

Klausur

Elektrische Antriebe

29.07.2014

- 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:

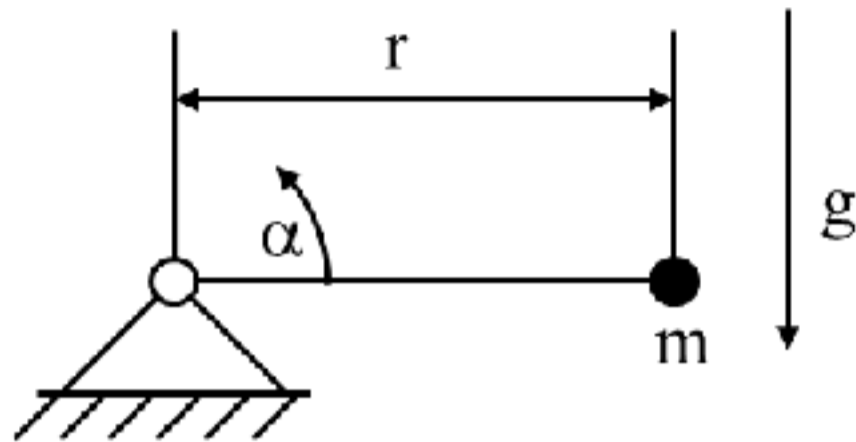
Unterschrift:

Bereich für die Korrektur

Aufgabe	mögl. Punkte	Punkte	
1	15		
2	13		
3	10		
4	11		
Summe	49		
Note			

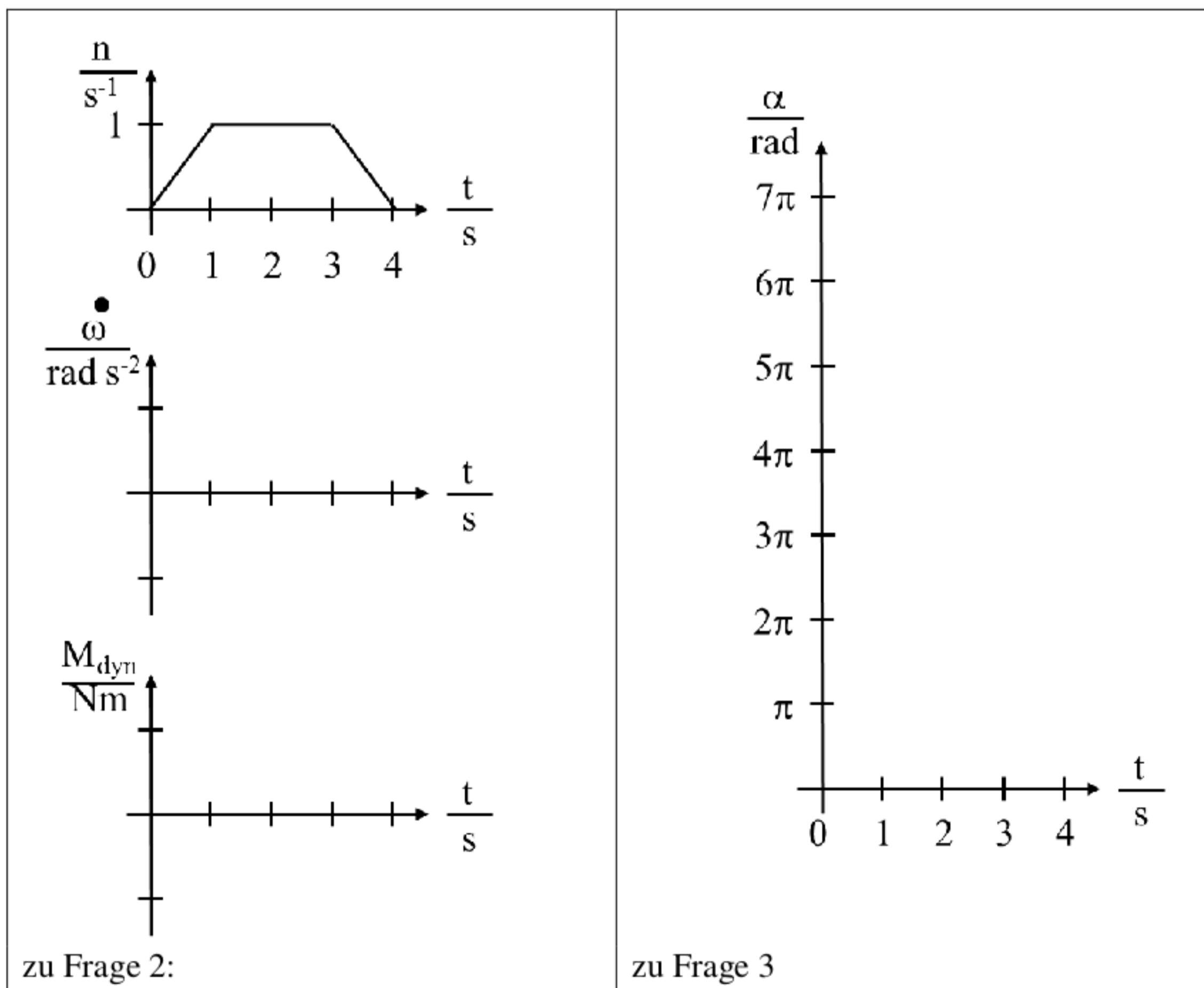
Aufgabe 1:

