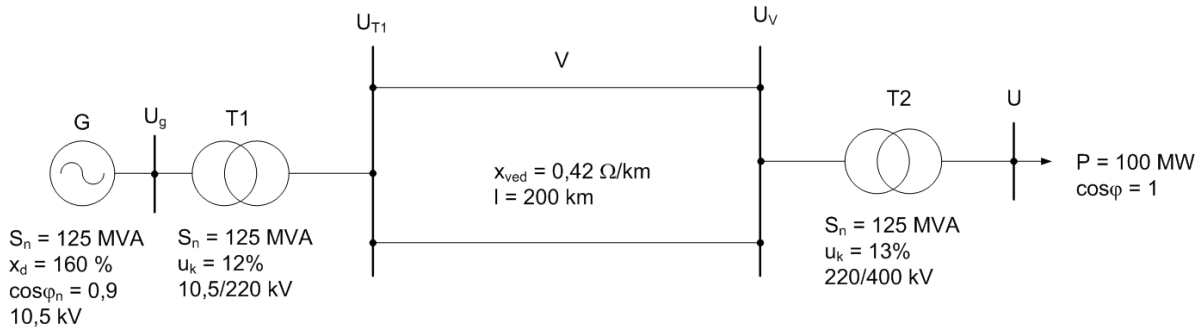


Třífázový symetrický přenos uspořádaný podle obr. 1 předává na svém konci třífázový výkon  $P = 100 \text{ MW}$  při  $\cos\varphi = 1$  do soustavy mohutného výkonu. Zjistěte úhel přenosu a rozhodněte, zda bude přenos staticky stabilní. Při výpočtu zanedbejte vliv odporů a příčných admitancí všech prvků soustavy (v zadané synchronní reaktanci alternátoru  $x_d$  je již respektován vliv sycení a vliv regulátoru napětí).



**Obr. 1:** Schéma zapojení

Výpočet provedeme v poměrných jednotkách za předpokladu vztažných hodnot:

- vztažný výkon  $S_v = 100 \text{ MVA}$
- vztažné napětí  $U_v = 220 \text{ kV}$  (uvažováno na přípojnicích transformátoru T2)

Přepočít reaktancí na vztažné hodnoty:

- generátor

$$x_g = \frac{x_d}{100} \cdot \frac{S_v}{S_g} \cdot \left(\frac{U_g}{U_v}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{10,5}\right)^2 = \frac{160}{100} \cdot \frac{100}{125} \cdot \left(\frac{10,5}{220}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{10,5}\right)^2 = 1,28$$

- transformátor T1

$$x_{T1} = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{S_v}{S_{T1}} \cdot \left(\frac{U_{T1}}{U_v}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{10,5}\right)^2 = \frac{12}{100} \cdot \frac{100}{125} \cdot \left(\frac{10,5}{220}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{10,5}\right)^2 = 0,096$$

- transformátor T2

$$x_{T2} = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{S_v}{S_{T2}} \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_v}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{400}\right)^2 = \frac{13}{100} \cdot \frac{100}{125} \cdot \left(\frac{400}{220}\right)^2 \cdot \left(\frac{220}{400}\right)^2 = 0,104$$

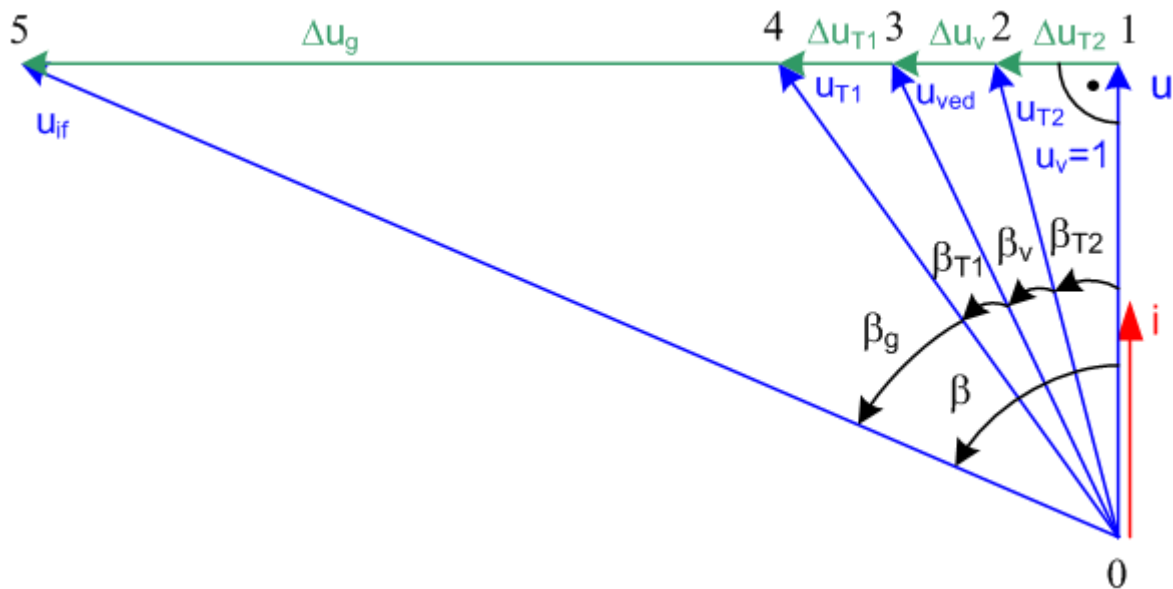
- vedení

$$x_v = x_{ved} \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_v}{U_v^2} = \frac{1}{2} \cdot 0,42 \cdot 200 \cdot \frac{100 \cdot 10^6}{(220 \cdot 10^3)^2} = 0,087$$

