

3. Teilklausur zur Übung

Elektrische Maschinen und Antriebselektronik

18. August 2023, 10:00, HS19

Name: Vorname: Matr.-Nr.:

Studienkennzahl:

(Aufgabenstellung zusammen mit Ihren Lösungsblättern abgeben!)

Hinweise:

- *Es werden ausschließlich Fragen zum Angabezettel beantwortet.*
- *Es müssen nicht alle Angaben für die Berechnungen nötig sein!*
- *Geben Sie alle verwendeten Einheiten, Maßstäbe, Formeln und Schaltungen (z.B. Maschen- und Knotengleichungen ohne Schaltung mit Zählpfeilen werden nicht gewertet!) an. Komplexe Größen sind als solche erkennbar zu machen.*
- *Geben Sie alle Rechenschritte zu Ihrer Lösung an. Ergebnisse ohne erkennbaren Rechengang werden nicht gewertet!*
- *Falls Sie Vernachlässigungen oder Vereinfachungen treffen, müssen Sie diese begründen und den Fehler abschätzen!*

Aufgabe 1 – Axiales Magnetlager Themenkreis: Magnetkreis

Bild 1 zeigt den Querschnitt eines rotationssymmetrischen axialen Magnetlagers. Die axial magnetisierten Magnetringe sorgen für eine Vormagnetisierung im Luftspalt. Mit Hilfe der beiden in Serie geschalteten Ringspulen in den beiden Lagerhälften können Lagerkräfte erzeugt werden. Der Rotor ist axial beweglich und radial nicht verschiebbar gelagert. Der dargestellte Querschnitt zeigt den Rotor in mittiger Lagerstellung bei $\Delta z = 0$ mm. Ausgehend von dieser Position ist eine maximale axiale Verschiebung von ± 2 mm (aufgrund nicht eingezeichneter mechanischer Notlauflager) möglich. Magnetische Streupfade können vernachlässigt werden.

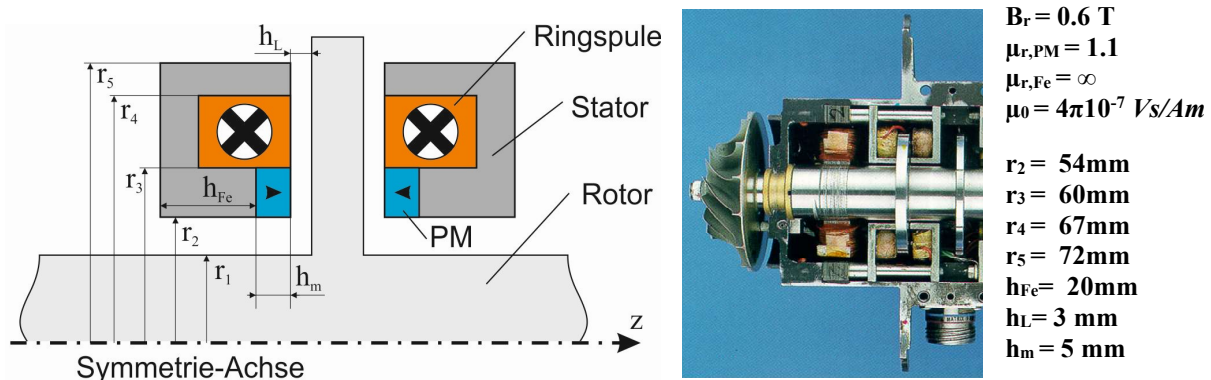


Bild 1: Abbildung, Querschnitt und Geometriewerte eines axialen Magnetlagers

Hinweis: Für die Berechnung des radialen magn. Widerstands einer Röhre mit der axialen Höhe

h, dem Innenradius r_1 und dem Außenradius r_2 gilt $R_{m,Röhre} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r 2\pi h} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$

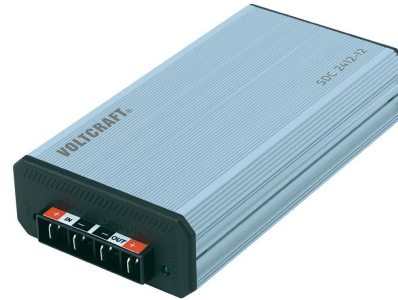
Aufgaben:

- 1) Zeichnen Sie das allgemeine magnetische Ersatzschaltbild des Magnetkreises. Geben Sie für alle Elemente des Ersatzschaltbildes die Bestimmungsgleichungen in Abhängigkeit der geometrischen Abmessungen an. Berücksichtigen Sie dabei eine mögliche Verschiebung Δz des Rotors.
- 2) Der Rotor befinde sich in axialen ($\Delta z=0$) und radialer ($\Delta r=0$) Mittelstellung und die beiden Ringspulen seien nicht bestromt. Wie groß darf r_1 maximal werden, wenn der radiallykraftbildende PM-Flussanteil auf maximal 10% des gesamten PM-Flusses beschränkt bleiben soll?
- 3) Das axiale Magnetlager liege bei $\Delta r=0$ und im rechten axialen Notlauflager, das einen maximale Auslenkung von $\Delta z=2$ mm zulässt. Welche resultierende Axialkraft wirkt auf den Rotor, wenn die Ringspulen nicht bestromt werden?

Aufgabe 2 – Drehzahlstellung über Erregerfeld Themenkreis: Gleichstrommaschine

Eine fremderregte Gleichstrommaschine mit folgendem Typenschild wird betrachtet. Es ist zu bemerken, dass das Typenschild lediglich die Nenndaten der Maschine beschreibt.

