Ein in Sternschaltung betriebener Drehstromturbogenerator arbeitet am starren Netz:

Maschinendaten:	P_N = 100 MW	$n_N = 3000\,\mathrm{min}^{-1}$
	$U_{\Delta N}$ = 10,5 kV	f = 50 Hz
	I_N = 6870 A	x_d = 2

Der Generator wird im Nennpunkt übererregt betrieben.

Der ohmsche Widerstand der Ständerwicklung und deren Streuung sowie Verluste und Sättigungseffekte im Eisen sind zu vernachlässigen.

a) Bestimmen Sie den Absolutwert der synchronen Reaktanz X_d.

b) Zeichnen Sie das vollständige Strom-Spannungs-Zeigerdiagramm für den Nennpunkt (Erzeugerzählpfeilsystem***). Spannungsmaßstab:*** $2000\ \mathrm{V} \mathrel{\hat{=}} 1\,\mathrm{cm}$ ***, Strommaßstab:*** $2000\ \mathrm{A} \mathrel{\hat{=}} 1\,\mathrm{cm}$

c) Berechnen Sie aus den geometrischen Verhältnissen des Zeigerbildes die Nennpolradspannung U_{pN} und den Nennpolradwinkel ϑ_N.

d) Zeichnen Sie den vollständigen Momentenverlauf der Maschine in Abhängigkeit vom Polradwinkel ϑ bei Nennerregung und Nennspannung und tragen Sie den Arbeitspunkt bei Nennbetrieb und den Kipppunkt ein (mit Zahlenwerten).

e) Der Synchrongenerator soll leerlaufend als Phasenschieber verwendet werden. Welche induktive Blindleistung kann maximal ins Netz geliefert bzw. vom Netz bezogen werden, wenn der Erregerstrom zwischen Null und dem Nennwert verändert werden kann?

Lösung:

a) $x_d = \dfrac{I_{SN}}{U_{SN}} \cdot X_d \Rightarrow X_d = \dfrac{U_{SN}}{I_{SN}} \cdot x_d$ (19.8)

$X_d = \dfrac{U_{\Delta N} / \sqrt{3}}{I_N} \cdot x_d = \dfrac{10{,}5\text{kV}\ \sqrt{3}}{6870\text{A}} \cdot 2 = \underline{\underline{1{,}76\ \Omega}}$ (Sternschaltung)

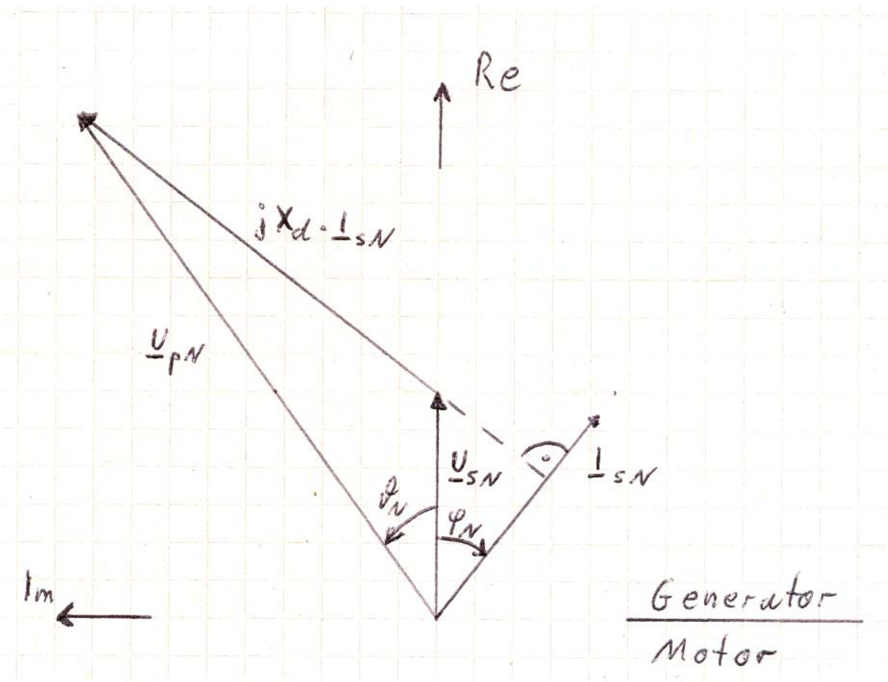
b) $\cos\varphi = \dfrac{P_N}{S_N} = \dfrac{100\ \text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot U_{\Delta N} \cdot I_N} = \dfrac{100\ \text{MVA}}{125\ \text{MVA}} = 0{,}8$

$\Rightarrow \varphi = -36{,}8°$ (im EZS bedeutet nacheilender Strom Abgabe von ind. Blindleistung)

$\underline{U}_S = \dfrac{U_{\Delta N}}{\sqrt{3}} = 6062\ \text{V} \mathrel{\widehat{=}} 3\ \text{cm}$ (Phasenlage 0°)

$\underline{I}_S = I_N \cdot e^{-j36{,}8°} = 6870\text{A} \cdot e^{-j36{,}8°} \mathrel{\widehat{=}} 3{,}4\ \text{cm} \quad \angle -36{,}8°$

Skizze:



c) $\underline{U}_{pN} = \underline{U}_S + jX_d \cdot \underline{I}_{SN} = 6062\ \text{V} + 1{,}76\ \Omega \cdot 6870\text{A} \cdot e^{j53{,}2°}$

$= 6062\ \text{V} + 12091\ \text{V} \cdot e^{j53{,}2°} = (6062 + 7243)\ \text{V} + j9682\ \text{V}$

$= \underline{\underline{16455\ \text{V} \cdot e^{j36°}}} \mathrel{\hat{=}} 8{,}2\ \text{cm} \quad \angle\, 36°$

oder

$$U_{pN} = \sqrt{\left(I_{SN} \cdot X_d \cdot \cos\varphi_N\right)^2 + \left(I_{SN} \cdot X_d \cdot \sin\varphi_N + U_{SN}\right)^2} = \underline{\underline{16455\ \text{V}}}$$

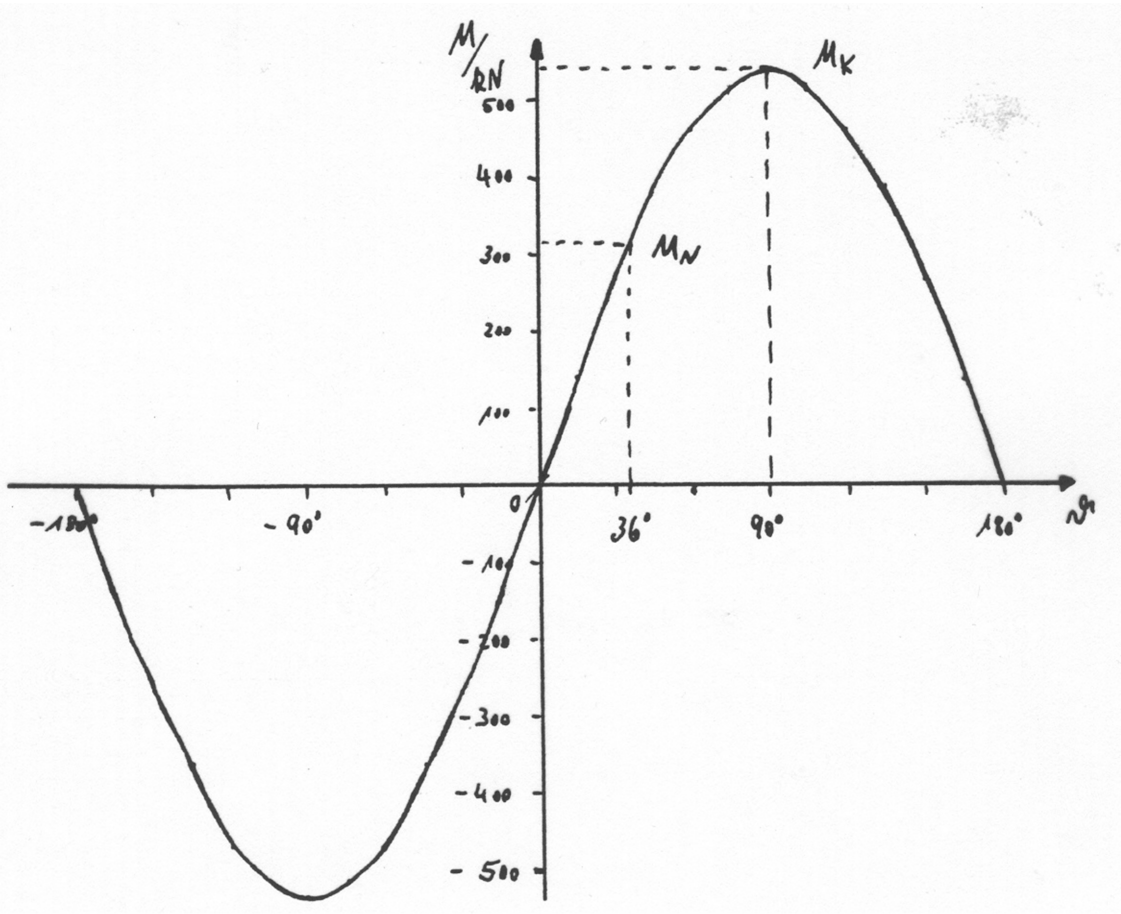
$$\sin\vartheta_N = \frac{I_{SN} \cdot X_d \cdot \cos\varphi_N}{U_{pN}} = 0{,}588 \quad \Rightarrow \underline{\underline{\vartheta_N = 36°}}$$

