



Netzennspannung	$U_{nq} := 10 \cdot \text{kV}$
Spannungsfaktor	$c_{nq} := 1.0$
Kurzschlußleistung	$S''_{knq} := 139 \cdot \text{MVA}$
Netzinneimpedanz	$Z_Q := (0.210 + 1j \cdot 0.688) \Omega$
komplexe Netzinneimpedanz	$Z_Q = (0.719 \angle 73.026^\circ) \Omega$
Verhältnis R/X	$R_X := \frac{\text{Re}(Z_Q)}{\text{Im}(Z_Q)} = 0.30523$
	$I''_{k3min} := \frac{c_{nq} \cdot U_{nq}}{\sqrt{3} \cdot Z_Q} = (2.3 - 7.7j) \text{ kA}$
komplexer Anfangskurzschlusswechselstrom	$I''_{k3min} = (8.02616 \angle -73.02610^\circ) \text{ kA}$
	$I''_{k2min} := \frac{1 \cdot U_{nq}}{2 Z_Q}$
	$I''_{k2min} = (6.951 \angle -73.026^\circ) \text{ kA}$
Netzennspannung:	$U_{rMS} := 10 \cdot \text{kV}$

Kabel von K04/K05 nach SS K06-K18	$L = 15 \text{ m}$ $n = 4$
Kabeltyp1 = "N2XSY 3x1x300/25 in Luft gebündelt"	$R_1 = 0.067 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$ $X_1 = 0.102 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$
$I_{zu_max} = 2888 \text{ A}$	$Z_{K2min1} := \frac{L}{n} \cdot ((1 + 0.004 \cdot (T_{End} - 20)) \cdot R_1 + 1j \cdot X_1)$
	$Z_{K2min1} = (4.795 \cdot 10^{-4} + 3.825i \cdot 10^{-4}) \Omega$
	$Z_{K2min1} = (6.134 \cdot 10^{-4} \angle 38.578^\circ) \Omega$
	$Z_{MS} := Z_Q + Z_{K2min1}$
Summe der komplexen Impedanzen Z:	$Z_{MS} = (0.720 \angle 72.998^\circ) \Omega$
	$I''_{k3_min} := \frac{c_{nq} \cdot U_{rMS}}{\sqrt{3} \cdot Z_{MS}} = (8.021 \angle -72.998^\circ) \text{ kA}$
komplexer Anfangskurzschlusswechselstrom I"k:	$I''_{k3_min} = (8.021 \angle -72.998^\circ) \text{ kA}$
	$I''_{k2min} := \frac{1 \cdot U_{rMS}}{2 Z_{MS}}$
	$I''_{k2min} = (6.946 \angle -72.998^\circ) \text{ kA}$

Kabel von K06 bis K21	$L = 20 \text{ m}$ $n = 1 \angle 0^\circ$
Kabeltyp1 = "N2XSY 3x1x240/25 in Luft gebündelt"	$R_1 = (0.0814 \angle 0^\circ) \Omega \cdot \text{km}^{-1}$ $X_1 = (0.105 \angle 0^\circ) \Omega \cdot \text{km}^{-1}$
$I_{zu_max} = 631 \text{ A}$	$Z_{K3min1} := \frac{L}{n} \cdot ((1 + 0.004 \cdot (T_{End} - 20)) \cdot R_1 + 1j \cdot X_1)$
	$Z_{K3min1} = (0.003 + 0.002i) \Omega$

$$Z_{K3min1} = (0.004 \angle 33.895^\circ) \Omega$$

$$Z_{MS} := Z_Q + Z_{K2min1} + Z_{K3min1}$$

Summe der komplexen Impedanzen Z:

$$Z_{MS} = (0.723 \angle 72.810^\circ) \Omega$$

$$I''_{k3min} := \frac{c_{nq} \cdot U_{rMS}}{\sqrt{3} \cdot Z_{MS}} = (7.988 \angle -72.81^\circ) \text{ kA}$$

komplexer Anfangskurzschlusswechselstrom

$$I''_{k3min} = (7.988 \angle -72.81^\circ) \text{ kA}$$

$$I''_{k2min} := \frac{1 \cdot U_{rMS}}{2 Z_{MS}}$$

$$I''_{k2min} = (6.918 \angle -72.810^\circ) \text{ kA}$$

Kabel von K22 bis Trafo6

$$L = 20 \text{ m} \quad n = 1$$

Kabeltyp1 = "N2XSY 3x1x120/16 in Luft gebündelt"

$$R_1 = 0.157 \Omega \cdot \text{km}^{-1} \quad X_1 = 0.117 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$I_{zu_max} = 413 \text{ A}$$

$$Z_{K4min1} := \frac{L}{n} \cdot ((1 + 0.004 \cdot (T_{End} - 20)) \cdot R_1 + 1j \cdot X_1)$$

$$Z_{K4min1} = (0.006 + 0.002j) \Omega$$

$$Z_{K4min1} = (0.006 \angle 21.262^\circ) \Omega$$

$$Z_{MS} := \left\| Z_K \leftarrow Z_Q + Z_{K2min1} + Z_{K3min1} + Z_{K4min1} \right\|$$

$$I''_{k3min} := \frac{c_{nq} \cdot U_{rMS}}{\sqrt{3} \cdot Z_{MS}} = (7.944 \angle -72.412^\circ) \text{ kA}$$

komplexer Anfangskurzschlusswechselstrom

$$I''_{k3min} = (7.944 \angle -72.412^\circ) \text{ kA}$$

$$I''_{k2min} := \frac{1 \cdot U_{rMS}}{2 Z_{MS}}$$

$$I''_{k2min} = (6.879 \angle -72.412^\circ) \text{ kA}$$

Trafo Bemessungsspannung Primärseite

$$U_{rT2prim} := 10 \cdot \text{kV}$$

Bemessungsspannung Sekundärseite/ Netzspannung

$$U_{rT2sec} := 0.4 \cdot \text{kV} \quad U_{rNS} := 0.4 \cdot \text{kV}$$

Bemessungsscheinleistung SrT:

$$S_{rT} := 2500 \cdot \text{kVA}$$

Kurzschlussverluste:

$$P_{krT} := 10 \cdot \text{kW}$$

Kurzschlußspannung resistent uRr:

$$uR_r := \frac{P_{krT}}{S_{rT}}$$

$$uR_r = 0.400\%$$

Kurzschlußspannung reaktant uXr:

$$uX_r := 6.84\%$$

Resistanz RT1 Sekundärseite:

$$R_{T2sec} := \frac{uR_r \cdot U_{rT2sec}^2}{S_{rT}} = (2.560 \cdot 10^{-4}) \Omega$$

berechnete Impedanz des Trafos Z:

$$Z_{T2sec} := \frac{uX_r \cdot Ur_{T2sec}^2}{Sr_T} = (0.004 \angle 0^\circ) \Omega$$

Reaktanz XT1 Sekundärseite:

$$X_{T2sec} := \sqrt{Z_{T2sec}^2 - R_{T2sec}^2} = (0.004 \angle 0^\circ) \Omega$$

$$Z_{T2sec} := R_{T2sec} + 1j \cdot X_{T2sec} = (2.56 \cdot 10^{-4} + 0.004j) \Omega$$

komplexe Impedanz des Trafos Z:

$$Z_{T2sec} = (0.004 \angle 86.647^\circ) \Omega$$

$$x_{T2} := X_{T2sec} \cdot \left(\frac{Sr_T}{Ur_{T2sec}^2} \right)$$

Impedanzkorrekturfaktor EN 60909 Abschnitt 3.3.3

$$K_{T2} := 0.95 \cdot \frac{1.1}{1 + 0.6 \cdot x_{T2}} = 1.004 \angle 0^\circ$$

$$Z_{T2K} := Z_{T2sec} \cdot K_{T2} = (0.004 \angle 86.647^\circ) \Omega$$

korrigierte Impedanz des Trafos Z:

$$Z_{T2K} = (0.00439 \angle 86.64746^\circ) \Omega$$

$$Z_{NS} := Z_{MS} \cdot \left(\frac{Ur_{T2sec}^2}{Ur_{T2prim}^2} \right) + Z_{T2K} = (6.084 \cdot 10^{-4} + 0.005j) \Omega$$

Summe der komplexen Impedanzen Z:

$$Z_{NS} = (0.006 \angle 83.683^\circ) \Omega$$

Netz 0,4 kV

$$\ddot{u}_{Z2} := \frac{Ur_{T2sec}}{Ur_{T2prim}} = 0.04$$

komplexer Anfangskurzschlusswechselstrom I''_k:

$$I''_{k3min} := \frac{0.95 \cdot Ur_{T2sec}}{\sqrt{3} \cdot ((Z_{MS} \cdot \ddot{u}_{Z2}^2) + Z_{T2K})}$$

3-polig minimal

$$I''_{k3min} = (39.68 \angle -83.683^\circ) \text{ kA}$$

2-polig minimal

$$I''_{k2minNS} := \frac{0.95 \cdot Ur_{T2sec}}{2 \cdot (Z_{MS} \cdot \ddot{u}_{Z2}^2 + Z_{T2K})}$$

$$I''_{k2minNS} = (34.364 \angle -83.683^\circ) \text{ kA}$$

1-polig minimal

$$I''_{k1minNS} := \frac{\sqrt{3} \cdot 0.95 \cdot Ur_{T2sec}}{2 \cdot (Z_{MS} \cdot \ddot{u}_{Z2}^2) + 3 \cdot Z_{T2K}}$$

$$I''_{k1minNS} = (42.605 \angle -84.526^\circ) \text{ kA}$$

2-polig minimal umgerechnet auf 10 kV auf 2 Phasen

$$I''_{k2minMS} := I''_{k2minNS} \cdot \frac{Ur_{T2sec}}{\sqrt{3} \cdot Ur_{T2prim}}$$

$$I''_{k2minMS} = (0.794 \angle -83.683^\circ) \text{ kA}$$

1-polig minimal umgerechnet auf 10 kV auf 2 Phasen

$$I''_{k1minMS} := I''_{k1minNS} \cdot \frac{Ur_{T2sec}}{\sqrt{3} \cdot Ur_{T2prim}}$$

$$I''_{k1minMS} = (0.984 \angle -84.526^\circ) \text{ kA}$$