

## Aufgabe 4

In dieser Aufgabe soll bei unseren fremderregten Gleichstrommaschine die Parameter  $c_E\Psi_N$  und  $R_A$  ermittelt werden. Der Ankerstrom  $I_A$ , die Ankerspannung  $U_A$  und die Drehzahl  $N$  stehen uns dabei als Messgrößen zur Verfügung.

a) In der ersten Aufgabenstellung soll ein Verfahren bestimmt werden, wie man  $c_E\Psi_N$  und  $R_A$  ermitteln kann. Dabei sind die Betriebszustände der Maschine zu beachten. Um  $c_E\Psi_N$  und  $R_A$  auszurechnen bedienen wir uns den zwei Gleichungen (4.1) und (4.2).

$$N_{N0} = \frac{U_{AN}}{c_E\psi_N} \quad (4.1)$$

$$c_E\psi_N = \frac{U_{AN}}{N_{N0}} \quad (4.2)$$

$$U_A = R_A I_A + U_i \quad \text{mit } U_i = c_E\psi_N \quad (4.3)$$

daraus ergibt sich der Ankerwiderstand:

$$R_A = \frac{(U_A - c_E\psi_N)}{I_A} \quad (4.4)$$

Um  $c_E\Psi_N$  zu ermitteln wenden wir die nun Gleichung (4.2) an. Man muss aber beachten, dass der Ankerstrom hier 0 sein muss, damit  $U_A = U_i$  (2.1) gilt. Dies erreichen wir, indem wir unsere Gleichstrommaschine mit dem Synchronmotor als Lastmaschine antreiben und somit unseren GM auf eine konstante Drehzahl  $N$  setzen. Um  $R_A$  zu bestimmen wird die GM im stationären Betrieb betrieben, weil wir hier den Ankerstrom benötigen überhaupt die Formel (4.4) anwenden zu können.

b) In dieser Teilaufgabe sind nun die Parameter  $c_E\Psi_N$  und  $R_A$  durch unsere Annahmen im Aufgabenteil a) zu bestimmen.

Für unseren zu berechneten Parameter  $c_E\Psi_N$  haben wir unseren GM, mittels den Betrieb des Synchronmotors, auf eine konstante Drehzahl  $N$  versetzt. Die Ankerspannung wurde mithilfe eines Multimeters direkt gemessen. Weil die Messungen ungenau haben wir den Mittelwert von drei unterschiedliche Messgrößen gebildet. Die Tabelle 4.1 stellt unsere Messwerte mit den errechneten  $c_E\Psi_N$  dar.

$U_A/V$	$N/min^{-1}$	$N/s^{-1}$	$c_E\Psi_N/Vs$
73	1500	25	2.9200
87.5	1800	30	2.9167
77.9	1600	26.7	2.9213

Tabelle 4.1: Messungen von  $U_A$  und  $N$  zur Bestimmung von  $c_E\Psi_N$

Der Mittelwert von  $c_E\Psi_N$  aus Tabelle 4.1 ergibt hier:

$$c_E\psi_N = \frac{1}{3} \sum_{z=0}^3 \frac{U_{AN}}{N_{N0}} = 2.919Vs \quad (4.5)$$

Bei dem zu berechneten Ankerwiderstand haben wir unseren GM im stationären Betrieb betrieben. Der Ankerstrom  $I_A$  und die Drehzahl  $N$  konnten wir direkt auf unserer Bedienoberfläche ablesen. Die einstellbare Ankerspannung  $U_A$  haben wir auch hier auf mehrere Werte eingestellt und mit den wert der ermittelten Maschinenkonstante aus der Tabelle 4.1 in die Formel (4.4) eingesetzt und diese alles in der Tabelle 4.2 darstellt. Dabei ergibt der Mittelwert von  $R_A$  aus Tabelle 4.2:

$I_A$	$U_A/V$	$N/min^{-1}$	$N/s^{-1}$	$R_A/\Omega$
2.65	100	1705	28.4	6.43
2.70	110	1908	31.8	6.36
2.74	120	2106	35.1	6.40

Tabelle 4.2: Messungen von  $I_A$ ,  $U_A$  und  $N$  zur Bestimmung von  $R_A$

$$R_A = \frac{U_A - c_E \psi N}{\frac{1}{3} \sum_{z=0}^3 I_A} = 6.40 \Omega \quad (4.6)$$

