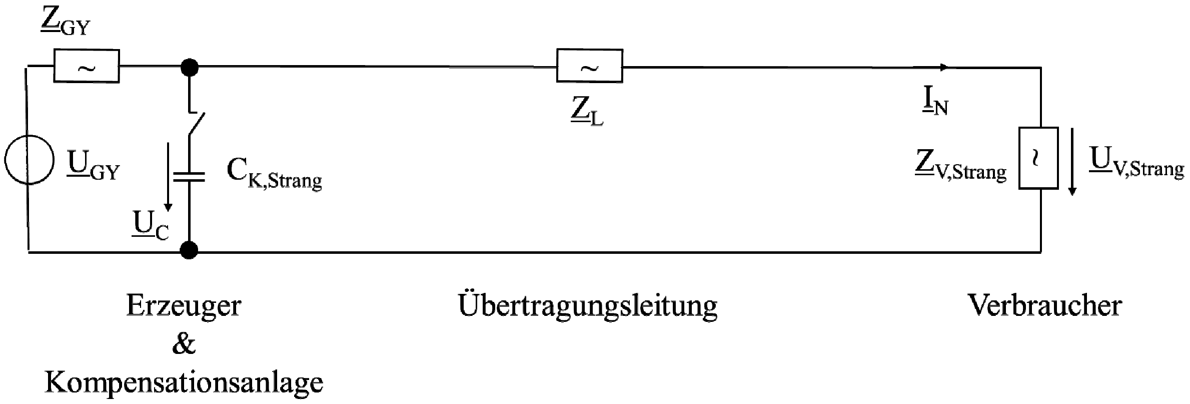
Lösung zur Klausur
Elektrische Energiesysteme / Grundlagen der Elektrotechnik 3
vom 4.10.2013

Aufgabe 1:

a)



$$U_{GY} = \frac{U_{G,Strang}}{\sqrt{3}} = 15{,}6\,\mathrm{kV}$$

$$\underline{Z}_{GY} = \frac{\underline{Z}_{G,Strang}}{3} = j3{,}33\,\Omega$$

b)

U_{GY} wird (willkürlich) in die reelle Achse gelegt.

$$\underline{I}_N = \frac{U_{GY}}{\underline{Z}_{GY} + \underline{Z}_L + \underline{Z}_{V,Strang}} = 187\,e^{-j16{,}3°}\mathrm{A}\ \ [180\,e^{-j16{,}0°}\ \mathrm{A}]$$

$$U_{V,Strang} = I_N \cdot Z_{V,Strang} = 15{,}0\,\mathrm{kV}\ \ [14{,}4\,\mathrm{kV}]$$

c)

$$\underline{I}_{GY} = \frac{U_{GY}}{\underline{Z}_L + \underline{Z}_{V,Strang}} = (183{,}4 - j45{,}8)\,\mathrm{A} \quad [(176{,}5 - j44{,}1)\,\mathrm{A}]$$

$$C_{K,Strang} = \frac{-\Im\{\underline{I}_{GY}\}}{\omega \cdot U_{GY}} = 9{,}36\,\mu\mathrm{F}$$

Die Spannung steigt bei Zuschalten der Kompensation.

d)

Bei Gleichstrom beträgt die Blindleistung immer Null.

Einphasiger Erdschluss über die Kurzschlussimpedanz Z_K: $I_{K1} = \frac{U_{LN}}{Z_K}$

Zweiphasiger Kurzschluss zweier Leiter über Z_K: $I_{K2} = \frac{U_{LL}}{2 \cdot Z_K} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K1}$

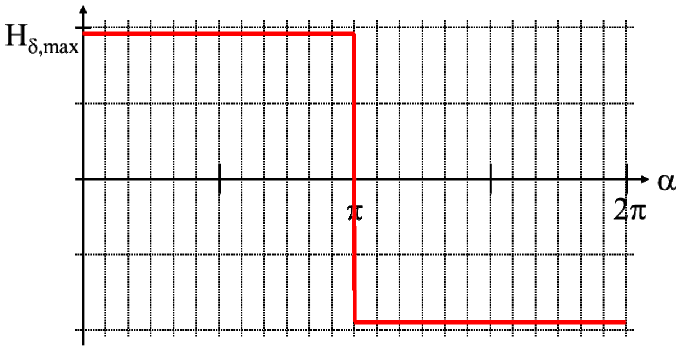
Also ist der einphasige Erdschluss-Strom größer.

Mitsystem, Gegensystem und Nullsystem (m, g, 0)

Aufgabe 2:

a)

p = 1



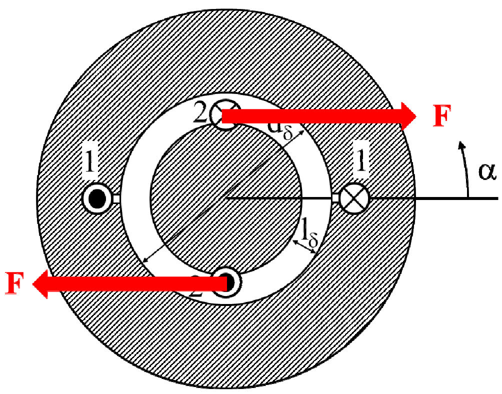
b)

$$w \cdot I = 2 \cdot l_\delta \cdot H_\delta \quad \text{bzw.} \quad 100 \cdot 10\,A = 2 \cdot 1\,mm \cdot H_\delta$$

$$H_\delta = \frac{w \cdot I}{2 \cdot l_\delta} = 500\,\frac{kA}{m}$$

$$B_\delta = \mu_0 \cdot H_\delta = 0{,}63\,T$$

c)



Lorentzkraft (hier wg. rechter Winkel skalar formuliert): $F = I \cdot l \cdot B = 126\,\frac{N}{m} \cdot l$, falls l aus nächster Frage noch nicht berücksichtigt, oder bei Berücksichtigung der Länge von 100 mm: F = 12,6 N

$$M = 2 \cdot F \cdot \frac{d_\delta}{2} = 0{,}63\,Nm$$

d)

$n \sim U_i$

$I \sim M$

In der Spannungsquelle (ohne mechanische Verluste gilt: $P_m = P_i = U_i \cdot I_a$)

Aufgabe 3:

a)

Die Kippdrehzahl muss unterhalb der Leerlaufdrehzahl liegen. Bei p=2 ergibt sich eine Leerlaufdrehzahl von 1800min^{-1}, was gut zur Kippdrehzahl passt.

$$I_{WKipp} = \frac{P_{WKipp}}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{2\pi \cdot M_{Kipp} \cdot n_0}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{2\pi \cdot M_{Kipp} \cdot \frac{f_N}{p}}{\sqrt{3} \cdot U_N} = 172{,}3\text{ A}$$

I_{WKipp} entspricht dem Kreisradius, bei 30A/cm sind das 5,74cm.

b)

Geometrisch korrekte Konstruktion ist ein Thaleskreis mit Mittelpunkt auf der imaginären Achse und Endpunkten im Ursprung und im Mittelpunkt des Kreises der Ortskurve: die Gerade durch den Schnittpunkt der Kreise und den Ursprung muss eine Tangente an den Kreis der Ortskurve sein.

Lösungen durch Anlegen des Geodreiecks werden positiv gewertet.

Exakter Wert des Optimalstroms: $\underline{I}_{opt} = 132{,}4\text{ A}\cdot e^{-j37{,}5°}$

Moment im Optimalpunkt:

Realteil des Stroms ablesen oder berechnen:

$I_{W,opt} = 3{,}5\text{cm}\cdot 30\text{A/cm} = 105\text{A}$) bzw.

