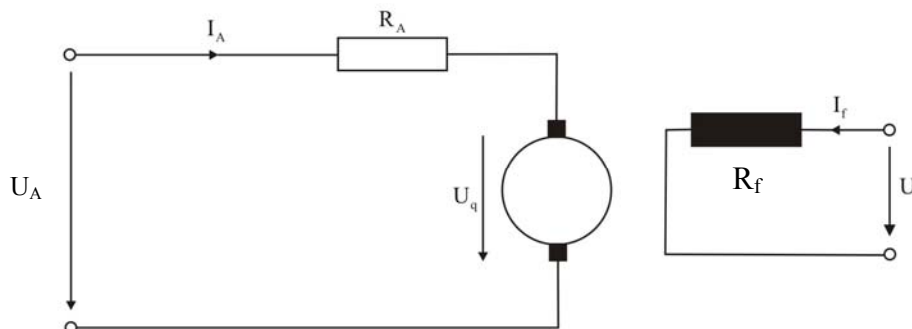


Elektrische Energietechnik

Lösungen des 2. Übungsblattes

1.) Ersatzschaltbild für stationären Betrieb: alle Ausgleichs- und Einschwingvorgänge sind beendet, d.h. alle Größen sind konstant.



2.) Drei Gleichungen für die Gleichstrommaschine:

- Maschengleichung:
$$U = I_A \cdot R_A + U_q \quad (1)$$

- Induktionsgesetz:
$$U_q = C_{\text{Masch}} \cdot \Phi \cdot n \quad (2)$$

Bemerkung: C_{Masch} ist die Maschinenkonstante.

- Leistungsbilanz:
$$M_i = \frac{C_{\text{Masch}}}{2\pi} \cdot \Phi \cdot I_A \quad (3)$$

Bemerkung zu Gl. (3): Lösen wir die Gl. (2) nach C_{Masch} auf und setzen diesen Wert in Gl. (3) ein, folgt:

$$M_i = \frac{U_q}{2\pi \cdot \cancel{\Phi} \cdot n} \cdot \cancel{\Phi} \cdot I_A = \frac{U_q \cdot I_A}{\omega} \Rightarrow \underbrace{M_i \cdot \omega}_{P_{\text{mech}}} = \underbrace{U_q \cdot I_A}_{P_{\text{el}}} \quad (\text{Leistungsbilanz})$$

Das Anlaufmoment kann anhand der Gl. (3) berechnet werden:

$$M_{i,\text{Anlauf}} = \frac{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi}{2\pi} \cdot I_A$$

$C_{\text{Masch}} \cdot \Phi$ in der Gleichung ist jedoch unbekannt und muss daher zunächst bestimmt werden.

Im Leerlauf gilt: $M_i = 0 \Rightarrow$ aus Gl. (3): $I_A = 0$

\Rightarrow aus Gl. (1): $U = U_q$

\Rightarrow aus Gl. (2): $U_q = U = C_{\text{Masch}} \cdot \Phi \cdot n_{01} = U_A$

\Rightarrow $C_{\text{Masch}} \cdot \Phi = \frac{U_A}{n_{01}}$

Nun setzen wir $C_{\text{Masch}} \cdot \Phi$ in Gl. (3) ein:

$$\begin{aligned} \Rightarrow M_{i,\text{Anlauf}} &= \frac{U_A}{2\pi \cdot n_{01}} \\ &= \frac{30\text{V}}{2\pi \cdot 125\text{min}^{-1}} \cdot 60\text{A} = \frac{30\text{V}}{2\pi \cdot 125 \frac{1}{60\text{s}}} \cdot 60\text{A} = \frac{30\text{V} \cdot 60\text{s}}{2\pi \cdot 125} \cdot 60\text{A} \\ &= 137,5 \text{ vAs} = \underline{137,5 \text{ Nm}} \end{aligned}$$

3.) Aus Gl. (2) haben wir im Leerlauf: $U_q = U = U_N = C_{\text{Masch}} \cdot \Phi \cdot n_{02}$

$\Rightarrow n_{02} = \frac{U_N}{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi}$

$C_{\text{Masch}} \cdot \Phi$ ist aus dem Aufgabenteil 2 bekannt.

$$\begin{aligned} \Rightarrow n_{02} &= U_N \cdot \frac{n_{01}}{U_A} \\ &= 220\text{V} \cdot \frac{125\text{min}^{-1}}{30\text{V}} \\ &= \underline{916,7 \text{ min}^{-1}} \end{aligned}$$

4.) In diesem Aufgabenteil ist die Nenndrehzahl n_N zu berechnen.

Bekannt sind: - Nennmoment: $M_N = 250\text{Nm}$
 - Nennerregung: $C_{\text{Masch}} \cdot \Phi = \frac{U_A}{n_{01}}$

- Ankerspannung: $U_A = U_N = 220\text{V}$

Lösen wir Gl. (3) nach I_A auf, erhalten wir folgende Gleichung, die wir **Gl. (4)** nennen:

$$I_A = \frac{2\pi}{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi} \cdot M_i \quad (4)$$

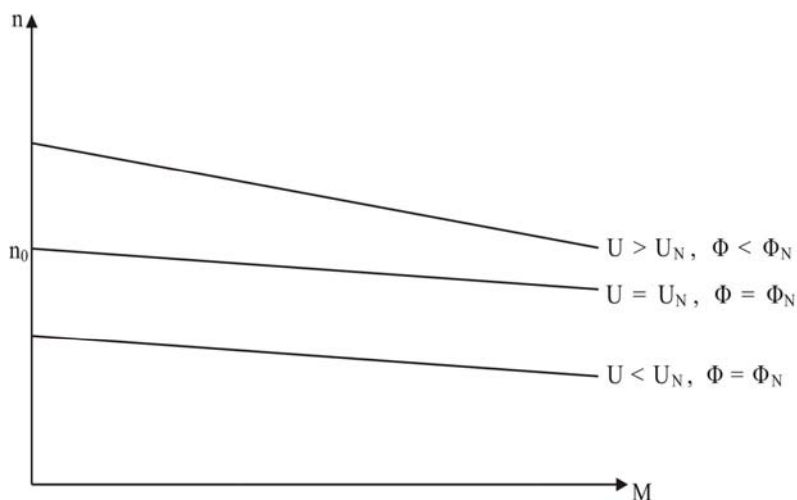
Nun setzen wir die Werte von I_A und U , die sich aus den Gleichungen (4) und (2) ergeben, in Gl. (1) ein:

$$\Rightarrow U = \frac{2\pi}{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi} \cdot M_i \cdot R_A + C_{\text{Masch}} \cdot \Phi \cdot n$$

$$\Rightarrow n = \underbrace{\frac{U}{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi}}_{\text{Leerlaufdrehzahl}} - M_i \cdot \underbrace{\frac{2\pi R_A}{(C_{\text{Masch}} \cdot \Phi)^2}}_{\text{Kennliniensteigung}}$$

Aus der oberen Gleichung ergibt sich die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie einer fremderregten Gleichstrommaschine. Für $\Phi = \text{konstant}$ ist der Faktor

$\frac{2\pi R_A}{(C_{\text{Masch}} \cdot \Phi)^2}$ auch konstant und gleich der Steigung der Kennlinie.



Laut dem Aufgabenteil 2 gilt für die letzte Gleichung:

$$n_A = 0 = n_{01} - M_{i,\text{Anlauf}} \cdot \frac{2\pi R_A}{(C_{\text{Masch}} \cdot \Phi)^2}$$

$$\begin{aligned}
\Rightarrow \frac{2\pi R_A}{(C_{\text{Masch}} \cdot \Phi)^2} &= \frac{n_{01}}{M_{i,\text{Anlauf}}} \\
\Rightarrow n_N &= \frac{U_N}{C_{\text{Masch}} \cdot \Phi} - M_N \cdot \frac{n_{01}}{M_{i,\text{Anlauf}}} \\
&= \frac{U_N}{U_A} \cdot n_{01} - M_N \cdot \frac{n_{01}}{M_{i,\text{Anlauf}}} \\
&= n_{01} \left(\frac{U_N}{U_A} - \frac{M_N}{M_{i,\text{Anlauf}}} \right) \\
&= 125 \text{min}^{-1} \left(\frac{220\text{v}}{30\text{v}} - \frac{250\text{Nm}}{137,5\text{Nm}} \right) \\
&= \underline{689,4 \text{min}^{-1}}
\end{aligned}$$

5.) Aus Gl. (3):

$$\begin{aligned}
\frac{M_{i,\text{Anlauf}}}{I_{\text{Anlauf}}} &= \frac{M_N}{I_N} = \frac{C_{\text{Masch}}}{2\pi} \cdot \Phi \\
\Rightarrow I_N &= \frac{M_N}{M_{i,\text{Anlauf}}} \cdot I_{\text{Anlauf}} \\
&= \frac{250\text{Nm}}{137,5\text{Nm}} \cdot 60\text{A} \\
&= \underline{109\text{A}}
\end{aligned}$$