

Laborversuch: Schwebende Kugel

Zur Vorbereitung

Erarbeiten der theoretischen Grundlagen anhand des Dokuments „Schwebende_Kugel.pdf“ (im gleichen ILIAS-Ordner wie dieses Dokument)

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.
 - Wählen Sie die Simulationszeit (Simulation Stop Time) und die Integrationsschrittweite selbstständig so, dass sie der Aufgabenstellung angepasst sind.
 - **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 ist oft die Darstellung mehrerer Signale in „einem Diagramm“ sinnvoll. 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.
 - Beachten Sie, dass u , i , F_{mag} und y in Abbildung 3 (auf dem Informationsblatt) und in den darauffolgenden Formeln (7) die Abweichung dieser Größen vom Arbeitspunkt beschreiben.
-

Laborversuch

Für die Simulationen ab Aufgabe 1c) sind die folgenden Parameter gegeben:

$$m = 10 \text{ g} \qquad c_i = 0,01 \frac{\text{N}}{\text{A}} \qquad c_y = 0,01 \frac{\text{N}}{\text{cm}} \qquad L = 0,1 \text{ H} \qquad R = 5 \Omega$$

Aufgabe 1 - Regelstrecke

- Berechnen Sie „von Hand“ die Polstellen der Regelstrecke gegeben durch die Übertragungsfunktion $G_S(s)$ entsprechend Gleichung (7).
- Begründen Sie damit, dass die Regelstrecke instabil ist.
- Erstellen Sie ein Simulink-Modell der Regelstrecke basierend auf der Darstellung aus Abbildung 3 (auf dem Infoblatt). Setzen Sie dazu drei Integrierer ein, deren Ausgangsgrößen i , v und y sind.

Hinweis: Neben den o.g. Integrierern benötigen Sie nur noch P-Glieder und Subtraktions- bzw. Additionselemente.

Vorsicht bei den Einheiten: g ist nicht gleich kg und Centimeter nicht gleich Meter!

- Schalten Sie einen Spannungssprung von 1 V ($u = 1 \text{ V} \cdot \sigma(t)$) auf, und stellen Sie die Antwort der Regelstrecke dar.
- Was können Sie daraus bezüglich der Stabilität der Regelstrecke ablesen?

Aufgabe 2 - Regelkreis mit P-Regler

- (1) Erstellen Sie ein Simulink-Modell eines Positionsregelkreises und benutzen Sie dabei einen P-Regler mit Verstärkung K_R .
- (2) Begrenzen Sie die Stellgröße durch Einführen eines „Saturation-Blockes“ auf $\pm 6 \text{ V}$.
Das könnte z.B. den Aussteuergrenzen einer OP-Schaltung bzw. der Leistungselektronik entsprechen.
- (3) Zusätzlich führen Sie für den Integrierer, der die Position y liefert ein „Upper saturation limit“ von 5 mm ein (oberer Anschlag) und zusätzlich ein „Lower Saturation Limit“ von -5 cm (unterer Anschlag).
Beim oberen Anschlag berührt die Kugel den Magneten, beim unteren Anschlag hat die Kugel die Grundplatte des Versuchsaufbaus erreicht.

- (4) Nun ist natürlich zu beachten, dass beim Erreichen eines Anschlages die Geschwindigkeit der Kugel schlagartig null wird. Dazu kann man im Integrierer, der die Ausgangsgröße v liefert, den „external reset“ aktivieren. Daraufhin erscheint ein weiterer Eingang, der mit dem ebenfalls zu aktivierenden „saturation port“ des nächsten Integrierers geeignet verbunden werden muss.
- (5) Die Führungsgröße (also die Sollposition) sei 0.
- (6) Zum Zeitpunkt $t = 0$ soll sich die Kugel an der Position $y(t = 0) = -1 \text{ mm}$ befinden; setzen Sie dazu die „Initial Condition“ des Integrierers, der die Ausgangsgröße y liefert, auf diesen Wert.
Der Strom und die Geschwindigkeit sollen zum Zeitpunkt $t = 0$ gleich null sein.

Hinweis: Letztendlich bedeutet dies, dass die Kugel zu Beginn des Experimentes 1 mm unter der geforderten Position losgelassen wird.

- b) Stellen Sie die Antwort des Regelkreises für 5 (von Ihnen gewählte) verschiedene Werte der Reglerverstärkung K_R dar.
Für die zwei kleinsten Werte sollte die Kugel nach unten fallen (d.h. die Reglerverstärkung ist nicht groß genug), für die drei größten Werte sollte sich die Kugel zunächst an den oberen Anschlag bewegen und erst dann nach unten fallen.
- Hinweis: Das müssen Sie durch Ausprobieren herausfinden.
- c) Finden Sie eine Reglerverstärkung, bei der der Regelkreis stabil, d.h. die Sollposition 0 erreicht wird?

Aufgabe 3 - Regelkreis mit PD-Regler

- a) (1) Stellen Sie nun die Verstärkung des P-Reglers auf den Wert $K_R = 4 \frac{\text{V}}{\text{mm}}$ ein. Damit sollten Sie eine Schwingung mit aufklingender Amplitude erhalten bis dann die Kugel nach unten fällt.
- (2) Fügen Sie zusätzlich einen D-Anteil ein. Dabei soll ein Regler in der Ihnen bekannten Form

$$u = K_R \cdot \left(e + T_V \frac{de}{dt} \right)$$

eingesetzt werden. Hierin ist u die Spannung der Spule und e die Regeldifferenz $e = y_{\text{soll}} - y$.

Hinweis: Bitte verwenden Sie hierbei nicht den Funktionsblock „PID controller“ aus der Bibliothek „Continuous“. Sie benötigen einen „Derivative“-Block. Vergrößern Sie T_V schrittweise von 0 beginnend bis sich ein stabiler Regelkreis ergibt.

- (3) Stellen Sie die Kugelposition und die Stellgröße zusammen in einem Diagramm dar. Auf der waagrechten Achse ist die Zeit aufzutragen. Führen Sie dazu mit „yyaxis“ zwei senkrechte Achsen mit unterschiedlicher Skalierung ein.
- b) (1) Ab welchem Wert von T_V ist der Regelkreis stabil?
- (2) Stellen Sie die Kugelposition und die Stellgröße wiederum in einem Diagramm dar.
- c) (1) Verändern Sie nun T_V so, dass der Regelkreis gedämpft und ohne merkliche Schwingneigung in den Endwert geht, der Regelkreis aber dennoch eine möglichst gute Dynamik hat.
- Hinweis: Auch hier einfach probieren.*
- (2) Stellen Sie die Kugelposition und die Stellgröße in einem Diagramm dar.