4.9 ÚBYTEK VELIKOSTI NAPĚTÍ

Úbytek velikosti napětí definujeme jako rozdíl velikostí napětí mezi začátkem a koncem sledovaného úseku vyjádřený ve fyzikální jednotce (voltech), nebo poměrné hodnotě vztažené k napětí jmenovitému. Poměrnou hodnotu často uvádíme v procentech:

$$\Delta u_{\%} = \frac{|U_1| - |U_2|}{U_N} \cdot 100 = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100 \quad (\%)$$

4.9.1 Výpočet stejnosměrného úbytku velikosti napětí

Výpočet zjednodušené hodnoty velikosti úbytku napětí, pouze jako stejnosměrného úbytku na podélném činném odporu R_P, je vhodný kromě skutečně stejnosměrných obvodů i pro krátká střídavá vedení nízkého napětí (*nn*), kde je hodnota R_P větší nebo alespoň porovnatelná s podélnou induktivní reaktancí X_P a současně má zatížení převážně činný charakter. Potom můžeme uvažovat, pro tyto obvody:

$$\Delta U = R_P \cdot I_{SS} \quad (V)$$

Pro jednofázové harmonické střídavé obvody *nn* s téměř čistě činnou zátěží platí pro jejich efektivní hodnoty veličin obdobně:

$$\Delta U = R_P \cdot I \quad (V)$$

Pro zmíněné stejnosměrné a jednofázové obvody je nezbytné do R_P zahrnout i činný odpor zpětné cesty, obvykle se počítá s dvojnásobkem činného odporu jednoho vodiče, potom:

$$R_P = 2 \cdot R_{P1V} \qquad \text{a} \qquad R_{P1V} = \varrho \frac{l}{S}$$

Pro trojfázové harmonické střídavé obvody *nn* (opět zatížené pouze činným odběrem) není zpětná cesta relevantní a je nezbytné uvážit vztah mezi fázovými a sdruženými velikostmi napětí:

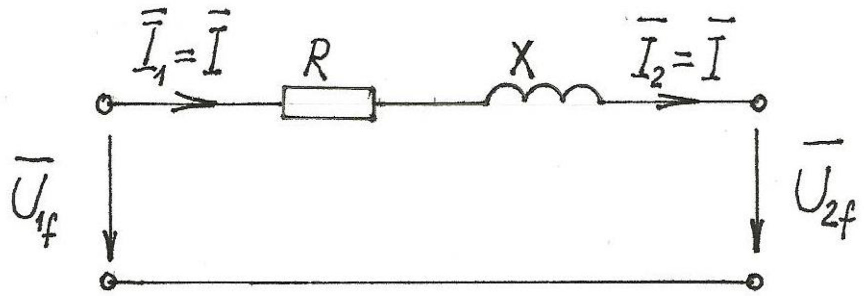
$$\Delta U_f = R_P \cdot I \quad (V) \qquad \Delta U = \Delta U_f \cdot \sqrt{3} \quad (V)$$

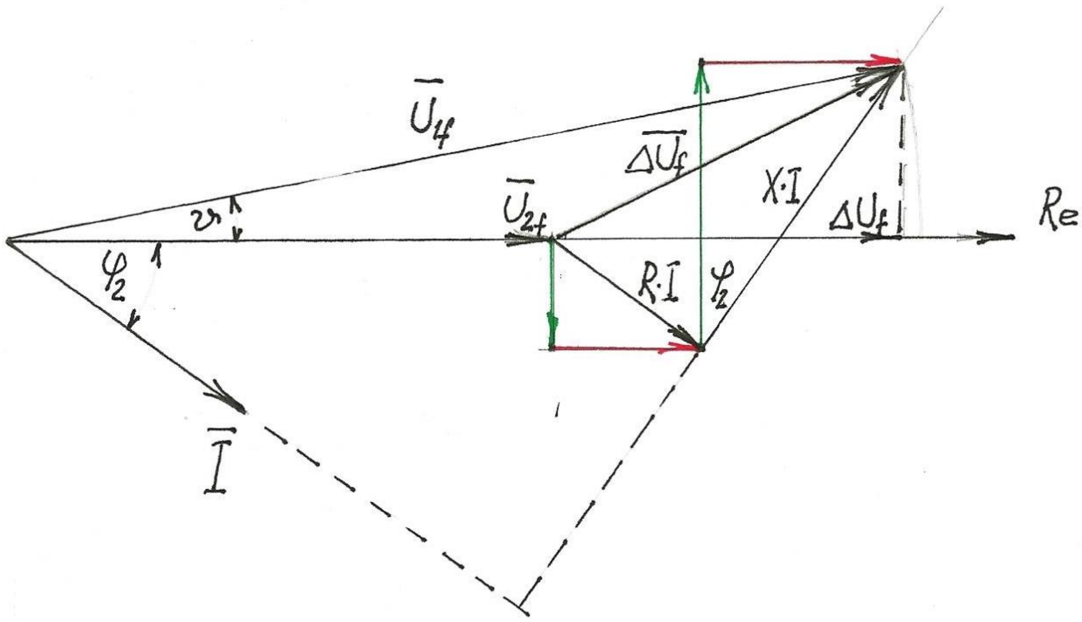
$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U_f}{U_{fN}} \cdot 100 = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100 \quad (\%)$$

Činný odpor R_P tentokrát uvažujeme bez zpětné cesty.