Ein Roboterarm weise ein Gelenk auf, in dem ein Arm drehbar aufgehängt ist. Der masselose Arm der Länge $r = 0,5 \text{ m}$ sei mit einer konzentrierten Masse von $m = 2 \text{ kg}$ belastet. Die Masse soll mit Hilfe einer Antriebsmaschine um den Aufhängepunkt rotiert werden. Die Reibung darf vernachlässigt werden. Auf das System wirke die Erdbeschleunigung von $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$.



1. Berechnen Sie das stationär vom Motor im Gelenk aufzubringende Drehmoment $M_{\text{stat}}(\alpha)$ als Funktion von α ! (2 Punkte)
2. Die Drehzahl des Motors soll wie in der untenstehenden Skizze angegeben verlaufen.

Berechnen Sie den Verlauf der Drehbeschleunigung $\dot{\omega}(t)$! Wie groß ist das Trägheitsmoment J bezogen auf den Drehpunkt? Wie verläuft das dynamische Drehmoment $M_{\text{dyn}}(t)$ über der Zeit? Zeichnen Sie beide Verläufe in die Skizze ein! (5 Punkte)



3. Geben Sie den zeitlichen Verlauf von $\alpha(t)$ von $t = 0$ bis $t = 4 \text{ s}$ als Formel an! Tragen Sie den Verlauf in die oben stehende Skizze ein! (4 Punkte)
4. Wann tritt das maximale Gesamt-Drehmoment auf, und wie hoch ist dieses? (2 Punkte)
5. Welcher Motortyp kann für diese Anwendung sinnvoll eingesetzt werden? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)

Aufgabe 2:

Eine elektrisch erregte Gleichstrommaschine weise folgende Daten im Motorbetrieb auf:

Anker-Bemessungsspannung: $U_{aN} = 400 \text{ V}$

Anker-Bemessungsstrom: $I_{aN} = 103 \text{ A}$

Erreger-Bemessungsspannung: $U_{fN} = 250 \text{ V}$

Erreger-Bemessungsstrom: $I_{fN} = 4,3 \text{ A}$

Bemessungs-Leistung: $P_N = 37 \text{ kW}$

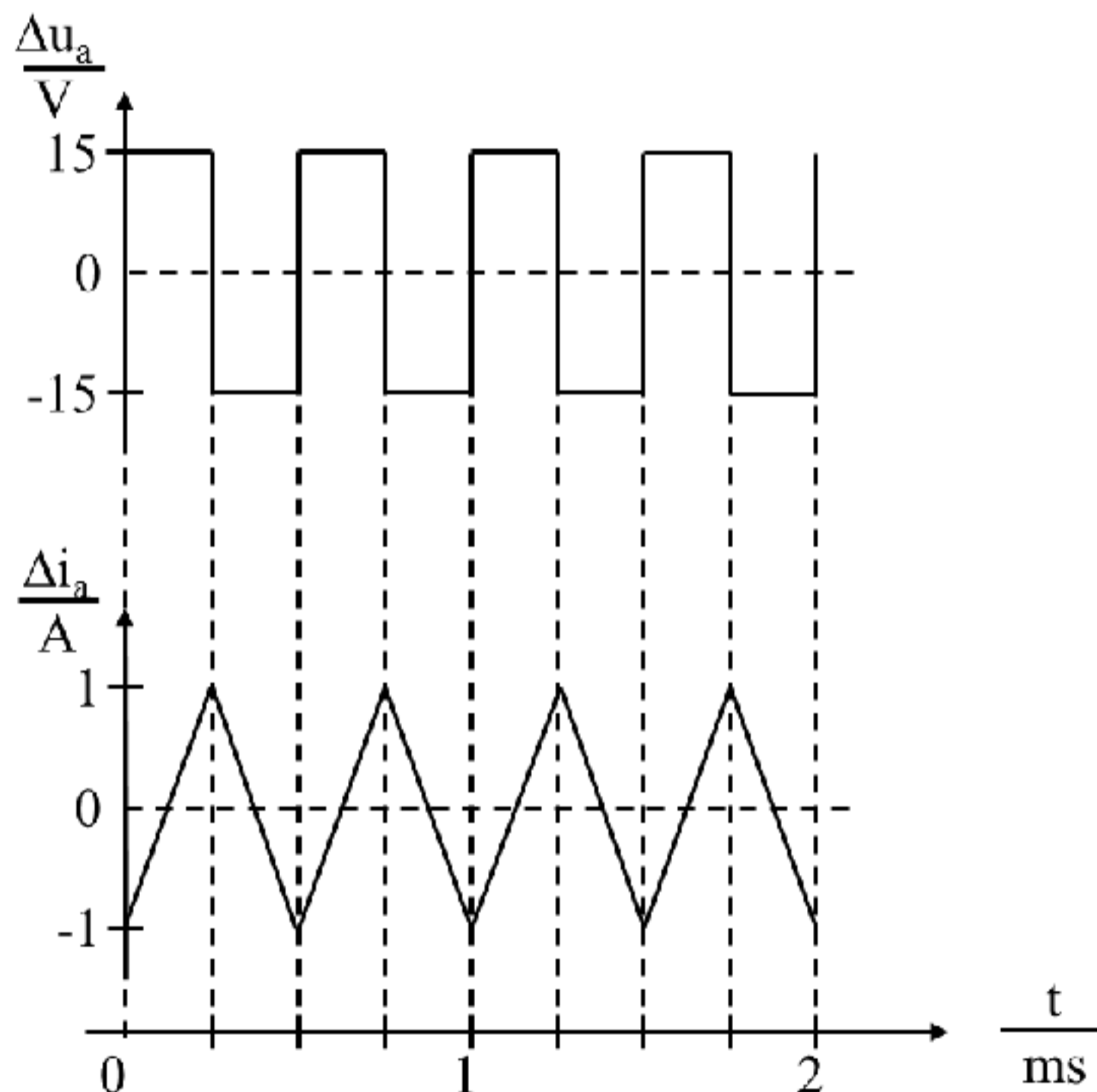
Bemessungs-Drehzahl: $n_N = 4000 \text{ min}^{-1}$

max. Drehzahl: $n_{\max} = 7000 \text{ min}^{-1}$

Alle Verluste mit Ausnahme der Anker- und Erreger-Stromwärmeverluste dürfen vernachlässigt werden. Die Magnetisierungskennlinie des Erregerkreises darf als linear angenommen werden.

Die Maschine soll in einem Prüfstand für Verbrennungsmotoren eingesetzt werden.

- Bestimmen Sie den Ankerwiderstand R_a und den Erregerwiderstand R_f ! (2 Punkte)
- Die Maschine wird bei der Drehzahl Null mit einer zeitlich rechteckförmigen symmetrischen Ankerspannung der Amplitude $\Delta u_a = 30 \text{ V}$ (Spitze-Spitze) mit einer Frequenz von $f_p = 2 \text{ kHz}$ beaufschlagt. Die gemessene Strompulsation (Spitze-Spitze) beträgt $\Delta i_a = 2 \text{ A}$ (s. Diagramm). Wie groß ist die Ankerzeitkonstante? Hinweis: Die Stromkurvenform weicht nur unwesentlich von Geradenabschnitten ab; falls Sie R_a nicht ermittelt haben, nehmen Sie $R_a = 450 \text{ m}\Omega$ an! (2 Punkte)



- Die Maschine soll generatorisch eine mechanische Last von $P_L = 15 \text{ kW}$ bei einer Drehzahl von $n_L = 5100 \text{ min}^{-1}$ bremsen. Befindet sich der Betriebspunkt im Grunddrehzahl- oder im Feldschwächbereich? Welche Ankerspannung U_{aL} und welche Feldspannung U_{fL} sind einzustellen? (5 Punkte)

Fortsetzung auf S. 4

4. Die Gleichstrommaschine hat ein Trägheitsmoment von $J_M = 4 \text{ kgm}^2$, der Lastmotor eines von $J_L = 0,938 \text{ kgm}^2$. Die Drehsteifigkeit der verbindenden Drehmomentmesseinrichtung beträgt $c_W = 300 \text{ kNm/rad}$. Berechnen Sie die mechanische Resonanzfrequenz $f_{0\text{mech}}$ des Antriebs! (2 Punkte)
5. Die Gleichstrommaschine wird im Ankerkreis von einem Zweiquadrantensteller mit der Pulsfrequenz 2 kHz betrieben. Der Erregerkreis wird durch einen B2-Diodengleichrichter aus dem 50 Hz -Einphasennetz versorgt. Die Last, d. h. der Verbrennungsmotor, erzeugt Drehmomenterschwingungen mit Vielfachen der Drehzahl.
Nach einer Weile Betrieb im oben berechneten Lastpunkt bei 5100 min^{-1} zerbricht die Drehmomentmesseinrichtung. Kommen Torsionsschwingungen als Fehler-Ursache in Frage (Begründung erforderlich), und welche Maßnahme empfehlen Sie ggfs., um dies zu verhindern? (2 Punkte)

Aufgabe 3:

Eine umrichter gespeiste Asynchronmaschine habe die Daten:

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

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

$$I_N = 22 \text{ A}$$

$$\cos\varphi_N = 0,9$$

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

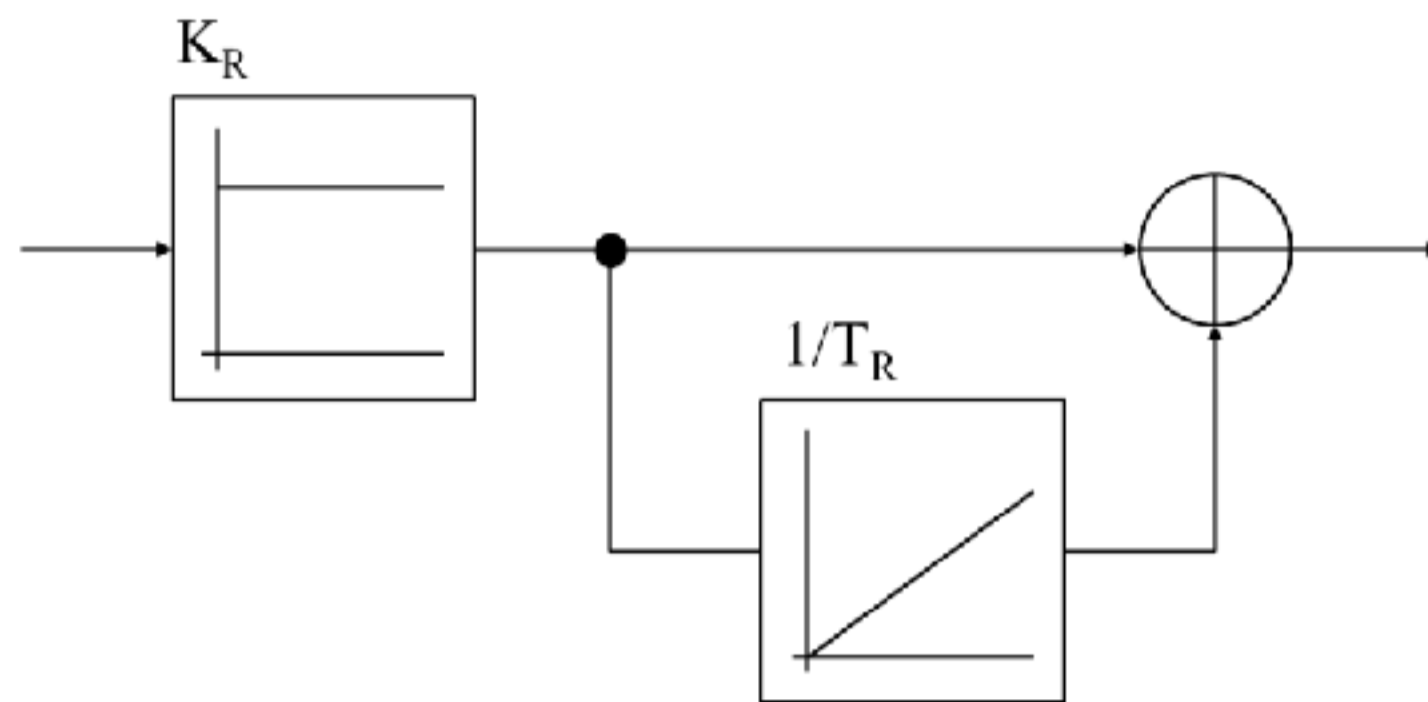
$$M_{\text{Kipp}}/M_N = 2,18$$

Alle Verluste außer den Rotor-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden. Der Bemessungspunkt entspricht dem Optimalpunkt.

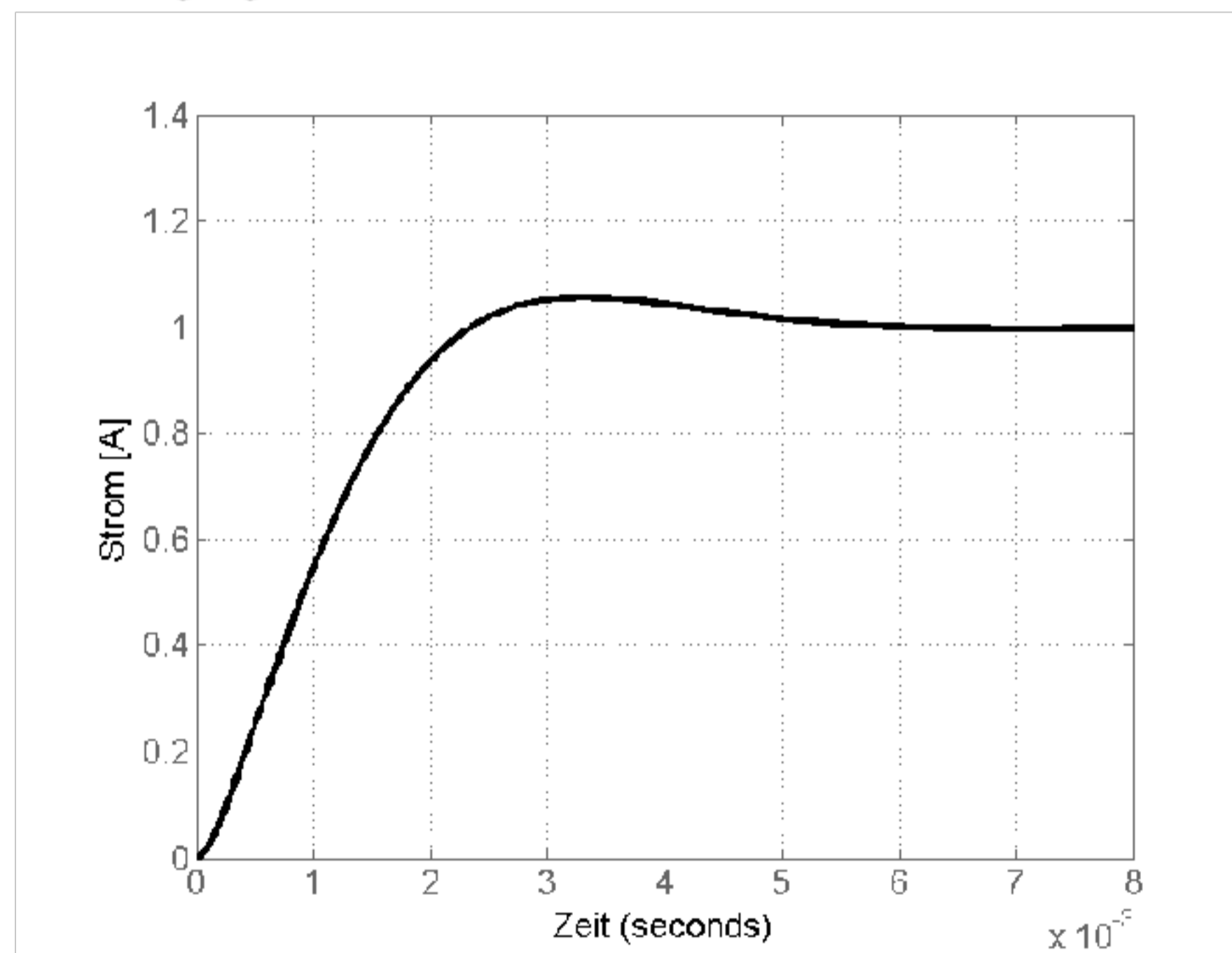
1. Bestimmen Sie den Wirkstrom im Kippunkt $I_{W\text{Kipp}}$ und die Kipp-Rotorfrequenz $f_{2\text{Kipp}}$ bei Bemessungsfluss M_{KippN} ! (2 Punkte)
2. Bestimmen Sie das Drehmoment im Bemessungspunkt M_N ! (1 Punkt)
3. Zunächst wird die Maschine mit konstanter Statorflussverkettung betrieben. Sie soll bei der Drehzahl $n_{\text{Last}} = 1000 \text{ min}^{-1}$ ein Drehmoment von $M_{\text{Last}} = 65 \text{ Nm}$ abgeben. Wie groß muss $f_{2\text{Last}}$ sein? Welche Statorspannung $U_{1\text{Last}}$ und -frequenz $f_{1\text{Last}}$ müssen eingestellt werden? Hinweis: Falls Sie $I_{W\text{Kipp}}$ nicht bestimmt haben, nehmen Sie $I_{W\text{Kipp}} = 45 \text{ A}$ an! (3 Punkte)
4. Bis zu welcher Frequenz $f_{1\text{max}}$ und Drehzahl n_{max} können Sie die Maschine motorisch bei Stator-Bemessungsspannung mindestens mit dem Bemessungsdrehmoment M_N betreiben? Dürfen Sie diesen Punkt dauerhaft einstellen? (3 Punkte)
5. Der mechanische Antrieb erfordert ein Drehmoment von 0 - 60 Nm im Drehzahlbereich von 0 - 1400 min^{-1} . Einmal pro Stunde muss für 2 Minuten eine Drehzahl von 2000 min^{-1} bei gleichbleibendem Drehmoment eingestellt werden.
Halten Sie die oben analysierte Maschine für geeignet (Begründung)? (1 Punkt)

Aufgabe 4:

1. Die untenstehende Skizze zeigt einen PI-Regler. Welche praktische Maßnahme ergreifen Sie, wenn die Stellgröße begrenzt ist? Ergänzen Sie die Skizze entsprechend! (2 Punkte)



2. Die Sprungantwort des Stromregelkreises von 0 auf 1A einer Gleichstrommaschine hat den untenstehenden Verlauf. Erstellen Sie ein Modell dieses Verhaltens als PT_1 -Glied und geben Sie dessen Übertragungsfunktion einschließlich der Parameter an! (1 Punkt)

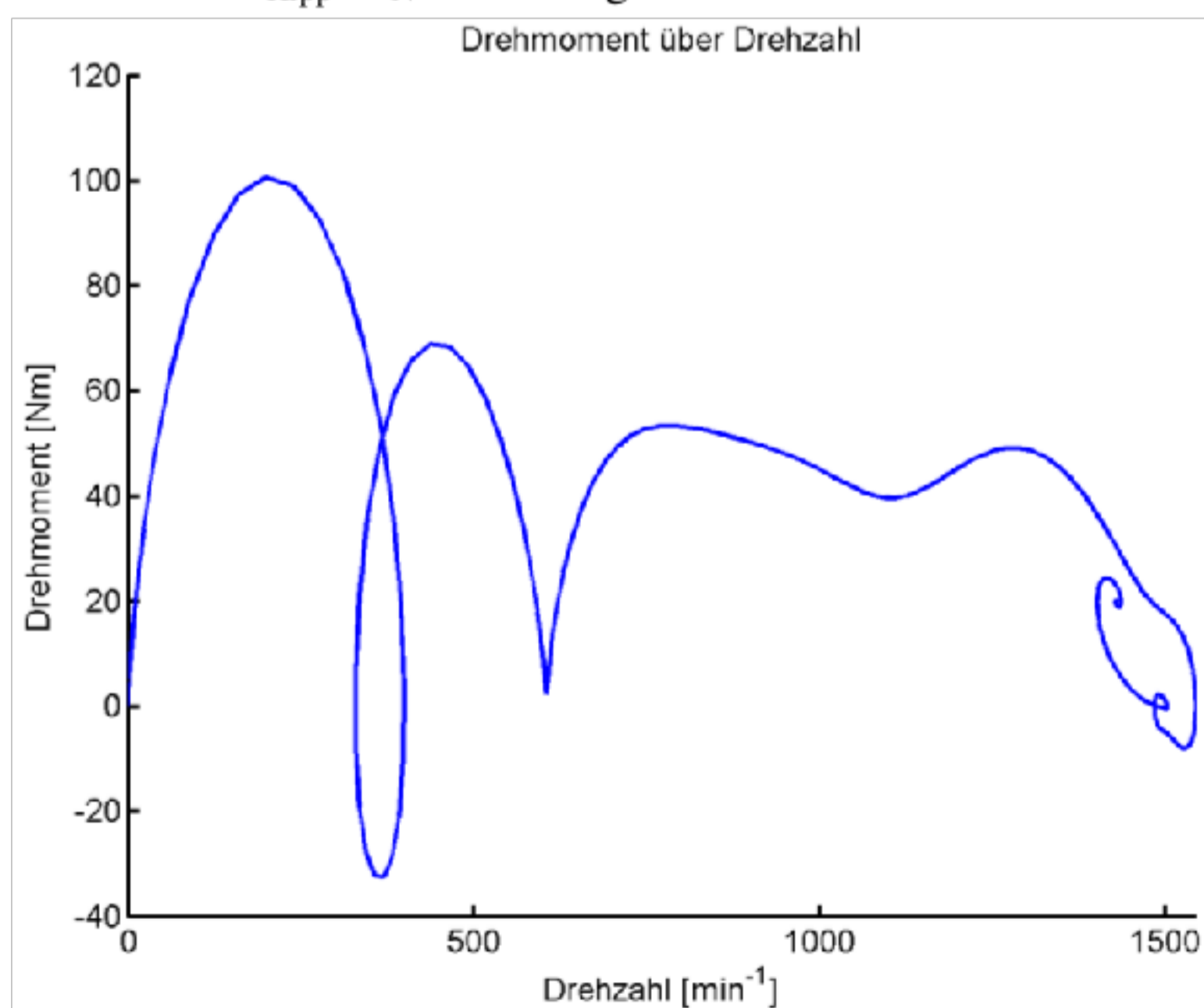


3. Zeichnen Sie den Verlauf einer unipolaren Spannung $u_1(t)$ mit $U_{1,av} = U_d/3$ für zwei Pulsfrequenzperioden am Ausgang eines 4-Quadranten-Stellers mit der Eingangsspannung U_d ! Beschriften Sie die Achsen und bezeichnen Sie die Pulsfrequenzperiode T_P sowie die Spannungsamplitude! (2 Punkte)

4. Sie sollen eine Drehzahlregelung einer Gleichstrommaschine in Betrieb nehmen. Eine Stromregelung ist bereits implementiert. Als Drehzahlmeseinrichtung dient ein Tachogenerator, der stationär eine drehzahlproportionale Gleichspannung $u_T \sim n$ liefert. Die Differenz von Drehzahl-Sollwert u_W und u_T $e = (u_W - u_T)$ dient als Eingangsgröße des Drehzahlreglers.

Bei Vorgabe eines Ankerstromsollwertes von -5 A messen Sie eine positiv ansteigende Tachospannung ($du_T/dt > 0$). Können Sie die Regelung so in Betrieb nehmen (Begründung erforderlich)? Falls nein, welche Abhilfemaßnahme wäre zu ergreifen? (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 $M_{Kipp}/M_N = 3$ beträgt! (2 Punkte)



6. Geben Sie je einen Vor- und Nachteil der U/f-Steuerung der Asynchronmaschine mit Käfigläufer an!

(2 Punkte)