Musterlösung zur Klausur F'92 Aufgabe 5: SF_6-Schaltanlage

a) $\dfrac{E_{mitt}}{E_{\max}}$ ist nach (20.44) gleich dem Schwaigerschen Ausnutzungsfaktor. Für koaxiale Zylinder ist $p = \dfrac{s+r}{r} = \dfrac{r_a - r_i + r_i}{r_i} = \dfrac{r_a}{r_i} = q$.

Aus Bild 20.11 entnimmt man $p(\eta = 0{,}48, q = p) = 3{,}8 \quad \Rightarrow \quad \mathrm{r_i} = \dfrac{29\,\mathrm{cm}}{3{,}8} = \underline{\underline{7{,}6\,\mathrm{cm}}}$.

b) Die Maximalfeldstärke tritt nach (20.11) an der Oberfläche des Innenleiters auf:

$$E_r = \frac{U}{r \cdot \ln \frac{r_a}{r_i}} \quad \Rightarrow \quad E_{\max} = \frac{U}{r_i \cdot \ln \frac{r_a}{r_i}}$$

Das Minimum liegt nach (20.12) bei $r_i = \dfrac{r_a}{\mathrm{e}} \approx \underline{\underline{10{,}7\mathrm{cm}}}$.

c) Mit $r_i = 10{,}7$ cm ist die elektrische Festigkeit aus Bild (23.9) zu entnehmen:

$$E_{d,\max,\mathrm{SF_6}} = 80\,\frac{\mathrm{kV}}{\mathrm{cm}}\ , \quad \hat{\mathrm{U}} = \mathrm{E_{max}} \cdot \mathrm{r_i} \cdot \ln \frac{\mathrm{r_a}}{\mathrm{r_i}} \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{\hat{\mathrm{U}}_{\mathrm{SF_6}} = 853{,}5\,\mathrm{kV}}}$$

d)

$$\left.\begin{array}{l} E_{d,\max,\mathrm{Luft}} = 30\,\dfrac{\mathrm{kV}}{\mathrm{cm}}\ , \quad \Rightarrow \quad \hat{\mathrm{U}}_{\mathrm{Luft}} = 320{,}0\,\mathrm{kV} \\[2ex] \hat{U}_N = \sqrt{2} \cdot \dfrac{380\,\mathrm{kV}}{\sqrt{3}}, \quad \Rightarrow \quad \hat{\mathrm{U}}_{\mathrm{N}} = 310{,}3\,\mathrm{kV} \end{array}\right\} \Rightarrow \quad \text{Es erfolgt kein Durchschlag.}$$

Der Außenleiter ist geerdet, darum muss die Sternpunkt-Spannung $U_Y = \dfrac{U_\Delta}{\sqrt{3}} = \dfrac{U_N}{\sqrt{3}}$ eingesetzt werden.

e) Mit $r_i = 10{,}7$ cm ist $p = q = 2{,}72 \quad \Rightarrow \quad C_{\mathrm{LE}} = 0{,}57\,\dfrac{\mathrm{pF}}{\mathrm{cm}}$ (Lufteinheitskapazität, nach Bild 20.13). Die gespeicherte elektrische Energie ist damit

$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_r \cdot l \cdot C_{\mathrm{LE}} \cdot U^2 = 3{,}42\,\mathrm{nF} \cdot \frac{(310{,}3\,\mathrm{kV})^2}{2} = \underline{\underline{165\,\mathrm{J}}}$$

f) Nach (23.13) ist $\dfrac{\hat{U}_{d,50°\mathrm{C}}}{\hat{U}_{d,N}} = \dfrac{E_{d,50°\mathrm{C}}}{E_{d,N}} = \dfrac{T_N}{p_N} \cdot \dfrac{p_{50°\mathrm{C}}}{T_{50°\mathrm{C}}} = \dfrac{293\,\mathrm{K}}{1{,}013 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}} \cdot \dfrac{p_{50°\mathrm{C}}}{323\,\mathrm{K}} \overset{!}{=} 4$.

$$\Rightarrow \quad p_{50°\mathrm{C}} = 4467\,\mathrm{hPa}$$