

Laborversuche Aktorik & Sensorik

Wintersemester 2020

Version von Prof. Dr.-Ing. Francisco Morales Serrano und

von Dipl.-Ing. (FH) Heiko Lenger

vom 01.04.2020

Labor für Automatisierungstechnik  Fachbereich VI – Informatik und Medien –

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Vorwort

Die Messergebnisse und Lösungen der Laboraufgaben zum Fach „Aktorik & Sensorik“ sind von den Studierenden in einem Laborbericht zu dokumentieren. Es wird erwartet, dass dieser Bericht spätestens nach einer Woche nach dem Labortermin abgegeben wird. Ziel ist es, dass jeder teilnehmende Studierende am Ende über ein aussagekräftiges Dokument hat..

Der Laborbericht besteht mindestens aus den folgenden Abschnitten:

1. Aufgabebeschreibung
2. Lösung mit Bildern, Gleichungen, Werten, usw.
3. Gefundene Herausforderungen
4. Zusammenfassung
5. Quellen

1 Termin

In der ersten Laborübung sollen die Werte der Elemente des Ersatzschaltbildes eines permanent erregten Gleichstrommotors bestimmt werden.

Vorbereitung:

1. Um Parameter richtig identifizieren zu können, muss man viele Messungen durchführen. Nun ist die Frage, wie man einen statistisch relevanten Wert für einen Parameter aus vielen Messungen bekommt ...
2. Recherchieren Sie nach der Methode der Kleinsten Quadrate und finden Sie heraus, wie diese Methode funktioniert.
3. Was ist ein Inkrementalgeber? Welche Typen davon gibt es? Wie funktioniert so ein Gerät? Lesen Sie bitte die Wikipedia Seiten dazu: https://en.wikipedia.org/wiki/Incremental_encoder und <https://de.wikipedia.org/wiki/Inkrementalgeber>).

1.1 Messung des Stillstandsrehmomentes

Das vom Motor abgegebene Antriebsmoment ist über die Momentenkonstante k_M mit dem Motorstrom verknüpft. Ziel der ersten Teilaufgabe ist die Bestimmung dieser Konstante k_M . Hierzu wird der Motorstrom mit Hilfe unseres Netzteiles von 0 A bis 2 A vorgegeben und das Drehmoment mit Hilfe der Federwaage gemessen. Der Motor wird bei dieser Messung im Stillstand betrieben. Die entstehende Kennlinie, die das Drehmoment über dem Motorstrom darstellt, wird in MATLAB gezeichnet und die Steigung dieser Kennlinie stellt die Konstante k_M dar.

1.2 Messung des Ankerwiderstandes R

Ein wesentlicher Teil des Modells der permanent erregten Gleichstrommaschine ist der Ankerwiderstand R . Ziel dieser Teilaufgabe ist es, diesen zu bestimmen.

Welcher Teil des technischen Aufbaus des Motors liegt im Stromkreis, wurde aber bisher nicht berücksichtigt? Wenn dieses Bauteil weiter außen vor gelassen wird, welche Konsequenz hat das für die Durchführung der Messung des Ankerwiderstandes R ?

Schlagen sie nun eine geeignete Messung vor und bestimmen sie nach dieser den Ankerwiderstand R .

1.3 Messung der Leerlaufkennlinie

Die induzierte Spannung u_i ist proportional zur Winkelgeschwindigkeit des Motors ω . Es gilt $u_i(t) = k_e \cdot \omega(t)$. Ziel der zweiten Teilaufgabe ist die Bestimmung der Konstanten k_e .

Wir geben mit Hilfe unseres Netzteiles die Motorspannung mit 0 V bis 12 V vor und messen die Drehzahl. Hierbei wird der Motor nicht belastet, d. h. er wird im Leerlauf betrieben. Die entstehende Kennlinie wird Leerlaufkennlinie genannt und wird mit Hilfe von MATLAB dargestellt. Die gesuchte Konstante k_e ist die Steigung dieser Kennlinie.

Zur Messung der Drehzahl verwenden wir einen Inkrementalencoder. Er wird an Timer 3 des Mikrocontrollers C167, der ein Inkrementalencoder-Interface besitzt, angeschlossen und in Vierfachausswertung betrieben. Wir erhalten so eine Pulszahl von $PZ = 2000$ Pulsen pro Umdrehung. Die Abtastzeit der Interruptroutine, in der der Inkrementaldecoder ausgewertet wird, beträgt $T = 1$ ms.

