F. Goßmann M.Sc
Universität der Bundeswehr München
Institut für Steuer- und Regelungstechnik (LRT-15)

Steuer- und Regelungstechnik, WT 2020

1. Übung, 15. Januar 2020

Thema: Systemmodellierung, lineare und nichtlineare Systeme, Blockschaltbilder

Aufgabe 1. Feder-Masse-Dämpfer System

Gegeben ist das in Abb. 1 dargestellte System mit der Masse m, einem linearen Dämpfer mit

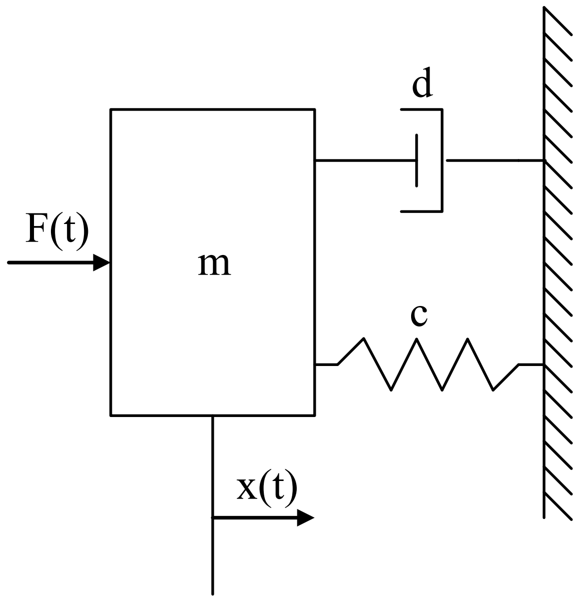

Abbildung 1: Feder-Masse-Dämpfer System

der Dämpferkonstante d und einer linearen Feder mit der Steifigkeit c. Das System wird von einer zeitabhängigen Kraft $F(t)$ angeregt.

Aufgaben

a) Bestimmen Sie die Differentialgleichung, welche die Bewegung der Masse m in x-Richtung des dargestellten Systems in Abhängigkeit der angreifenden Kraft $F(t)$ beschreibt.

b) Ist das erhaltene System linear?

Aufgabe 2. Elektrisches Fahrzeug

Der Antriebsstrang eines elektrischen Fahrzeugs soll modelliert werden. Die vereinfachte Struktur des Antriebsstrangs ist in Abb. 2 dargestellt. Hierbei bezeichnet u_e die Eingangsspannung

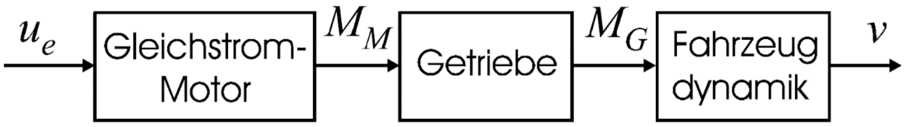

Abbildung 2: Struktur des Antriebsstrangs

des Gleichstrommotors, die Größe M_M bezeichnet das Drehmoment des Motors und M_G bezeichnet das Moment nach der Übersetzung durch das Getriebe. Mit v wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bezeichnet. Des Weiteren wird der Gleichstrommotor durch das in Abb. 3 dargestellte Ersatzschaltbild beschrieben. Mit L_a und R_a wird die Ankerinduktivität und der Ankerwider-

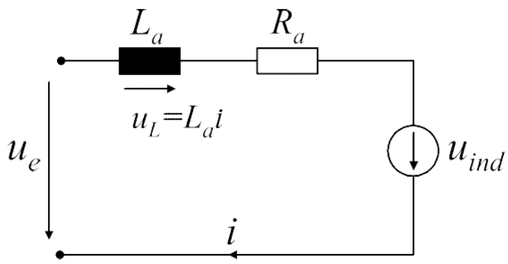

Abbildung 3: Ersatzschaltbild des Gleichstrommotors

stand bezeichnet. Die Größe $u_{ind} = k \cdot \omega$ bezeichnet die durch die Winkelgeschwindigkeit ω der Motorachse erzeugte induzierte Gegenspannung. Das Motormoment ergibt sich durch $M_M = k \cdot i$.

Das Getriebe übersetzt das vom Motor erzeugte Drehmoment mit dem Verhältnis U nach der Formel $M_G = U \cdot M_M$, wobei das Moment M_G direkt auf die Antriebsachse übertragen wird. Das Fahrzeug selbst besitzt die Masse m und einen Raddurchmesser d, wobei die Räder ideal abrollen. Elastizitäten, Reibungseinflüsse sowie die Trägheitsmomente der Räder können vernachlässigt werden.

Aufgaben

a) Bestimmen Sie mit Hilfe von Abb. 3 eine Differentialgleichung, die die Dynamik des Elektromotors beschreibt und stellen Sie diese Differentialgleichung in Form eines Blockschaltbildes dar. Behandeln Sie die Winkelgeschwindigkeit ω zunächst als zusätzliche unabhängige Eingangsgröße.

b) Bestimmen Sie eine Differentialgleichung die das dynamische Verhalten des Getriebes und der Fahrzeugdynamik beschreibt und stellen Sie diese ebenfalls als Blockschaltbild dar.

c) Stellen Sie das gesamte modellierte System in einem Blockschaltbild dar und ergänzen Sie die für das Motormodel benötigte Rückführung der Winkelgeschwindigkeit ω aus der Fahrzeugdynamik.

d) Fügen Sie das modellierte System in einen geschlossenen Standardregelkreis ein. Dabei stellt die Eingangsspannung u_e die Stellgröße und die Fahrzeug-Geschwindigkeit v die Regelgröße dar. Der Regler und die Messeinrichung können als allgemeine Blöcke eingetragen werden.

Aufgabe 3. Elektrischer Hubmagnet

Gegeben ist der in Abb. 4 dargestellte Schaltkreis eines elektrischen Hubmagneten. Durch das

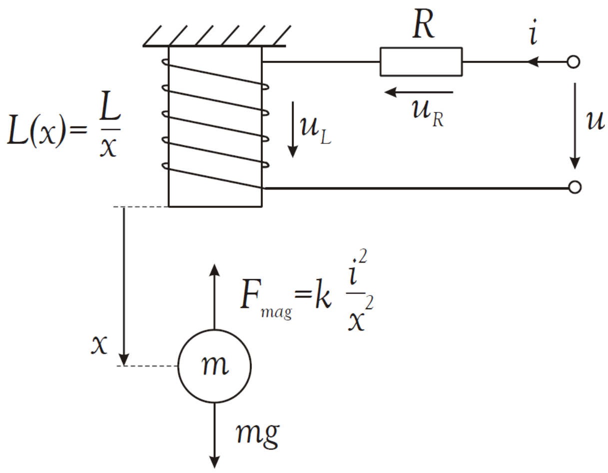

Abbildung 4: Elektrischer Hubmagnet

Aufbringen eines Stroms i auf die vom Abstand der Kugel abhängige Induktivität $L(x)$ wird ein Magnetfeld erzeugt, welches eine Kraft $F_{mag} = k \cdot \frac{i^2}{x^2}$ auf die Eisenkugel mit der Masse m ausübt und diese anhebt. Der Stromkreis enthält neben der Induktivität einen ohmschen Widerstand R und es liegt eine Spannungsquelle u an. Auf die Kugel selbst wirkt das Schwerefeld der Erde mit der Gravitation g. Der Abstand zwischen der Kugel und dem Kern des Hubmagneten wird mit x bezeichnet.

Aufgaben

a) Bestimmen Sie ein dynamisches Systemmodell, welches das Verhalten des dargestellten Systems beschreibt.

b) Was lässt sich über die Linearität des erhaltenen Modells aussagen?

c) Ermitteln Sie alle möglichen Ruhelagen des Systems.