

# Projektaufgabe

## 1 Hinweise

- Die Bearbeitung des Projektes erfolgt in Gruppen. Die Gruppenstärke soll in der Regel bei 5 Studierenden liegen. Die Arbeitsteilung wird von den Gruppenmitgliedern selbst festgelegt.
- Es muss ein Projektbericht im Umfang von 15-20 Seiten angefertigt werden. In diesem sollten Lösungsweg, Berechnungen und erstellte Grafiken enthalten sein und nachvollziehbar beschrieben und diskutiert sein. Eine Vorlage ist auf der nächsten Seite zu finden.
- Die anfallenden Berechnungen, Simulationen und grafischen Darstellungen sollen in MATLAB-Skripten implementiert werden. Sollte eine andere Software genutzt werden, ist dies vorher mit dem Dozenten abzusprechen. Die einzelnen MATLAB-Skripte sind nachvollziehbar zu gliedern und zu kommentieren. Sie sollten weiterhin ohne Probleme für Aussenstehende genutzt werden können („Play“  $\Rightarrow$  „Ergebnisse“).
- Der Projektbericht und alle genutzten Skript-Dateien müssen über das Moodle der Vorlesung eingereicht werden (Letztere gepackt als zip-Ordner). Es muss aus den einzelnen Skripten ersichtlich sein, wie im Bericht verwendete Ergebnis-Graphen erzeugt werden.
- Die im Projektbericht dokumentierten Ergebnisse müssen in einer Präsentation vorgestellt werden. Diese Präsentation erfolgt nach Abgabe des Projektberichtes. Jeder Studierende soll seinen Anteil am Projekt darstellen.
- Alle Studierenden einer Gruppe erhalten die gleiche Teilnote auf den Projektbericht, die Bewertung der Präsentation erfolgt individuell. Die Gesamtnote berechnet sich gewichtet aus den beiden Teilnote für den Bericht (60%) und die Präsentation (40%). Zum erfolgreichen Bestehen des Kurses müssen beide Teilleistungen mindestens mit *ausreichend* (4,0) bewertet werden.

---

## 2 Vorlage Projektbericht

Der Projektbericht soll so geschrieben sein, dass die Lösung der Aufgabenstellung für Aussenstehende ohne weiteres möglich ist. Es empfiehlt sich daher folgende Struktur.

### **Titelseite**

Enthält Namen und Matrikelnummern der Gruppenmitglieder sowie die Gruppennummer und den Titel der Aufgabenstellung

### **Inhalts-/Abbildungsverzeichnis**

#### **Aufgabenstellung**

Enthält die Aufgabenstellung.

#### **Ergebnisteil**

Enthält die Bearbeitung der Aufgabenstellung inklusive aller notwendigen Herleitungen, grafischen Darstellungen. Hierbei muss die Vorgehensweise und Ergebnisse nachvollziehbar beschrieben werden. Die Resultate sind zu diskutieren, z.B. hinsichtlich Genauigkeit, Rechenzeit, möglichen Verbesserungen.

Es empfiehlt sich eine Unterteilung entsprechend der Aufgabenstellung.

#### **Quellenverzeichnis**

Alle verwendeten Referenzen (Bücher, Artikel, Webseiten) sind ordnungsgemäß zu zitieren! (Hinweis: es sollten mindestens vier unterschiedliche Quellen verwendet werden!)

---

### 3 Aufgabenstellung

#### Drehzahlregelung

Gegeben sei die in Abb. 1 dargestellte Drehzahlregelung mit unterlagelter Stromregelung. Dabei lässt sich die Dynamik des inneren Regelkreises vereinfacht mit Hilfe der folgenden

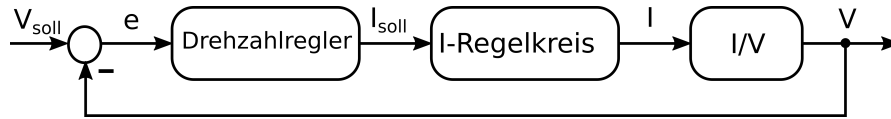


Abbildung 1: Drehzahlregelkreis

Differentialgleichung beschreiben

$$\ddot{I}(t) + a_1 \dot{I}(t) + a_0 I(t) = K_1 \dot{I}_{soll}(t) + K_0 I_{soll}(t). \quad (1)$$

