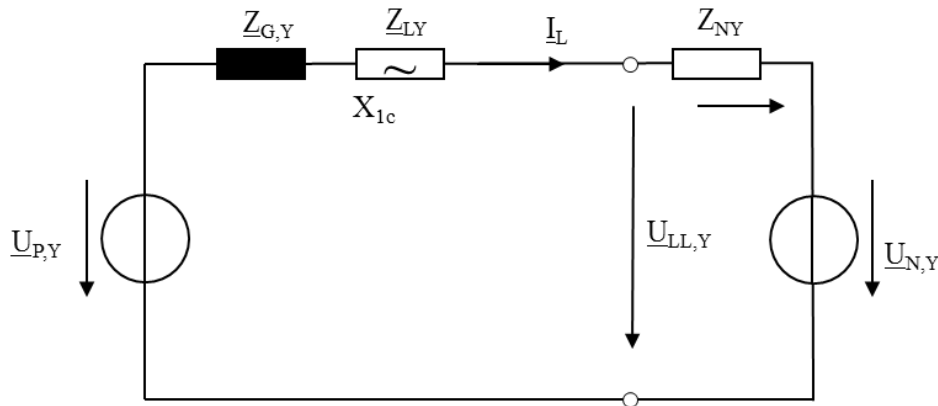


Aufgabe 1

(12 Punkte)

a) Ersatzschaltbild (1 Punkt):



$$U_{N,Y} = \frac{U_{N,\text{Strang},\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{690 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 398 \text{ V} \quad (1 \text{ Punkt})$$

$$Z_{N,Y} = \frac{Z_{N,\text{Strang},\Delta}}{3} = \frac{1}{3} \Omega \quad (1 \text{ Punkt})$$

b) Scheinleistung (2 Punkte) :

$$\underline{S}_N = 3 \cdot \underline{U}_{NY} \cdot \underline{I}_L^*$$

$$\underline{I}_L = \frac{\underline{U}_{P,Y} - \underline{U}_{N,Y}}{\underline{Z}_{\text{Gesamt}}}$$

$$\underline{Z}_{\text{Gesamt}} = \underline{Z}_{G,Y} + \underline{Z}_{L,Y} + \underline{Z}_{N,Y}$$

$$\Rightarrow \underline{S}_N = 3 \cdot \underline{U}_{NY} \cdot \left(\frac{\underline{U}_{P,Y} - \underline{U}_{N,Y}}{\underline{Z}_{\text{Gesamt}}} \right)^*$$

$$\underline{S}_N = 3 \cdot \frac{\underline{U}_{NY} \cdot \underline{U}_{P,Y}^* - U_{N,Y}^2}{\underline{Z}_{G,Y} + \underline{Z}_{L,Y} + \underline{Z}_{N,Y}^*}$$

c) Phasenlage und Strom (2 Punkte):

Für reine Wirkleistung muss $\underline{U}_{LL,Y}$ und \underline{I}_L in Phase sein !Da $\underline{Z}_{N,Y}$ reell ist, ist \underline{I}_L auch in Phase mit $\underline{U}_{N,Y}$!

$$P_W = 3 \cdot \underline{I}_L \cdot \underline{U}_{L,Y}, \quad \underline{U}_{L,Y} = \underline{Z}_{N,Y} \cdot \underline{I}_L + \underline{U}_{N,Y}$$

$$P_W = 3 \underline{I}_L \cdot \underline{U}_{N,Y} + 3 \underline{I}_L^2 \cdot \underline{Z}_{N,Y}$$

$$0 = \underline{I}_L^2 + \frac{\underline{U}_{N,Y}}{\underline{Z}_{N,Y}} \underline{I}_L - \frac{P_W}{3 \underline{Z}_{N,Y}}$$

$$\underline{I}_{L1,2} = (-597 \pm 1165) \text{ A}$$

$$\underline{I}_{L1} = 568 \text{ A}, \quad \underline{I}_{L2} = -1762 \text{ A} \rightarrow \text{nicht möglich}$$

$$\Rightarrow \underline{I}_L = 568 \text{ A}$$

d) Polradspannung (2 Punkte):

$$\begin{aligned}\underline{Z}_{\text{Gesamt}} &= \underline{Z}_{G,Y} + \underline{Z}_{L,Y} + \underline{Z}_{N,Y} \\ &= (11j + (4 + 3j) + 0,33)\Omega = (4,33 + 14j)\Omega\end{aligned}$$

$$\underline{U}_{P,Y} = U_{N,Y} + I_L \cdot \underline{Z}_{\text{Gesamt}} = 8450\text{V} \cdot e^{j70^\circ} (= 8294\text{V} \cdot e^{j70^\circ})$$

e) Phasenwinkel (1 Punkt):

Der Phasenwinkel wird kleiner (Betragsmäßig) / wird kapazitiver

f) Verstellung der Polradspannung (1 Punkt):

U_p kann durch I_f verändert werden.

n bzw. f_1 darf nicht verändert werden wegen der 50Hz Netzvorgabe.

g) Symmetrische Komponenten (1 Punkt):

M: Mit-System

G: Gegen-System

O: Null-System

Aufgabe 2

b) Durchflutungsgesetz:

$$0 = 2 \cdot H_m \cdot l_m + 2 \cdot H_\delta \cdot l_\delta \quad (1 \text{ Punkt})$$

$$B_m = B_\delta = \mu_0 \cdot H_\delta$$

$$B_m = -\mu_0 \cdot \frac{l_m}{l_\delta} H_m \quad (1 \text{ Punkt})$$

- analytisch:

$$(I) B_m = \frac{H_c}{B_r} H_m + B_r$$

$$(II) B_m = -\mu_0 \cdot \frac{l_m}{l_\delta} H_\delta$$

 H_m bei (I)& (II)

gleichsetzen:

$$B_m = 0,251 \text{ T} \quad (1 \text{ Punkt})$$

- Ferrite (1 Punkt)

$$c) \Psi_p = B_m \cdot A_p \cdot W_1 = 0,251 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 100 = 5,1 \text{ mVs}$$

$$f_1 = 1500 \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot 2 = 50 \text{ Hz}$$

$$U_1 = \Psi_p \cdot \omega_1 = 1,6 \text{ V}$$

d)

$$f_1 = n_1 \cdot P$$

$$n_1 = \frac{f_1}{P} = \frac{50 \text{ Hz}}{30} = 1,66 \frac{1}{\text{s}}$$

$$n_1 = 1,66 \frac{1}{\text{s}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 100 \text{ min}^{-1}$$

$$U_p = j \cdot \omega_1 \cdot L_h \cdot I_f' \Rightarrow$$

.Drehzahl ω_1 Erregung I_f

Aufgabe 3:

a)

Die Kippdrehzahl muss unterhalb der Leerlaufdrehzahl liegen. Bei $p=2$ ergibt sich eine Leerlaufdrehzahl von 1800 min^{-1} , was gut zur Kippdrehzahl passt. Der Kippschlupf kann schon hier ermittelt und verwendet werden.

$$I_{W_{\text{Kipp}}} = \frac{P_{W_{\text{Kipp}}}}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{2\pi \cdot M_{\text{Kipp}} \cdot n_0}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{2\pi \cdot M_{\text{Kipp}} \cdot n_{\text{Kipp}}}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot (1 - s_{\text{Kipp}})} = 256,95 \text{ A}$$

Es kann n_0 oder n_{Kipp} mit der Berücksichtigung von s_{Kipp} verwendet werden, da die mechanische Leistung P_m und die elektrische Verlustleistung im Rotor aus dem **Wirkanteil des Kippstromes** resultieren.

$$\text{Hier im Bsp: } P_{\text{mech, Kipp}} = (1 - s_{\text{Kipp}}) \cdot P_{1, \text{Kipp}} \quad \text{und} \quad P_{V2, \text{Kipp}} = s_{\text{Kipp}} \cdot P_{1, \text{Kipp}}$$

$I_{W_{\text{Kipp}}}$ entspricht dem Kreisradius, bei 50 A/cm sind das $5,14 \text{ cm}$.

b)

$$p=2$$

$$s_{\text{Kipp}} = \frac{n_0 - n_{\text{Kipp}}}{n_0} = 0,1667$$

c)

Lösungen durch Anlegen des Geodreiecks werden positiv gewertet.

$$\text{Wert des Kurzschlussstrom: } \underline{I}_K = 555 \text{ A} \cdot e^{-j81^\circ}$$

Moment im Kurzschlusspunkt:

Realteil des Stroms ablesen oder berechnen:

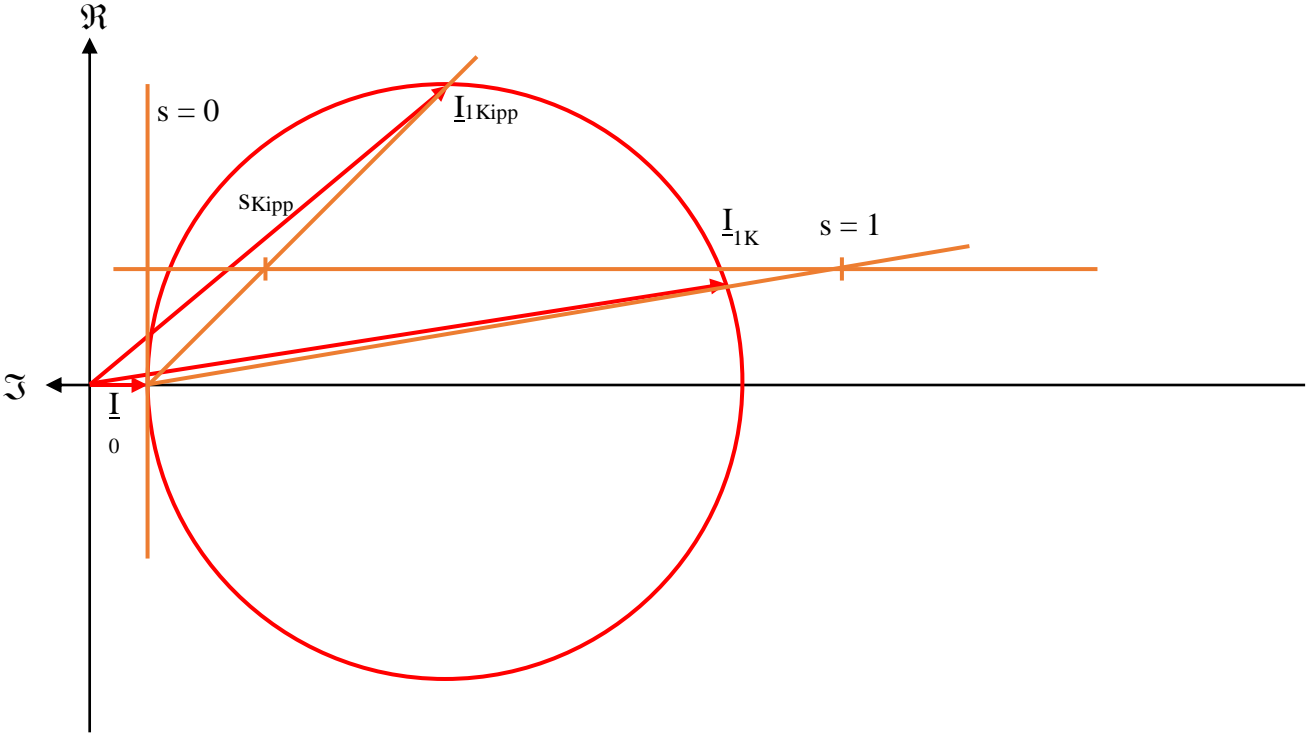
$$I_{W, K} = 1,7 \text{ cm} \cdot 50 \text{ A/cm} = 85 \text{ A} \text{ bzw.}$$

$$I_{W, K} = 555 \text{ A} \cdot \cos(-81^\circ) = 86,8 \text{ A}$$

$$M_K = M_{\text{Kipp}} \frac{\Re\{\underline{I}_K\}}{I_{W_{\text{Kipp}}}} = 2,81 \text{ kNm}$$

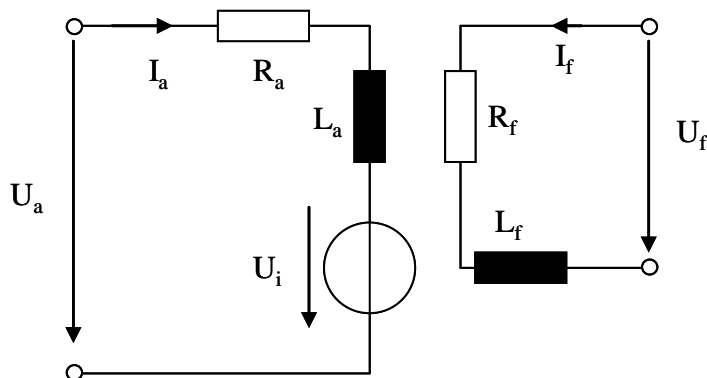
d)

Vorwiderstand, Erhöhung des Widerstands durch Stromverdrängung oder Betrieb mit einem Stromrichter



Aufgabe 4:

a)



$$M_N = \frac{P_N}{2\pi \cdot n_N} = \frac{143 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1800 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 758,63 \text{ Nm}$$

$$M_N = \frac{K \cdot \Phi}{2\pi} I_{aN}$$

$$\frac{K \cdot \Phi}{2\pi} = 1,92 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{rad}}$$

b) $P_{Va,N} = P_{aN} - P_{mechN} = U_{aN} \cdot I_{aN} - P_N = 400 \text{ V} \cdot 395 \text{ A} - 143 \text{ kW} = 15 \text{ kW}$

$$R_a = \frac{P_{Va,N}}{I_{aN}^2} = \frac{15 \text{ kW}}{(395 \text{ A})^2} = 96 \text{ m}\Omega$$

$$P_{Vf,N} = U_{fN} \cdot I_{fN} = 1000 \text{ W}$$

c) $U_i \sim I_f \cdot n$

$$\frac{U_{ic}}{U_{iN}} = \frac{n_c}{n_N} \cdot \frac{I_{fc}}{I_{fN}}$$

$$U_{ic} = U_{iN} \cdot \frac{n_c}{n_N} \cdot \frac{I_{fc}}{I_{fN}} = \frac{n_c}{n_N} \cdot \frac{U_{aN} - I_{aN} \cdot R_a}{I_{fN}} \cdot I_{fc} = \frac{2300 \text{ min}^{-1}}{1800 \text{ min}^{-1}} \cdot \frac{400 \text{ V} - 395 \text{ A} \cdot 0,096 \Omega}{4 \text{ A}} \cdot 3 \text{ A} = 346,725 \text{ V}$$

$$P_{ic} = U_{ic} \cdot I_{fc}$$

$$I_{ac} = \frac{95 \text{ kW}}{346,72 \text{ V}} = 273,99 \text{ A (den zulässigen Ankerstrom wird nicht überschritten)}$$

$$U_{ac} = U_{ic} + I_{ac} \cdot R_a = 372,93 \text{ V (374 V mit } R_a = 100 \text{ m}\Omega)$$

(Nein, die zulässige Ankerspannung wird nicht überschritten)

d) L-, L+

-Bei einer Ausführung nach Schutzklasse II dürfen elektrische Geräte auch ohne Erdung betrieben werden. In diesem Fall ist eine zweite Isolation erforderlich, die bei Versagen der

ersten Isolation einen Berührungsschutz bietet (z. B. Kleingeräte mit Kunststoffgehäuse wie Staubsauger, Handbohrmaschinen etc.).

- nein, ein Gerät Mit IP00 darf man nicht in Freien aufstellen!