

Klausur

Elektrische Antriebe

Raum: H3010

30.09.2015

- Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben.
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 41 von 41 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 20 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
- Bitte schreiben Sie auf jedes Blatt Name und Matrikelnummer!
- Dauer der Klausur: 2 h

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

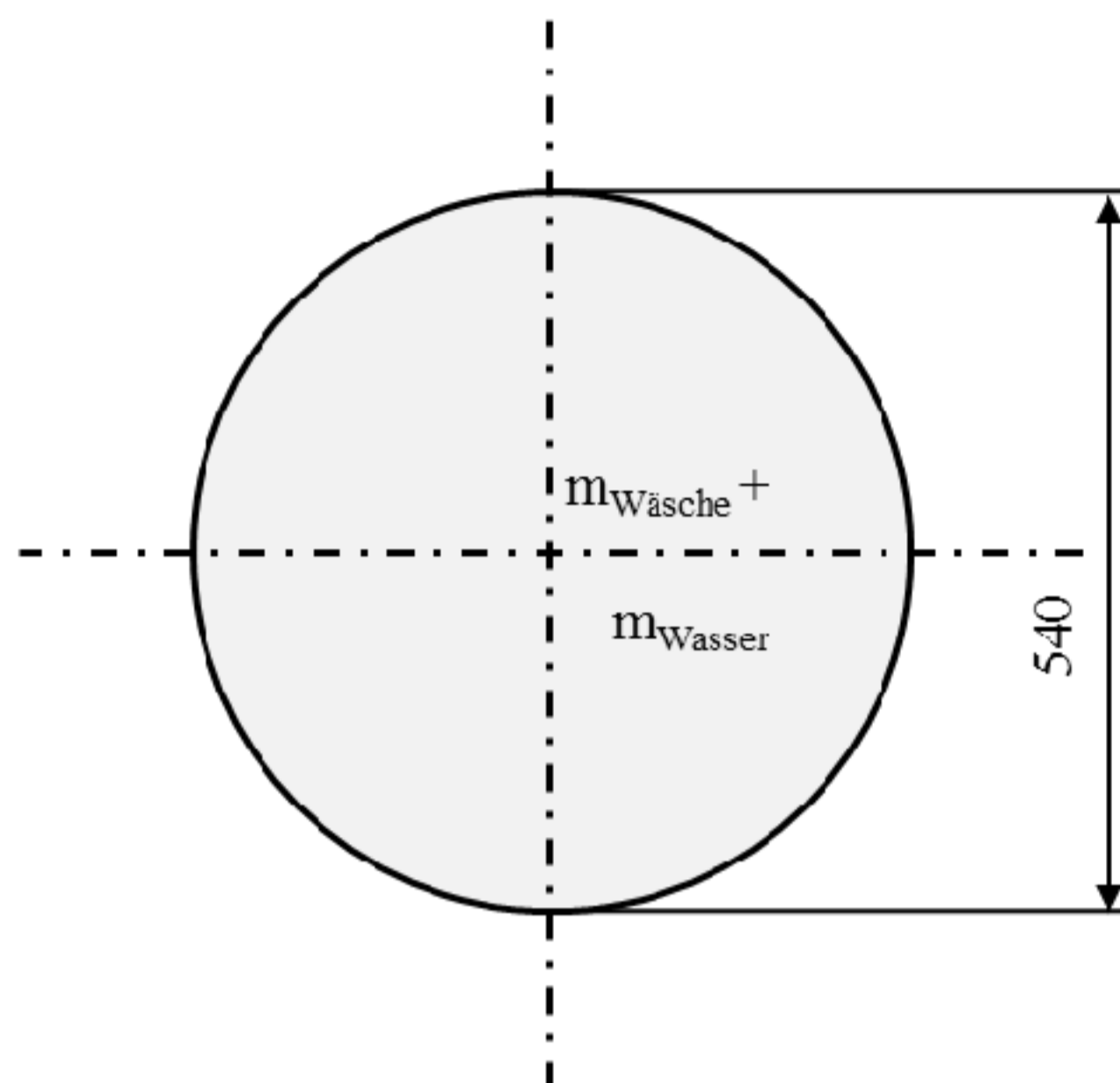
Unterschrift:

Bereich für die Korrektur

Aufgabe	mögliche Punkte	Punkte	Korrigiert von (Kürzel)
1	9		
2	11		
3	10		
4	11		
Summe	41		
Note			

Aufgabe 1:

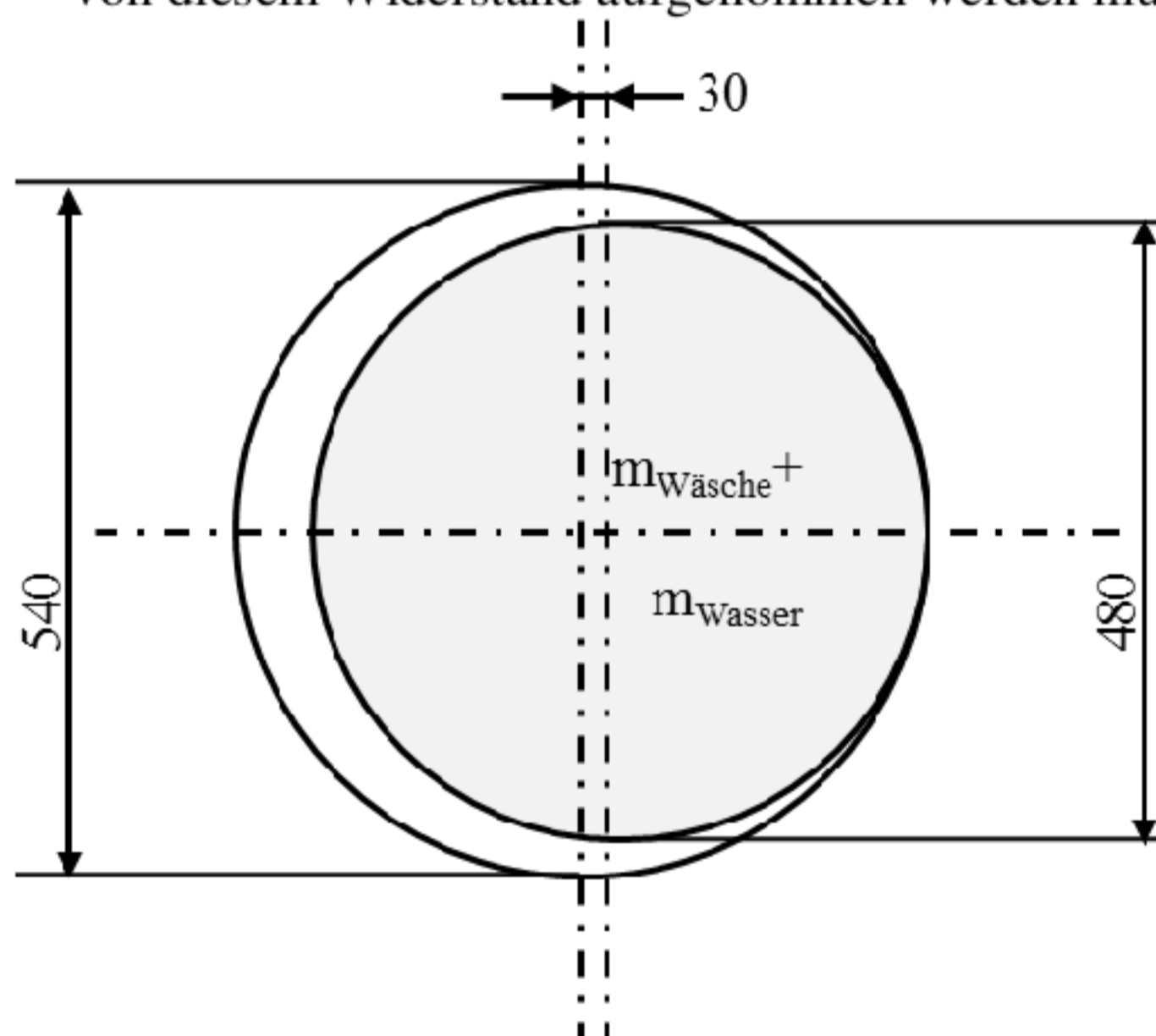
(9 Punkte)



Die masselose Trommel einer Waschmaschine habe einen Durchmesser von $d_1=540$ mm. Die Masse der darin befindlichen homogen verteilten Wäsche betrage $m_{\text{Wäsche}} = 4$ kg zuzüglich weiterer $m_{\text{Wasser}} = 6$ kg eingesogenem Wasser (Bild A).

Bild A

1. Berechnen Sie das Massenträgheitsmoment J_1 der gefüllten Trommel! (1 Punkt)
 (Hinweis: Falls Sie den Wert für das Massenträgheitsmoment nicht berechnen konnten, nehmen sie für nachfolgende Berechnungen $J_1= 0,34$ kg m² an!)
2. Die volle Trommel soll in 10 s auf 1400 min⁻¹ (Maximaldrehzahl) beschleunigt werden. Wie groß ist das dazu erforderliche dynamische Drehmoment? (1 Punkt)
3. Die Maschine soll über einen Bremschopper aus dem Schleudergang abgebremst werden. Wie groß ist die kinetische Energie bei Schleuderdrehzahl, die ohne Beachtung der Verluste von diesem Widerstand aufgenommen werden muss? (1 Punkt)



Nun sei die Wäsche nicht mehr homogen verteilt (exzentrisch), sondern der Schwerpunkt habe sich um 30 mm nach außen verschoben (Bild B).

Bild B

4. Berechnen Sie das veränderte Massenträgheitsmoment J_2 , wenn vereinfachend angenommen wird, dass die Wäsche bei gleicher Masse nunmehr einen reduzierten Durchmesser von $d_2=480$ mm bei gleichzeitiger Exzentrizität habe! (2 Punkte)
 (Hinweis: Falls Sie den Wert für das veränderte Massenträgheitsmoment nicht berechnen konnten, nehmen sie für nachfolgende Berechnungen $J_2= 0,3$ kg m² an!)
5. Wie verläuft das Drehmoment M_g aufgrund der Schwerkraft bei dieser Verschiebung bei einer Drehzahl von 30 min⁻¹? (1 Punkt)

Für den Antrieb werde ein Elektromotor mit vorgelagertem Riemengetriebe (Übersetzung $i_G = 0,22$; Wirkungsgrad $\eta_G = 0,9$) genutzt. Das auf die Motorseite bezogene Verlustmoment des Getriebes ist $M_{M,V} = 0,4 \text{ Nm}$.

6. Berechnen Sie die notwendige Motor-Dauerleistung im Schleudergang (gleichmäßig verteilte Wäsche) sowie die Höchstdrehzahl des Motors! (2 Punkte)
7. Berechnen Sie das Losbrechmoment aufgrund der Exzentrizität durch die ungleich verteilte Wäsche! (Hinweis: Falls Sie das Moment, das aus der exzentrischen Last entsteht, nicht berechnen konnten, verwenden Sie $M_{g,max} = 3 \text{ Nm}$) (1 Punkte)

Aufgabe 2: _____ (11 Punkte)

Von einer Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer seien folgende Typenschilddaten bekannt:

$$U_N = 400 \text{ V (Leiterspannung!)}$$

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

$$I_N = 39 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_N = 0,86$$

$$n_N = 1475 \text{ min}^{-1}$$

Stator-Stromwärme- und Ummagnetisierungsverluste sowie die Sättigung seien vernachlässigbar, nicht jedoch die Stromwärmeverluste im Rotor.