Die Drehzahl  $V(t)$  in Abhängigkeit des Motorstrom lässt sich mit folgender Differentialgleichung beschreiben

$$\dot{V}(t) = K_V I(t). \quad (2)$$

Der Drehzahlregler berechnet den Sollstrom  $I_{soll}(t)$  mit Hilfe der Regeldifferenz

$$e(t) = V_{soll}(t) - V(t) \quad (3)$$

über das Regelgesetz (P-Regelung)

$$I_{soll}(t) = K_P e(t). \quad (4)$$

Der Drehzahlsollwert ist durch folgende zeitabhängige Funktion gegeben

$$V_{soll}(t) = 1500 (1 - e^{-5t}). \quad (5)$$

Die Parameter sind gegeben als

$$a_1 = 7.64, \quad a_0 = 0.4, \quad K_1 = 5.64, \quad K_0 = 0.4, \quad K_V = 5, \quad K_P = 1.1. \quad (6)$$

Die Startwerte sind gegeben als

$$\dot{I}(t=0) = 0, \quad I(t=0) = 0, \quad V(t=0) = 0. \quad (7)$$

und die Simulationsendzeit ist  $t_{end} = 5$ .

Bearbeiten Sie folgende Aufgaben

- 
- a) Zunächst soll die Dynamik des unterlagerten Stromregelkreises simuliert werden. Verwenden sie hierfür den folgenden Verlauf des Sollstromes

$$I_{soll}(t) = \begin{cases} 4, & 0 < t \leq 2 \\ 4 - \frac{4}{3}(t-2), & 2 < t \leq 4 \\ 0, & < t \leq 5 \end{cases} \quad (8)$$

Wandeln sie dazu die DGL des inneren Regelkreises in ein System von DGLen erster Ordnung um.

- b) Lösen sie das System aus a) in MATLAB mit dem Euler-Verfahren erster Ordnung ("Vorwärts-Euler"). (Hinweis: Verwenden sie die Schrittweite  $\Delta t = 0.1$ )
- c) Lösen sie das System aus a) mit Hilfe der MATLAB-Routine *ode15s*! Vergleichen Sie beide Lösungen! (Hinweis: Nutzen sie den gleichen Zeitvektor wie bei b) )
- d) Berechnen Sie die integrale quadratische Differenz der Lösungsverläufe von  $I(t)$  aus b) und c)

$$E = \int_0^{t_{end}} e^2(t) dt = \int_0^{t_{end}} \{I_b(t) - I_c(t)\}^2 dt \quad (9)$$

numerisch mit Hilfe der Trapezregel.

- e) Betrachtet wird nun das erweiterte System ohne Drehzahlregler, also der innere Regelkreis und die DGL für die Drehzahl. Bestimmen sie das entsprechende erweiterte System aus DGLen erster Ordnung. Simulieren sie das erweiterte System in MATLAB.
- f) Abschließend betrachten wir das komplette geregelte System. Bestimmen Sie durch Einsetzen die Differentialgleichung des geschlossenen Regelkreises, die die Dynamik der Drehzahl in Abhängigkeit der Solldrehzahl vorgibt.

$$F_V(\ddot{V}(t), \dot{V}(t), V(t)) = F_r(\dot{V}_{soll}(t), V_{soll}(t)). \quad (10)$$

- g) Wandeln sie die DGL 3. Ordnung aus f) in ein System aus DGLen 1. Ordnung um.
- h) Lösen Sie das System aus g) mit dem Euler-Verfahren und *ode15s*. Berechnen sie die entsprechende integrale Differenz numerisch mit der Trapezregel!
- i) Vergleichen sie die Verläufe von geregelter und unregelter System. Interpretieren sie den geregelten Verlauf!