

Situace:

Pro zásobování spotřeby oblasti je vybudovaná trafostanice. Budova trafostanice sestává z rozvodny vn, trafokomory, rozvodny nn. Trafostanice 22/0,4 kV je připojena pro případ výpadku napájení dvojitém kabelovým vedením 22 kV k distribuční síti.

Distribuční síť 22 kV — 2x kabel—> rozvodna vn ----> trafo ----> rozvodna nn

Rozvodna vn obsahuje kovový rozvaděč vn (2x přívodní pole pro kabel 22 kV), 1 x vývod ke transformátoru. Délka přívodního kabelu z rozvodny vn (souběžně tři jednožilové kabely 22-CXEKVCEY 1x35/16) na primární stranu trafo je 8 m.

Trafokomora obsahuje transformátor 22/0,4 kV, 630 kVA, k sekundární straně trafo je připojený kondenzátor 8 kVAr pro kompenzaci proudu naprázdno.

Rozvodna NN je hned vedle trafokomory, délka přívodních kabelů (1-YY Cu 1x240) z trafokomory do hlavního rozvaděče je cca 6m.

Vstupní hodnoty trafo:

$$S=630 \text{ kVA}$$

$$U_1=22 \text{ kV}$$

$$U_2= 0,4 \text{ kV}$$

$$U_k= 6\%$$

$$P_0=1650 \text{ W}$$

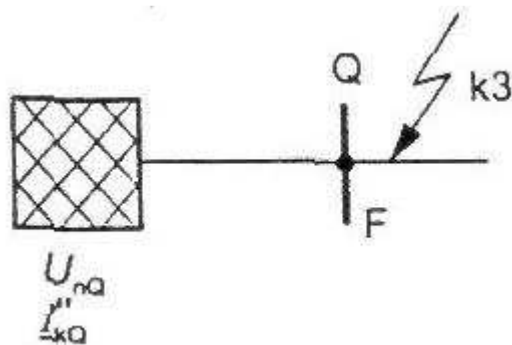
$$P_{k75C}=6720 \text{ W}$$

$$T_K = 0,02 \text{ s}$$

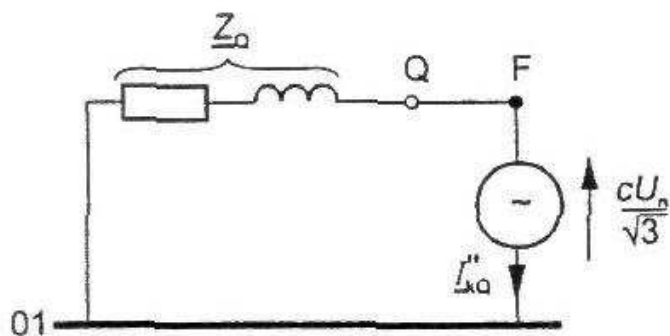
Vstupní (zadané) hodnoty distribuční sítě:

počáteční rázový zkratový proud $I''_k < 10,5 \text{ kA}$

Zkratové hodnoty na straně vn



Zkrat napájený ze sítě



Ekvivalentní náhradní schéma obvodu

Počáteční rázový zkratový proud I''_k

Vstupní (zadané) hodnoty:

počáteční rázový zkratový proud $I''_k < 10,5 \text{ kA}$

Nárazový zkratový proud i_p na straně vn

nárazový zkratový proud na straně vn $i_p < 25,93 \text{ kA}$

výpočetní vztahy podle ČSN:

$$i_p = \kappa * \sqrt{2} * I''_k$$

$$\kappa = 1,02 + 0,98 * e^{-3R/X}$$

$$Z_Q = \frac{c * U_{nQ}}{\sqrt{3} * I''_{kQ}}$$

$$X = X_Q = 0,995 * Z_Q$$

$$R = R_Q = 0,1 * X_Q$$

kde:

Z_Q ekvivalentní impedance sítě v bodě připojení napáječe

U_{nQ} jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe

$I''_{kQ} = I''_k$ počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napáječe

$c = 1,1$ napěťový součinitel

X, X_Q reaktance, reaktance síťových napáječů

R, R_Q rezistence, rezistence síťových napáječů

K početní součinitel

i_p nárazový zkratový proud

Ekvivalentní oteplovací proud I_{th} na straně vn

ekvivalentní oteplovací proud na straně vn $I_{th} < 15,50 \text{ kA}$

výpočetní vztahy podle ČSN:

$$I_{th} = I_k'' * \sqrt{m + n}$$

$$m = \frac{e^{4fT_k \ln(\kappa - 1)} - 1}{2 * f * T_k * \ln(\kappa - 1)}$$

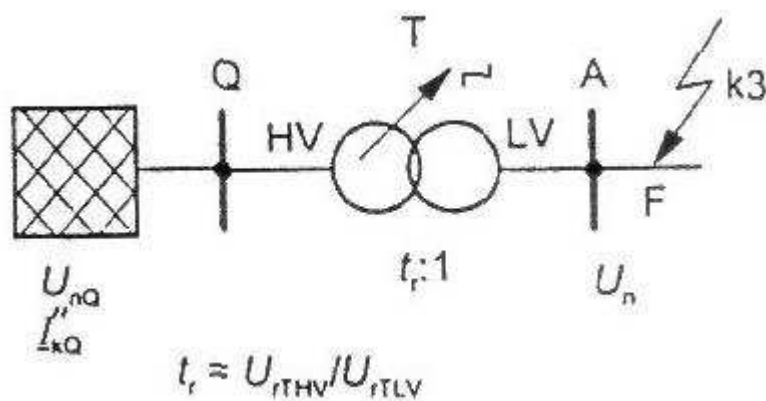
$$n = 1$$

kde:

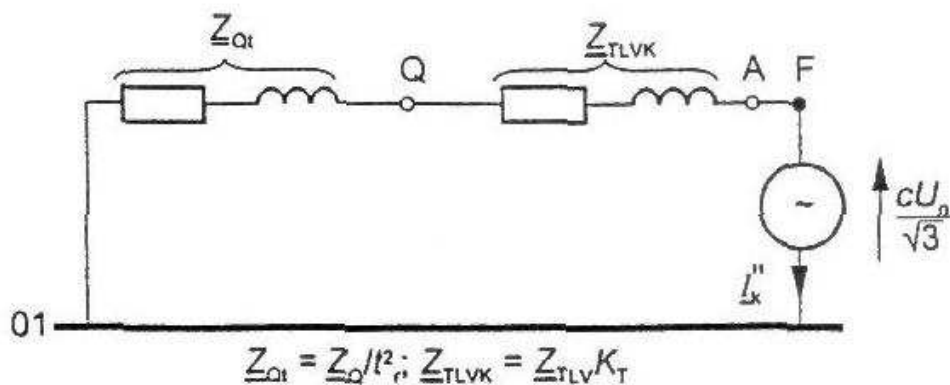
I_{th} ekvivalentní zkratový proud
 m, n početní součinitele
 T_k doba trvání zkratového proudu
 f kmitočet (50 Hz)

Pro distribuční sítě (elektricky vzdálené zkraty) se může použít $n = 1$. [4]

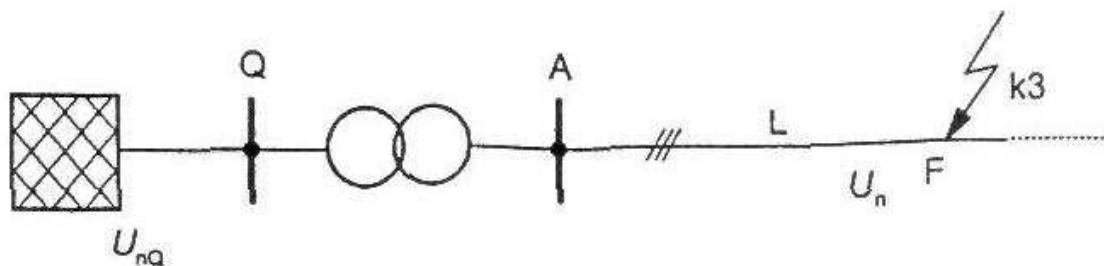
Zkratové hodnoty na straně nn



Zkrat napájený transformátorem ze sítě vn



Ekvivalentní náhradní schéma obvodu



Zkrat napájený ze síťového napáječe přes transformátor

Počáteční rázový zkratový proud I''_k na straně nn

počáteční rázový zkratový proud na straně nn $I''_k < 16,04 \text{ kA}$

výpočetní vztahy podle ČSN:

$$I_k = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{Z_k}} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$$

$$R_k = R_{Qt} + R_{TK} + R_L$$

$$X_k = X_{Qt} + X_{TK} + X_L$$

kde:

$c = 1,05$ napěťový součinitel

$c * U_n / \sqrt{3}$ napětí ekvivalentního napěťového zdroje zkratu v místě zkratu

Z_k zkratová impedance

R_k a X_k součet sériově zapojených rezistencí a reaktancí sousledné soustavy

$$Z_{Qt} = \frac{c * U_{nQ}}{\sqrt{3 * I_{kQ}''}} * \frac{1}{t_r^2}$$

$$X_{Qt} = 0,995 * Z_{Qt}$$

$$R_{Qt} = 0,1 * X_{Qt}$$

kde:

Z_{Qt} sousledná ekvivalentní zkratová impedance vztahovaná ke straně transformátoru s nižším napětím

U_{nQ} jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe Q

I''_{kQ} počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napáječe Q

c napěťový součinitel pro napětí U_{nQ}

t_r jmenovitý převod transformátoru

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

$$R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{P_{krT}}{3 * I_{rT}^2}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

kde:

Z_T sousledná zkratová impedance (dvouvlnového) transformátoru

U_{rT} jmenovité napětí transformátoru na straně vyššího nebo nižšího napětí

I_{rT} jmenovitý proud transformátoru na straně vyššího nebo nižšího napětí

S_{rT} jmenovitý výkon transformátoru

P_{krT} jmenovité ztráty nakrátko transformátoru
 u_{kr} jmenovité napětí nakrátko v procentech
 u_{Rr} činná složka jmenovitého napětí nakrátko transformátoru v procentech

$$K_T = 0,95 * \frac{c_{max}}{1 + 0,6 * x_t}$$

$$x_T = \frac{X_T * S_{rT}}{U_{rT}^2}$$

kde:

K_T korekční součinitel pro impedanci (dvouvínutového) transformátoru
 $c_{max}=1,05$...napěťový součinitel, odpovídá jmenovitému napětí sítě připojené ke straně nižšího napětí síťového transformátoru
 x_T poměrná reaktance transformátoru

Korigovaná impedance transformátoru $Z_{TK} = R_{TK} + jX_{TK} = K_T * (R_T + jX_T)$

Nárazový zkratový proud i_p na straně nn

nárazový zkratový proud na straně nn **$i_p < 36,16 \text{ kA}$**

výpočetní vztahy podle ČSN:

$$i_p = \kappa * \sqrt{2} * I_k''$$

$$\kappa = 1,02 + 0,98 * e^{-3R/X}$$

Ekvivalentní oteplovací proud I_{th} na straně nn

ekvivalentní oteplovací proud na straně nn $I_{th} < 21,76 \text{ kA}$

$$I_{th} = I_k'' * \sqrt{m + n}$$

$$m = \frac{e^{4fT_k \ln(\kappa-1)} - 1}{2 * f * T_k * \ln(\kappa - 1)}$$