1. Berechnen Sie die Rotor-Stromwärmeverluste im Bemessungspunkt! (1 Punkt)
2. Schätzen Sie das Kipp-Drehmoment der Maschine ab, indem Sie annehmen, dass der Bemessungspunkt dem Optimalpunkt entspricht! (Hinweis: Eine Konstruktion über ein Zeigerdiagramm liefert eine schnelle Lösung) (5 Punkte)
3. Bestimmen Sie den Kipp-Schlupf! (2 Punkte)

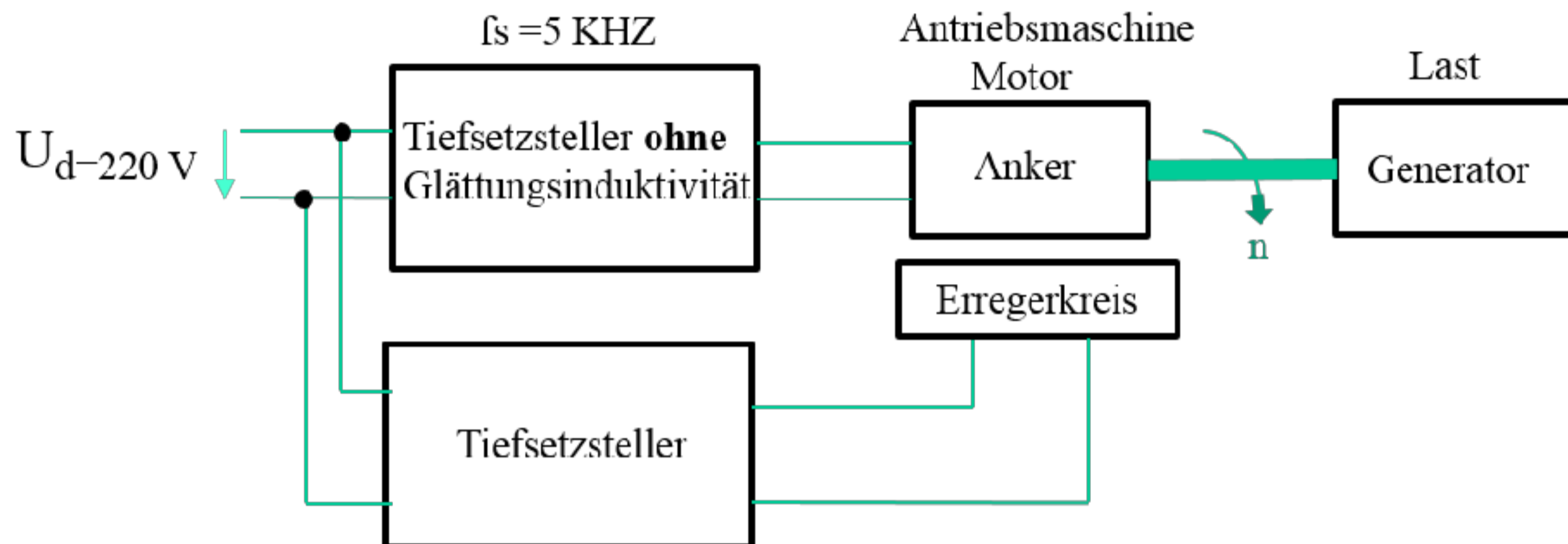
Die Maschine soll über einen Frequenzumrichter betrieben werden, mit dem maximal eine Leiterspannung von $U_{LL} = U_N = 400 \text{ V}$ eingestellt werden kann.

4. Bis zu welcher Statorfrequenz kann die Maschine mit Bemessungsmoment (kurzzeitig) betrieben werden? Welche Drehzahl stellt sich in diesem Betriebspunkt ein? (2 Punkte)
5. Welches Pulsweitenmodulationsverfahren kann verwendet werden, wenn der Antrieb an ein 400V-Drehspannungsnetz angeschlossen werden soll? (1 Punkt)

Aufgabe 3:

(10 Punkte)

Ein elektrisch erregter Gleichstrommotor (Antriebsmaschine) treibt eine drehmomentgeregelte Gleichstrommaschine (Lastmaschine) an. Der Gleichstrommotor wird mit einem Tiefsetzsteller drehzahlregelt betrieben. Der Erregerkreis wird ebenfalls über einen Tiefsetzsteller an die Spannung U_d angeschlossen.



Die Antriebsmaschine hat folgende Daten:

- Anker-Bemessungsspannung: $U_{aN} = 220 \text{ V}$
- Anker-Bemessungsstrom: $I_{aN} = 65 \text{ A}$
- Ankerstrom im Leerlauf: $I_{a0} = 12 \text{ A}$
- Reibdrehmoment: $M_R = 15,6 \text{ Nm}$
- Ankerwiderstand: $R_a = 0,564 \text{ } \Omega$
- Ankerinduktivität: $L_a = 0,0114 \text{ H}$
- Schaltfrequenz des Tiefsetzstellers: $f_s = 5 \text{ KHz}$

- 1) Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des drehzahlregulierten Gleichstrommotors mit angeschlossenen Tiefsetzstellern! (1 Punkt)

Gegeben sind folgende Betriebspunkte des Antriebssystems:

Betriebspunkt I	Betriebspunkt II	Betriebspunkt III
$M_{\text{last-I}} = 57 \text{ Nm}$	$M_{\text{last-II}} = 28,5 \text{ Nm}$	$M_{\text{last-III}} = 0$
$k\phi = k\phi_N$	$k\phi = \frac{k\phi_N}{2}$	$k\phi = k\phi_N$
$a_T = 1$	$a_T = 1$	$a_T = ?$

Hinweis: Beachten Sie das Reibmoment!

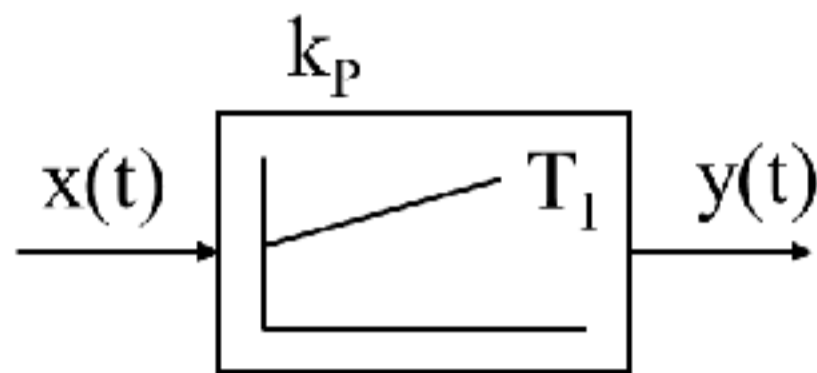
- 2) Wie groß ist die Drehzahl des Antriebs im Betriebspunkt I? (3 Punkte)
- 3) Wie groß ist die Drehzahl im Betriebspunkt II? (2 Punkte)
- 4) Um die Leerlaufdrehzahl im Betriebspunkt III zu reduzieren, wird die Ankerspannung auf 80% des Nennwertes eingestellt. Bestimmen Sie den Aussteuergrad a_T des Tiefsetzstellers! (idealer Tiefsetzsteller) (1 Punkt)

- 5) Für die Arbeitsmaschine ist ein maximaler Drehmomentrippel von 1% des Lastdrehmomentes von $M_L=57$ Nm zugelassen. Berechnen Sie die Drehmomentwelligkeit! Können Sie diese Drehmomentwelligkeit im Betriebspunkt I und bei $a_T = 0,5$ einhalten? Wie können Sie die Schaltung sinnvoll ergänzen, um die Drehmomentwelligkeit zu reduzieren? (3 Punkte)

Aufgabe 4:

(11 Punkte)

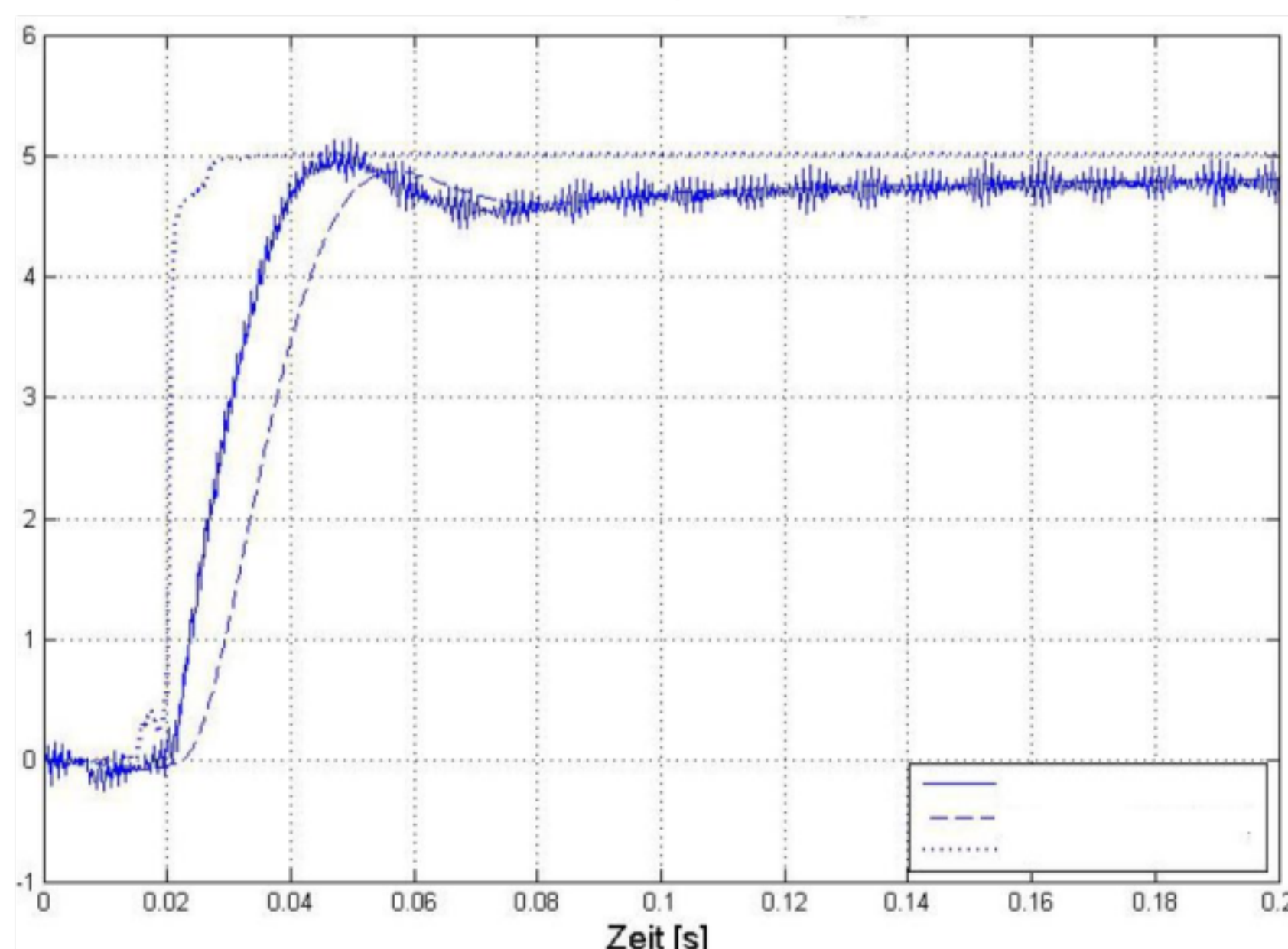
- 1) Gegeben ist untenstehendes Blockschaltbild. Geben Sie dessen Bezeichnung und Übertragungsfunktion $G(s) = Y(s)/X(s)$ an! (1 Punkt)



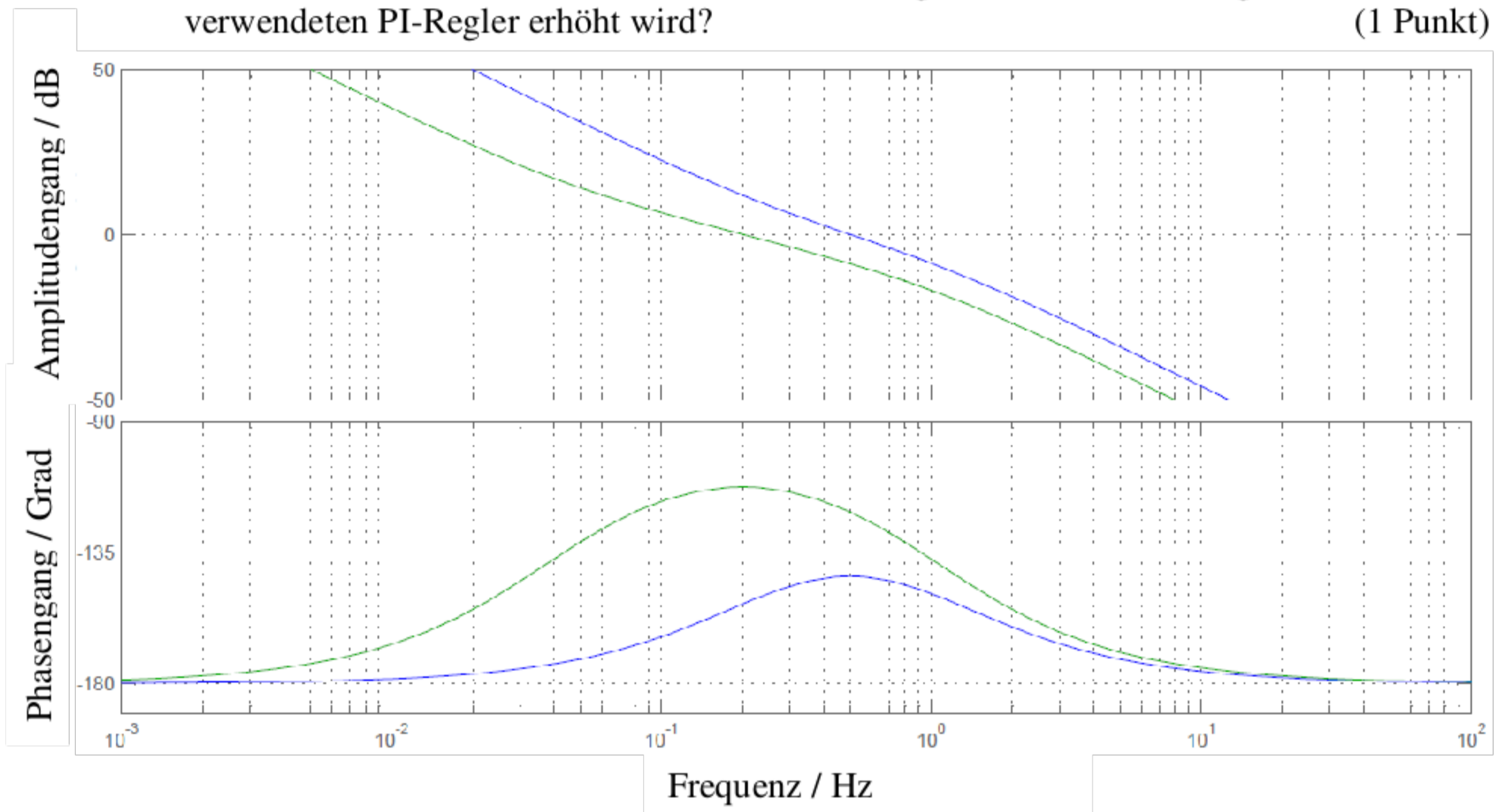
- 2) Ein Tachogenerator zur Drehzahlerfassung liefert laut dessen Typenschild eine Ausgangsspannung von $U_{TG}=40V$ bei $1000U/min$. Die Elektronik zur Erfassung der Drehzahl ist hochohmig und kann nur Spannungen U_{EL} von $-5V$ bis $+5V$ verarbeiten. Welche Beschaltung müssen sie zwischen Tachogenerator und der Elektronik vorsehen, um den Drehzahlbereich von $-1000 U/min$ bis $+1000U/min$ abbilden zu können? Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild dieser Schaltung inklusive Tachogenerator und kennzeichnen Sie alle Ströme, Spannungen (U_{TG} , U_{EL}) und Bauteile (keine Zahlenwerte erforderlich)! (1 Punkt)

- 3) Gegeben ist eine Messung der Sprungantwort des inneren Regelkreises der Gleichstrommaschine aus dem Labor. Kennzeichnen Sie folgende drei Messverläufe mit
 1) Sollwert W_1 (gemessen direkt im Analog-Schaltbrett),
 2) Istwert I_2 (gemessen direkt im Analog-Schaltbrett vor Addition mit Sollwert),
 3) Istwert I_3 (gemessen mit separatem Sensor in der Zuleitung zur Maschine)
 Geben Sie auch die Einheit der Messgrößen an! (1 Punkt)

Auf was ist der Unterschied zwischen I_2 und I_3 zurückzuführen? (1 Punkt)



- 4) Gegeben sind untenstehende Amplituden- und Phasengänge der offenen Regelkreise $G_O(s)$, wobei eine Auslegung nach dem symmetrischen Optimum durchgeführt wurde. Geben Sie die Phasenreserve(Phasenrand) von dem Phasengang an, zu welchem der geschlossene Regelkreis das schnellste Einschwingverhalten aufweist und zeichnen Sie Diese unten ein! (1 Punkt)
- Geben Sie die dazugehörige Durchtrittsfrequenz an! (1 Punkt)
- Wie ändert sich die Phasenreserve, wenn lediglich der Verstärkungsfaktor k_P vom verwendeten PI-Regler erhöht wird? (1 Punkt)



- 5) Gegeben sind die Spannungsgleichungen einer Asynchronmaschine mit Schleifringläufer für alle Stator- und Rotorphasen in Vektor bzw. Matrixschreibweise. Formen Sie diese unter der Annahme von $\underline{L}(\alpha(t))^{6 \times 6}$ auf „ $(d\underline{i}(t)/dt)^{6 \times 1} = \dots$ “ um! (Hinweis: die hochgestellten Indices stehen für die Dimension Zeilen X Spalten) (2 Punkte)

$$\underline{u}(t)^{6 \times 1} = \underline{R}^{6 \times 6} \cdot \underline{i}(t)^{6 \times 1} + \frac{d\underline{\psi}(t)^{6 \times 1}}{dt}$$

- 6) Eine Asynchronmaschine mit Käfigläufer und Fremdkühlung wird mit einer U/f-Steuerung betrieben. Welche Veränderungen der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinienform erwarten sie bei geringen Drehzahlen? Welche Maßnahme kann dagegen ergriffen werden? (2 Punkte)