

4.7 Silové – Dynamické účinky zkratového proudu

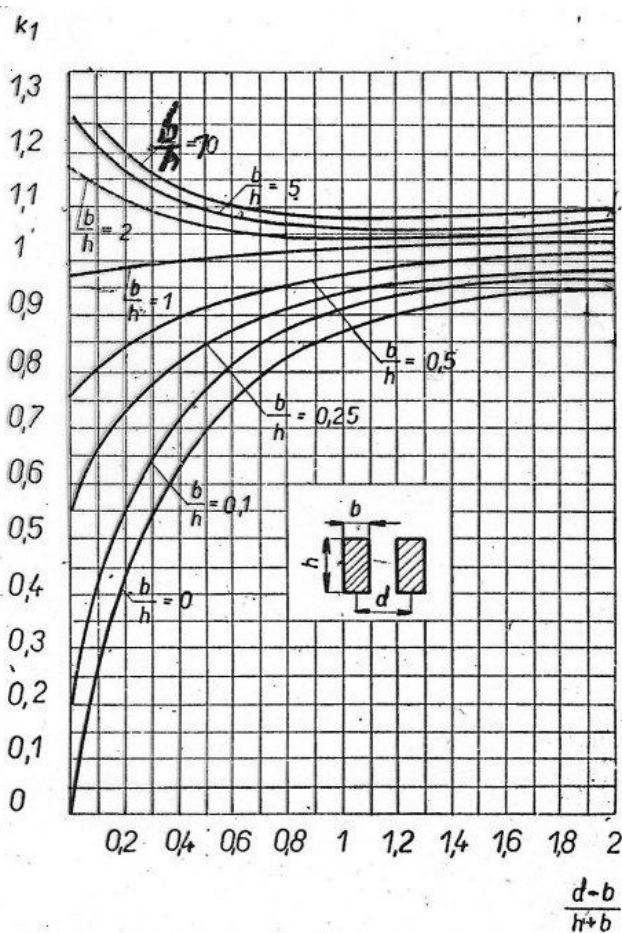
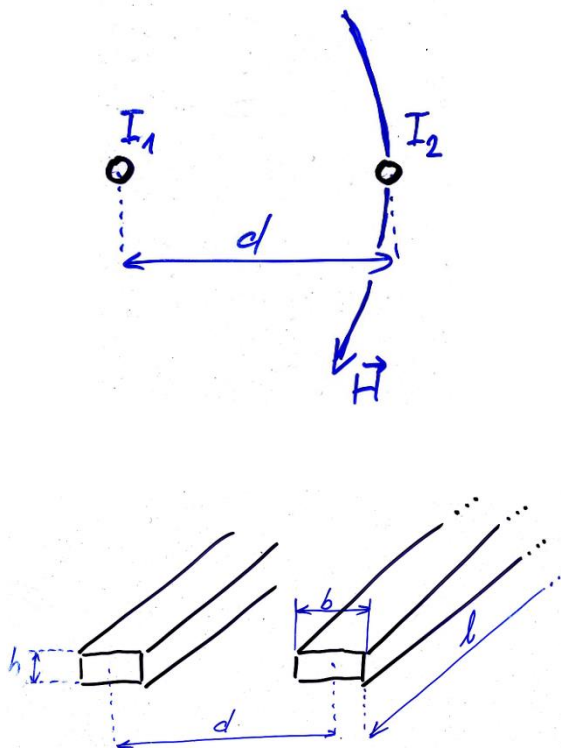
Síla, kterou na sebe působí vodiče protékané proudem:

$$I_1 = \oint H dl = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot H \quad F = B \cdot I_2 \cdot l$$

$$F = \mu_0 \cdot H \cdot I_2 \cdot l = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot d} I_2 \cdot l$$

$$F = 2 \cdot k_1 \cdot k_2 \frac{I_{KM}^2}{d} l \cdot 10^{-7}$$

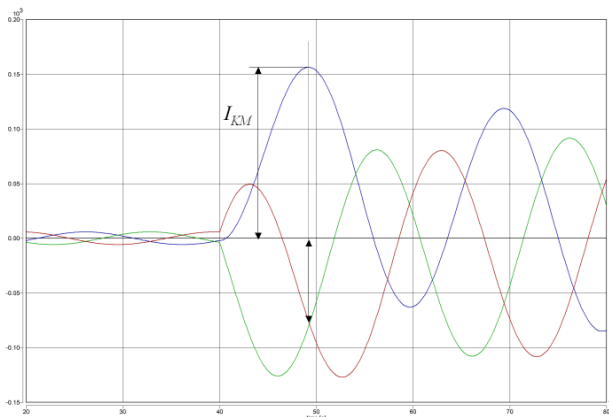
k_1 - respektuje tvar vodičů



Obr. 5. Křivky pro určení koeficientu k_1 tvaru vodičů

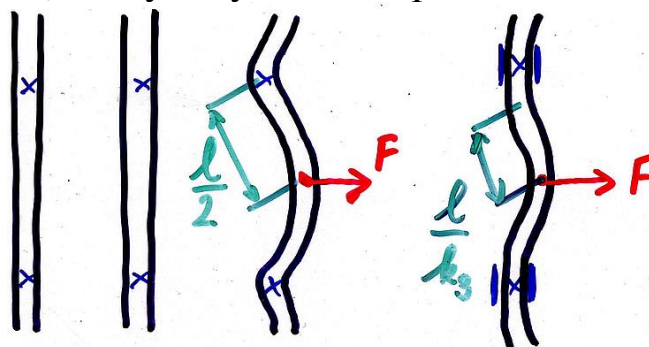
k_2 - respektuje 3f soustavu a rovinné uspořádání vodičů:

