

Klausur

Elektrische Antriebe

Raum: H3010

28.07.2015

- **Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben.**
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 45 von 45 erreichbaren Punkten wird die Note 1,0 gegeben; entsprechend bei 22 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	11		
2	13		
3	10		
4	11		
Summe	45		
Note			

Aufgabe 1:

(11 Punkte)

Ein Asynchronmotor soll ein Schiffshebewerk antreiben. Folgende Daten seien bekannt:

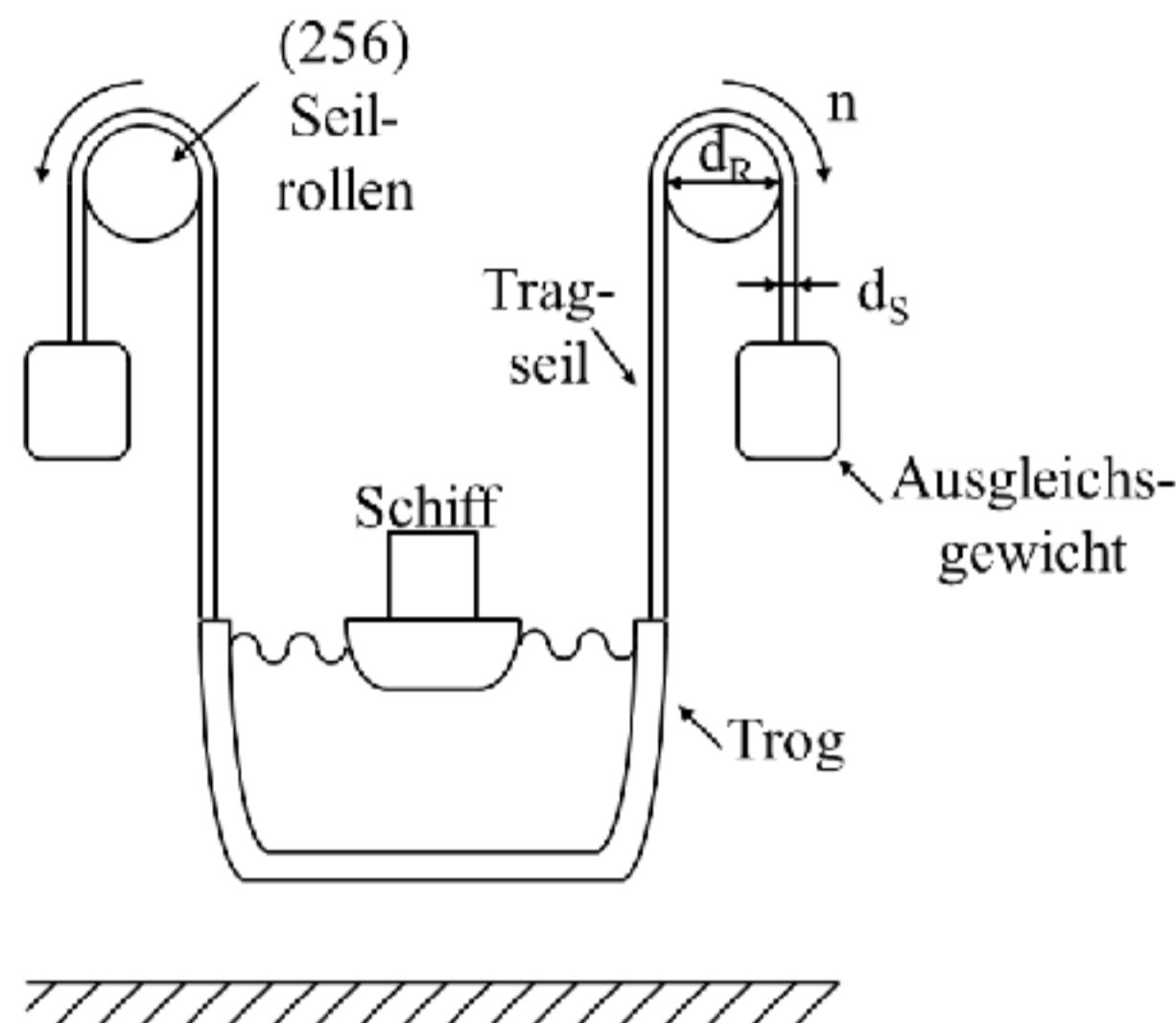
Hubhöhe: $h = 36 \text{ m}$

Trogmasse: $m_T = 4300 \text{ t}$

$k_S = 256$ parallele Tragseile, Durchmesser $d_S = 52 \text{ mm}$, Länge $l_S = 40 \text{ m}$ (Stahl, $\rho_S = 7,8 \text{ t/m}^3$)

$k_S = 256$ parallele Seilrollen mit dem Durchmesser $d_R = 2 \text{ m}$

Hubgeschwindigkeit $v_T = 0,6 \text{ m s}^{-1}$



- 1) Berechnen Sie das Trägheitsmoment J_{ges} des aktiven Teils der Anlage, bezogen auf die Seilrolle, bestehend aus Trog und Seilen! (3 Punkte)
- 2) Wie groß sollte die Gesamtübersetzung eines Getriebes i sein, wenn Sie eine Motordrehzahl von $n_M = 1480 \text{ min}^{-1}$ annehmen? (2 Punkte)

Gehen Sie nun davon aus, dass durch Ausgleichsgewichte für Trog und Seile das Trägheitsmoment auf $9,5 \cdot 10^6 \text{ kg m}^2$ erhöht wird. Hinweis: Wenn Sie i nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $i = 0,004$ an!

- 3) Wie groß ist das Trägheitsmoment bezogen auf die Motorseite J_M ? (1 Punkt)
- 4) Wieviel Drehmoment M_M wird am Motor benötigt, um den Trog in $t_B = 10 \text{ s}$ auf Nenngeschwindigkeit v_T zu beschleunigen? (Hinweis 1: Nehmen Sie vereinfachend an, dass das Drehmoment während des Beschleunigungsvorgangs konstant bleibt! Hinweis 2: Wenn Sie J_M nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $J_M = 150 \text{ kg m}^2$ an!) (2 Punkte)
- 5) Wie groß sind die Verlustenergie $W_{V,2}$ und die mittlere Verlustleistung $P_{2V,av}$ im Rotor während des Hochlaufs, wenn dieser am Netz erfolgt? (2 Punkte)
- 6) Wie könnten Sie die Verlustenergie $W_{V,2}$ im Rotor reduzieren? (1 Punkt)

Aufgabe 2: (13 Punkte)

Eine Asynchronmaschine soll eine Kohlemühle antreiben. Die Maschine habe folgende Daten:

U_N	3 kV
I_N	1,4 kA
f_N	50 Hz
P_N	6 MW
$\cos\varphi_N$	0,85
n_N	1480 min ⁻¹

Bei der Inbetriebnahme wurde im Leerlauf ein Strom von $I_0 = 300$ A bei Bemessungsspannung gemessen. Der Statorwiderstand geht in die Messungen mit ein!

- 1) Berechnen Sie die Rotorverluste P_{V2} ! Welche Leistung $P_D = P_{V2} + P_{\text{mech}}$ wird über den Luftspalt übertragen? (2 Punkte)
- 2) Berechnen Sie die elektrische Leistung P_1 und die Statorverluste P_{V1} im Bemessungspunkt! (Hinweis: Wenn Sie die Drehfeldleistung bzw. die Rotorverluste nicht berechnen konnten, nehmen Sie $P_D = 6,10$ MW und $P_{V2} = 100$ kW an!) (2 Punkte)
- 3) Berechnen Sie den Statorwiderstand R_1 und die Statorinduktivität L_1 ! (Hinweis: Wenn Sie P_{V1} nicht berechnen konnten, nehmen Sie $P_{V1} = 80$ kW an!) (2 Punkte)
- 4) Zeichnen Sie eine Ortskurve des Statorstroms \underline{I}_1 bei Bemessungsfluss (ohne Berücksichtigung von R_1)! (2 Punkte)
- 5) Wie groß ist die Rotorfrequenz im Kippunkt? (Hinweis: Die Bestimmung über die Ortskurve liefert das schnellste Ergebnis.) (1 Punkte)
- 6) Aufgrund der schlechten Qualität der gelieferten Kohle kommen auch große Steine in die Mühle, die maximal ein Stoß-Drehmoment M_{max} von 50 kNm verursachen. Kann die Maschine dieses Drehmoment bei Stator-Bemessungsfluss liefern? (2 Punkte)
- 7) Die Maschine soll über einen Frequenzumrichter betrieben werden. Wie müssen Sie die Statorfrequenz und Spannung beim Anfahren einstellen, damit die Maschine sicher mindestens das Kipp-Drehmoment erzeugt? (Hinweis 1: Berücksichtigen Sie wieder R_1 ! Hinweis 2: Wenn Sie $f_{2\text{kipp}}$ nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $f_{2\text{kipp}} = 2$ Hz an!) (2 Punkte)

Aufgabe 3: (10 Punkte)

Ein Gleichstromantrieb für einen Elektroroller besteht aus einer fremderregten Maschine und je einem Tiefsetzsteller für die Feld- und Ankerwicklung. Er hat folgende Daten:

Bemessungsleistung:	$P_N = 1000\text{W}$
Anker-Bemessungsspannung:	$U_{aN} = U_{fN} = 48\text{V}$
Anker-Bemessungsstrom:	$I_{aN} = 26,7\text{A}$
Feld-Bemessungsstrom:	$I_{fN} = 2,4\text{A}$
Nenn Drehzahl:	$n_N = 3000\text{min}^{-1}$
zulässige Höchstdrehzahl:	$n_{\max} = 5000\text{min}^{-1}$
Ankerstrom im Leerlauf:	$I_{a0} = 5\text{A}$
Zwischenkreisspannung:	$U_d = 48\text{V}$
Schaltfrequenz des Gleichstromstellers:	$f_S = 4\text{KHz}$

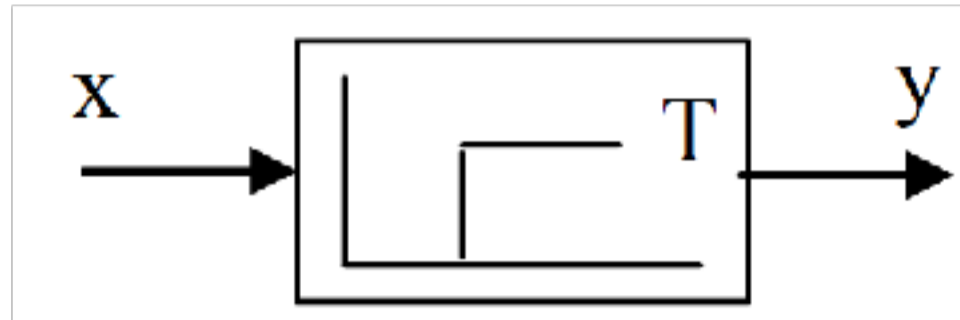
Die Ummagnetisierungsverluste sowie Verluste in der Leistungselektronik sind zu vernachlässigen.

- 1) Bestimmen Sie den Ankerwiderstand R_a ! Hinweis: Beachten Sie die Reibungsverluste!
(3 Punkte)
- 2) Wie groß ist die reale Leerlaufdrehzahl n_0 ? (Hinweis: Wenn Sie den Ankerwiderstand nicht bestimmen konnten, nehmen Sie $R_a = 80\text{m}\Omega$ an!)
(1 Punkt)
- 3) Die Maschine soll bei Bemessungsfluss mit 5Nm anfahren. Welche Ankerspannung muss eingestellt werden? Wie groß muss das Tastverhältnis des Stellers gewählt werden?
(2 Punkte)
- 4) Es soll bei $n_4 = 5000\text{min}^{-1}$ mit dem maximal möglichen Drehmoment gefahren werden. Aufgrund der Kommutierung muss der Strom begrenzt werden, wodurch die Leistung bei Feldschwächung nicht mehr konstant bleiben kann ($(I_a \cdot n) \leq (26,7\text{A} \cdot 4500\text{min}^{-1})$). Wie groß darf der Ankerstrom höchstens sein? Wie müssen Sie $k\Phi_4$ einstellen?
(3 Punkte)
- 5) Berechnen Sie die Ankerspannung U_a , falls die Einschaltdauer des Gleichstromstellers $T_E = 0,17\text{ms}$ beträgt!
(1 Punkt)

Aufgabe 4:

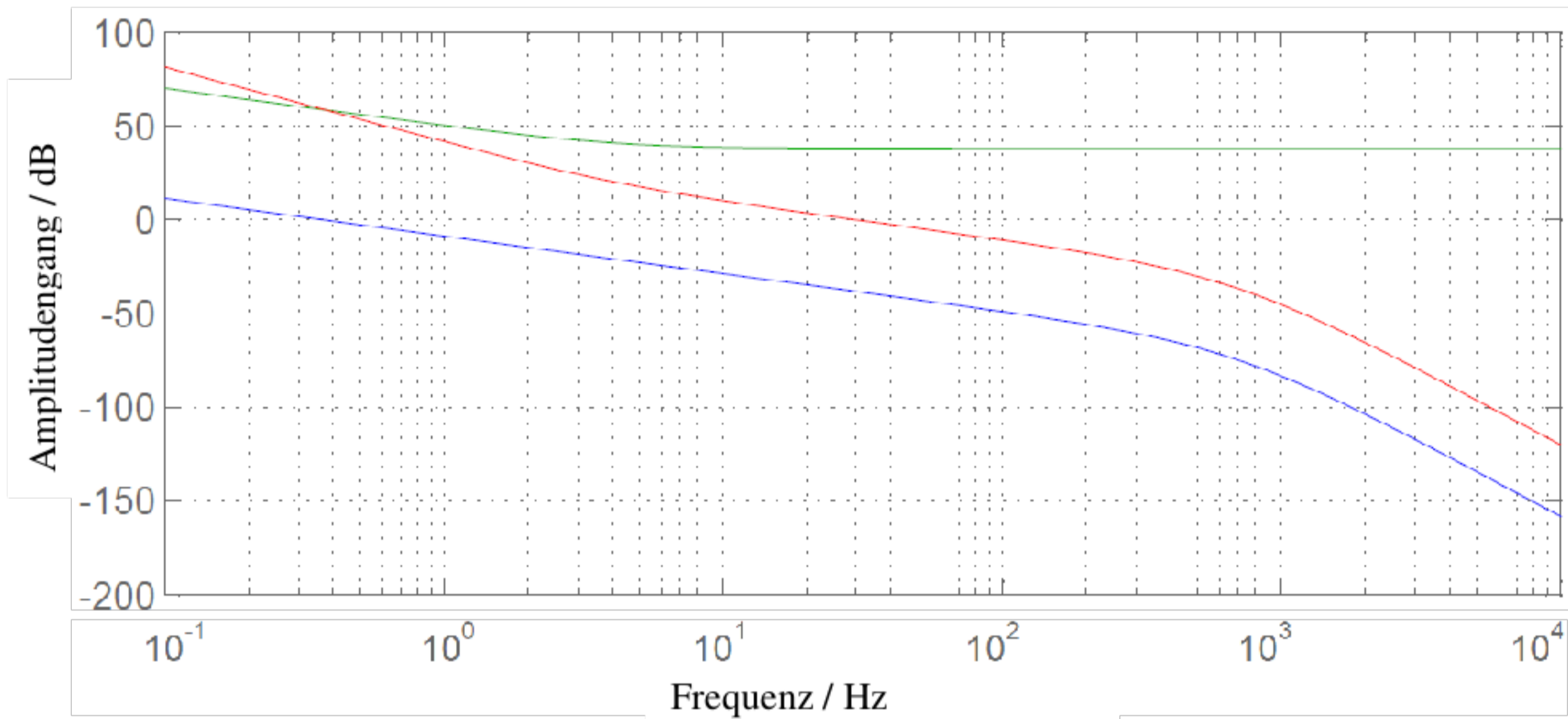
(11 Punkte)

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



- 2) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild eines Vierquadrantenstellers (4QS) mit n-Kanal MOSFETs und ergänzen Sie die Zeichnung mit dem Ersatzschaltbild einer dort angeschlossenen permanentenerregten Gleichstrommaschine! Kennzeichnen Sie Ankerstrom- und Spannung, induzierte Spannung sowie Spannung und Strom des Zwischenkreises! Sind hier antiparallele Dioden notwendig? (3 Punkte)

- 3) Gegeben sind untenstehende Bodediagramme von Strecke $G_S(s)$, PI-Regler $G_R(s)$ sowie der Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises $G_O(s)$. Ordnen Sie die Übertragungsfunktionen den entsprechenden Verläufen im Bodediagramm zu (Kennzeichnung bzw. Markierung der Linie mit G_S , G_R und G_O)! Geben Sie die Durchtrittsfrequenz von G_O an! (2 Punkte)



- 4) Bei einer Gleichstrommaschine sollen Ankerstrom und Drehzahl geregelt werden. Welche Voraussetzung muss für eine Kaskadenregelung erfüllt sein? (1 Punkt)
- 5) Gegeben ist eine Asynchron-Kurzschlussläufermaschine, bei der R_1 vernachlässigt wird. Wie verhält sich das Kipp-Drehmoment bezüglich der Statorfrequenz, wenn die Maschine über die Nenndrehzahl hinaus betrieben wird? (1 Punkt)

- 6) Gegeben ist eine Asynchron-Kurzschlussläufermaschine, welche am europäischen Verbundnetz mit 50Hz betrieben wird. Aus einer Messung bestimmen Sie den Schlupf mit 3%. Das Kipp-Drehmoment mit 70Nm und die Rotorkippfrequenz mit 14Hz sind bekannt. Bestimmen Sie das Drehmoment M . Welche Näherungsberechnung für das Drehmoment ist möglich mit welcher Näherungs-Bedingung? Berechnen Sie den prozentualen Fehler zwischen M und dessen Näherung! (3 Punkte)