4.9.2 Výpočet úbytku velikosti napětí

Pro střídavé harmonické obvody zatížené obecným odběrem obsahujícím tentokrát jak činnou, tak i nezanedbatelnou jalovou složku odpovídá hodnota velikosti úbytku napětí následujícímu schématu a fázorovému diagramu:





Pozor na častou chybu, kdy je zaměňován rozdíl velikosti napětí $\Delta U_f = |\bar{U}_{1f}| - |\bar{U}_{2f}|$ za velikost rozdílu napětí $|\overline{\Delta U_f}| = |\bar{U}_{1f} - \bar{U}_{2f}|$, tedy:

$$\Delta U_f = |\bar{U}_{1f}| - |\bar{U}_{2f}| \neq |\overline{\Delta U_f}| = |\bar{U}_{1f} - \bar{U}_{2f}|$$

(v obrázku pro délky vektorů fázových hodnot veličin $|\Delta U_f| \neq |\Delta\overline{U_f}|$).

Zavedeme-li $I_č = I \cdot cos\varphi$ a $I_j = I \cdot sin\varphi$ a uvážíme, že reálná část $\Delta\bar{U}_f$ je přibližně požadované $|\bar{U}_{1f}| - |\bar{U}_{2f}|$, potom lze přibližně určit:

$$\Delta U_f = Re\{\Delta\bar{U}_f\} \approx |\bar{U}_{1f}| - |\bar{U}_{2f}|$$

Tato podstatná část úbytku velikosti napětí ΔU_f a její dílčí součásti (na obrázku červeně) jsou:

$$\Delta U_f = \Delta U_R \pm \Delta U_X = R \cdot I \cdot cos\varphi \pm X \cdot I \cdot sin\varphi = R \cdot I_č \pm X \cdot I_j$$

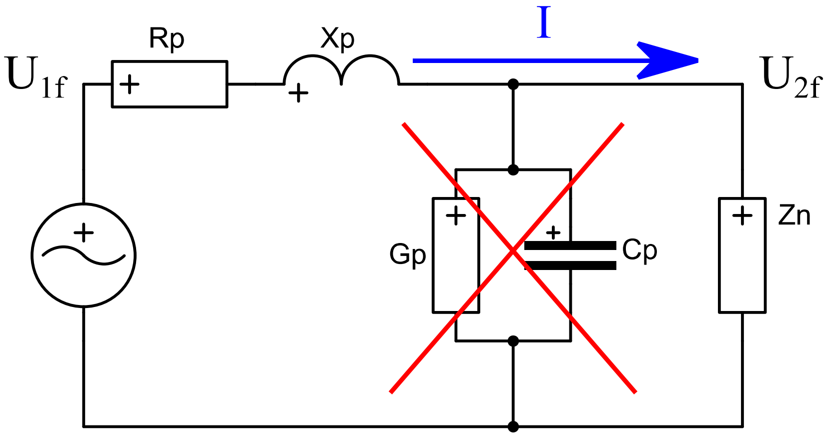
Přičemž kladná znaménka platí pro induktivní charakter zátěže (právě tak jako proudu a výkonu) a záporná pro její kapacitní charakter.
Při vyjádření pomocí činného a jalového příkonu zátěže:

$$\Delta U_f = \frac{R \cdot 3 \cdot U_{fN} \cdot I \cdot cos\varphi \pm X \cdot 3 \cdot U_{fN} \cdot I \cdot sin\varphi}{3 \cdot U_{fN}} = \frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{3 \cdot U_{fN}}$$

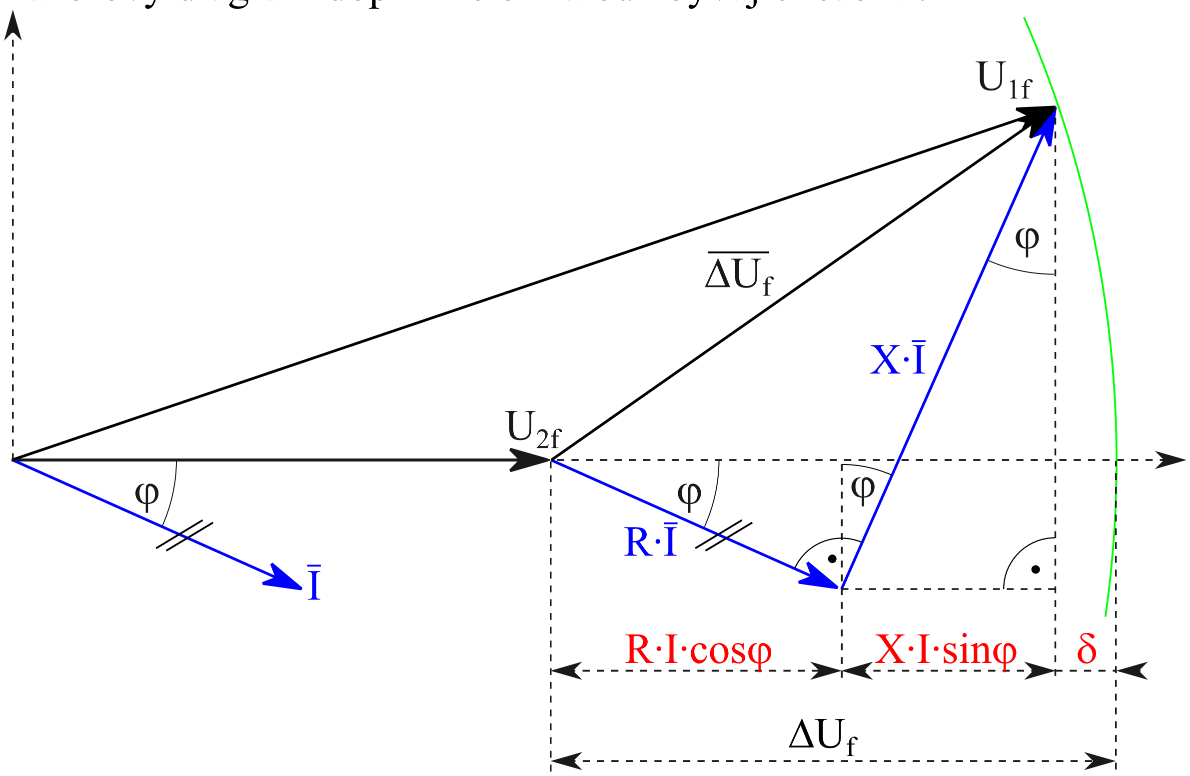
$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U_f}{U_{fN}} \cdot 100 \approx \frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{3 \cdot U_{fN}^2} \cdot 100 = \frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{U_N^2} \cdot 100$$

4.9.3 Zpřesněný výpočet úbytku velikosti napětí

I v tomto o něco přesnějším výpočtu je stále zanedbávána příčná část náhradního schématu vedení:



Fázorový diagram doplníme o malou zbývající část δ:



Přesná hodnota fázového úbytku velikosti napětí je dána vztahem:

$$\Delta U_f = \Delta U_R \pm \Delta U_X + \delta \qquad \delta = \frac{(X \cdot I \cdot cos\varphi \mp R \cdot I \cdot sin\varphi)^2}{2 \cdot U_{fN}}$$

Po dosazení za δ :

$$\Delta U_f = R \cdot I \cdot cos\varphi \pm X \cdot I \cdot sin\varphi + \frac{(X \cdot I \cdot cos\varphi \mp R \cdot I \cdot sin\varphi)^2}{2 \cdot U_{fN}}$$

Tedy s využitím výkonových parametrů a sdružených hodnot napětí:

$$\Delta U_f = \frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{3 \cdot U_{fN}} + \frac{(X \cdot P \mp R \cdot Q)^2}{18 \cdot U_{fN}^3}$$

$$\Delta u_{\%} = \frac{\Delta U_f}{U_{fN}} \cdot 100 = \left(\frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{3 \cdot U_{fN}^2} + \frac{(X \cdot P \mp R \cdot Q)^2}{18 \cdot U_{fN}^4}\right) \cdot 100$$

$$\Delta u_{\%} = \left(\frac{R \cdot P \pm X \cdot Q}{U_N^2} + \frac{(X \cdot P \mp R \cdot Q)^2}{2 \cdot U_N^4}\right) \cdot 100$$

Výše zmiňovaná odlišnost žádaného úbytku velikosti napětí ΔU_f a velikosti rozdílu napětí $|\overline{\Delta U_f}|$ i nezbytnost uvažovat zbývající doplňkovou část δ jsou patrné zejména pro kapacitní zatížení a velký fázový rozdíl napětí $\overline{U}_{1f}$ a $\overline{U}_{2f}$: