

Klausur

Elektrische Antriebe

30.09.2013

- Die Klausur besteht aus 3 Aufgaben.
- Die einzelnen Fragen können weitgehend unabhängig voneinander beantwortet werden.
- Bei 44 von 44 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
- Dauer der Klausur: 2 h

Name (in Blockbuchstaben):

Matrikelnummer:

Studienrichtung:

Unterschrift:

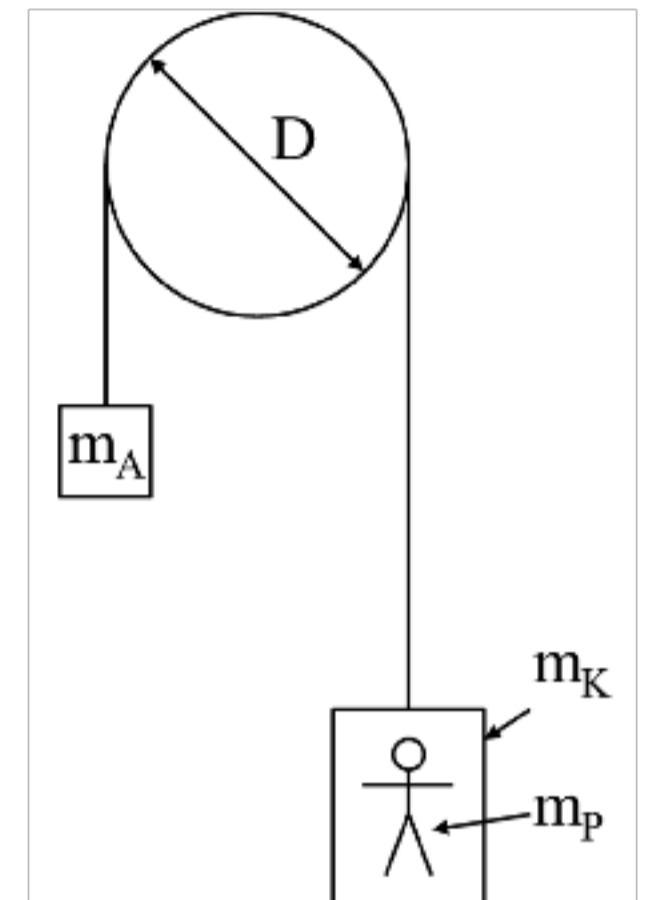
Bereich für die Korrektur

Aufgabe	Punkte	
1	14	
2	14	
3	16	
Summe		
Note		

Aufgabe 1:

Der Fernsehturm in Berlin soll eine neue Aufzugsanlage erhalten. Folgende Daten sind bekannt:

Masse eines Förderkorbs:	$m_K = 3,5 \text{ t}$
zulässige Masse der Passagiere pro Förderkorb:	$m_P = 1,2 \text{ t}$
Höhe des Aufzugs:	$h = 203 \text{ m}$
Durchmesser des Zugseils:	$d = 20 \text{ mm}$
spez. Masse des Zugseils:	$\rho = 7850 \text{ kg m}^{-3}$
Fahrgeschwindigkeit:	$v = 6 \text{ m s}^{-1}$
mechanischer Wirkungsgrad aller Übertragungselemente:	$\eta_{\text{mech}} = 90 \%$
Erdbeschleunigung:	$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$
Treibrad-Durchmesser:	$D = 0,5 \text{ m}$



- Wie groß wählen Sie die Ausgleichsmasse m_A , damit bei mittlerer Beladung bei Vernachlässigung der Reibung und bei mittlerer Aufzugshöhe $h/2$ gerade keine Antriebskraft erforderlich ist? (1 Punkt)
- Berechnen Sie die maximale stationäre Leistung an der Antriebswelle beim Aufwärtsfahren unter Berücksichtigung des zuvor berechneten Ausgleichsgewichts m_A ! (1 Punkt)
- Welches maximale Drehmoment M_{stat} wird für die stationäre Fahrt benötigt? Berücksichtigen Sie die Masse des Zugseils! (1 Punkt)
- Welche Drehzahl stellt sich bei stationärer Fahrt ein? (1 Punkt)
- Der Korb soll nun mit einem konstanten Ruck von $r = 1 \text{ m s}^{-3}$ angefahren werden. Nach Erreichen der halben Maximalgeschwindigkeit wird die Beschleunigung mit wiederum konstantem umgekehrtem Ruck wieder reduziert, so dass bei Erreichen der Maximalgeschwindigkeit ruckfrei weiter gefahren werden kann. Wie groß ist die maximale Beschleunigung a_{max} des Korbs? Hinweis: Das Erstellen eines zunächst unskalierten $r(t)$, $a(t)$ und $v(t)$ -Diagramms wäre sinnvoll. (2 Punkte)
- Geben Sie die auf das Treibrad bezogenen Massenträgheitsmomente von Ausgleichsmasse, voll beladenem Förderkorb und Tragseil an! (3 Punkte)
- Berechnen Sie das maximale dynamische Drehmoment $M_{\text{dyn,max}}$ am Treibrad! Hinweis: Wenn Sie a_{max} nicht bestimmt haben, nehmen Sie $a_{\text{max}} = 1,5 \text{ m s}^{-2}$ an! (1 Punkt)
- Schlagen Sie einen Elektromotor und eine Einspeisevorrichtung für den Motor vor! Berücksichtigen Sie dabei, dass bei Abwärtsfahrt Energie in das Netz zurückgespeist werden soll! Nennen Sie mindestens drei Kriterien, warum Sie diese Wahl getroffen haben! (4 Punkte)

Lösung zu Aufgabe 1:

Aufgabe 2:

Ein elektrisches Antriebssystem für Straßenbahnen bestehe aus einem dreisträngigen Asynchronmotor und einer geeigneten leistungselektronischen Schaltung.

Nenn-Betriebsspannung:	750 V Gleichspannung
Bemessungs-Drehzahl:	$n_N = 1500 \text{ min}^{-1}$
Höchst-Drehzahl:	$n_{\max} = 4000 \text{ min}^{-1}$
Bemessungsleistung:	$P_N = 90 \text{ kW}$
Leistungsfaktor im Bemessungspunkt:	$\cos\varphi_N = 0,85$
Bemessungsfrequenz:	$f_{1N} = 51 \text{ Hz}$
Kipddrehmoment:	$M_{\text{Kipp},N} = 2,2 \cdot M_N$ bei Stator-Bemessungsfluss
Stromrichter:	Pulswechselrichter mit Raumzeigermodulation

Sättigung, Stromverdrängung und alle Verluste außer den Rotor-Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

1. Geben Sie eine geeignete leistungselektronische Schaltung an (Schaltbild)! Welche Motor-Bemessungsspannung U_{1N} ist bei dieser Schaltung zu wählen? (2 Punkte)
2. Berechnen Sie den Bemessungsstrom des Motors I_{1N} ! (Hinweis: wenn Sie 1. nicht beantwortet haben, nehmen Sie $U_{1N} = 500 \text{ V}$ an!) (1 Punkt)
3. Zeichnen Sie die Ortskurve des Statorstroms für Stator-Bemessungsfluss incl. Schlupfparametrierung! (2 Punkte)
4. Wie groß ist die Kipp-Rotorfrequenz? (1 Punkt)
5. Welche Statorfrequenz ist bei einer Vollbremsung(d. h. mit Kipddrehmoment) bei Höchstdrehzahl anzulegen? Wie groß ist das erreichbare Drehmoment bei dieser Frequenz und bei Nenn-Betriebsspannung? (2 Punkte)
6. Aufgrund des schwachen Netzes erhöht sich die Spannung beim Bremsen auf $U_B = 900 \text{ V}$ Gleichspannung. Um wieviel Prozent verändert sich die Bremsleistung gegenüber Frage 5? (2 Punkte)
7. Können Sie den Betriebspunkt nach 6. dauerhaft fahren? (Begründung erforderlich) (1 Punkt)
8. Während des Bremsvorgangs kann der Stromabnehmer des Fahrzeugs versagen, d. h. es kann keine Leistung mehr in das Netz eingespeist werden. Geben Sie eine zusätzliche Schaltung an, mit der die elektrische Bremse dennoch als Betriebsbremse genutzt werden kann! (2 Punkte)
9. Geben Sie eine geeignete Reglerstruktur für die Schaltung aus 8. an! (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2:

Aufgabe 3:

Ein Gleichstromantrieb mit permanenterregter Maschine soll die Spindel einer Werkzeugmaschine antreiben. Alle Verluste außer den Stromwärmeverlusten dürfen vernachlässigt werden.

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

Bemessungsstrom: $I_{aN} = 13 \text{ A}$

Bemessungsleistung: $P_N = 5 \text{ kW}$

Ankerinduktivität: $L_a = 15 \text{ mH}$

Bemessungsdrehzahl: $n_N = 2500 \text{ min}^{-1}$

Gesamtes Massenträgheitsmoment: $J_{\text{ges}} = 0,23 \text{ kg m}^2$

1. Ermitteln Sie T_a und T_m ! Können Sie sinnvoll eine Kaskadenregelung anwenden? Begründen Sie Ihre Antwort! (3 Punkte)
2. Zeichnen Sie die Struktur der Gleichstrommaschine als Blockschaltbild (ohne Regler) auf! Geben Sie die Übertragungsfunktion für das Führungsverhalten $\Delta I_a(s) / \Delta U_a(s)|_{\Delta m_L=0}$ an! (2 Punkte)
3. Nehmen Sie zunächst an, dass Drehzahländerungen relativ langsam erfolgen. Zeichnen Sie ein regelungstechnisches Blockschaltbild des Stromregelkreises (zunächst ohne Festlegung eines Reglertyps)! Schlagen Sie einen Reglertyp für eine Ankerstromregelung vor! Begründen Sie Ihre Wahl! (3 Punkte)
4. Der Ankerstrom soll über einen P-Regler eingestellt werden. Geben Sie die Übertragungsfunktion des geschlossenen Stromregelkreises an! Der Umrichter soll hierbei ideal angenommen werden. Geben Sie eine geeignete Verstärkung an, so dass die Zeitkonstante des geschlossenen Regelkreises $T = 3 \text{ ms}$ beträgt! (2 Punkte)
5. Nehmen Sie nun an, dass der Ankerstrom-Regelkreis vereinfacht durch ein PT_1 -Glied mit $T = 3 \text{ ms}$ dargestellt werden kann. Zeichnen Sie ein Blockschaltbild des Drehzahlregelkreises! (1 Punkt)
6. Dimensionieren Sie die Parameter eines PI-Reglers für den Drehzahlregelkreis! (2 Punkte)
7. Geben Sie die Stör-Übertragungsfunktion $N(s)/M_L(s)$ für Ihren Regelkreis an! Ist das Störverhalten stabil? (2 Punkte)
8. Das Massenträgheitsmoment wird durch ein großes Werkstück auf den zehnfachen Wert erhöht. Mit welchem Verhalten des Drehzahlreglers müssen Sie rechnen? (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 3: