

Klausur

Elektrische Antriebe

29.07.2013

- 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 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| Summe | | |
| Note | | |

Aufgabe 1:

Ein Elektroauto mit einem Zentralantrieb, der auf die vier Räder wirkt, habe folgende Daten:

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Masse: | $m = 1000 \text{ kg}$ |
| Windwiderstands-Beiwert: | $c_w = 0,4$ |
| Frontfläche: | $A = 2 \text{ m}^2$ |
| Rollwiderstands-Beiwert der Reifen: | $\mu_r = 0,01$ |
| Raddurchmesser: | $d_{\text{Rad}} = 0,6 \text{ m}$ |
| Höchstgeschwindigkeit: | $v_{\text{max}} = 130 \text{ km/h}$ |
| Dichte der Luft: | $\rho_{\text{Luft}} = 1,25 \text{ kg m}^{-3}$ |

1. Welche Kräfte wirken auf das Fahrzeug, wenn es sich auf einer Fahrt bergauf befindet?
Geben Sie Formeln zur Berechnung der einzelnen Terme an! (3 Punkte)
2. Welche Leistung wird benötigt, um das Fahrzeug in einer Ebene mit Höchstgeschwindigkeit zu bewegen? (1 Punkt)
3. Geben Sie Drehzahl(in U/min) der Räder an. Geben Sie weiterhin das Gesamt-Drehmoment des Zentralantriebs an! (2 Punkte)
4. Das Fahrzeug soll eine Steigung von 30 % mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h bewältigen können. Geben Sie die notwendige Leistung, das notwendige Drehmoment und die zugehörige Drehzahl an den Rädern als Summe an! (2 Punkte)
5. Vernachlässigen Sie nun die Luftreibung und drehende Massen: Wie lange benötigt das Fahrzeug in der Ebene, um die Geschwindigkeit von 0 auf 30 km/h zu erhöhen, wenn Sie den Drehmoment-Maximalwert aus 4. zugrunde legen? (Vereinfachung: Während des Beschleunigungsvorganges soll die Kraft bzw. das Drehmoment konstant sein.) (2 Punkte)
6. Schlagen Sie einen Elektromotor-Typ für das Fahrzeug vor! Berücksichtigen Sie, dass beim Bremsen Energie in die Batterie zurückgespeist werden soll! Nennen Sie mindestens drei Kriterien, warum Sie diesen Typ gewählt haben! (3 Punkte)

Lösung zu Aufgabe 1:

Aufgabe 2:

Von der elektrischen Auslegung des Elektrofahrzeugs seien bekannt:

| | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Motortyp: | Asynchronmotor mit Käfigläufer |
| Polpaarzahl. | $p = 2$ |
| Bemessungsspannung. | $U_{1N} = 150 \text{ V}$ |
| Bemessungsdrehzahl: | $n_N = 1485 \text{ min}^{-1}$ |
| Bemessungsleistung: | $P_N = 30 \text{ kW}$ |
| Leistungsfaktor im Bemessungspunkt: | $\cos\varphi_N = 0,85$ |
| Bemessungsfrequenz: | $f_{1N} = 50 \text{ Hz}$ |
| Kipppendmoment: | $M_{\text{Kipp},N} = 2,2 \cdot M_N$ bei U_N und f_{1N} |
| Stromrichter: | Pulswechselrichter mit Raumzeigermodulation |
| Batterie-Bemessungsspannung: | $U_{BN} = 200 \text{ V}$ (als konstant angenommen) |

