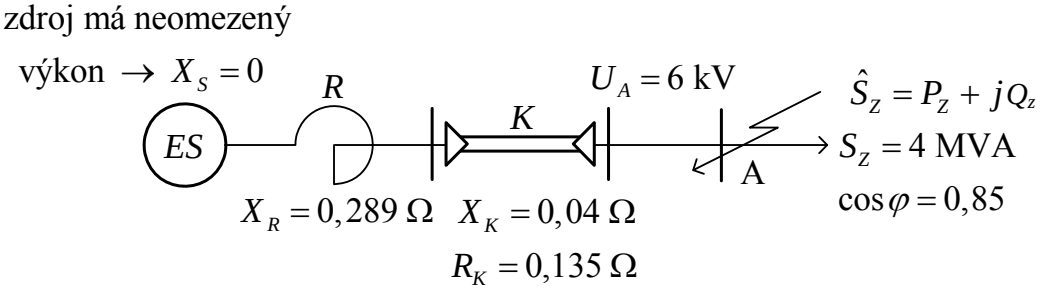
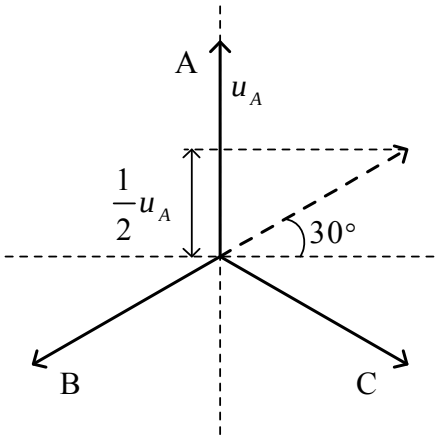
Je zadána soustava podle Obr. 1. Na konci kabelového vedení vznikl trojfázový zkrat v okamžiku, kdy hodnota napětí ve fázi A byla 50 %. Vypočtěte průběh proudu ve fázích A, B, C během zkratu.



Obr. 1

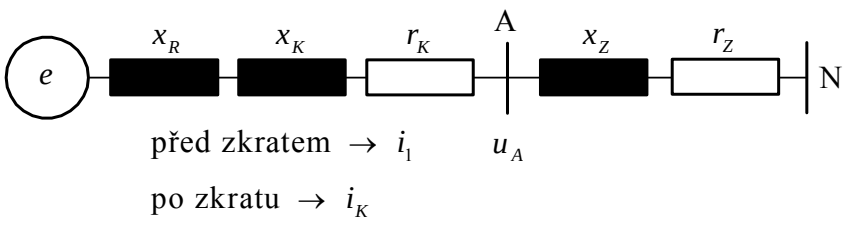
Výpočet se provede v poměrných hodnotách. Volíme $S_C = 6$ MVA a $U_C = 6$ kV.



Obr. 2

$u_A = \frac{|U_A|}{U_C} = 1$ a okamžitá hodnota napětí u_A v bodě A (místo zkratu) v okamžiku zkratu je 50 %, čili $\hat{u}_A = |u_A| \cdot \angle 30° = 1 \cdot \angle 30°$.

Nyní sestavíme reaktanční schéma



Obr. 3

$$x_R = X_R \cdot \frac{S_C}{U_C^2} = 0,0482 \qquad x_Z = \frac{S_C}{S_Z} \cdot \sin\varphi = 0,79017$$

$$x_K = X_K \cdot \frac{S_C}{U_C^2} = 0,00667 \qquad r_Z = \frac{S_C}{S_Z} \cdot \cos\varphi = 1,275$$

$$r_K = R_K \cdot \frac{S_C}{U_C^2} = 0,0225$$

$$\mathrm{x_z} = \frac{\mathrm{X_z}}{\mathrm{Z_c}} = \frac{\frac{\mathrm{Q_z}}{3\mathrm{I_z^2}}}{\frac{\mathrm{S_c}}{3\mathrm{I_c^2}}} = \frac{\frac{\mathrm{S_z}\cdot\sin\varphi}{\mathrm{I_z^2}}}{\frac{\mathrm{S_c}}{\mathrm{I_c^2}}} = \frac{\frac{\mathrm{S_z}\cdot\sin\varphi}{\left(\frac{\mathrm{S_z}}{\sqrt{3}\mathrm{U_z}}\right)^2}}{\frac{\mathrm{S_c}}{\left(\frac{\mathrm{S_c}}{\sqrt{3}\mathrm{U_c}}\right)^2}} = \frac{\mathrm{S_c}\cdot\sin\varphi}{\mathrm{S_z}} \qquad \text{pro} \qquad \mathrm{U_c} = \mathrm{U_z}$$