## Aufgabe 5

Für die fremderregte Gleichstrommaschine aus unserem Labor soll die Magnetisierungskennlinie  $c_E\psi(I_E)$  der Erregerspule bestimmt werden.

a) In der Abbildung 5.1 können wir sehen, dass der Erregerfluss  $\psi$  abhängig vom Erregerstrom  $I_E$  ist. Da man hier erkennen kann, dass die beiden Größen nicht proportional zueinander sind, können wir die Magnetisierungskennlinie nur wie in der Abbildung 5.1 dargestellt in einem Diagramm darstellen. Wir wissen auch, dass die Maschinenkonstante  $c_E$  eine Konstante ist und deswegen somit unser Magnetisierungskennlinie genauso wie das Schaubild aussehen soll. Die x-Achse stellt dabei den Erregerstrom  $I_E$  dar und die y-Achse  $c_E\psi$ . Es ist  $I_E$  variabel einzustellen und  $c_E\psi$  anhand der Gleichung (4.2) auszurechnen.

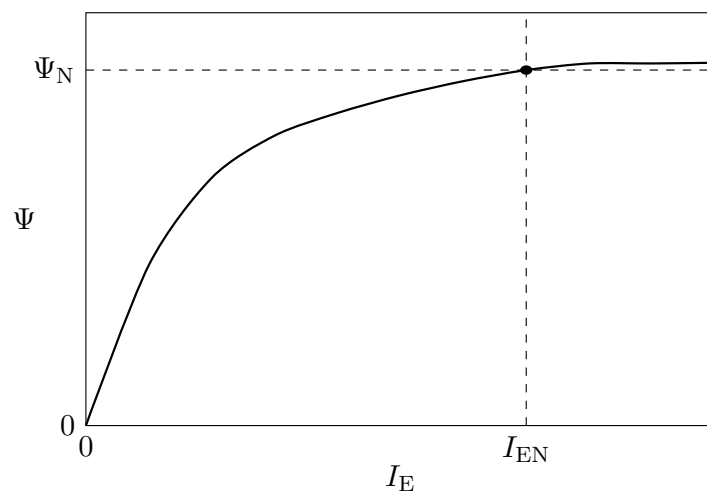


Abbildung 5.1: Prinzipieller Zusammenhang  $\psi(I_E)$  ohne Hysterese, Quelle: "Elektische Antriebe: Vorlesung zum Sommersemester 2018", Prof.-Dr.-Ing. Gernot Schullerus

b) Wenn man den Erregerstrom  $I_E$  herabsetzt, wandert der Betriebspunkt des Motors in den Feldschwächebereich. Die Last kann im Feldschwächebereich jedoch nicht mehr so hoch gewählt werden, trotz dessen dass die Drehzahl des Motors ansteigt. Wird ein kritischer Punkt von  $I_E$  unterschritten, so wird die Drehzahl des Motors ins unendliche steigen. Dies führt unweigerlich zur mechanischen Selbstzerstörung des Motors.

c) In diesem Aufgabenteil soll die Magnetisierungskennlinie durch eine Exceltabelle mit unseren Messwerten dargestellt werden. Wie in der Aufgabe 4 b) wollen wir hier auch kein Ankerstrom haben. Deshalb haben wir unseren GM mit unserer Lastmaschine betrieben. Dabei haben wir die Drehzahl  $N$  konstant auf 1000 Umdrehungen pro Minute und den Ankerstrom mit einem Intervall von 0,05A von 0 auf 0,5 A gesetzt. Die Ankerspannung haben wir nach jedem Intervall mit einem Multimeter ausgelesen und diese alle in der Tabelle 5.1 dargestellt. Anschließend haben wir die Werte in einem Diagramm Abbildung 5.2) dargestellt.

$U_A/V$	$I_E$	$N/min^{-1}$	$N/s^{-1}$	$c_E\Psi/Vs$
50.5	0.47	1000	16.7	3.030
50.1	0.45	1000	16.7	3.006
48.8	0.40	1000	16.7	2.928
47.4	0.35	1000	16.7	2.884
45.5	0.30	1000	16.7	2.730
42.9	0.25	1000	16.7	2.574
39.1	0.20	1000	16.7	2.346
33.0	0.15	1000	16.7	1.980
24.2	0.10	1000	16.7	1.452
13.2	0.05	1000	16.7	0.792
2.0	0.00	1000	16.7	0.120

