

Klausur

Elektrische Antriebe

Raum: H3010

30.09.2014

- **Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben.**
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 49 von 49 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 24 Punkten eine 4,0. Halbe Punkte werden nicht gegeben.
- zulässige Hilfsmittel: Zirkel, Lineal, Winkelmesser, nicht kommunikationsfähiger Taschenrechner, 1 Blatt DIN A4 Formelsammlung beidseitig handschriftlich beschrieben
- **Dauer der Klausur: 2 h**

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

Unterschrift:

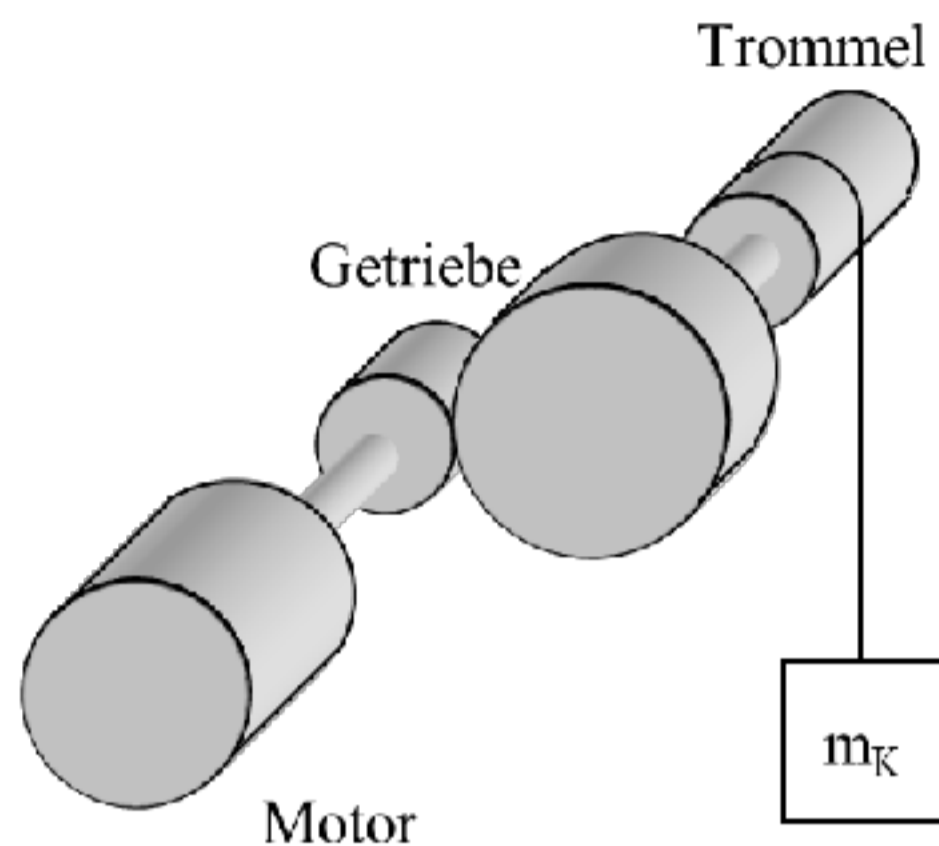
Bereich für die Korrektur

Aufgabe	mögliche Punkte	Punkte	Korrigiert von (Kürzel)
1	12		
2	12		
3	12		
4	13		
Summe	49		
Note			

Aufgabe 1:

(12 Punkte)

Ein Antrieb für einen Aufzug besteht aus einer Trommel-Winde mit einem näherungsweise konstanten Wickeldurchmesser, einem Untersetzungs-Getriebe und einem Asynchron-Motor (s. Skizze). Die Masse des Seils und die Reibung dürfen vernachlässigt werden.



Daten des Aufzugs und des Getriebes:

Masse des Korbs:	$m_K = 1,8 \text{ t}$
Erdbeschleunigung:	$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$
Trommeldurchmesser (konstant):	$d_T = 300 \text{ mm}$
Trommellänge:	$l_T = 500 \text{ mm}$
Spezifische Masse der Trommel:	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
Getriebeuntersetzung:	$\ddot{u} = 0,0487$
Getriebewirkungsgrad (konstant):	$\eta_G = 96\%$

1. Berechnen Sie das Trägheitsmoment der Trommel J_T ! (1 Punkt)
2. Berechnen Sie das wirksame Trägheitsmoment aufgrund der Masse des Korbs an der Trommelwelle J_K ! (1 Punkt)
3. Wie groß wird das wirksame Gesamt-Trägheitsmoment am Antriebsmotor J_A ? (1 Punkt)
4. Der Antrieb soll den Korb mit maximal $a_{\max} = 2 \text{ m/s}^2$ beschleunigen. Wie groß ist das dynamische Drehmoment am Antriebsmotor $M_{A,\text{dyn}}$? (1 Punkt)
5. Wie groß ist das stationär vom Motor aufzubringende Drehmoment $M_{A,\text{stat}}$? (1 Punkt)
6. Wie groß müssen Bemessungs- M_N und Kipp-Drehmoment M_{Kipp} des Motors mindestens sein? (2 Punkte)
7. Die Geschwindigkeit des Korbs beträgt maximal $v_{K,\max} = 3 \text{ m/s}$. Wie groß wird die Motordrehzahl $n_{A,\max}$ höchstens? (1 Punkt)
8. Es soll ein vierpoliger Asynchronmotor eingesetzt werden. Können Sie einen Normmotor für das 400 V/50 Hz-Netz einsetzen (Begründung erforderlich)? (2 Punkte)
9. Es steht ein zweipoliger Motor zur Verfügung mit u. A. folgenden Typenschilddaten 230/400 V, $n_N: 2950 \text{ min}^{-1}$ und $n_{\max}: 5000 \text{ min}^{-1}$. Wie müssen Sie diesen Motor schalten? Benötigen Sie in diesem Fall ein weiteres Gerät? (2 Punkte)

Aufgabe 2:

(12 Punkte)

Ein permanenterregter Gleichstrommotor habe folgende Daten:

$$U_{aN} = 12 \text{ V}$$

$$P_N = 350 \text{ W}$$

$$n_N = 500 \text{ min}^{-1}$$

$$I_{aN} = 40 \text{ A}$$

$$T_a = 5 \text{ ms}$$

Der Motor wird von einem Vierquadrantensteller mit der der Schaltfrequenzperiode $T_S = 0,5 \text{ ms}$ gespeist.

Die Reibungsverluste und Ummagnetisierungsverluste in der Maschine dürfen vernachlässigt werden.

Es soll zunächst davon ausgegangen werden, dass sich die Zeitkonstanten für das elektrische und das mechanische Verhalten um mindestens eine Größenordnung unterscheiden.

1. Berechnen Sie den Ankerwiderstand R_a , die Anker-Induktivität L_a und die Drehmomentkonstante $c\Phi$! (3 Punkte)
2. Stellen Sie die transiente Ankerspannungsgleichung im Zeitbereich auf! (Zahlenwerte nicht erforderlich) (1 Punkt)
3. Nach welchem Standard-Verfahren könnten Sie einen PI-Regler für den Ankerstrom schnell entwerfen? (Hinweise: Begründung erforderlich; Sie können den Steller vereinfacht als PT_1 -Glied modellieren; Sie müssen den Regler hier nicht auslegen!) (1 Punkt)

Die Maschine wird mit einem Gesamt-Trägheitsmoment von $J = 0,012 \text{ kgm}^2$, einer Drehdämpfung von $d = 0,02 \text{ Nm}\cdot\text{s}/\text{rad}$ und einem Reibmoment von $M_r = 3 \text{ Nm}$ belastet.

4. Stellen Sie die komplette Gleichung für das Drehmomentgleichgewicht auf und transformieren Sie Diese in den Laplace-Bereich. Ermitteln Sie nun den Wert der mechanischen Zeitkonstante T_m mittels dieser Differentialgleichung! (3 Punkte)

Nehmen Sie nun an, dass die Übertragungsfunktion des Stromregelkreises vereinfacht mit

$$G_I = \frac{I_a}{I_{aW}} = \frac{1}{1 + sT_S}$$
 mit der Stromrichter-Zeitkonstante T_S angegeben werden kann. Hinweis: falls

Sie T_m nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $T_m = 0,5 \text{ s}$ an!

5. Wie lautet die Übertragungsfunktion $G_{Sm} = \frac{\Omega}{I_{aW}}$ (bei $M_r=0$) der Regelstrecke für die Kreisdrehzahl? (1 Punkt)
6. Vergleichen Sie die Struktur dieser Regelstrecke mit der aus Frage 3. und berechnen Sie die Parameter eines PI-Drehzahl-Reglers für diese Strecke! (3 Punkte)

Aufgabe 3:

(12 Punkte)

Eine Asynchronmaschine habe die Daten:

$$U_N = 400 \text{ V}$$

$$f_N = 50 \text{ Hz}$$

$$n_N = 1470 \text{ min}^{-1}$$

$$I_N = 60 \text{ A}$$

$$\sigma = 0,1$$

$$I_0 = 25 \text{ A}$$

$$R_1 = 1 \Omega$$

Hinweis: es empfiehlt sich, zunächst die Wirkung von R_1 herauszurechnen und dann mit dem vereinfachten Modell weiter zu arbeiten.

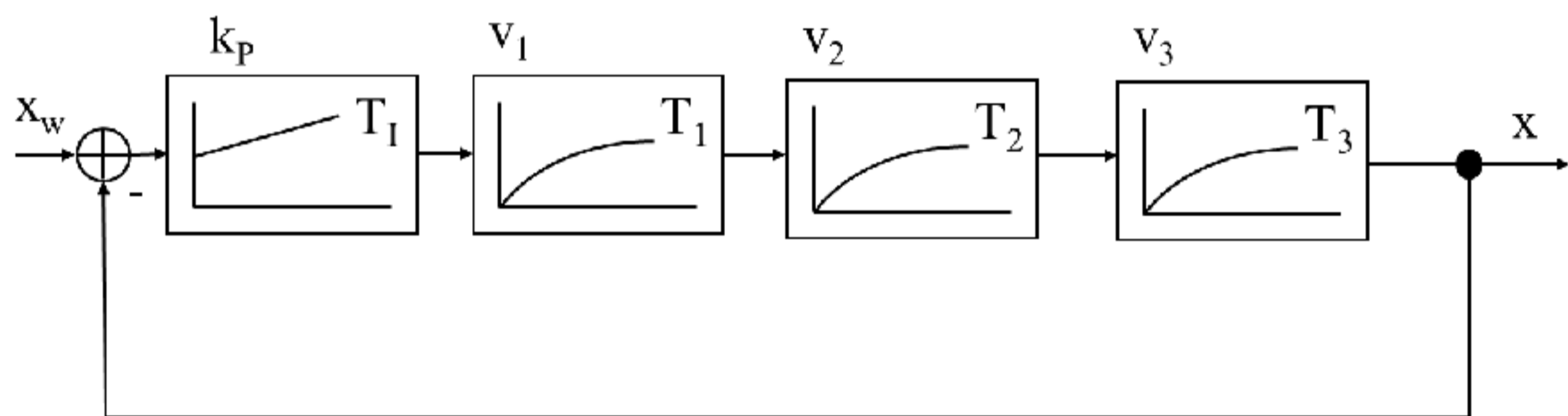
1. Berechnen Sie die Statorinduktivität L_1 ! (1 Punkt)
2. Bestimmen Sie die induzierte Spannung U_{i1} im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
3. Erstellen Sie eine Ortskurve des Statorstroms, bei der R_1 nicht berücksichtigt wird! Hinweis: falls Sie U_{i1} und L_1 nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $U_1 = 230 \text{ V}$ und $L_1 = 30 \text{ mH}$ an! (2 Punkte)
4. Ermitteln Sie den inneren Phasenwinkel φ_i im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
5. Berechnen Sie den Statorfluss Ψ_1 im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
6. Die Maschine soll nun mit Stator-Bemessungsfluss und Bemessungs-Drehmoment bei der Drehzahl $n = 0$ angefahren werden. Welche Statorfrequenz und welche Statorspannung müssen eingestellt werden? (3 Punkte)
7. Vernachlässigen Sie im Folgenden die Wirkung von R_1 ! Kann die Maschine bei Bemessungsspannung bei $n_{\max} = 3000 \text{ min}^{-1}$ noch mit der Bemessungsleistung betrieben werden? (3 Punkte)

Aufgabe 4:

13 Punkte

- Geben Sie die Übertragungsfunktion $G_{PI}(s) = U(s)/E(s)$ eines allgemeinen PI-Reglers im Laplacebereich an (Formel)! Skizzieren Sie das detaillierte regelungstechnische Blockschaltbild dieses PI-Reglers mit dessen Parametern (mehrere Blocksymbole)! (Hinweis: Verwenden Sie hierzu die Notation der Blocksymbole aus der Vorlesung) (2 Punkte)

- Gegeben ist untenstehender Regelkreis. Welches Standard-Regelverfahren verwenden Sie zur Reglereinstellung und warum? Geben Sie die Werte für k_P und T_I an! (3 Punkte)

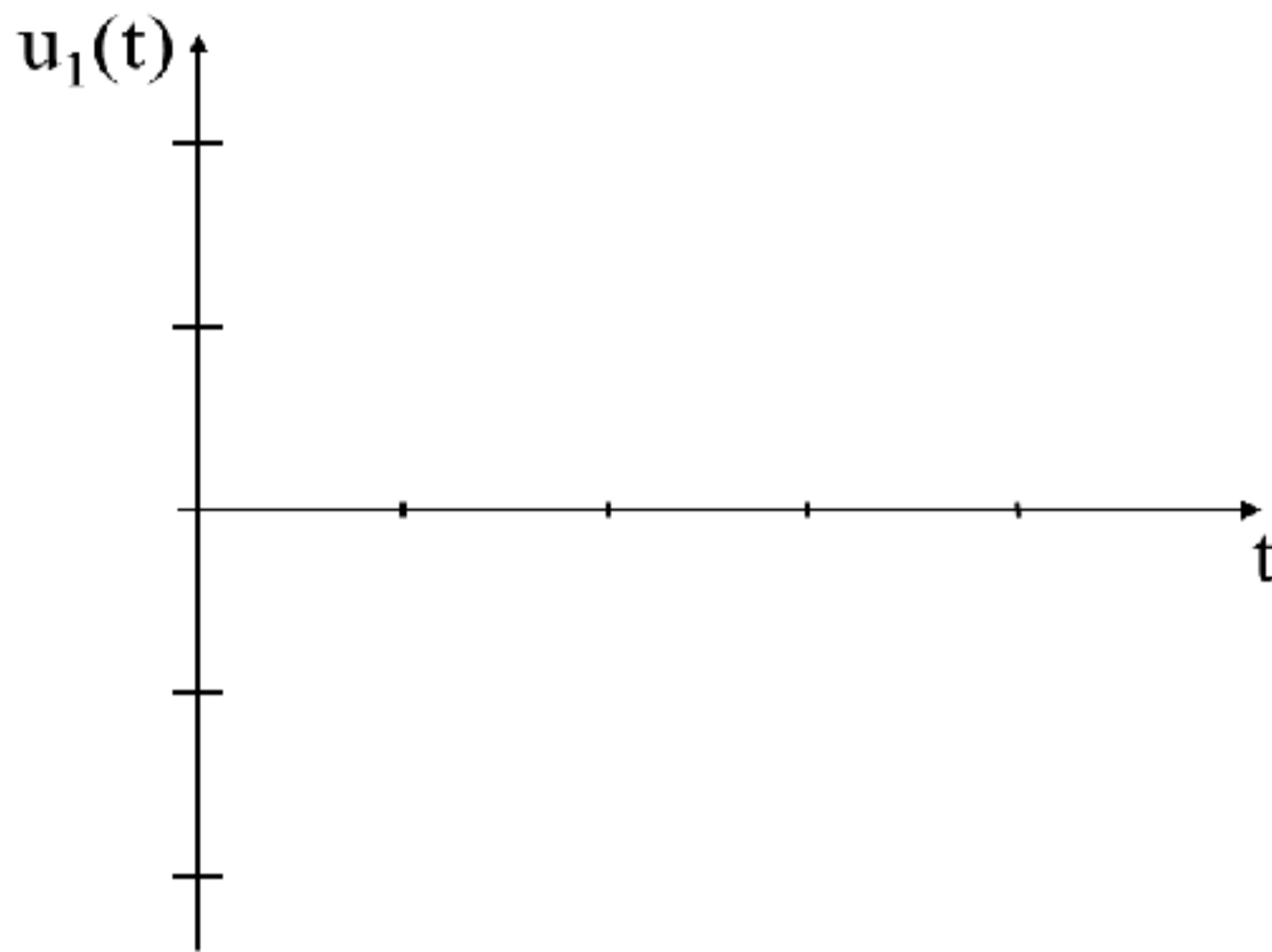


$$T_1 = 500 \mu s \quad T_2 = 30 \text{ ms} \quad T_3 = 2 \text{ ms}$$

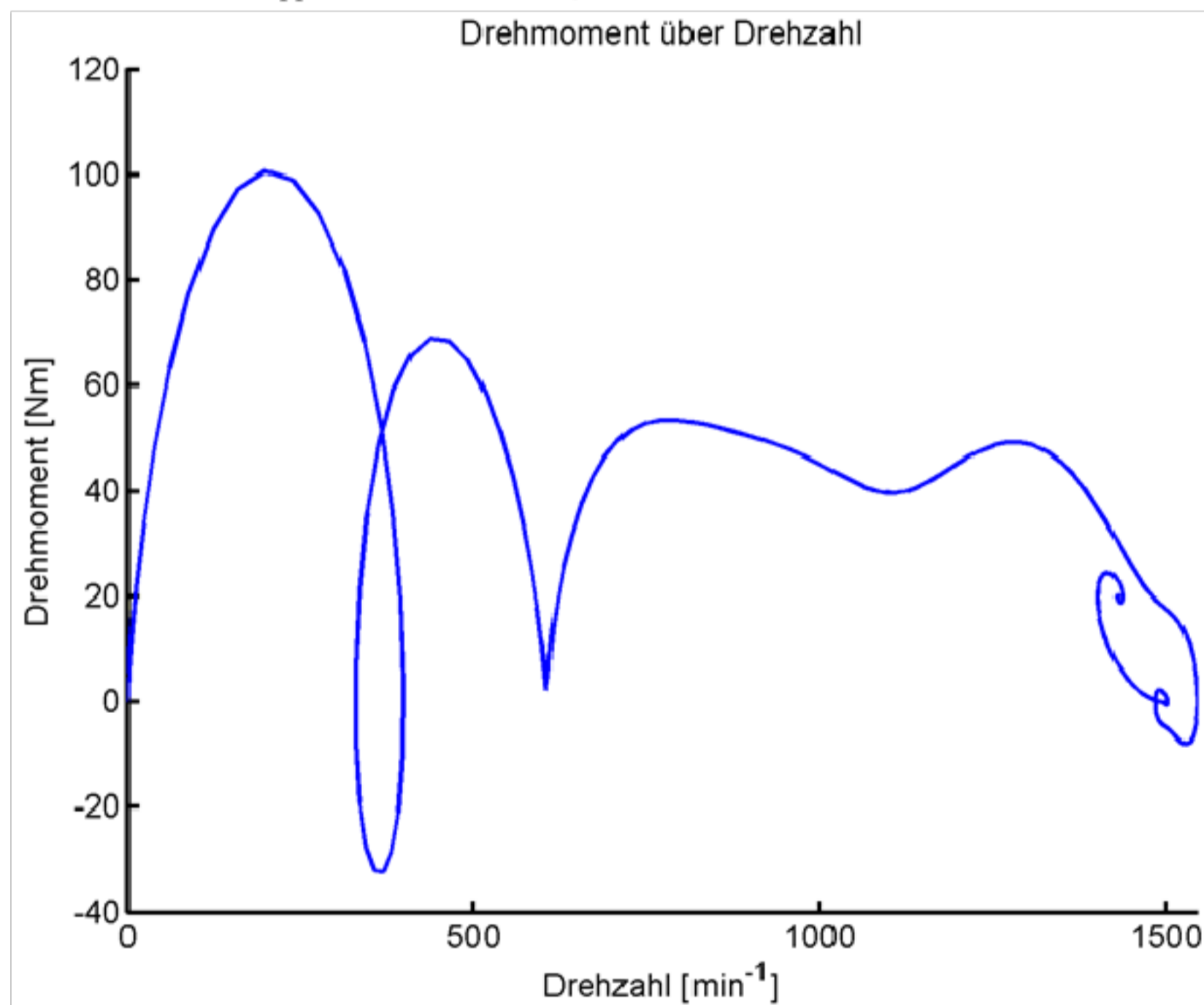
$$v_1 = v_2 = v_3 = 1$$

- An einem Laborprüfstand wird eine Gleichstrommaschine (GM) als Antriebsmaschine gekoppelt mit einer Lastmaschine betrieben. Der Frequenzumrichter für die GM besteht am Eingang aus einer ungesteuerten B6-Brückenschaltung, einem Zwischenkreiskondensator, sowie am Ausgang aus einem 4-Quadranten-Steller. Können Sie die GM problemlos in allen vier Quadranten betreiben? Geben Sie eine Begründung an! (2 Punkte)

4. Zeichnen Sie den Verlauf einer bipolaren (symmetrischen) Spannung $u_1(t)$ mit $U_{1,av}=0V$ für zwei Pulsfrequenzperioden T_P am Ausgang eines 4-Quadranten-Stellers! Die Eingangsspannung ist U_d . Bezeichnen Sie die Pulsfrequenzperiode T_P sowie die Spannungsamplitude im nachfolgenden Diagramm! (2 Punkte)



5. Das folgende Diagramm zeigt den Verlauf des Drehmoments über der Drehzahl bei Zuschaltung einer Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer an das 50 Hz-Netz. Zunächst dreht die Maschine kurzzeitig im Leerlauf. Dann wird sie mit Nenndrehmoment belastet. Zeichnen Sie die stationäre M-n-Kennlinie qualitativ in das untenstehende Diagramm ein, wenn $M_{Kipp}/M_N = 4$ beträgt! (2 Punkte)



6. Eine Asynchronmaschine mit Käfigläufer und Fremdkühlung wird mit einer U/f-Steuerung betrieben. Was ist bei geringen Drehzahlen zu beachten? Welche Maßnahme kann ergriffen werden? (2 Punkte)