Was ist der Unterschied zwischen Drehzahl und Winkelgeschwindigkeit? Welche Variablen werden für diese beiden Angaben benutzt?

Beuth-Hochschule für Technik Berlin	Labor für Automatisierungstechnik	Übungsveranstaltung für Aktorik & Sensorik
Prof. Dr.-Ing. FJ Morales		3 von 10

1.4 Messung der Kennlinie des Leistungsverstärkers

Die Eingangsspannung des Leistungsverstärkers wird im Bereich von -12 V bis $+12\text{ V}$ mit Hilfe des Netzteiles vorgegeben und die Ausgangsspannung mit Hilfe des Multimeters gemessen. Aus der Verstärkerkennlinie, in der mit MATLAB die Ausgangsspannung über der Eingangsspannung dargestellt wird, erhält man die Verstärkung **A** des Leistungsverstärkers.

Hinweis: Nehmen Sie genug Messpunkte auf, damit Sie mögliche Nichtlinearitäten der Kennlinie feststellen können

2 Termin

2.1 Vorbereitung zur Bestimmung der Ankerinduktivität

Die Ankerinduktivität des Motors soll bestimmt werden. Dazu ist bei gebremstem Motor die Phasenlage des Stromes gegenüber der steuernden Spannung zu messen.

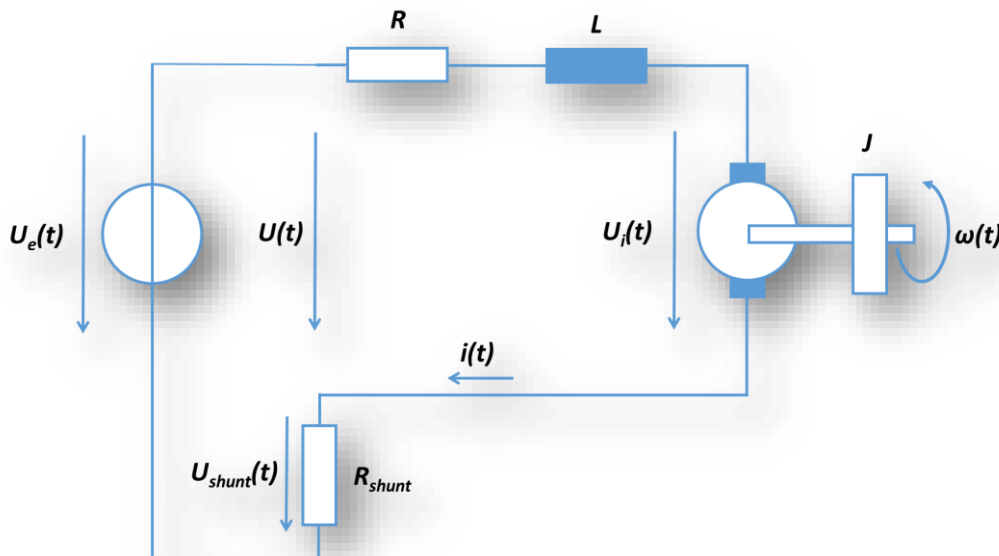


Abb. 2.1: Messung des Motorstromes bzw. Ankerstromes

Beantworten Sie die folgende Frage: Warum wird bei gebremstem Motor gemessen?

2.2 Berechnung der Induktivität

Berechnen Sie entweder mit Hilfe der komplexen Wechselstromrechnung oder mit Hilfe der Übertragungsfunktion $U_{shunt}(s) / U_e(s)$ ausgehend von der Abbildung 2.1 den Winkel zwischen den Spannung U_e und U_{shunt} .

Lösen Sie die entstehende Gleichung nach der gesuchten Größe, der Induktivität L , auf.