Tabelle 5.1: Messwerte für die Magnetisierungskennlinie

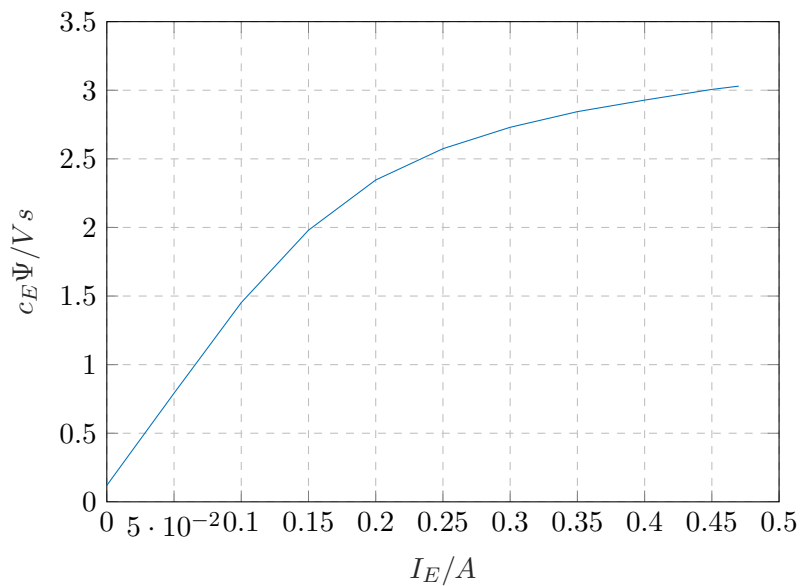


Abbildung 5.2: Kurve der Magnetisierungskennlinie

d) In den letzten Aufgabenteil soll der Nennpunkt in die Magnetisierungskennlinie eingezeichnet werden und es soll begründet werden, warum der Nennfluss in diesem Bereich festgelegt liegt. Die Arbeitspunkte  $I_{E1} = I_{EN}$  und  $I_{E2} = \frac{1}{2}I_{EN}$  sind auch zu vergleichen. Der Nennpunkt liegt in unsere Magnetisierungskennlinie am Arbeitspunkt  $I_{E1} = I_{EN}$  (Abbildung 5.3). Diese haben wir so bestimmt, indem wir den Erregerstrom so weit erhöht haben, bis sich die Ankerspannung nicht mehr ändert. Dies ist bei  $I_{EN} = 0.47A$  der Fall.

Damit wir den erforderlichen Ankerstrom in den jeweiligen Arbeitspunkte bestimmen können, nehmen wir die Gleichung (5.1) und formen es nach  $I_A$  (5.2) um. Das Nennmoment  $M_N$  haben wir aus den Daten auf dem Leistungsschild berechnet. Näheres dazu wird in der Aufgabenstellung 6 erläutert.

$$M_N = c_M \psi I_A \quad (5.1)$$

und stellen nach  $I_A$  um, somit ergibt sich die Formel:

$$I_A = \frac{M_N}{c_M \psi} \quad (5.2)$$

Die Werte in unsere Gleichung eingesetzt ergibt:

