

1. Übung

Maschinen und Antriebe

DINC Atilla (11917652)

24. Oktober 2023

Angabe

Rotordurchmesser: $d_R = 30\text{cm} = 0,3\text{m}$

Eisenlänge: $l_{Fe} = 25\text{cm} = 0,25\text{m}$

Luftspalt: $\delta = 1,2\text{mm} = 0,0012\text{m}$

Zahnbreite: $b_Z = 180\text{mm} = 0,18\text{m}$

Jochbreite: $b_J = 11\text{cm} = 0,11\text{m}$

mittlerer Durchmesser des Jochs: $d_J = 550\text{mm} = 0,55\text{m}$

Windungszahl der Erregerwicklung: $N_E = 600$

Frage 1

Annahme: Eisen sei ideal permeabel $\mu_r \rightarrow \infty$

Erregerstrom I_E

Im Luftspalt soll die Flussdichte $B_\delta = 1,2\text{T}$ vorgegeben. Aus dem Durchflutungssatz folgt:

$$\begin{aligned}\Theta &= I_E \cdot N_E = H_L \cdot 2\delta \\ \Rightarrow I_E &= \frac{\frac{B_L}{\mu_0 \mu_r} 2\delta}{N_E} \approx 3,8197\text{A}\end{aligned}$$

Selbstinduktivität

Aus dem Durchflutungssatz wird ein Ausdruck hergeleitet, der Erregerstrom und magnetischen Fluss verknüpft.

$$\begin{aligned}I_E \cdot N_E &= H_L \cdot 2\delta = \frac{B_L}{\mu_0 \mu_r} \cdot 2\delta = \frac{\Phi}{\mu_0 \mu_r A} \cdot 2\delta \\ \Rightarrow L &= \frac{\Phi}{I_E} = \frac{N_E \mu_0 \mu_r A}{2\delta}\end{aligned}\tag{1}$$

Um die Krümmung des Rotors in der Fläche zu berücksichtigen muss wird die Bogenlänge des Luftspaltes bestimmt.

$$\text{Bogenlänge eines Kreissegments: } b = d \cdot \arcsin\left(\frac{s}{d}\right)$$

d ... Kreisdurchmesser

s ... Kreissehne

$$A_k = b \cdot l_{Fe} = (d_R + \delta) \arcsin\left(\frac{b_Z}{d_R + \delta}\right) \cdot l_{Fe} \approx 0,04823\text{m}^2$$

$$L = \frac{N_E \mu_0 \mu_r A_k}{2\delta} \approx 15,152\text{mH}$$

Erregerwiderstand und Verlustleistung

Zur Berechnung des Erregerwiderstandes wird die maximal zulässige Stromdichte J , der spezifische Widerstand von Kupfer ρ_{Cu} sowie dessen Temperaturabhängigkeit α gegeben:

$$J = 4 \frac{A}{mm^2}$$

$$\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{mm^2}{m} \dots \text{online herausgesucht weil in Letto nur der Leitwert gegeben ist}$$

$$\alpha = 0,00393 K^{-1}$$

Daraus können direkt folgende Größen bestimmt werden:

$$\bar{l} = 1,2 \cdot U_Z = 1,2 \cdot 2(b_Z + l_{Fe}) = 1,032m \dots \text{mittlere Leistungslänge pro Wicklung}$$

$$A_{Cu} = \frac{I_E}{J} = 0,95493 mm^2$$

$$R_{E,20} = \rho_{Cu} \cdot \frac{\bar{l} N_E}{A_{Cu}} = 11,542$$

$$R_{E,80} = R_{E,20} \cdot (1 + \alpha \cdot (60K)) = 14,263$$

$$P_{V,E,80} = I_E^2 \cdot R_{E,80} = 208,11W$$

Frage 2

Annahme: Eisen habe eine Permeabilität $\mu_{r,Fe} = 2000$

Luftspaltflussdichte

Der zuvor ermittelte Erregerstrom soll verwendet werden. Es wird wieder der Durchflutungssatz angewandt:

$$I_E \cdot N_E = H_Z \cdot l_Z + H_R \cdot d_R + H_J \cdot \frac{d_J \pi}{2} + H_L 2\delta$$

Weil Streuflüsse vernachlässigt werden dürfen, muss der Fluss in den unterschiedlichen Segmenten gleich bleiben (Satz des magn. Hüllenflusses). Deshalb kann mit den geometrischen Beziehungen die Flussdichte in allen Segmenten bestimmt werden.

$$\Phi_L = \Phi_Z \implies B_L \cdot A_L = B_Z \cdot A_Z \implies B_Z = B_L \frac{A_L}{A_Z}$$

$$\Phi_L = \Phi_R \implies B_L \cdot A_L = B_R \cdot A_R \implies B_R = B_L \frac{A_L}{A_R}$$

$$\frac{1}{2} \Phi_L = \Phi_J \implies \frac{1}{2} B_L \cdot A_L = B_J \cdot A_J \implies B_J = \frac{1}{2} B_L \frac{A_L}{A_J}$$

Die Querschnitte für die unterschiedlichen Segmente berechnen sich zu:

$$A_Z = b_z \cdot l_{Fe} = 0,045m^2$$

$$A_R = A_Z = 0,045m^2$$

$$A_J = b_J \cdot l_{Fe} = 0,0275m^2$$

$$A_L \approx 0,04823m^2$$

In den Durchflutungssatz einsetzen:

$$\begin{aligned} I_E \cdot N_E &= \frac{1}{\mu_0} \frac{1}{\mu_{r,Fe}} B_Z l_Z + \frac{1}{\mu_{r,Fe}} B_R d_R + \frac{1}{\mu_{r,Fe}} B_J \frac{d_J \pi}{2} + \frac{1}{\mu_{r,L} B_L 2\delta} \\ &= \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{1}{\mu_{r,Fe} B_L \frac{A_L}{A_Z}} l_Z + \frac{1}{\mu_{r,Fe}} B_L \frac{A_L}{A_R} d_R + \frac{1}{\mu_{r,Fe}} B_L \frac{A_L}{2A_J} \frac{d_J \pi}{2} + \frac{1}{\mu_{r,L}} B_L 2\delta \right) \\ &= \frac{B_L A_L}{\mu_0} \left(\frac{1}{\mu_{r,Fe}} \right) \end{aligned}$$