

Laborversuch: Drehzahlregelung

Zur Vorbereitung zu Hause:

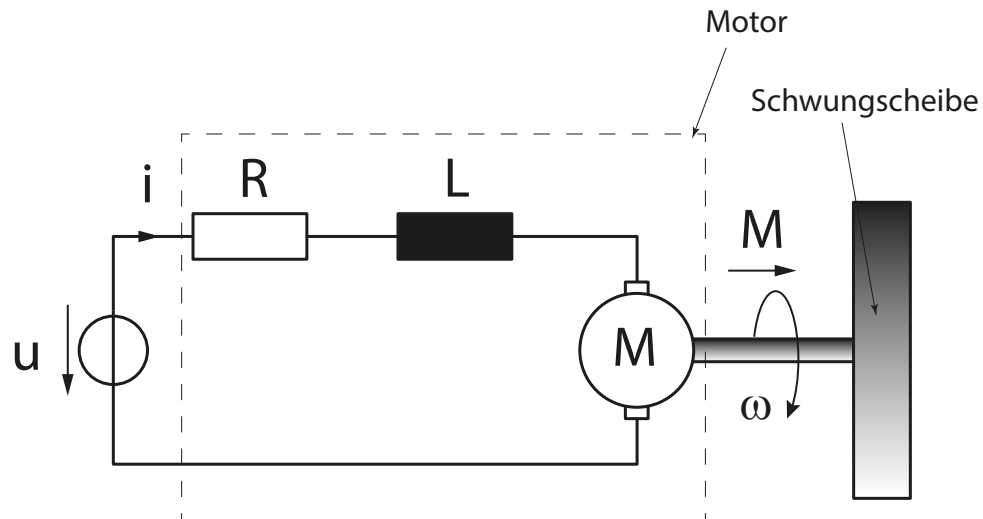
- *Durcharbeiten des Dokuments „Kurzanleitung für MATLAB und SIMULINK“. Weiterhin können Sie auch die Dokumente „Einführung in MATLAB“ und „Einführung in SIMULINK“ für zusätzliche Informationen durchlesen.
Nicht alle benötigten Befehle sind in den hochgeladenen Dokumenten erklärt. Gegebenenfalls müssen Sie auf die MATLAB/SIMULINK-Hilfe zugreifen. Bisweilen hilft auch eine Internet-Suche z.B. über Google weiter ☺.*
- *Auffrischen der theoretischen Grundlagen, siehe Vorlesung „Systemtheorie“ (entweder bei Herrn Strohrmann oder bei mir gehört) und die parallel in diesem Semester stattfindende Vorlesung „Regelungstechnik“.*
- *Machen Sie sich mit der Aufgabenstellung vertraut. Planen Sie die wesentlichen Versuchsschritte und bereiten Sie ggf. die erforderlichen Diagramme vor.*

Allgemeine Hinweise

- *Erstellen Sie zu jeder Aufgabe ein „.m-File“ mit allen erforderlichen Befehlen bzw. „.mdl-Files“ für die Simulink-Modelle.*
 - *Dokumentieren Sie Ihre Arbeit während der Versuchsdurchführung in einem Protokoll, das Sie mit einem Textverarbeitungssystem Ihrer Wahl erstellen. Es sollte die verwendeten Befehle aus den .m-Files mit den zugehörigen MATLAB-Outputs und die Modelle aus den .mdl-Files mit den zugehörigen Diagrammen enthalten. Außerdem sollen Sie darin auch Ihre Antworten auf alle Fragen aus der Aufgabenstellung festhalten.*
 - **ACHTUNG:** *MATLAB/SIMULINK arbeitet ohne Einheiten! Der Benutzer ist selbst für die richtigen Zahlenwerte verantwortlich.
Am besten ist es, alle Einheiten zunächst in die SI-Basiseinheiten (kg, m, s, A) umzurechnen.*
 - *In diesem Versuch wird oft die Darstellung mehrerer Signale in „einem Diagramm“ verlangt. Verwenden Sie dafür den Befehl „yyaxis“. Googeln Sie dazu ggf. nach „matlab multiple y axis“.*
 - *Beschriften und skalieren Sie die Achsen (mit Einheiten) in allen Diagrammen.*
-

Laborversuch

In diesem Laborversuch gehen wir von einem Elektromotor nach der folgenden Abbildung aus:



Die zugehörigen Gleichungen sind:

$$u = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + K \cdot \omega \quad (1)$$

$$M = K \cdot i \quad (2)$$

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M \quad (3)$$

Die Systemparameter lauten:

$$K = 30 \frac{\text{mNm}}{\text{A}}$$

$$J = 4000 \text{ g cm}^2$$

$$R = 6 \Omega$$

$$L = 120 \mu\text{H}$$

Im Trägheitsmoment J sind die Trägheitsmomente des Motorrotors und der Schwingscheibe zusammengefasst.

Reibung soll nicht berücksichtigt werden.

ACHTUNG: ω hat die Einheit $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

Aufgabe 1 - Simulation der Regelstrecke

- a) Erstellen Sie ein Strukturbild des Motors. Verwenden Sie dabei ausschließlich Integrierer, Proportionalelemente und Summations- bzw. Subtraktionsstellen.

Hinweis: Sie benötigen zwei Integrierer. Die Ausgangsgröße des ersten Integrierers soll der Strom i , die Ausgangsgröße des zweiten Integrierers die Drehzahl ω sein.

- b) Implementieren Sie das Modell in MATLAB/SIMULINK.

Empfehlung: Benutzen Sie die Darstellung mit den zwei Integrierern und achten Sie darauf, dass Sie auch auf das Drehmomentsignal noch Zugriff haben - Sie werden es noch in Aufgabe 4 - Drehzahlregelung mit Lastmoment benötigen.

- c) Nun schalten Sie einen Spannungssprung von 0 auf 10 V auf und stellen den zeitlichen Verlauf von Strom, Drehmoment und Drehzahl in einem Diagramm (Zeitintervall $0 \leq t \leq 20$ s) dar.

Hinweis: Hier ist noch kein Regler aktiv; es geht nur um die Simulation der Regelstrecke.

- d) Freiwillige Zusatzaufgabe:

Der Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße $u(t)$ und der Ausgangsgröße $\omega(t)$ kann näherungsweise durch einen Tiefpass erster Ordnung (in der Regelungssprache auch „PT₁-Glieder“ genannt) beschrieben werden.

Bestimmen Sie aus Ihren Diagramm näherungsweise die Zeitkonstante des Tiefpasses.

Hinweis: $1 - e^{-1} \approx 0,63$

Aufgabe 2 - Drehzahlregelung mit P-Regler

- a) Erstellen Sie nun ein Simulink-Modell einer Drehzahlregelung. Dabei soll ein P-Regler mit Verstärkung K_R zum Einsatz kommen.
Die Führungsgrößenvorgabe sei ein Drehzahlsprung von 0 auf $100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.
Die Motorspannung soll durch die Leistungselektronik auf den Bereich -10 V bis 10 V begrenzt sein.

Hinweis: Führen Sie für die Begrenzung einen entsprechenden „Saturation-Block“ ein. Sie finden ihn im Simulink Library-Browser unter der Kategorie „Discontinuities“.

- b) Wählen Sie die Verstärkung K_R des P-Reglers so, dass die Motorspannung gerade nicht in die Begrenzung geht. Welchen Wert haben Sie eingestellt? (mit Begründung)
- c) Stellen Sie die Führungs-, Regel- und Stellgröße in einem Diagramm dar, Zeitintervall wiederum $0 \leq t \leq 20 \text{ s}$.
- d) Begründen Sie mit eigenen Worten warum der Regelkreis nicht stationär genau ist.

Aufgabe 3 - Drehzahlregelung mit PI-Regler

- a) (1) Erweitern Sie den Regler zu einem PI-Regler entsprechend der Form

$$y(t) = K_R \cdot \left[e(t) + \frac{1}{T_N} \int e(t) dt \right].$$

Hierbei ist $y(t)$ die Motorspannung $u(t)$ und $e(t)$ die Regeldifferenz $\omega_{\text{soll}}(t) - \omega_{\text{ist}}(t)$.

- (2) Stellen Sie T_N so ein, dass die Regelgröße möglichst schnell aber ohne Überschwingen der Führungsgröße folgt. Wie groß mussten Sie den Parameter T_N wählen?
- (3) Stellen Sie Führungs-, Regel- und Stellgröße in einem Diagramm dar.
- b) Einstellungen wie in Aufgabenteil 3a), nun aber mit einem Führungsgrößensprung von 0 auf $300 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$. Sie erhalten nun einen Überschwinger in der Sprungantwort.

Erklären Sie mit eigenen Worten, warum es dazu kommt.

Hinweise: Entfernen Sie probeweise mal den Saturation-Block.
Sollten Sie nicht selbstständig auf die Erklärung kommen, googeln Sie nach „integral windup“.

Aufgabe 4 - Drehzahlregelung mit Lastmoment

Wir gehen nun wieder vom Aufbau und den Einstellungen aus Aufgabe 3a) aus.

- a) Schalten Sie zum Zeitpunkt $t = 10 \text{ s}$ ein Lastmoment von $M_{\text{Last}} = 0,01 \text{ N m}$ auf. Dies könnte in der Praxis z.B. von plötzlich auftretender Reibung an der Welle verursacht werden.
- b) Stellen Sie wiederum Führungs-, Regel- und Stellgröße sowie das Drehmoment in einem Diagramm dar und interpretieren Sie das Ergebnis.