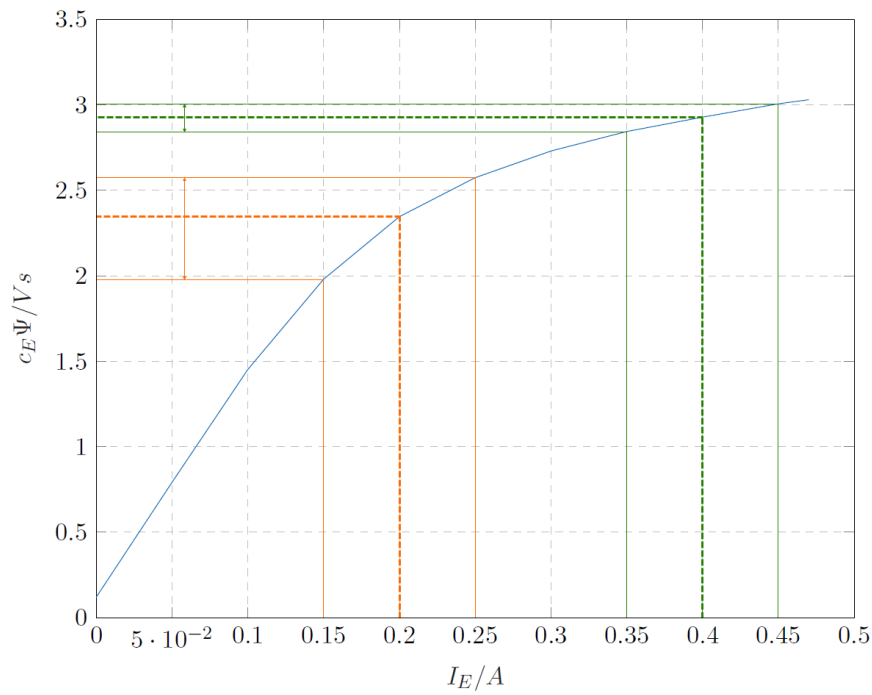


Abbildung 5.3: Kurve der Magnetisierungskennlinie mit Nennpunkt

$$I_A(I_{E1}) = \frac{1.75 Nm}{2.5 V_s} = 0.413 A$$

$$I_A(I_{E2}) = \frac{1.75 Nm}{3.03 V_s} = 0.5 A$$

In der Abbildung 5.3 kann man im Arbeitspunkt  $I_{E1}$  erkennen, dass bei Änderungen von  $I_E$  von  $+50 mA$ ,  $\Delta\psi$  deutlich kleiner ist, als im Arbeitspunkt  $I_{E2}$ . Somit ist der AP1 günstiger, da es zum einen geringeren Ankerstrom erzeugt und sich somit die Maschine langsamer erwärmt - man muss die GM weniger kühlen. Auch kann man einen kleineren Querschnittsfläche für die Drähte, wegen des kleineren Ankerstroms benutzen. Die geringe Änderung von  $I_{E1}$  heißt auch, dass sie einen geringeren Einfluss auf den Fluss hat und es zu einer stabileren Drehzahl der Gleichstrommaschine führt.

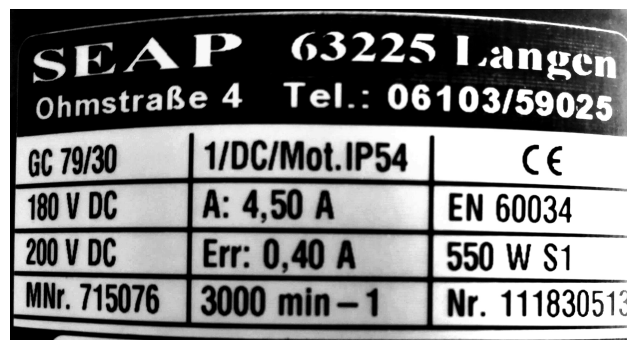
## Aufgabe 6

a) Das Nennmoment lässt sich anhand (6.1) berechnen. Dabei lassen sich die benötigten Parameter vom Typenschild ablesen, wobei die Nenndrehzahl in  $s^{-1}$  umgerechnet werden muss.

$$M_N = \frac{P_N}{2\pi N_N} = \frac{550W}{2\pi * 3000min^{-1}} = \frac{550W}{2\pi * 50s^{-1}} \approx 1.75Nm \quad (6.1)$$

Der Wirkungsgrad im Nennpunkt lässt sich wie in (6.2) durch die zu- und abgeführte Leistung berechnen. Die abgeführte Leistung lässt sich direkt vom Typenschild ablesen, die zugeführte Leistung ergibt sich aus dem Produkt von Ankerspannung und -strom.

$$\eta_N = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{U_A I_A} = \frac{550W}{180V * 4.5A} \approx 67.9\% \quad (6.2)$$



<b>SEAP 63225 Langen</b>		
<b>Ohmstraße 4 Tel.: 06103/59025</b>		
<b>GC 79/30</b>	<b>1/DC/Mot.IP54</b>	<b>C €</b>
<b>180 V DC</b>	<b>A: 4,50 A</b>	<b>EN 60034</b>
<b>200 V DC</b>	<b>Err: 0,40 A</b>	<b>550 W S1</b>
<b>MNr. 715076</b>	<b>3000 min-1</b>	<b>Nr. 111830513</b>

Abbildung 6.1: Typenschild

## Aufgabe 7

a) Abbildung 7.1 zeigt die Drehzahl-Drehmomentkennlinie, die beim Versuch im Labor Antriebstechnik aufgenommen wurde. Dabei befinden sich die blauen Linien im Ankerstellbereich und die roten im Feldschwächbereich.

b) Nun soll anhand der in Aufgabe 4 ermittelten Parametern eine Drehzahl-Drehmomentkennlinie berechnet werden. Dabei wird in die Formel (7.1) folgende Werte eingetragen:

$$U_A = 60V \quad R_A = 6.4\Omega \quad c_E\Psi = 2.919Vs$$

$$N = \frac{U_A}{c_E\Psi} - \frac{2\pi R_A}{c_E^2\psi^2} M_{Mi} \quad (7.1)$$

Die berechnete Kennlinie wird in Abbildung 7.1 in grün aufgetragen. Dabei ist zu erkennen, dass mit steigenden Lastmoment die (berechnete) Drehzahl sich weniger verringert als bei den gemessenen Linien. Dies ist auf unvermeidbare Verluste im Prüfstand zurückzuführen.

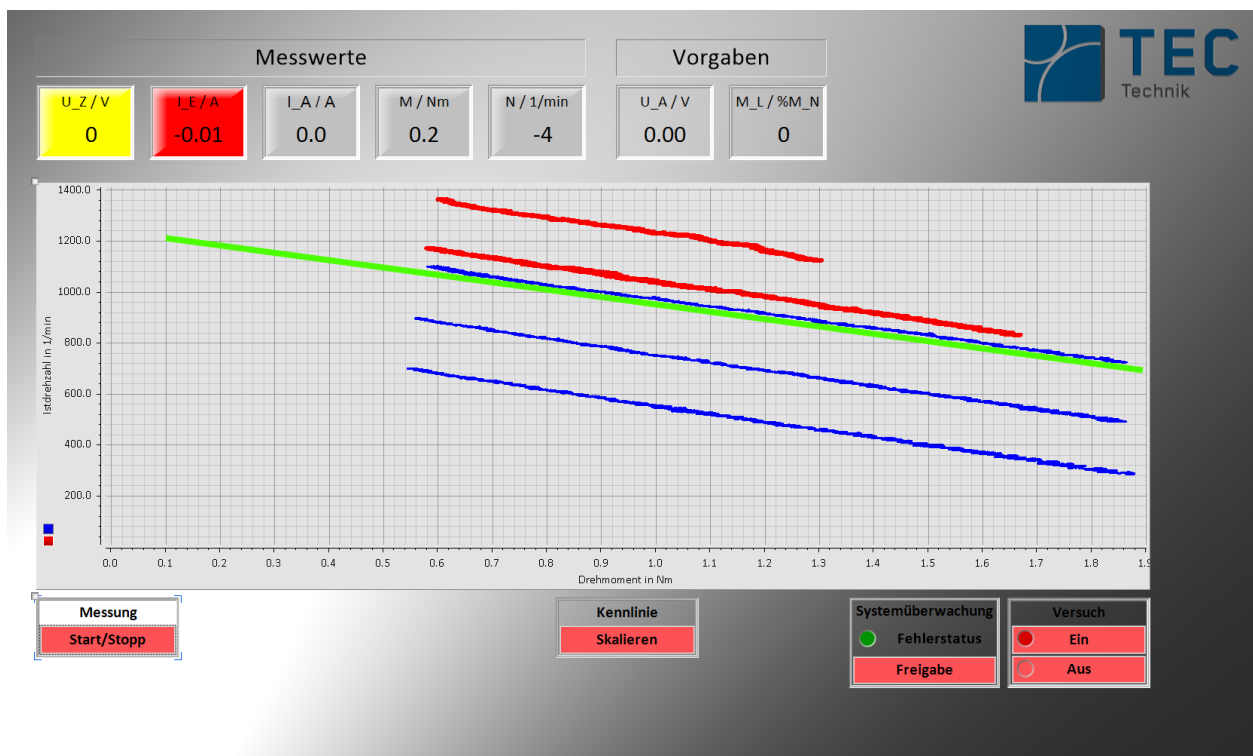


Abbildung 7.1: Drehzahl-Drehmomentkennlinie aus dem Labor Antriebstechnik

## Abbildungsverzeichnis

5.1	Prinzipieller Zusammenhang $\psi(I_E)$ ohne Hysterese, Quelle: “Elektische Antriebe: Vorlesung zum Sommersemester 2018”, <i>Prof.-Dr.-Ing. Gernot Schullerus</i> . . . . .	3
5.2	Kurve der Magnetisierungskennlinie . . . . .	4
5.3	Kurve der Magnetisierungskennlinie mit Nennpunkt . . . . .	5
6.1	Typenschild . . . . .	6
7.1	Drehzahl-Drehmomentkennlinie aus dem Labor Antriebstechnik . . . . .	7