$$k_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



M_0 – ohybový moment působící na vodič

$$M_0 = \frac{F \cdot l}{k_3}$$



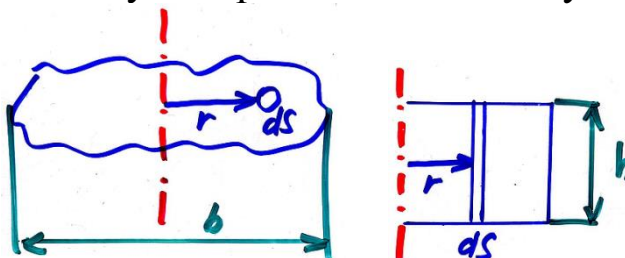
k_3 - respektuje různou tuhost a pevnost uchycení vodičů:

- zcela volné uchycení vodiče $k_3 = 2$
- velmi pevné a tuhé uchycení vodiče $k_3 = 10$

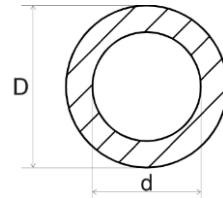
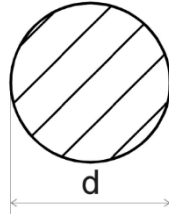
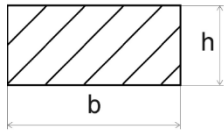
$$\sigma_0 = \frac{M_0}{W_0} \left[Pa, \frac{N}{m^2} \right] = \frac{[N \cdot m]}{[m^3]}$$

W_0 – modul průřezu v ohybu daný schopností bránit se ohybu

$$W_0 = \frac{1}{b/2} \int_S r^2 dS$$



$$W_0 = \frac{1}{b/2} 2 \int_0^{b/2} x^2 \cdot h \cdot dx = \frac{4}{b} \left[\frac{x^3}{3} h \right]_0^{b/2} = \frac{b^2}{6} h$$



$$W_0 = \frac{1}{6} b^2 \cdot h$$

$$W_0 = 0.1 \cdot d^3$$

$$W_0 = 0.1 \frac{D^4 - d^4}{D}$$

Tab. 1. PRŮŘEZOVÝ MODUL PROFILOVÝCH VODIČŮ

$W = 1,44 hb^2$	$W = 3,30 hb^2$	$W = 12,4 hb^2$	$W = 2,88 hb^2$	$W = 5,80 hb^2$

σ_0 – mechanické napětí působící na vodič v ohybu

Podmínkou splnění požadavků pro dimenzování je splnění:

$$\sigma_0 \leq 2 \cdot \sigma_{02}$$

σ_{02} – mez mechanického napětí, které způsobí trvalé prodloužení materiálu o 0.2 % původního rozměru

(Pro Al 45 MPa, pro Cu 100 MPa)

Příklad:

Určete silové poměry na přípojnicí napájené transformátorem o výkonu 0,5 MVA a napětí nakrátko 10 % na hladině 400 V. Vodiče jsou vzdáleny osově 10 cm, šířka průřezu je 1 cm, výška 6 cm, vzdálenost podpěr je 2 m.

$$X_C = u_K \frac{U_N^2}{S_N} = 0.1 \frac{400^2}{0.5 \cdot 10^6} \Omega = 32 \text{ m}\Omega$$

$$I_K'' = 1.1 \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot X_C} = 1.1 \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.032} \text{ A} = 7.94 \text{ kA}$$

$$I_{KM} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_K'' = 1.3 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.94 \text{ kA} = 14.6 \text{ kA}$$

$$d = 10 \text{ cm}, b = 1 \text{ cm}, h = 6 \text{ cm} \Rightarrow k_1 = 0.95 \approx 1$$

$$F = 2 \cdot k_1 \cdot k_2 \frac{I_{KM}^2}{d} l \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{(14.6 \cdot 10^3)^2}{0.1} 2 \cdot 10^{-7} \text{ N} = 701 \text{ N}$$

$$M_0 = \frac{F \cdot l}{k_3} = \frac{701 \cdot 2}{5} \text{ Nm} = 280.4 \text{ Nm}$$

$$W_0 = \frac{1}{6} b^2 \cdot h = \frac{1}{6} 0.01^2 \cdot 0.06 \text{ m}^3 = 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{W_0} = \frac{280.4}{1.0 \cdot 10^{-6}} \text{ Pa} = 280 \text{ MPa}$$

Po výhodnějším uspořádání se zaměněnou výškou a šířkou vodiče:

$$W_{02} = \frac{1}{6} b_2^2 \cdot h_2 = \frac{1}{6} 0.06^2 \cdot 0.01 \text{ m}^3 = 6.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{W_{02}} = \frac{280.4}{6.0 \cdot 10^{-6}} \text{ Pa} = 46.7 \text{ MPa}$$

Alternativní možnosti zlepšení jsou:

- Častější umístění podpěr.
- Pevnější podpěry.
- Vodiče ve větší vzdálenosti od sebe.
- Stínění vodičů provedením jako zapouzdržené.
- Omezení velikosti zkratového proudu sériovým reaktorem.