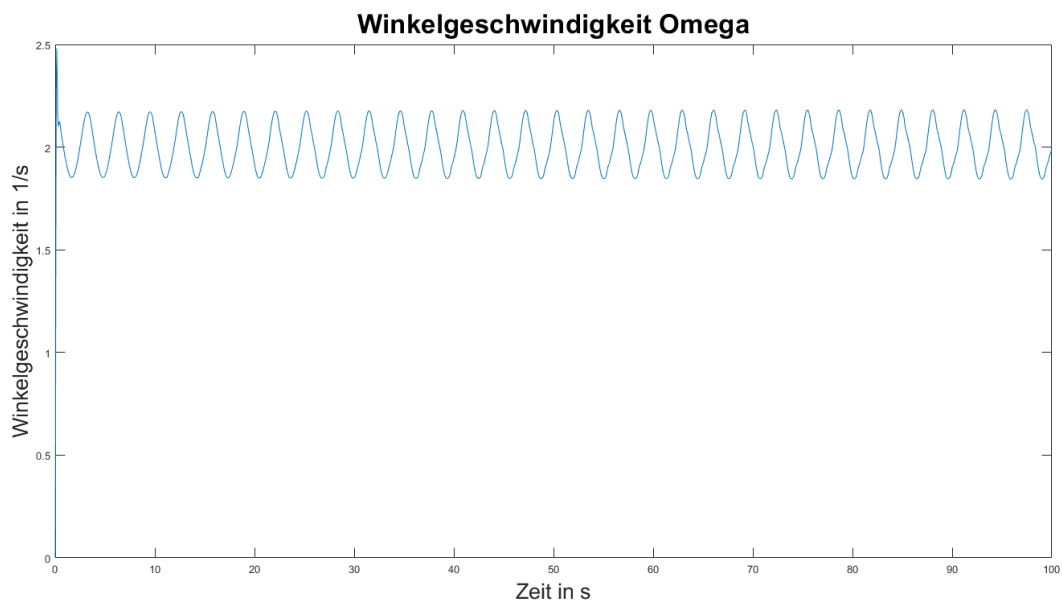


Abbildung 3.3.: Simulationsergebnis: Winkelgeschwindigkeit des mechatronischen Systems

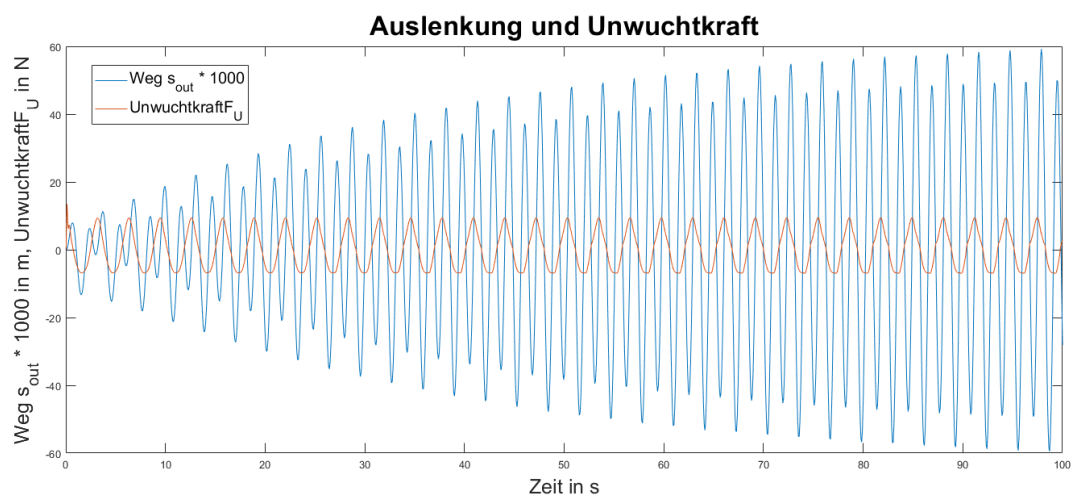


Abbildung 3.4.: Simulationsergebnis: Auslenkung·1000 und Unwuchtkraft des mechatronischen Systems

4. Fazit

Abschließend kann man sagen, dass es beim Händling mit Matlab einige Probleme aufgrund von fehlenden Kenntnissen und Erfahrungen gab. So war uns anfangs nicht bewusst, dass die Eingangsvariablen bei Matlab Simulink händisch mit einer Referenz auf die im Workspace deklarierten Variablen zu versehen sind. Nachdem wir das festgestellt und behoben haben, wurden die Plots zwar verändert, jedoch entsprachen sie nicht unseren Erwartungen.

Eine Überlegung war, die Eingangsvariable händisch innerhalb in Matlab Simulink zu verändern, sodass wir dann das richtige Ergebnis bezüglich der Graphen herausbekommen. Jedoch hätte dies nach unserer Bewertung das Ziel, den Sinn und damit das ganze Projektergebnis verfälscht, sodass wir uns darauf festgelegt haben diese Möglichkeit nicht in Betracht zu ziehen. Nach weiterer Auseinandersetzung und Analyse unseres Programmes und den Aufbau des Quellcodes im Workspace und der Schaltung in Simulink, haben wir festgestellt, dass aufgrund der Historie von Referenzen unserer Variablen, Matlab die Eingangsvariable U zwar verändert, jedoch dann einmalig abgespeichert hat, sodass Veränderungen nicht übernommen wurden, da die von Simulink erstellte Variable, die aus dem Workspace überschreibt. Daher mussten wir uns die Model Explorer erstellten Variablen und deren Referenzen genauer anschauen und löschen, die von Simulink erstellte Variable U aus dem Speicher, mit dem Hintergedanken, dass diese die Eingangsvariable nicht mehr überschreiben kann und somit der richtige Wert aus dem Workspace übernommen wird. So haben wir es dann geschafft nach einiger Zeit, durch Analysieren, Recherchieren und Ausprobieren, Matlab Simulink mit dem Workspace zu verknüpfen und somit das Projekt erfolgreich durchzuführen.

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.	7
3.2. Simulationsergebnis: Antriebsmoment des Gleichstrommotors	8
3.3. Simulationsergebnis: Winkelgeschwindigkeit des mechatronischen Systems	9
3.4. Simulationsergebnis: Auslenkung·1000 und Unwuchtkraft des mechatronischen Systems	9

Tabellenverzeichnis

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

A. Anhang

1. Weitere Abbildungen