d) $M_i = \frac{m_s \cdot p}{\omega_{sN}} \cdot \frac{U_{SN} \cdot U_{pN}}{X_d} \cdot \sin\vartheta \qquad , \quad m_s = 3 \quad , \quad n_N = 3000\,\text{min}^{-1} \Rightarrow p = 1$

$$= \frac{3 \cdot 1}{2\pi \cdot 50 s^{-1}} \cdot \frac{10{,}05\,\text{kV}}{1{,}76\ \Omega} \cdot \sin\vartheta$$

$$= 543\ \text{kN} \cdot \sin\vartheta = M_{iK} \cdot \sin\vartheta \Rightarrow \underline{\underline{M_{iK} = 543\ \text{kN}}}$$

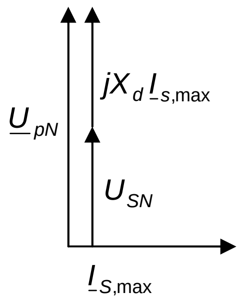
$$M_{iN} = M_{iK} \cdot \sin\vartheta_N = 543\,\text{kN} \cdot \sin 36° = \underline{\underline{319\ \text{kN}}}$$



e) Erregerstrom maximal: $U_{p,\max} = U_{pN} = 16455\,V$

$$\Rightarrow \underline{I}_{S,\max} = \frac{\underline{U}_p - \underline{U}_S}{jXd} = -j\,\frac{16455\mathrm{V} - 6062\mathrm{V}}{1{,}76\Omega} = -j5905\mathrm{A}$$

$$Q_{\max} = 3 \cdot \mathrm{Im}\left\{\underline{U}_s \cdot \underline{I}_s^*\right\} = \underline{\underline{107{,}4\ \mathrm{MVAr}}}$$



Erregerstrom minimal: $U_{p,\min} = 0$

$$\Rightarrow \underline{I}_{S,\min} = \frac{\underline{U}_S}{jXd} = j\,\frac{6062\mathrm{V}}{1{,}76\Omega} = j3444\mathrm{A}$$

$$Q_{\min} = 3 \cdot \mathrm{Im}\left\{\underline{U}_s \cdot \underline{I}_s^*\right\} = \underline{\underline{-62{,}6\ \mathrm{kVAr}}}$$