Celková impedance obvodu před zkratem:

$$\hat{Z} = r_K + r_Z + j\left(x_K + x_R + x_Z\right) = 1,2975 + j0,84504$$

impedance obvodu do místa zkratu:

$$\hat{Z} = r_K + j\left(x_K + x_R\right) = 0,0225 + j0,05487 = 0,0593 \cdot \angle 67,7034°$$

proud tekoucí obvodem před zkratem:

$$\hat{i}_{1A} = \frac{\hat{u}_A}{r_Z + j\,x_Z} = \frac{1 \cdot \angle 30°}{1,5 \cdot \angle 31,7882°} = 0,6667 \cdot \angle -1,7882° \ \left(\text{fáze A}\right)$$

napětí *e* před zkratem (fáze A):

$$\hat{e}_A = \hat{u}_A + Z_K \cdot \hat{i}_1 = 1 \cdot \angle 30° + 0,0593 \cdot \angle 67,7034° \cdot 0,6667 \cdot \angle -1,7882°$$
$$= 1 \cdot \angle 30° + 0,03954 \cdot \angle 65,9152° = 0,8822 + j\,0,5361 = 1,0323 \cdot \angle\ 31,2862°$$

zkratový proud $i_K\left(t\right) = i_{Ku}\left(t\right) + i_{Kv}\left(t\right)$ (ustálená a volná složka):

$$i_{Ku}\left(t\right)_A = \frac{\hat{e}_A}{\hat{Z}_K} = \frac{1,0323 \cdot \angle 31,2864°}{0,0593 \cdot \angle 67,7034°} = 17,4081 \cdot \angle -36,417° = 17,4081\sin\left(18000\,t - 36,417°\right),$$

proud předchozího provozního stavu:

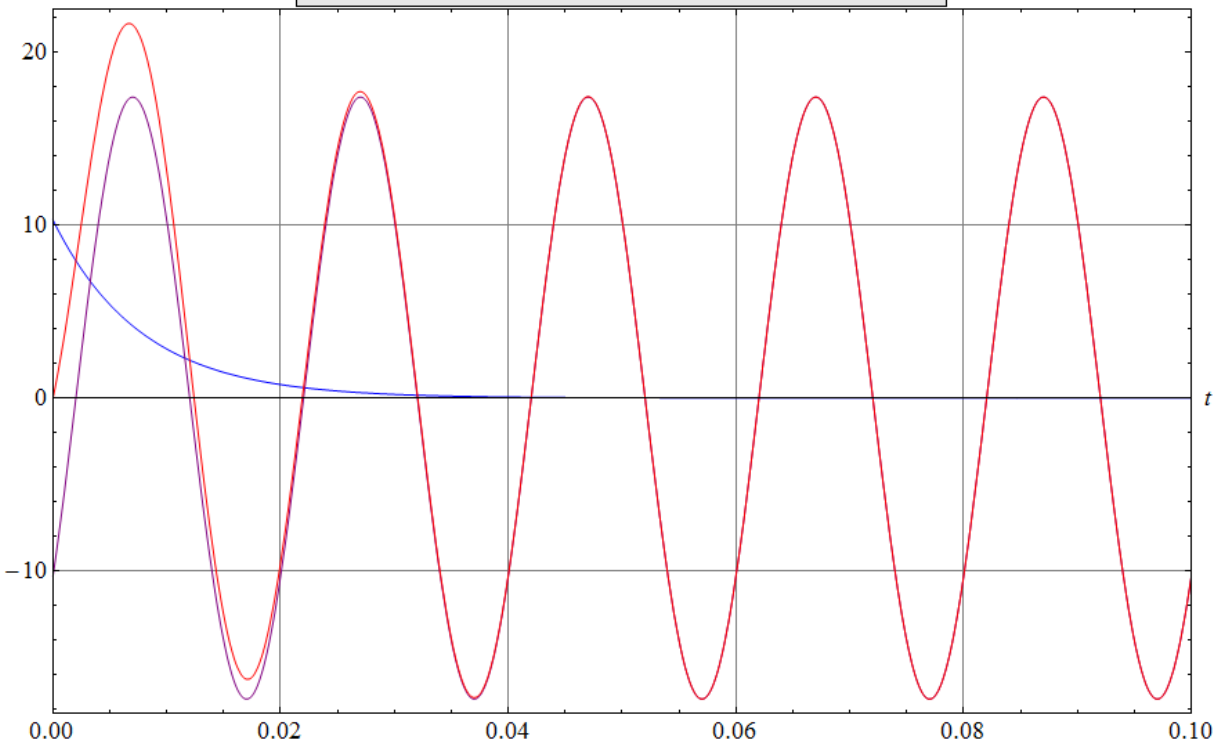
$$i_{1A} = 0,6667 \cdot \angle -1,7882° = 0,6667\sin\left(18000\,t - 1,7882°\right),$$

$$i_{Ku}\left(0\right)_A = -10,33445 \qquad i_{Kv}\left(0\right)_A = i_{1A}\left(0\right) - i_{Ku}\left(0\right)_A = 10,31365$$

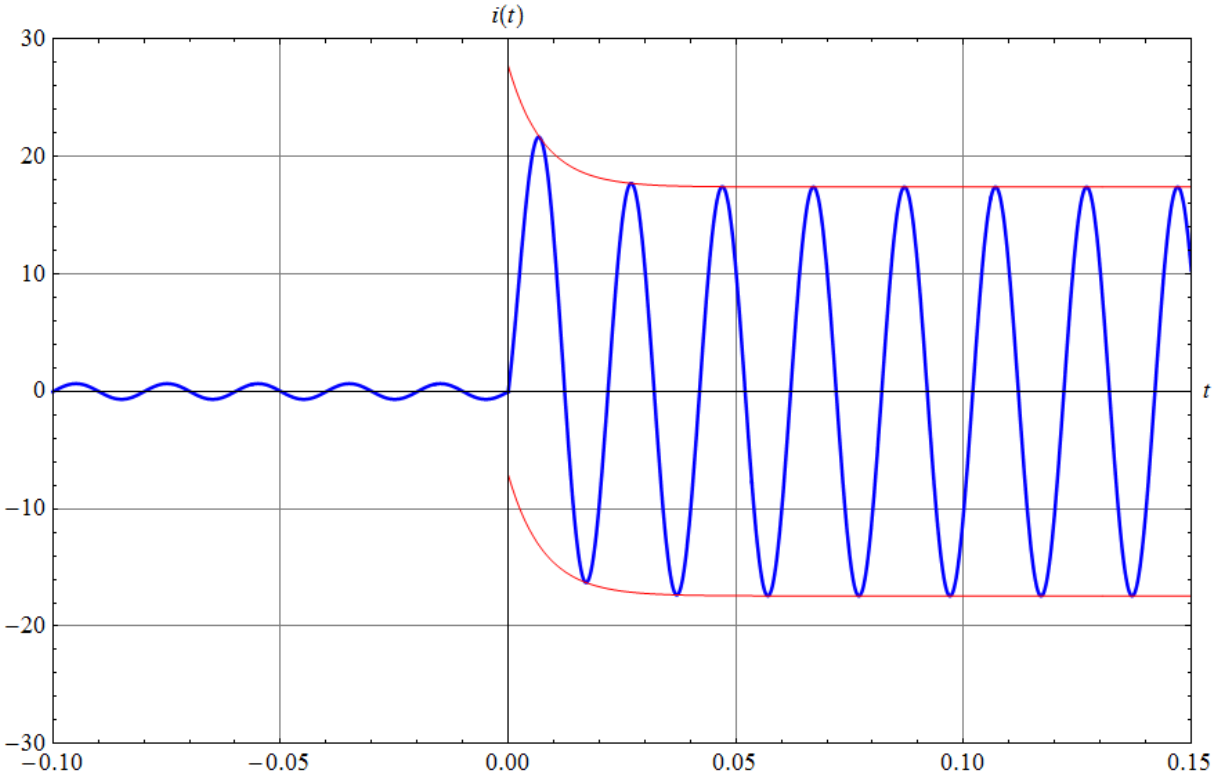
$$i_{1A}\left(0\right) = -0,02080 \qquad T_K = \frac{x_R + x_K}{\omega\, r_K} = \frac{0,05487}{\omega \cdot 0,0225} = 0,0077625 \text{ s}$$

$$i_K\left(t\right)_A = 17,4081\sin\left(18000\,t - 36,417°\right) + 10,31365\,e^{-\frac{t}{0,0077625}}.$$

Průběh zkratového proudu $i_k(t) = i_{ku}(t) + i_{kv}(t)$



Průběh zkratu: proud před zkratem $i_{1A}(t)$ a po zkratu $i_{kA}(t)$, zkrat nastal v čase $t = 0$



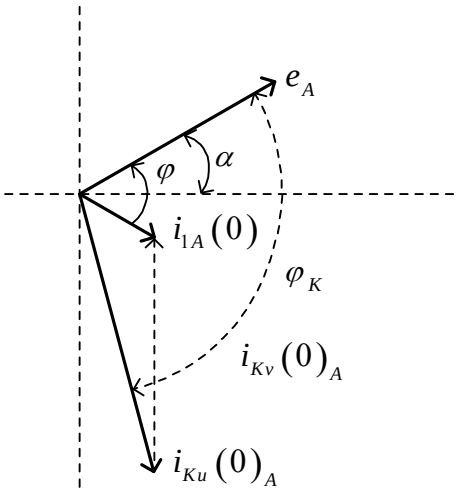
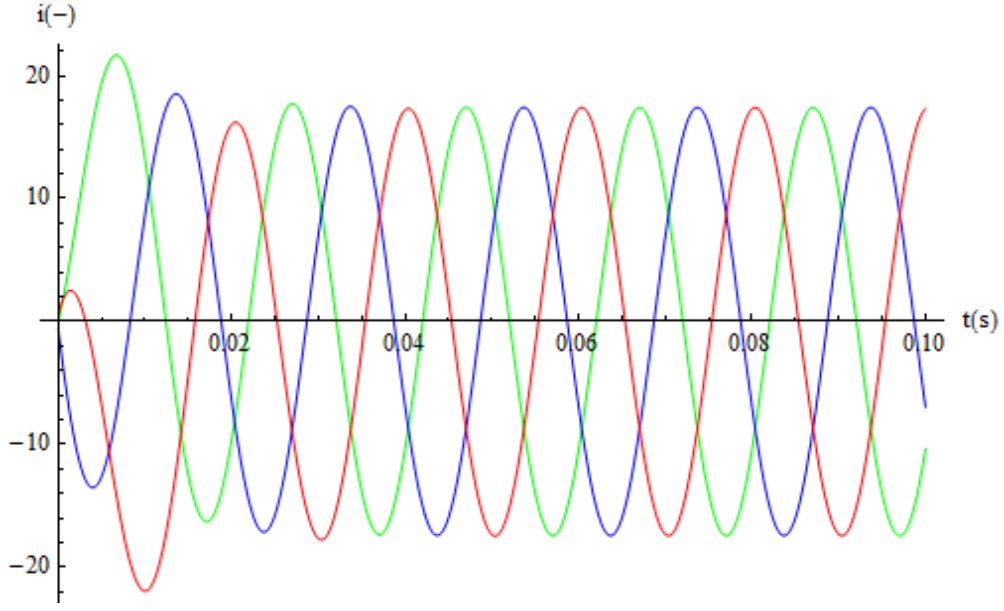
Zjednodušeně: Max. hodnota zkratového proudu nastane v okamžiku, kdy hodnota střídavé složky bude rovna její amplitudě v první půlperiodě:

$$\sin(18000t - 36,417°) = 1 \Rightarrow 18000t - 36,417° = 90° \Rightarrow t = 0,0070232 \text{ s},$$

$$i_{K\max} = 17,4081 + 10,31365\, e^{-\frac{0,0070233}{0,0077625}} = 21,58135,$$

Skutečné maximum:

$$i_{K\max} = 21,676 \text{ pro } t = 0,0066955$$



Řešení pro všechny 3 fáze: