

## Aufgabe 1

a)

Umformung des Netzes in Stern-ESB:

$$\underline{Z}_{N,Y} = \frac{1}{3} \Omega \cdot e^{i25^\circ} = (0,3021 + j0,1409) \Omega$$

$$U_{N,Y} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 230,9 \text{ V}$$

Zerlegung der Verbraucherimpedanz in Real- und Imaginärteil:

$$\underline{Z}_{V,Y} = 50 \Omega \cdot e^{i35^\circ} = 40,96 + j28,68 \Omega$$

$$I_1 = \frac{U_{N,Y}}{|\underline{Z}_{V,Y} + \underline{Z}_{N,Y}|} = \frac{230,9 \text{ V}}{|41,26 + j28,82| \Omega} = 4,589 \text{ A}$$

$$I_{N,\text{Str}} = I_{L1} / \sqrt{3} = 2,649 \text{ A}$$

$$U_{V,\text{Str}} = I_1 \cdot Z_{V,Y} = 229,4 \text{ V}$$

b)

Blindleistungskompensation, d. h. die Admittanz von Verbraucher und Kondensator muss reell werden:

$$\underline{Y}_{C,Y} = -j \Im \left\{ \frac{1}{\underline{Z}_{V,Y}} \right\} = -j 11,5 \text{ mS}$$

$$C_Y = \frac{Y_{C,Y}}{2\pi \cdot f} = \frac{11,5 \text{ mS}}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 36,5 \mu\text{F}$$

c)

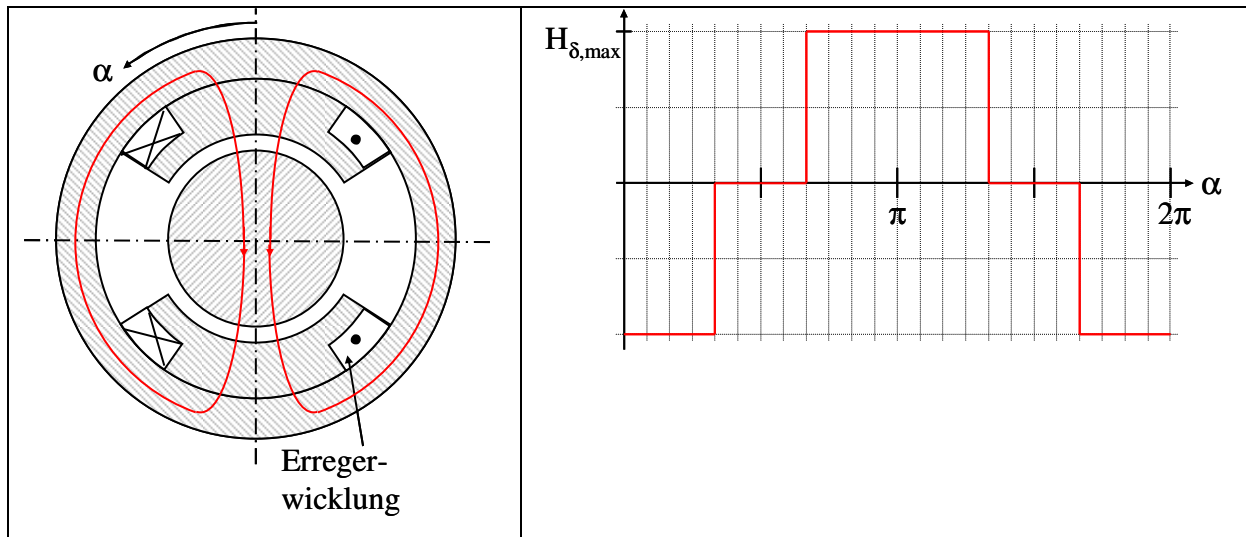
Umwandlung der mit L2 und L3 verbundenen Elemente in eine Ersatzspannungsquelle ergibt:

$$\underline{U}_E = \frac{\underline{U}_V + \underline{U}_W}{2} = -\frac{\underline{U}_U}{2}; \underline{Z}_E = \frac{\underline{Z}_{N,Y} + \underline{Z}_{V,Y}}{2}$$

$$\underline{I}_{IK} = \frac{\underline{U}_U - \underline{U}_E}{\underline{Z}_{N,Y} + \underline{Z}_E} = \frac{1,5 \cdot 230,9 \text{ V}}{1,5 \cdot (0,3021 + j0,1409) \Omega + (40,96 + j28,68) \Omega} = 6,86 \text{ A} \cdot e^{-j34,9^\circ}$$

Aufgabe 2:

a) und b)



$$H_{\delta} = \frac{w_f \cdot I_f}{2 \cdot \delta} = \frac{100 \cdot 1 \text{ A}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 50 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$$

c)

$$\Phi_p = B_{\delta} \cdot A_{\delta} = \mu_0 \cdot H_{\delta} \cdot A_{\delta} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 50 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{m}} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 314 \mu \text{Vs}$$

### Aufgabe 3:

a)

$$X_{T,Y} = u_k \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = 12,1 \, \Omega \text{ (rein induktiv)}$$

$$\ddot{u} = 110 / 20 = 5,5$$

b)

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{S}^*}{U_1} = \frac{(40 - j30) \text{ MVA}}{(110/\sqrt{3}) \text{ kV}} = (630 - j472) \text{ A}$$

$$U_2' = U_{IN} + \underline{I}_1 \cdot jX_{T,Y} = (63,3 + 5,7 + j7,6) \text{ kV} = 69,4 \text{ kV} \cdot e^{j6,3^\circ}$$

$$U_2 = \frac{1}{\ddot{u}} \cdot U_2' = 12,6 \text{ kV}$$

$$U_{2LL} = U_2 \cdot \sqrt{3} = 21,9 \text{ kV}$$

c)

$$I_K = \ddot{u} \cdot \frac{U_2'}{X_{T,Y}} = 31,5 \text{ kA}$$

$X_{T,Y}$  begrenzt den Kurzschlussstrom auf den etwa 20-fachen Bemessungsstrom.

#### Aufgabe 4:

a)

Sternschaltung

$$M_N = \frac{P_N}{2\pi \cdot n_N} = \frac{22 \text{ kW} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{2\pi \cdot 960 \text{ min}^{-1}} = 219 \text{ Nm}$$

b)

$$\underline{I}_{1N} = 44 \text{ A} \cdot (0,84 - j\sqrt{1-0,84^2}) = (37,0 - j23,9) \text{ A} \Rightarrow 1,85 - j1,19 \text{ cm}$$

$$I_{\text{WKipp}} = \Re\{\underline{I}_{1N}\} \cdot \frac{M_{\text{Kipp}}}{M_N} = 37,0 \text{ A} \cdot \frac{480 \text{ Nm}}{219 \text{ Nm}} = 81,1 \text{ A} \Rightarrow 4,05 \text{ cm}$$

Zeichnerische Lösung: Einzeichnen  $\underline{I}_{1N}$ , Kreis mit  $I_{\text{WKipp}}$ : Schnittpunkt mit neg. imaginärer Achse ergibt Mittelpunkt des Kreises; s. Blatt

Rechnerische Lösung:

Kreismittelpunkt  $\underline{I}_M$ :

$$\underline{I}_M = \Im\{\underline{I}_{1N}\} - j \cdot \sqrt{I_{\text{WKipp}}^2 - \Re\{\underline{I}_{1N}\}^2} = -j102,1 \text{ A}; \underline{I}_0 = \underline{I}_M + jI_{\text{WKipp}} = -j21 \text{ A}$$

$$\underline{I}_\infty = \underline{I}_M - j\Im\{\underline{I}_{\text{WKipp}}\} = -j183,2 \text{ A}$$

c)

$$\frac{M}{M_{\text{Kipp}}} = \frac{2}{\frac{s_{\text{Kipp}}}{s} + \frac{s}{s_{\text{Kipp}}}} \Rightarrow s^2 - \frac{2M_{\text{Kipp}}}{M} \cdot s \cdot s_{\text{Kipp}} + s_{\text{Kipp}}^2 = 0$$

$$s_{\text{Kipp}} = \left( \frac{M_{\text{Kipp}}}{M_N} + \sqrt{\left( \frac{M_{\text{Kipp}}}{M_N} \right)^2 - 1} \right) \cdot s_N = 4,03 \cdot s_N = 16,16 \% \text{ und}$$

$$s_c = \left( \frac{M_{\text{Kipp}}}{M_c} - \sqrt{\left( \frac{M_{\text{Kipp}}}{M_c} \right)^2 - 1} \right) \cdot s_{\text{Kipp}} = 0,422 \cdot s_{\text{Kipp}} = 6,83 \%$$

$$\Rightarrow n = 931 \text{ min}^{-1}$$

### Aufgabe 5:

a)

$$p = f_N/n_N = 2$$

$$X_1 = \frac{U_N}{I_N \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{1}{K_C} = 5,2 \, \Omega$$

$$S_N = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_N = 351 \text{ MW}$$

$$I_N \cdot X_1 = 39 \text{ kV}$$

$$U_{PN} = \sqrt{(U_{NY} + I_N \cdot X_1 \cdot \sin \varphi_N)^2 + (I_N \cdot X_1 \cdot \cos \varphi_N)^2} = 49 \text{ kV (Sternspannung)}$$

b)

$$I_b = \frac{Q_b}{\sqrt{3} \cdot U_N} = j2138 \text{ A}$$

$$I_b \cdot X_1 = 11,1 \text{ kV}$$

$$U_{pb} = U_{NY} + \Im\{I_b\} \cdot X_1 = 26,7 \text{ kV}$$

$$I_{fb} = \frac{U_{pb}}{U_{PN}} \cdot I_{fN} = 109 \text{ A}$$

c)

Leistung der Turbine erhöhen; Polradspannung erhöhen.

### Aufgabe 6:

a)

$$P_{N,el} = \frac{P_{N,mechanisch}}{\eta_N} = 714 \text{ W}$$

$$I_{aN} = \frac{P_N}{\eta_N \cdot \cos\varphi_N \cdot U_N} = 3,88 \text{ A}$$

$$R_a + R_f = \frac{P_{N,el} - P_N}{I_N^2} = 14,3 \text{ } \Omega$$

$$X_a + X_f = \frac{Q_{NI}}{I_N^2} = 35,6 \text{ } \Omega$$

b)

$$I_k = \frac{U_N}{\sqrt{(R_a + R_f)^2 + (X_a + X_f)^2}} = 6,0 \text{ A}$$

$$M_N = \frac{P_N}{2\pi \cdot n_N} = 1,59 \text{ Nm}$$

$$M_K = \frac{I_k^2}{I_N^2} \cdot M_N = 3,8 \text{ Nm}$$

c)

$$I = \sqrt{\frac{M}{M_N}} \cdot I_N = 2,18 \text{ A}$$

$$U_{i,N} = \sqrt{U_N^2 - (X_a + X_f)^2 \cdot I_N^2} - (R_a + R_f) \cdot I_N = 129 \text{ V}$$

$$U_i = U_{i,N} \cdot \frac{n}{n_N} \cdot \frac{I}{I_N} = 12,9 \text{ V}$$

$$U = \sqrt{(U_i + (R_a + R_f) \cdot I)^2 + (X_a + X_f)^2 \cdot I^2} = 88,8 \text{ V}$$