Lösungsvorschlag Übung 4 - Universalmotor

1. Moment an der Welle: $M = M_{el} - M_{\text{Reibung}}$ mit $M_{el} = c \cdot \phi \cdot I = c_1 \cdot I^2$

   Spannungsgleichung: $\underline{U} = \underline{U}_i + (R_a + R_e)\,\underline{I} + j\omega(L_a + L_e)\,\underline{I}$

   ω ist dabei die Kreisfrequenz der speisenden Spannung $\underline{U}$.
   Die mechanische Kreisfrequenz ω_m ist unabhängig davon.

   Im **Stillstand** gilt $U_i = c \cdot \phi \cdot \omega_m = 0$ und damit:

   $$I = |\underline{I}| = \frac{|\underline{U}|}{|\underline{Z}|} = \frac{U}{\sqrt{(R_a + R_e)^2 + \omega^2 (L_a + L_e)^2}} = \underline{6.44\,A}$$

   $$M = c_1\, I^2 - M_{\text{Reibung}} = 0.28 \frac{Vs}{A} 6.44^2\, A^2 - 0.8 Nm = \underline{\underline{10.8\, Nm}}$$

2. Im **Leerlauf** gilt: $M = M_{el} - M_{\text{Reibung}} = 0$ und damit $M_{el} = M_{\text{Reibung}}$

   $M_{el} = c \cdot \phi \cdot I = c_1 \cdot I^2$ und daraus $I = \sqrt{\frac{M_{\text{Reibung}}}{c_1}} = \sqrt{\frac{0.8}{0.28} \frac{Nm}{Vs}} A = \underline{1.69 A}$

   Nach Pythagoras gilt: $U^2 = (U_i + (R_a + R_e)\, I)^2 + (\omega (L_a + L_e)\, I)^2$

   und daraus: $U_i = \sqrt{U^2 - (\omega (L_a + L_e)\, I)^2} - (R_a + R_e)\, I) = \underline{207.3 V}$

   Mit $U_i = c \cdot \phi \cdot \omega_m$ folgt

   $$\omega_m = \frac{U_i}{c\phi} = \frac{U_i}{c_1 I} = 438 \frac{1}{s} \quad \text{und} \quad n = \frac{60}{2\pi}\omega_m = \frac{60}{2\pi}\frac{U_i}{c_1 I} = \underline{\underline{4183 \frac{1}{\min}}}$$

3. $n = 800\,\frac{1}{\min}$ und somit $\omega_m = \frac{2\pi}{60} n = 83.8\,\frac{1}{s}$

$$U^2 = (U_i + (R_a + R_e)\,I)^2 + \,(\omega(L_a + L_e)\,I)^2$$

$$U^2 = (c_1\omega_m + R_a + R_e)^2 I^2 + \,\omega^2\,(L_a + L_e)^2 I^2$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{(c_1\omega_m + R_a + R_e)^2 + \,\omega^2\,(L_a + L_e)^2}} = \underline{4.85\,A}$$

$$M = c_1\,I^2 - M_{\text{Reibung}} = 0.28\frac{Vs}{A}4.85^2\,A^2 - 0.8Nm = \underline{5.8\,Nm}$$

$$P_{ab} = P_m = M \cdot \omega_m = \underline{\underline{485W}}$$

oder:

$$P_{ab} = U_i I - P_{\text{Reibung}} = c\phi\omega_m I - M_{\text{Reibung}}\omega_m = c_1 I^2 \omega_m - M_{\text{Reibung}}\omega_m = \underline{\underline{485W}}$$

4. $\eta = \frac{P_{abgegeben}}{P_{aufgenommen}} = \frac{P_m}{P_m + P_{Verlust}} = \frac{P_m}{P_m + (R_a + R_e)I^2 + M_{\text{Reibung}}\omega_m}$

$$\eta = \frac{485}{485 + (2+7)\,4.85^2 + 0.8 \cdot 83.3}\left[\frac{W}{W + \Omega A^2 + Nm/s}\right] = \underline{\underline{63\%}}$$

5. $\lambda = \frac{P_{aufgenommen}}{S_{aufgenommen}} = \frac{P_m + P_{Verlust}}{U \cdot I} = \frac{485 + (2+7)\,4.85^2 + 0.8 \cdot 83.3}{230 \cdot 4.85}\left[\frac{W + \Omega A^2 + Nm/s}{V \cdot A}\right] = \underline{\underline{0.69}}$

6. Die Stromrichtung in der Erregerwicklung muss im Vergleich zur Stromrichtung in der Ankerwicklung umgepolt werden.