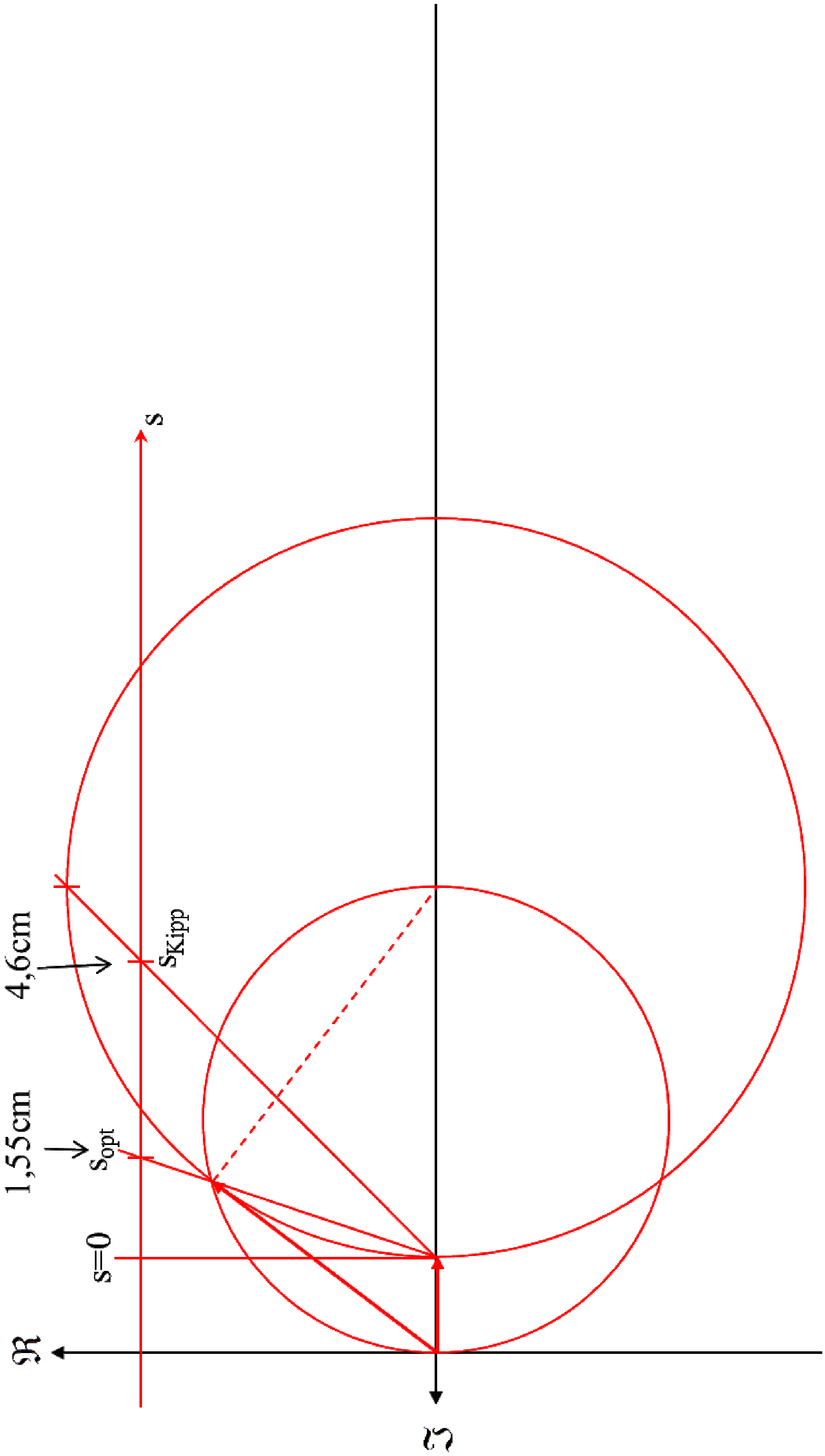
$I_{W,opt} = 132{,}4\text{ A}\cdot\cos(-37{,}5°) = 105\text{A}$

$$M_{opt} = M_{Kipp}\frac{\Re\{\underline{I}_{opt}\}}{I_{WKipp}} = 5{,}79\text{ kNm}$$

c)

$$s_{Kipp} = \frac{n_0 - n_{Kipp}}{n_0} = 0{,}111$$

$$s_{opt} = \frac{1{,}55\text{ cm}}{4{,}6\text{ cm}} \cdot s_{Kipp} = 0{,}0374$$



d)

$n_{0,\,400\,\mathrm{Hz}} = 12.000\ \mathrm{min}^{-1}$

Kupfer oder Aluminium

Aufgabe 4:

a)

$$P_{el,max} = U_N \cdot I_{max} \cdot \cos\varphi_{max} = 1{,}533\,\text{kW}$$

$$M_{max} = \frac{P_{max}}{2\pi \cdot n_{max}} = 0{,}6\ \text{Nm}$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{P_{el,max}} = 65\ \%$$

b)

$$Q_{el,max} = U_N \cdot I_{max} \cdot \sqrt{1-\cos^2\varphi_{max}} = 0{,}910\,\text{kW}$$

$$(L_a + L_f) = \frac{Q_{el,max}}{\omega_N \cdot I_{max}^2} = 48{,}2\ \text{mH}$$

$$(R_a + R_f) = \frac{P_{el,max} - P_{max}}{I_{max}^2} = 8{,}87\ \Omega$$

c)

$$U_{i,max} = \frac{P_{max}}{I_{max}} = 129\ \text{V}$$

$$k \cdot k' = \frac{k \cdot \Phi_{max}}{I_{max}} = \frac{U_{i,max}}{I_{max} \cdot n_{max}} = 62{,}4\ \text{m}\Omega$$

d)

$$M_S = \frac{k\Phi}{2\pi} \cdot I_S = \frac{k \cdot k'}{2\pi} \cdot I_S^2 \Rightarrow$$

$$I_S = \sqrt{\frac{2\pi M_S}{k \cdot k'}} = 3{,}17\ \text{A}$$

$$U_S = \sqrt{\left(k \cdot k' \cdot I_S \cdot n_S + (R_a + R_f) \cdot I_S\right)^2 + \left(\omega \cdot (L_a + L_f) \cdot I_S\right)^2} = 48{,}3\ \text{V}$$

abhängig von der Dauer des Schleuderns und der thermischen Zeitkonstante der Maschine: meist liegt die thermische Zeitkontante bei 30 min und der Schleudervorgang dauert weniger als 5 min, d. h. es liegt ein Kurzzeitbetrieb (S2) vor. Die Kühlung kann daher für niedrigere Durchschnittsverluste ausgelegt werden.