Celková reaktance:

$$x_c = x_g + x_{T1} + x_v + x_{T2} = 1,567$$

V dalším výpočtu vyjdeme pro názornost z fázorového diagramu podle obr. 2, kde budeme uvažovat, že na konci přenosu se odevzdává činný výkon  $P = 100 \text{ MW}$  při účinníku  $\cos\varphi = 1$  ( $\rightarrow P = S_V$ ). Fázor napětí a proudu ( $i = 1$ , ne zcela přesné) budou tedy na konci přenosu ve fázi.



**Obr. 2:** Fázorový digram

Z fázorového diagramu na obr. 2 je zřejmé, že největší vliv na posun napětí má generátor. Abychom mohli vypočítat úhel  $\beta$ , musíme nejdříve zjistit napětí  $u$ . Z trojúhelníku 0,1,2 lze zjistit jak napětí  $u$ , tak úhel  $\beta_{T2}$ , neboť:

$$\Delta u_{T2} = x_{T2} \cdot i = 0,104$$

Úbytky napětí na jednotlivých elementech sítě vypočítáme jako:

$$\Delta u_v = x_v \cdot i = 0,087$$

$$\Delta u_{T1} = x_{T1} \cdot i = 0,096$$

$$\Delta u_g = x_g \cdot i = 1,28$$

Dále platí:

$$u = \sqrt{u_v^2 - \Delta u_{T2}^2} = 0,995$$

Výpočet jednotlivých zátěžných úhlů provedeme podle definice pro goniometrické funkce:

$$\sin \beta_{T2} = \frac{\Delta u_{T2}}{u_v} = \frac{0,104}{1} = 0,104$$

$$\rightarrow \beta_{T2} = \underline{5,97^\circ}$$

$$\operatorname{tg}(\beta_{T2} + \beta_v) = \frac{\Delta u_v + \Delta u_{T2}}{u} = \frac{0,087 + 0,104}{0,995} = 0,192$$

$$\rightarrow \beta_{T2} + \beta_v = \underline{10,871^\circ} \quad \rightarrow \beta_v = (\beta_{T2} + \beta_v) - \beta_{T2} = \underline{4,901^\circ}$$

$$\operatorname{tg}(\beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v) = \frac{\Delta u_{T2} + \Delta u_{ved} + \Delta u_{T1}}{u} = \frac{0,104 + 0,087 + 0,096}{0,995} = 0,287$$

$$\rightarrow \beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v = \underline{16,096^\circ} \quad \rightarrow \beta_{T1} = (\beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v) - (\beta_{T2} + \beta_v) = \underline{5,225^\circ}$$

$$\operatorname{tg}(\beta_g + \beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v) = \frac{\Delta u_g + \Delta u_{T1} + \Delta u_{ved} + \Delta u_{T2}}{u} = \frac{0,104 + 0,087 + 0,096 + 1,28}{0,995} = 1,5755$$

$$\rightarrow \beta_g + \beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v = \underline{57,597^\circ} \quad \rightarrow \beta_g = (\beta_g + \beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v) - (\beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v) = \underline{41,5^\circ}$$

Hledaný úhel přenosu je  $\beta = \beta_g + \beta_{T1} + \beta_{T2} + \beta_v = \underline{57,597^\circ}$ .

Podle zadání zkontrolujeme statickou stabilitu přenosu, pro kterou platí podmínka:

$$\beta < \beta_{\max} = 90^\circ$$

Předcházející podmínka je splněna, takže přenos je staticky stabilní.

Na závěr provedeme kontrolu pomocí zjednodušené rovnice statické stability. Na základě obr. 2 můžeme vypočítat:

$$u_{if} = \frac{u}{\cos \beta} = \frac{0,995}{\cos 57,597^\circ} = \underline{1,857}$$

a vložíme do rovnice

$$p = \frac{u_{if} \cdot u}{x_c} \sin \beta = \frac{1,857 \cdot 0,995}{1,567} \sin 57,597^\circ \approx \underline{1}$$

potom  $P = p \cdot S_v = 1 \cdot 100 = \underline{100 \text{ MW}}$  při účinníku  $\cos \varphi = 1$ .

Pro maximální výkon, který by bylo možné přenést, můžeme napsat:

$$p_{\max} = \frac{u_{if} \cdot u}{x_c} \sin 90^\circ = \frac{1,857 \cdot 0,995}{1,567} \sin 90^\circ = \underline{1,18}; \quad P_{\max} = p_{\max} \cdot S_v = 1,18 \cdot 100 = \underline{118 \text{ MW}}$$

Jmenovitý činný výkon generátoru je:

$$P_g = S_g \cdot \cos \varphi_n = 125 \cdot 0,9 = \underline{112,5 \text{ MW}}$$