

Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2018	Seite 1 / 5
Schriftliche Klausur	2. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

Name	Matrikelnummer	Datum	Unterschrift
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Note:		1,7	

Hinweise:

- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, schriftliche Unterlagen außer alten Klausuren
- Bearbeitungszeit: 120 Minuten
- Tragen Sie Ihre Antworten in die dafür vorgesehene Kästen ein

Aufgabe	Erreichte Punktzahl
1	25,0
2	3,3
3	23,5
Summe	51,8

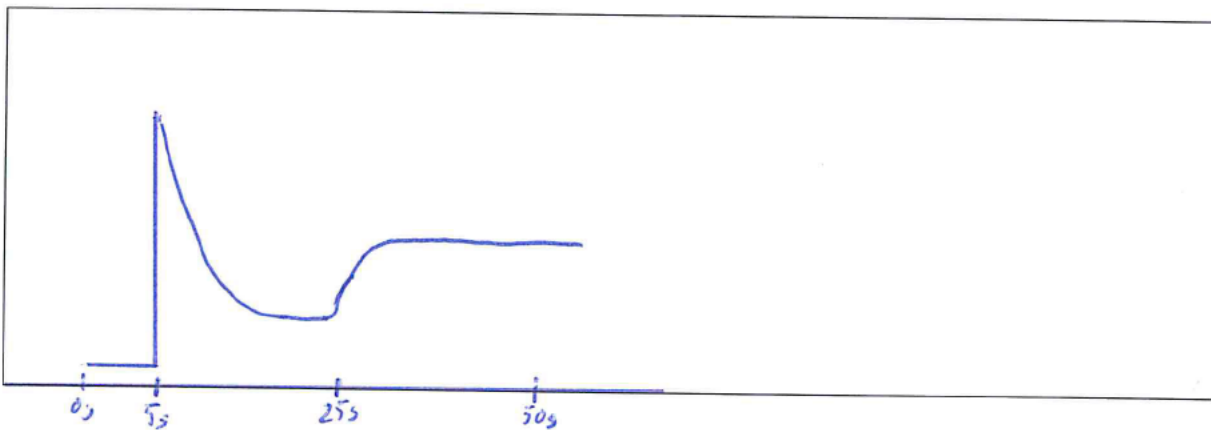
52

1. Aufgabe (25 von 60 Punkten)

Die Parameter eines Gleichstrommotors sind bekannt und in der Tabelle angegeben. Die Wicklungsinduktivität darf vernachlässigt werden. Die Motor wird bei $t = 5 \text{ s}$ von einer Spannungsquelle von $1,0 \text{ V}$ ohne jegliches Lastmoment bestromt. Bei $t = 25 \text{ s}$ wird der Motor mit einem sprungartigen Drehmoment von $3,5 \text{ mNm}$ belastet.

R	=	3Ω
K_m	=	$20,0 \cdot 10^{-3} \text{ Nm / A}$
K_e	=	$25,0 \cdot 10^{-3} \text{ V / s}$
J	=	$300,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg / m}^2$
C_r	=	$1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Nm} \cdot \text{s}$

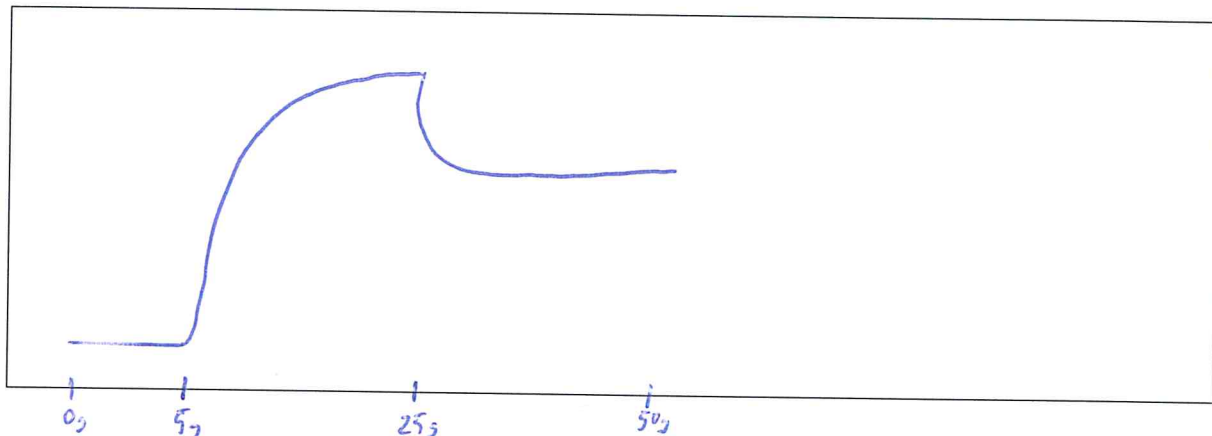
1.1 Zeichnen Sie den Stromverlauf von $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 50 \text{ s}$.



1.2 Aus der Abbildung von 1.1 und unter Berücksichtigung der bekannten Parameter tragen Sie die folgenden Werte ein:

1.2.1 Strom bei $t = 5 \text{ s}$	0,33	A
1.2.2 Strom bei $t = 24 \text{ s}$	0,2973 0,002973	A
1.2.3 Strom bei $t = 50 \text{ s}$	0,176	A

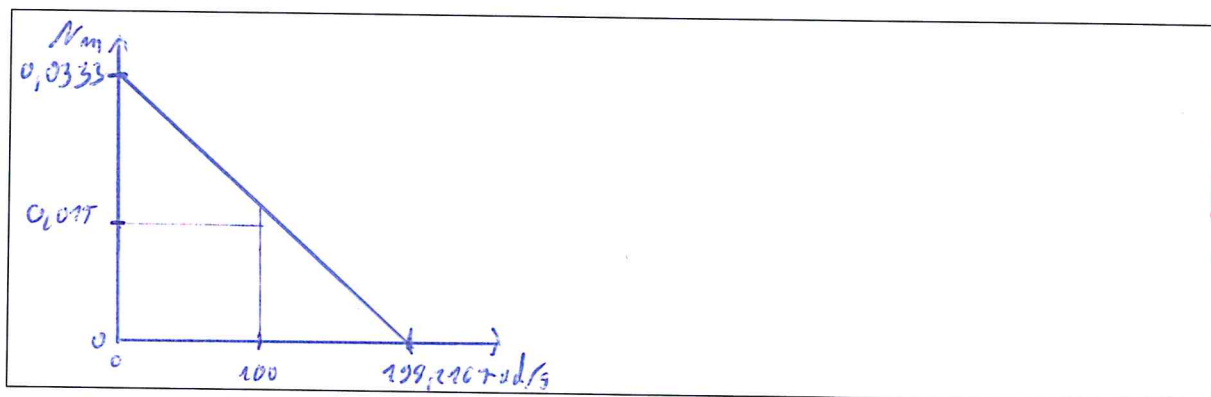
1.3 Zeichnen Sie den Verlauf der Winkelgeschwindigkeit von $t = 0$ s bis $t = 50$ s.



1.4 Aus der Abbildung von 1.3 und unter Berücksichtigung der bekannten Parameter tragen Sie die folgenden Werte ein:

1.4.1 Winkelgeschwindigkeit bei $t = 24$ s	39,64321	rad/s
1.4.2 Winkelgeschwindigkeit bei $t = 50$ s	18,83	rad/s

1.5 Der Motor darf maximal bis 5 V betrieben werden. Zeichnen Sie die Motorkennlinie bei dieser Spannung, d.h. abgegebenes Drehmoment (in Nm) über die Winkelgeschwindigkeit (in rad/s).

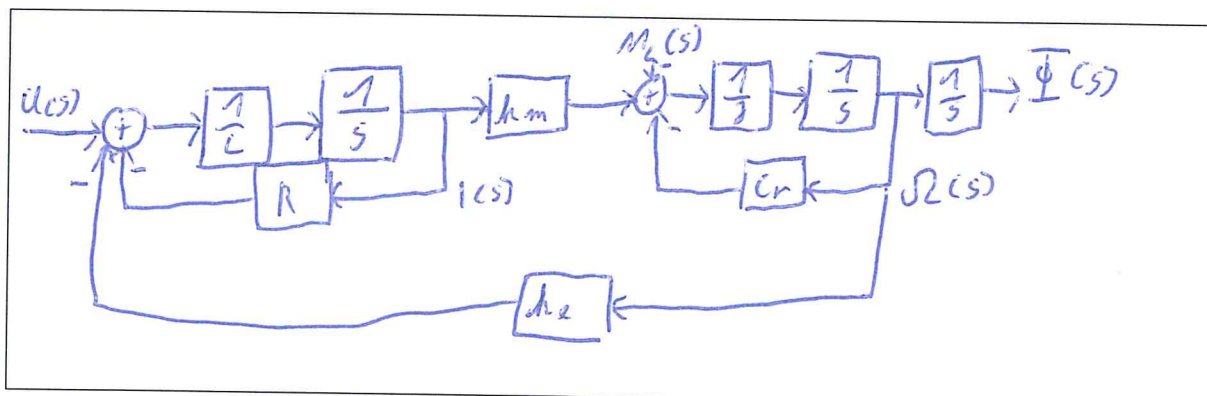


1.6 Bei einer Anwendung muss der Motor sich bei einer maximalen Winkelgeschwindigkeit von 100 rad/s drehen und dabei mit einem Lastmoment von 15 mNm belastet. Ist der Motor für diese Anwendung geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort!

Ja, da dieser Arbeitspunkt innerhalb des Arbeitsbereiches liegt, also unterhalb der Kennlinie.

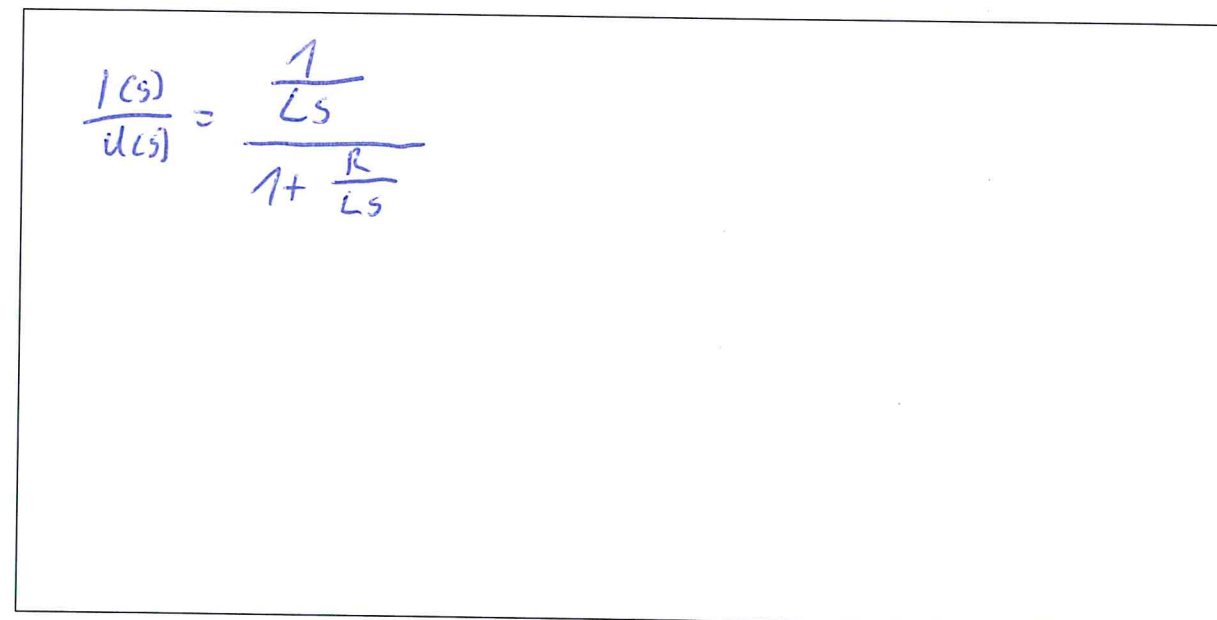
2. Aufgabe (10 von 60 Punkten)

2.1 Zeichnen Sie das Blockschaltbild im Bildbereich von einem spannungsgesteuerten Gleichstrommotor.



2.2 Leiten Sie die Übertragungsfunktion von der Eingangsspannung $U(s)$ auf den Wicklungsstrom $I(s)$ her, d.h. $I(s) / U(s)$.

$$\frac{I(s)}{U(s)} = \frac{1}{Ls} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R}{Ls}}$$



3. Aufgabe (25 von 60 Punkten)

Ein Gleichstrommotor wird verwendet, um ein kleines Fahrzeug zu bewegen. Der Motor wird mit einem Spannungsleistungsverstärker betrieben, der die Ankerspannung stellt. Die elektrische Zeitkonstante ist gegenüber der mechanischen Zeitkonstante vernachlässigbar, wodurch die Wicklungsinduktivität in der Betrachtung nicht zu berücksichtigen ist.

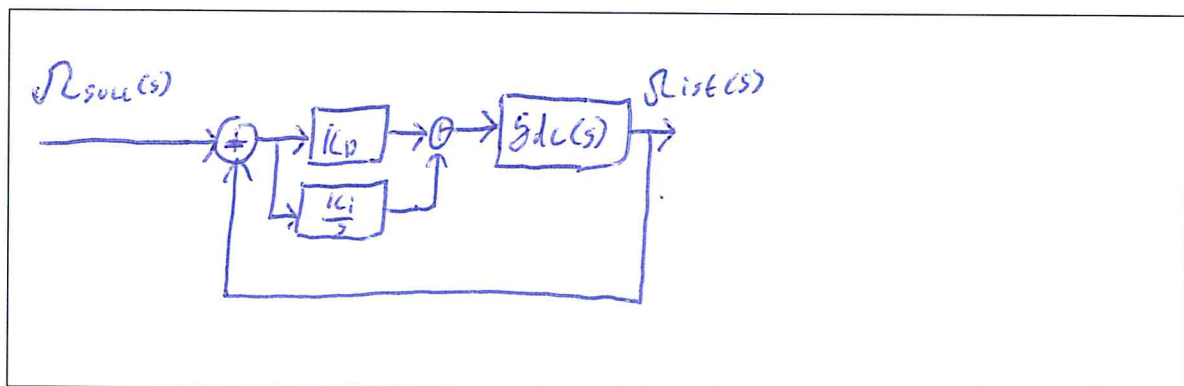
3.1 Leiten Sie die Übertragungsfunktion von der Eingangsspannung $U(s)$ auf die Winkelgeschwindigkeit $\Omega(s)$ her, d.h. $\Omega(s) / U(s)$

Handwritten derivation of the transfer function:

$$\frac{\Omega(s)}{U(s)} = \frac{h_m \cdot \frac{1}{s \cdot J} \cdot \frac{1}{1 + \frac{c_r}{s \cdot J}}}{R + h_e \cdot h_m \cdot \frac{1}{s \cdot J} \cdot \frac{1}{1 + \frac{c_r}{s \cdot J}}} = G_{dc}(s) \quad - \text{falsches Modell}$$

1/2

3.2 Die Winkelgeschwindigkeit des Motors soll mit Hilfe eines PI-Reglers geregelt werden. Zeichnen Sie ein neues Blockschaltbild der geschlossenen Strecke mit der Übertragungsfunktion vom Motor und einem PI-Regler für die Winkelgeschwindigkeit des Motors, d.h. das Eingangssignal der geschlossenen Strecke ist der SOLL-Wert der Winkelgeschwindigkeit $\Omega_{SOLL}(s)$ und das Ausgangssignal ist der IST-Wert der Winkelgeschwindigkeit $\Omega(s)$.



3.3 Leiten Sie nun die Übertragungsfunktion der geschlossenen Strecke her, d.h. $\Omega(s) / \Omega_{SOLL}(s)$. Welcher Ordnung ist die geschlossene Strecke? Vergleichen Sie die von Ihnen hergeleitete Übertragungsfunktion mit der Übertragungsfunktion der Dämpfungsgleichung!

Hinweis: die Übertragungsfunktion der Dämpfungsgleichung lautet: $\frac{\omega_0^2}{s^2 + s \cdot 2 \cdot \omega_0 \cdot D + \omega_0^2}$

$$G(s) = \frac{h_m \cdot h_p \cdot \left(s + \frac{h_i}{h_p}\right) \cdot \frac{1}{J \cdot R}}{s^2 + s \cdot (R \cdot C_r + h_e \cdot h_m) \cdot \frac{1}{J \cdot R} + h_m \cdot h_i \cdot \frac{1}{J \cdot R}}$$

Durch Koeffizientenvergleich:

3. Ordnung *Koeffizientenvergleich*

$$2D\omega_0 = (R \cdot C_r + h_e \cdot h_m) \cdot \frac{1}{J \cdot R}$$

$$\omega_0^2 = h_m \cdot h_i \cdot \frac{1}{J \cdot R}$$

3.4 Mit Hilfe der in der folgenden Tabelle eingetragenen Motorparameter bestimmen Sie den Wert der Reglerkonstanten K_p und K_i , sodass ω_0 und D der geschlossenen Strecke den Werten $2 \cdot \pi \cdot 0,01$ und $0,4$ jeweils entsprechen!

R	=	1,2 Ω
K_m	=	20,0 $\cdot 10^{-3}$ Nm/A
K_e	=	25,0 $\cdot 10^{-3}$ V/s
J	=	300,0 $\cdot 10^{-6}$ kg/m ²
C_r	=	1,5 $\cdot 10^{-6}$ Nm · s

$$\omega_0^2 = (2\pi \cdot 0,01)^2 = h_m \cdot h_i \cdot \frac{1}{J \cdot R}$$

$$h_i = \frac{\omega_0^2}{h_m \cdot \frac{1}{J \cdot R}} = \frac{(2\pi \cdot 0,01)^2}{20 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{1,2 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2}} = 7,106 \cdot 10^{-5}$$

$$h_p = \frac{2 \cdot D \cdot \omega_0 \cdot J \cdot R}{h_m} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 2\pi \cdot 0,01 \cdot 300 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot 1,2 \Omega}{20 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A}} = 9,0478 \cdot 10^{-4}$$

→

$$\omega = \frac{h_e}{u(t) - R \cdot i}$$

$$\omega = \frac{25,0 \cdot 10^{-3} \text{ V/s}}{1 \text{ V} - 3 \Omega \cdot i} \quad t = 24 \text{ s}$$

$$i =$$

$$\omega(t) = \frac{h_m}{h_e \cdot h_m + C_r \cdot R} \cdot U_0$$

$$\omega(24) = \frac{20,0 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A}}{25,0 \cdot 10^{-3} \text{ V/s} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A} + 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ Nm/s} \cdot 3 \Omega}$$

$$\omega(24) = 39,69327 \text{ rad/s}$$

$$M_m = \frac{U_0}{R} \cdot h_m$$

$$M_m = \frac{1,0 \text{ V}}{3,0 \Omega} \cdot 20,0 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A}$$

$$M_m = 0,006 = \frac{1}{150} \text{ Nm}$$

$$\omega(t) = \frac{h_m}{h_e \cdot h_m + C_r \cdot R} \cdot U_0 - \frac{R}{h_e \cdot h_m + C_r \cdot R} \cdot M_L$$

$$\omega(50) = 18,83 \text{ rad/s}$$

$$u(t) = R \cdot i(t) + h_e \cdot \omega(t)$$

~~$$i(t) = \frac{M_m(t)}{h_m}$$~~

$$i(t) = \frac{u(t) - h_e \cdot \omega(t)}{R}$$

~~$$i(24) = \frac{0,006 \text{ Nm}}{20,0 \cdot 10^{-3} \text{ Nm/A}}$$~~

$$i(24) = 2,973 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 0,00297 \text{ A}$$

~~$$i(24) =$$~~

$$i(50) = 0,176 \text{ A}$$

$$\omega_2 = \frac{R_m}{k_e \cdot R_m + C_r \cdot R} \cdot \omega_0$$

$$\omega_2 = 199,210 \text{ rad/s}$$

$$M_m = 0,0335 \text{ Nm}$$

$$3) \quad \Omega(s) = \frac{\frac{1}{J \cdot R} \cdot h_m}{s + \frac{1}{J \cdot R} \cdot (k_e \cdot h_m + R \cdot C_r)} \cdot U(s) - \frac{\frac{1}{J}}{s + \frac{1}{J \cdot R} \cdot (k_e \cdot h_m + R \cdot C_r)} \cdot M_L(s)$$

$$\frac{\Omega(s)}{U(s)} = \frac{\frac{1}{J \cdot R} \cdot h_m}{s + \frac{1}{J \cdot R} \cdot (k_e \cdot h_m + R \cdot C_r)} - \frac{\frac{1}{J}}{s + \frac{1}{J \cdot R} \cdot (k_e \cdot h_m + R \cdot C_r)} \cdot \frac{M_L(s)}{U(s)}$$

$$G_e(s) = \frac{1}{R}$$

$$G_m(s) = \frac{\frac{1}{s \cdot J}}{1 + \frac{C_r}{s \cdot J}}$$

$$G_{dc}(s) = \frac{G_e(s) \cdot h_m \cdot G_m(s)}{1 + h_e \cdot G_e(s) \cdot h_m \cdot G_m(s)}$$

$$G_{dc}(s) = \frac{\frac{1}{R} \cdot h_m \cdot \frac{\frac{1}{s \cdot J}}{1 + \frac{C_r}{s \cdot J}}}{1 + h_e \cdot \frac{1}{R} \cdot h_m \cdot \frac{1}{s \cdot J}} \quad \left| \cdot \frac{R}{R} \right.$$

$$G_{dc}(s) = \frac{h_m \cdot G_m(s)}{R + h_e \cdot h_m \cdot G_m(s)}$$

$$G_{dc}(s) = \frac{h_m \cdot \frac{\frac{1}{s \cdot J}}{1 + \frac{C_r}{s \cdot J}}}{R + h_e \cdot h_m \cdot \frac{\frac{1}{s \cdot J}}{1 + \frac{C_r}{s \cdot J}}}$$

3.3

$$g(s) = \frac{g_R(s) \cdot g_{DC}(s)}{1 + g_R(s) \cdot g_{DC}(s)}$$

$$g(s) = \frac{g_{DC} \cdot \frac{s+1}{s}}{1 + g_{DC} \cdot \frac{s+1}{s}}$$