2.3 Messung des Phasenwinkels

Messen Sie mit dem PicoScope¹, eingestellt auf Betrieb mit zwei Kanälen, den Versatz bzw. den Winkel zwischen U_e und U_R . Benutzen Sie als Signalquelle für das benötigte Sinussignal den in das PicoScope eingebauten Generator bei einer Frequenz von z.B. 1 kHz. Entlasten Sie bitte den Ausgangstreiber des Gerätes und benutzen Sie den vorhandenen Leistungsverstärker. Bestimmen Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus 2.2) die Induktivität L des Motors.

2.4 Berechnung & Messung der Reibungskonstante

Stellen Sie eine Gleichung zur Ermittlung der Reibungskonstante C_r auf.

Hinweise:

1: $\Sigma M = J \cdot d\omega/dt$

2: Wie groß ist M_L im Leerlauf?

3: Wie groß ist $d\omega/dt$ nach Abklingen des Einschaltvorganges?

¹ PicoScope ist ein über die USB Schnittstelle angeschlossenes Gerät mit dessen Hilfe der PC als Oszilloskop fungieren kann.

Messen Sie alle Größen, die Sie zur Bestimmung von C_r benötigen und geben sie den Wert von C_r für den Ihnen vorliegenden Motor an.

3 Termin

3.1 Simulation des Motors

Erzeugen Sie unter MATLAB / Simulink eine Simulation des permanent erregten Gleichstrommotors. Benutzen Sie dafür Signalquellen und -senken, Übertragungsfunktionen und Summationspunkte. Stellen Sie die Winkelgeschwindigkeit und den Ankerstrom als Funktion der Zeit in jeweils einem Scope (Signalsenke) dar. Verwenden Sie dabei die von Ihrem Team gemessen bzw. geschätzten Parameter! Stellen Sie sicher, dass Sie mindestens zwei Sekunden simulieren!

3.2 Messen des Einschaltverhaltens & Vergleich mit Simulation

Messen Sie mit dem PicoScope das Einschaltverhalten des Stromes des Motors und speichern sie die Messwerte ab. Erklären Sie dabei, warum der Stromverlauf so ist, wie Sie ihn gemessen haben. Nun lesen Sie die Messwerte in MATLAB ein und stellen Sie den gemessenen Stromverlauf mit der Anzeige des simulierten Motorstromes in einem Bild dar.

Beantworten Sie folgende Fragen: Sind die Verläufe identisch? Warum nicht? Woran liegt es?

3.3 Diskussion

Diskutieren Sie, ob Ihre vorwiegend aus statischen Messungen stammenden Werte eine vernünftige Simulation des Motorverhaltens ermöglichen.

Passen Sie die Parameter der von Ihnen erzeugten MATLAB-Simulation so an, dass der Unterschied zwischen der Messung und der Simulation eine maximale Abweichung von 5 % beträgt!

4 Termin

Stromgesteuertes Modell des Gleichstrommotors

4.1 Vorbereitung

In diesem Versuch werden Sie ein Matlab/Simulink-Modell erzeugen, um einen Gleichstrommotor mittels des Stromes zu betreiben. Dabei werden Sie das von Ihnen bereits erzeugte Modell (also spannungsgesteuert) wiederverwenden.

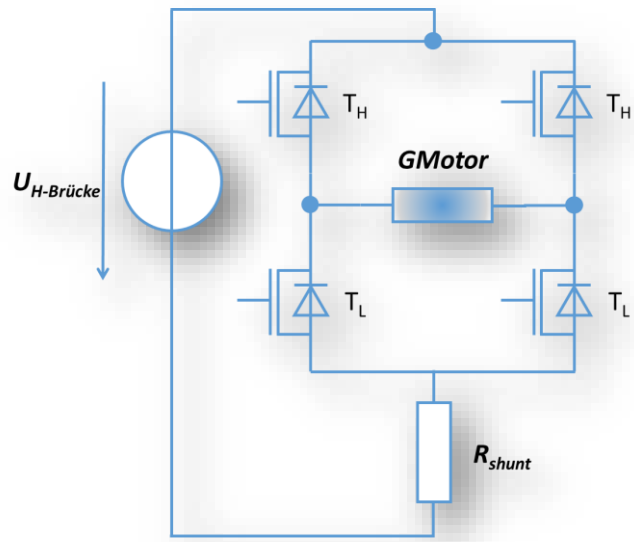
Was müssen Sie um das bestehende Motormodell hinzufügen, um einen Strom einprägen zu können?

4.2 Motortreiber

Mit Hilfe einer sogenannten H-Brücke – abgebildet auf der rechten Seite – lassen sich die Wicklungen eines Motors auf eine einfache Art und Weise ansteuern.

Beantworten Sie folgende Fragen:

1. Welche Transistoren müssen angesteuert werden, damit der Strom positiv – von links nach rechts – durch den Motor fließt?
2. Was passiert in der abgebildeten Schaltung, wenn die unter Frage 1 besagten Transistoren ausgeschaltet werden und Strom durch die Wicklung fließt?
3. Wie lässt sich der Strom durch die Motorwicklung messen?
4. Angenommen, dass man den Motor in beiden Richtungen betreiben möchte, wie viele verschiedenen Zustände muss man bei so einer H-Brücke berücksichtigen?
5. Die H-Brücke bzw. die Transistoren der H-Brücke wird über eine übergeordnete Schaltung angesteuert. Welche Eingänge muss die Schaltung haben? Welche Ausgänge hat die Schaltung?
6. Stellen Sie die Maschengleichungen für die identifizierten Fälle auf.



4.3 Übergeordnete Schaltung und H-Brücke

Mit Hilfe verschiedener Simulink-Blöcke kreieren Sie ein Subsystem, das die Ankerspannung eines Gleichstrommotors stellen wird, damit der Motor „stromgesteuert“ wird. Bitte verwenden Sie die Antworten, die Sie unter 4.2 gegeben haben, um das Subsystem zu entwerfen. Verbinden Sie das Subsystem NOCH NICHT mit Ihrem Motormodell: Testen Sie zuerst das Subsystem mit Probesignalen, die Sie selbst kreieren müssen. Stellen Sie dabei sicher, dass Sie alle möglichen Zustände Ihres Subsystems testen, damit Sie nicht überrascht werden. Welche Signale braucht Ihr Modell?

4.4 Modell

Ergänzen Sie Ihr bereits kreierte Motormodell mit dem neuen Subsystem, um eine Stromregelung zu erzielen. Dabei muss die Genauigkeit des Stromes ± 10 mA. Gehen Sie weiterhin davon aus, dass der von Ihnen zu entwerfende Treiber folgende Parameter hat:

Parameter	Wert
Spannungsquelle	15 V
Durchlassspannung der Dioden	0,7 V
Drain-Source-Widerstand	vernachlässigbar
Shunt-Widerstand	1,0 Ω

4.5 Simulation

Erstellen Sie eine Quelle, die Ihrem Modell die SOLL-Werte für den Strom stellen wird. Die SOLL-Werte sollen zuerst 0,5 A, dann -0,3 A und zuletzt 0,6 A sein. Jede Stufe soll so lang dauern, bis der eingeschwungene Zustand der Winkelgeschwindigkeit erreicht wurde.

Erreicht Ihr Modell die Sollwerte für den Strom? Warum ja oder warum nicht?

Wie kann die Simulation verbessert werden? Implementieren Sie Ihren Verbesserungsvorschlag und lassen Sie Ihre Simulation wieder laufen. Zeigen Sie, dass die Verbesserung wirkt!

5 Termin

Simulation des geregelten Motors mit einem PI-Regler

5.1 Implementierung eines PI-Drehzahlreglers

Führen Sie einen PI-Regler ein. Dimensionieren Sie Ihren Regler so, dass das Verhalten der geschlossenen Strecke den Vorgaben entsprechen soll. Die Vorgaben fürs Verhalten der Regelschleife werden Sie am Tag der Übung bekommen: jedes Team wird andere Vorgaben bekommen.

5.2 Simulation eines PI-Drehzahlreglers

Lassen Sie Ihre Simulation laufen und zeigen Sie dabei, dass Ihre Simulation die Vorgaben erfüllt.

5.3 Praktische Umsetzung

Implementiere Sie den PI-Regler im Echtzeitsystem und zeigen Sie, dass Ihre Simulation und die praktische Implementierung 100% übereinstimmen.

Beuth-Hochschule für Technik Berlin	Labor für Automatisierungstechnik	Übungsveranstaltung für Aktorik & Sensorik
Prof. Dr.-Ing. FJ Morales		10 von 10