WINKELMANN			
Typ	GNI 80 10L/4		
G Mot.	Nr.	164511	
100	V	5	A
	cosφ		
1500	min ⁻¹		Hz
	V		A
Isol. Kl.	F	IP	23
			t



$$J_{GM} = 0.1 \text{ kgm}^2$$

$$J_{Last} = 0.2 \text{ kgm}^2$$

Bild 2: Typenschild und Daten

Bild 3: Gleichspannungssteller

Die Maschine kann als linear angenommen werden (d. h. keine Eisenverluste, verschwindende Induktivitäten, keine Reibung).

Der Motor wird stets mit der Nennspannung versorgt und mit einem von der Drehzahl linear abhängigen Moment $M_{Last} = k_m \cdot n$ ($k_m = 1 \text{ mNm pro U/min}$) belastet. R_A wird gemessen und beträgt 5Ω .

Aufgaben:

- 4) Berechnen Sie die Motorkonstante $c\phi$, das Nennmoment M_N , die Leerlaufdrehzahl n_0 , die elektrische Nennleistung P_N sowie die Drehzahl n_{BP1} und den Wirkungsgrad η_{BP1} der Maschine beim sich einstellenden Betriebspunkt.
- 5) Leiten Sie die Beziehung für die Drehzahl n bei Nennspannung als Funktion der Motorkonstante $c\phi$ her und berechnen Sie diese für $c\phi = \{0.1, 1, 2, 4, 6\} \text{ Vs}$. Stellen Sie das Ergebnis $n(c\phi)$ graphisch dar.

Aufgabe 3: Themenkreis Asynchronmaschine/Synchronmaschine

In einem kleinen Biomasse-Kraftwerk wird eine Synchronmaschine zur Energiegewinnung verwendet. Zusätzlich ist eine Asynchronmaschine in Betrieb, mit der Brennmaterial zerkleinert wird. Beide Maschinen werden in einem konstanten Arbeitspunkt betrieben.

Bei der **Asynchronmaschine (ASM)** handelt es sich um eine dreisträngige sternverschaltete Maschine mit Kurzschlussläufer am Drehstromnetz ($f = 50\text{Hz}$) mit einer effektiven Zwischenleiterspannung von $U_N = 400\text{V}$. Es sind folgende Daten gegeben:

Leerlaufpunkt			
Leerlaufstrom (gemessen)	$I_{0,eff}$	0,76	A
Leerlaufdrehzahl	n_0	1000	U/min
Kurzschlusspunkt (motorisch)			
Elektr. Wirkleistung	P_{PK}	2618	W
Kippunkt (motorisch)			
Kippmoment	M_{Kipp}	40	Nm

Der Statorwiderstand $R_s = 0\Omega$, Eisenverluste sind zu vernachlässigen.

Hinweis: Laut Vorlesungsskript gilt für die Koordinaten des Kreismittelpunktes x_M, y_M Folgendes:

$x_M = \rho \frac{1+\sigma}{1-\sigma}$ und $y_M = \rho \frac{2R_s}{X_s(1-\sigma)}$, wobei σ die Streuziffer und ρ den Radius des Ossannakreis definieren.

Die **Synchronmaschine (SM)** ist ebenfalls am Drehstromnetz ($f = 50\text{Hz}$) mit einer effektiven Zwischenleiterspannung von 400V angeschlossen und in Stern verschalten.

Aufgaben:

- 6) Wie viele Polpaare p_z hat die **Asynchronmaschine**?
- 7) Konstruieren Sie für die **Asynchronmaschine** die **Stromortskurve** (Ossannakreis) mit **Momenten-** und **Leistungslinie** aus den gegebenen Daten (keine Näherungskonstruktion!). **Beschriften** Sie alle Punkte und die Konstruktionslinien der zu bestimmenden Größen **vollständig!** Zeichnen Sie im **Querformat!**

Geben Sie folgende Größen explizit an:

Strommaßstab	$m_I = 0,76$	A/cm
Leistungsmaßstab	m_P	W/cm
Momentenmaßstab	m_M	Nm/cm
Kippschlupf des Motors	s_{Kipp}	

- 8) Die **Asynchronmaschine** wird bei einer Nenndrehzahl von $n_n = 900$ U/min betrieben. Berechnen Sie den zugehörigen Schlupf. Tragen Sie den Lastpunkt in den Ossannakreis ein und ermitteln Sie die elektrische Wirk- und Blindleistung, sowie den Wirkungsgrad der Maschine.
- 9) Im Nennpunkt der **Synchronmaschine** wird ein $\cos(\varphi_N) = -0,866$ (kapazitiv) gemessen. Der Statorstrom I_s ist dabei so eingestellt, dass die Blindleistung der Asynchronmaschine kompensiert wird. Berechnen Sie den Statorstrom.
- 10) Der Spannungsabfall an der Streureaktanz $U_{\sigma S,LL}$ sei 80V . Berechnen Sie die Streureaktanz $X_{\sigma SN}$.
- 11) Die effektive Polradspannung $U_{p,LL}$ im Nennpunkt beträgt 570V . Ermitteln Sie den Polradwinkel ϑ grafisch.

Hinweis: Der Index LL bezieht sich auf Leiter-Leiter Größen und Großbuchstaben bei Spannung und Strom bezeichnen stets Effektivwerte!