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

- Geben Sie die elektrische Leistung und die Scheinleistung im Bemessungspunkt an! (2 Punkte)
- Berechnen Sie die Rotorfrequenz im Kippunkt $f_{2\text{Kipp}}$! (1 Punkt)
- Geben Sie einen Zusammenhang zwischen Kipp-Leistung und Statorfrequenz im Feldschwächebereich an! (1 Punkt)
- Bis zu welcher maximalen Drehzahl n_{II} kann der Motor bei U_N mit $P_N = P_{\text{KippII}} = 30 \text{ kW}$ betrieben werden? (Hinweis: wenn Sie Frage 2 nicht beantworten konnten, nehmen Sie $f_{2\text{Kipp}} = 3 \text{ Hz}$ an!) (2 Punkte)
- Geben Sie eine geeignete Getriebeübersetzung \ddot{u}_G für den Fall an, dass die Raddrehzahl bei Höchstgeschwindigkeit $n_R = 1300 \text{ min}^{-1}$ beträgt! Die Maschine sollte in diesem Betriebspunkt gerade noch die Bemessungsleistung P_N bei n_{II} abgeben können. (1 Punkt)
- Welches maximale Drehmoment kann der Motor am Rad erzeugen, wenn der Statorfluss des Bemessungspunkts nicht überschritten wird? Legen Sie die Übersetzung \ddot{u}_G zugrunde! Nehmen Sie einen Getriebewirkungsgrad $\eta_G = 90 \%$ an! (2 Punkte)
- Können Sie den Betriebspunkt nach 6. dauerhaft fahren? (1 Punkt)
- Berechnen Sie die bei Raumzeigermodulation maximal erreichbare Leiterspannung U_1 am Motor! Bis zu welcher Drehzahl können Sie dauernd mit dem thermisch zulässigen Drehmoment fahren? (2 Punkte)
- Bis zu welcher Drehzahl können Sie mit Kipp-Drehmoment $M_{\text{Kipp},N}$ bremsen? (2 Punkte)
- Halten Sie den Motor für geeignet als Antrieb für das Fahrzeug aus Aufgabe 1? Begründen Sie Ihre Antwort! (1 Punkt)

Lösung zu Aufgabe 2:

Aufgabe 3:

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

| | |
|-----------------------|--------------------------------------------------|
| Bemessungsspannung: | $U_{aN} = 250 \text{ V}$ |
| Bemessungsstrom: | $I_{aN} = 43 \text{ A}$ |
| Bemessungsleistung: | $P_N = 10 \text{ kW}$ |
| Erregerwicklung: | $U_{fN} = 200 \text{ V}, I_{fN} = 0,4 \text{ A}$ |
| Ankerzeitkonstante: | $T_a = 5 \text{ ms}$ |
| Erregerzeitkonstante: | $T_f = 500 \text{ ms}$ |
| Bemessungsdrehzahl: | $n_N = 1000 \text{ min}^{-1}$ |
| Höchst-drehzahl: | $n_{\max} = 2500 \text{ min}^{-1}$ |

1. Ermitteln Sie R_a und R_f ! (2 Punkte)
2. Ermitteln Sie L_a und L_f ! (2 Punkte)
3. Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild! (1 Punkt)
4. Wie groß ist $k\Phi$ im Bemessungspunkt? (1 Punkt)
5. Stellen Sie die Übertragungsfunktion für den Ankerkreis(Strecke) auf! (1 Punkt)
6. Zeichnen Sie ein regelungstechnisches Blockschaltbild des Stromregelkreises(Ankerkreises)! (1 Punkt)
7. Stellglied und Messeinrichtung für den Ankerstrom können als PT_1 -Glied mit der Verzögerungszeit $T_S = 0,5\text{ms}$ modelliert werden. Dimensionieren Sie einen PI-Regler für den Ankerstrom und ein Überschwingen der Sprungantwort des geschlossenen Regelkreises unter 10 %! (2 Punkte)
8. Bei Erhöhen der Ankerdrehzahl über den Ankerstellbereich hinaus soll in den Feldschwächebetrieb übergegangen werden. Warum muss eine Feldschwächung erfolgen, bzw. welche physikalische Grenze wird erreicht? Welche Regelgröße wählen Sie? Welche Stellgröße wäre für einen Feldschwächeregler geeignet? (3 Punkte)
9. Zeichnen Sie ein regelungstechnisches Blockschaltbild für den Feldschwächeregler! Warum kann die Anker-Bemessungsspannung in einem dynamischen Antrieb nicht voll ausgenutzt werden? (3 Punkte)

Lösung zu Aufgabe 3: