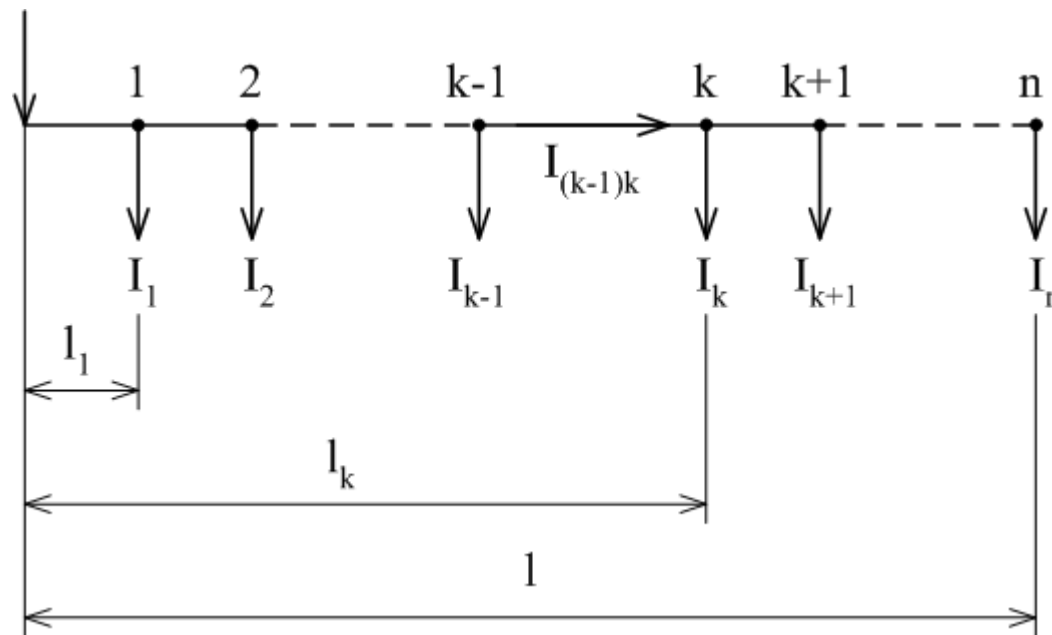


ÚBYTKY NAPĚTÍ V ES

Jednoduchá ss vedení nn, vn

Dvou vodičový rozvod. Předpoklad konst. průřezu a rezistivity.
El. trakce, elektrochemie, světelné zdroje, dálkové přenosy, výkonová elektronika.

Osamělé zátěže napájené z jedné strany



a) adiční metoda

Sčítá úbytky napětí po úsecích vedení.
(Úbytky vždy v obou vodičích úseku.)

k-tý úsek

$$U_{(k-1)} - U_k = \Delta U_{(k-1)k} = 2 \frac{\rho}{S} (l_k - l_{(k-1)}) \cdot I_{(k-1)k} \quad (V; \Omega m, m^2, m, A)$$

Proud k-tého úseku

$$I_{(k-1)k} = \sum_{y=k}^n I_y$$

Maximální úbytek napětí

$$\Delta U_n = \sum_{k=1}^n \Delta U_{(k-1)k} = 2 \frac{\rho}{S} \sum_{k=1}^n (l_k - l_{(k-1)}) \cdot \sum_{y=k}^n I_y$$

b) superpoziční metoda

Sčítá úbytky napětí po jednotlivých odběrech:

$$\Delta U_n = 2 \frac{\rho}{S} \sum_{k=1}^n l_k I_k$$

$l_k I_k$... proudové momenty k napáječi

Poměrný úbytek napětí

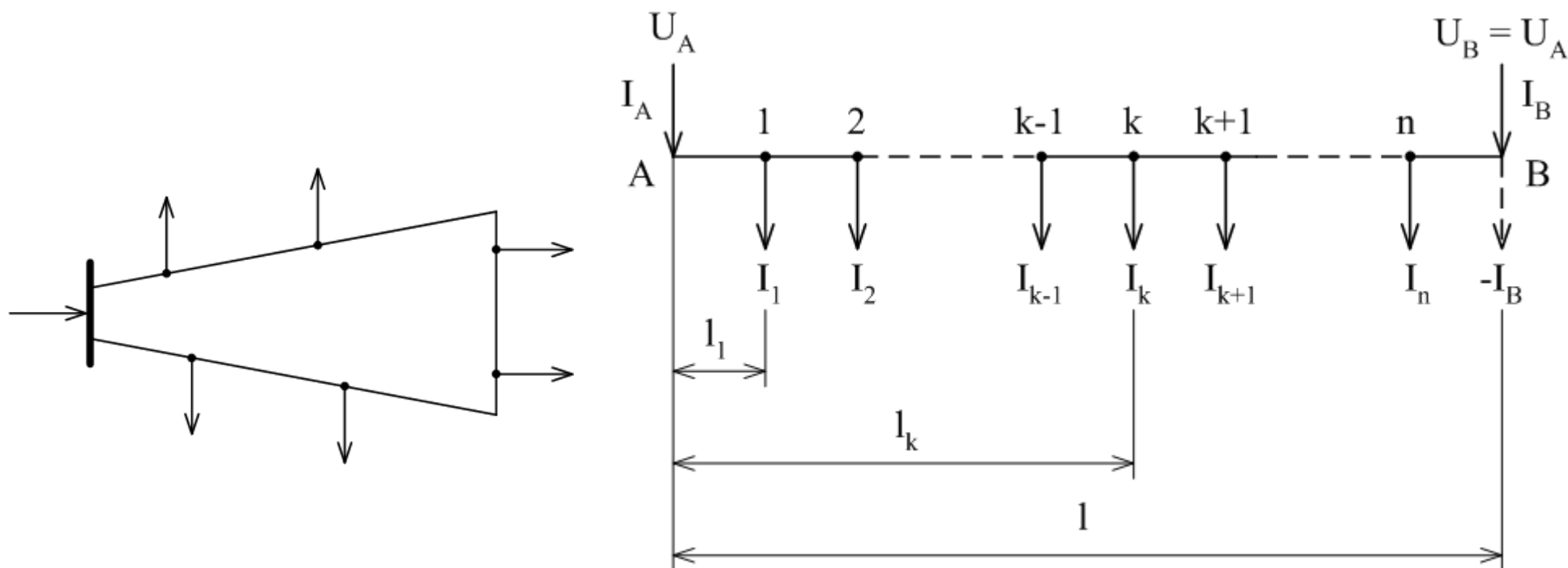
$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_n} \quad (-; V, V)$$

Pozn. Ztráty lze počítat pouze adičně!

$$\Delta P_{(k-1)k} = 2 \frac{\rho}{S} (l_k - l_{(k-1)}) \cdot I_{(k-1)k}^2 \quad (W; \Omega m, m^2, m, A)$$

$$\Delta P = \sum_{k=1}^n \Delta P_{(k-1)k}$$

Osamělé zátěže napájené ze dvou stran – napětí napáječů stejná



Okružní vedení, vyšší spolehlivost dodávky. Při poruše dvě jednostranná vedení.

Určení proudového rozdělení a úbytků.

Uvažujme I_B jako záporný odběr:

$$\Delta U_{AB} = U_A - U_B = 0 = 2 \frac{\rho}{S} \sum_{k=1}^n l_k I_k - 2 \frac{\rho}{S} l I_B$$

Odtud (momentová věta)

$$I_B = \frac{\sum_{k=1}^n l_k I_k}{l}$$

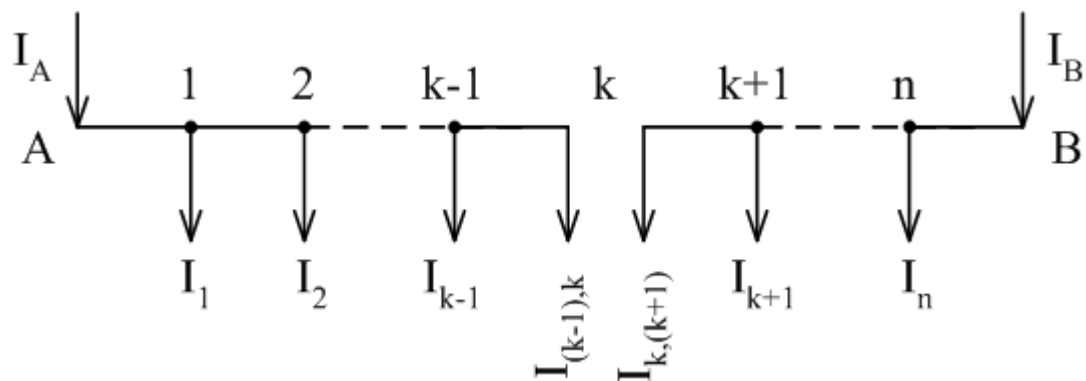
Analogicky (proudové momenty k druhému napáječi)

$$I_A = \frac{\sum_{k=1}^n (l - l_k) I_k}{l}$$

Samozřejmě platí

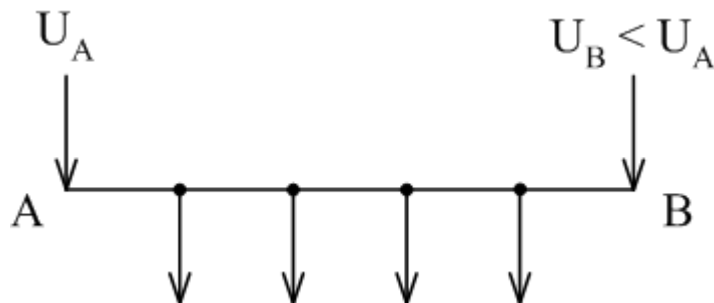
$$I_A + I_B = \sum_{y=1}^n I_y$$

Rozložení proudů určuje místo největšího úbytku napětí = místo předělu napájení → rozpad na dvě jednostranně napájená vedení.



Osamělé zátěže napájené ze dvou stran – napětí napáječů různá

Dva různé zdroje, mřížová síť



Superpozice:

- 1) Proudové rozložení se stejnými napětími.
- 2) Různá napětí a nulové odběry $\rightarrow$ vyrovnávací proud

$$I_v = \frac{U_A - U_B}{2 \frac{\rho}{S} l}$$

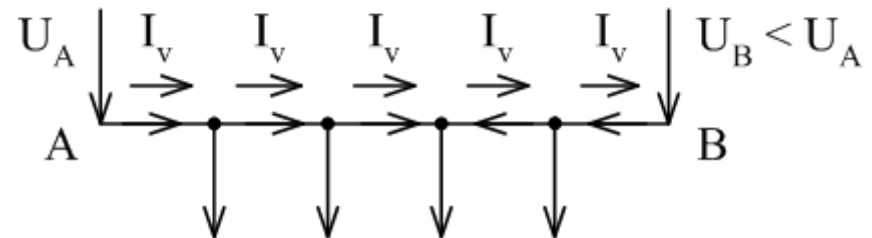
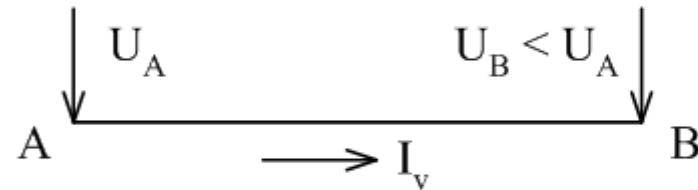
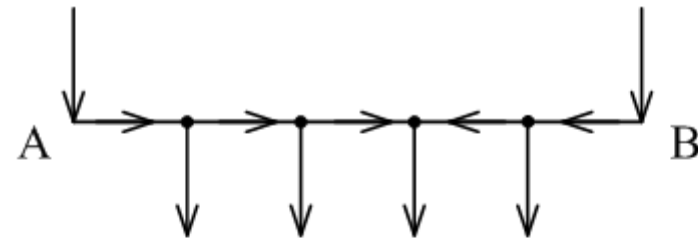
- 3) Součet řešení 1+2

Další postup stejný.

Nebo přímo:

$$U_A - U_B = 2 \frac{\rho}{S} \sum_{k=1}^n l_k I_k - 2 \frac{\rho}{S} l I_B$$

$$I_B = \frac{2 \frac{\rho}{S} \sum_{k=1}^n l_k I_k}{2 \frac{\rho}{S} l} - \frac{U_A - U_B}{2 \frac{\rho}{S} l}$$



Komplexní výkon ve střídavých sítích

$$\begin{aligned} 3f \quad P &= 3U_f I \cos \varphi = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (\text{W}) \\ Q &= 3U_f I \sin \varphi = \sqrt{3}UI \sin \varphi \quad (\text{VAr}) \\ S &= 3U_f I = \sqrt{3}UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{VA}) \end{aligned}$$

Komplexně (1f)

$$\hat{S}_f = P_f \pm jQ_f = U_f I (\cos \varphi \pm j \sin \varphi) = S_f e^{\pm j\varphi}$$

Znaménko dle konvence.

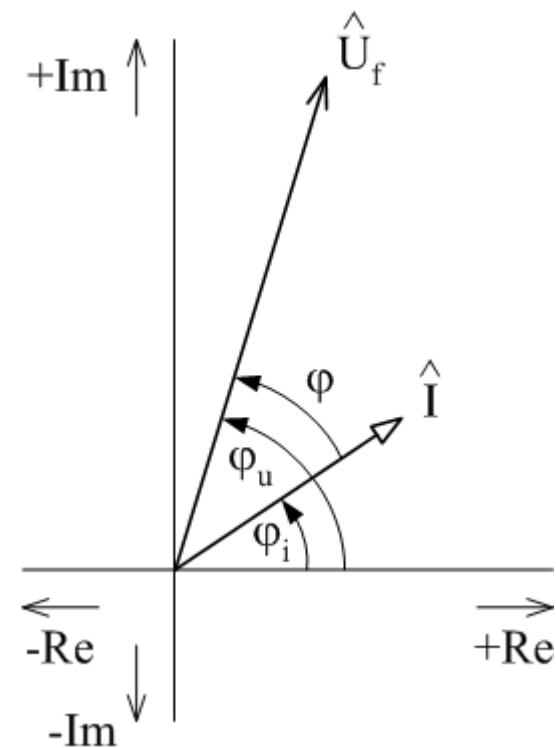
Induktivní zatížení

$$\hat{U}_f = U_f e^{j\varphi_u}, \quad \hat{I}_f = I e^{j\varphi_i}$$

Komplexní sdružení proudu

$$\hat{S}_f = \hat{U}_f \hat{I}^* = U_f I e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = U_f I e^{j\varphi}$$

$$\hat{S}_f = \hat{U}_f \hat{I}^* = P_f \pm jQ_f \begin{array}{l} \text{IND} \\ \text{KAP} \end{array}$$

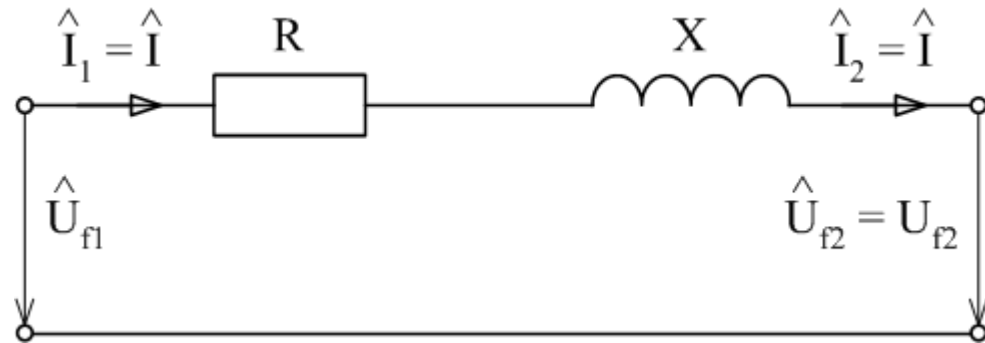


Trojfázová vedení nn, vn

Uplatní se podélné parametry, pro nn $X \rightarrow 0$.

3f vedení vn, 1 zátěž na konci

Symetrické zatížení $\rightarrow$ jednofázové schéma, provozní parametry.



Komplexní úbytek napětí

$$\Delta \hat{U}_f = \hat{Z}_l \hat{I} = (R + jX) (I_{\check{c}} \mp j I_j) \begin{matrix} \text{IND} \\ \text{KAP} \end{matrix}$$

$$\Delta \hat{U}_f = R I_{\check{c}} \pm X I_j + j (X I_{\check{c}} \mp R I_j) \begin{matrix} \text{IND} \\ \text{KAP} \end{matrix}$$

velikost

fáze

Fázorový diagram (zadáno U_{f2} , I , φ_2)
(úhel ν obvykle malý, do 3°)

Po zanedbání imaginární části a úpravách

$$\Delta U_f = \frac{R3U_f I_{\check{c}} \pm X3U_f I_j}{3U_f} = \frac{RP \pm XQ}{3U_f}$$

Procentní úbytek napětí

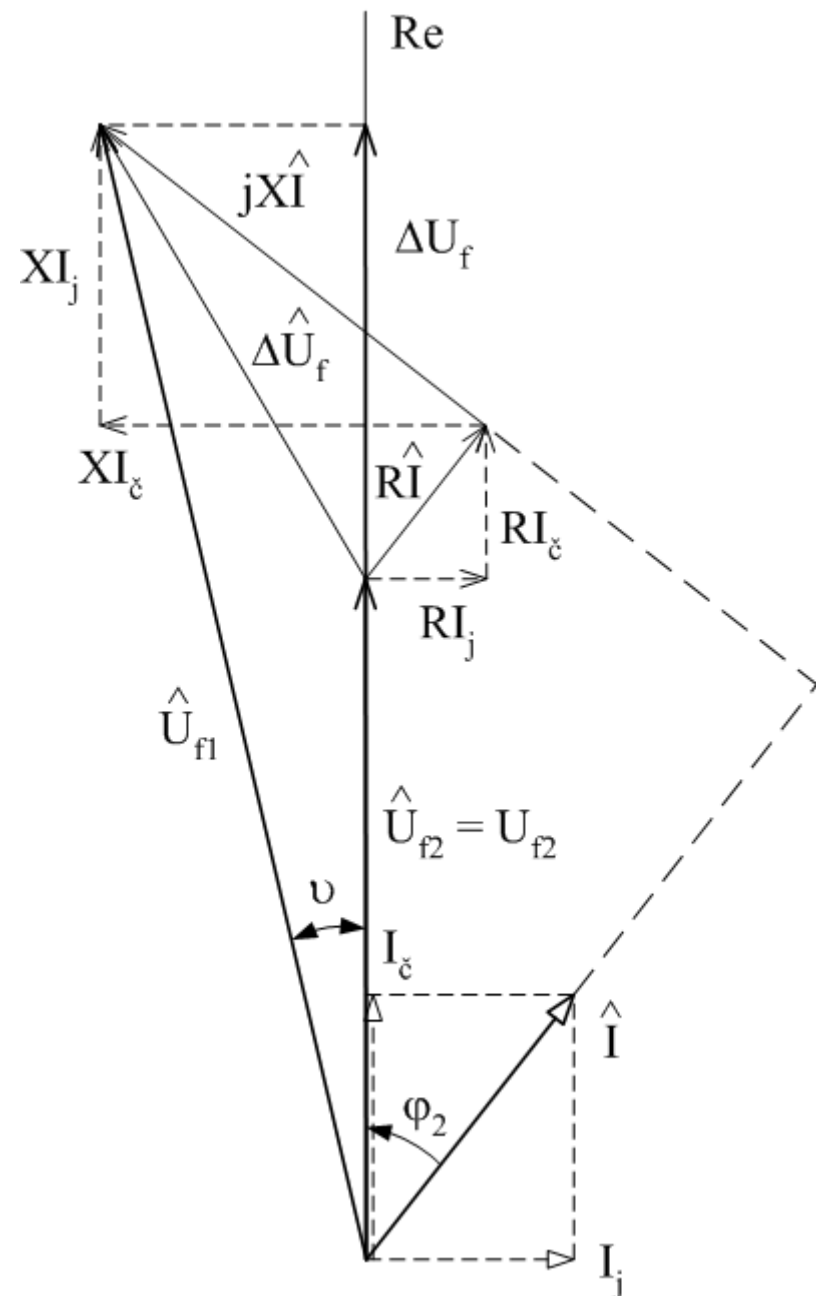
$$\varepsilon = \frac{\Delta U_f}{U_f} = \frac{RP \pm XQ}{3U_f^2} = \frac{RP \pm XQ}{U^2}$$

3f ztráty činného výkonu

$$\begin{aligned} \Delta \hat{S} &= 3\Delta \hat{U}_f \hat{I}^* = 3\hat{Z}_1 \hat{I} \cdot \hat{I}^* = 3\hat{Z}_1 I^2 = \\ &= 3(R + jX)I^2 = 3RI^2 + j3XI^2 \end{aligned}$$

$$\Delta P = 3RI^2 = 3R(I_{\check{c}}^2 + I_j^2) \quad (W; \Omega, A)$$

! I jalový proud způsobuje činné ztráty!

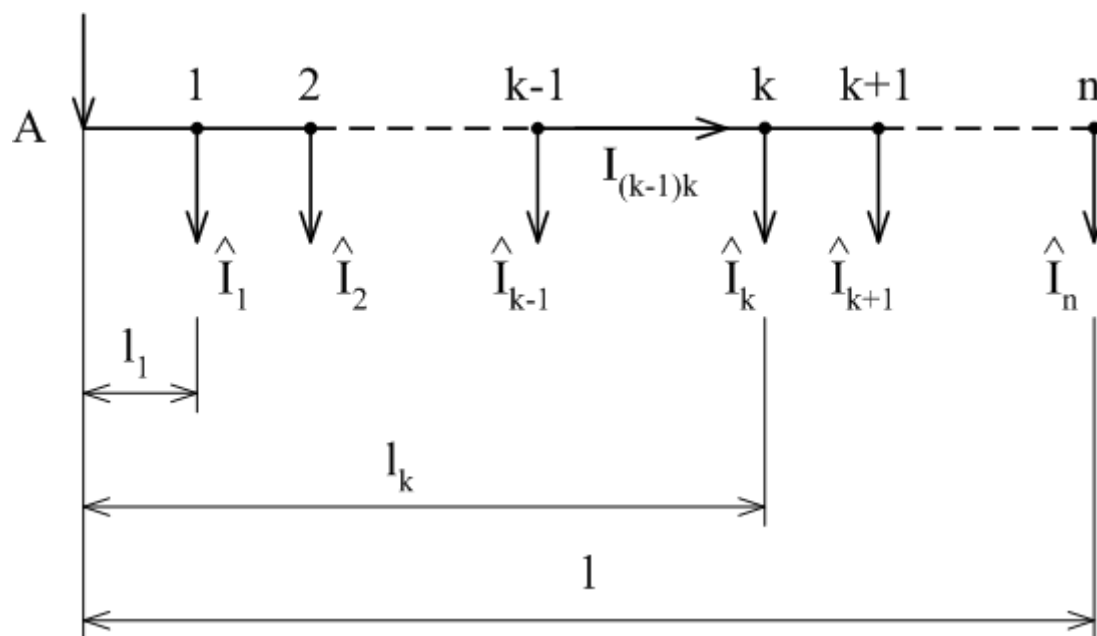


→ kompenzace jalového výkonu

3f vedení vn jednostranně napájené

Konstantní podélná impedance

$$\hat{Z}_{l_1} = R_1 + jX_1 \quad (\Omega / \text{km})$$



Úbytek napětí na konci (nemusí být největší, záleží na charakteru odběrů)

$$\Delta \hat{U}_{fAn} = \hat{Z}_{l_1} \sum_{k=1}^n l_k \hat{I}_k$$

Po zanedbání imag. části

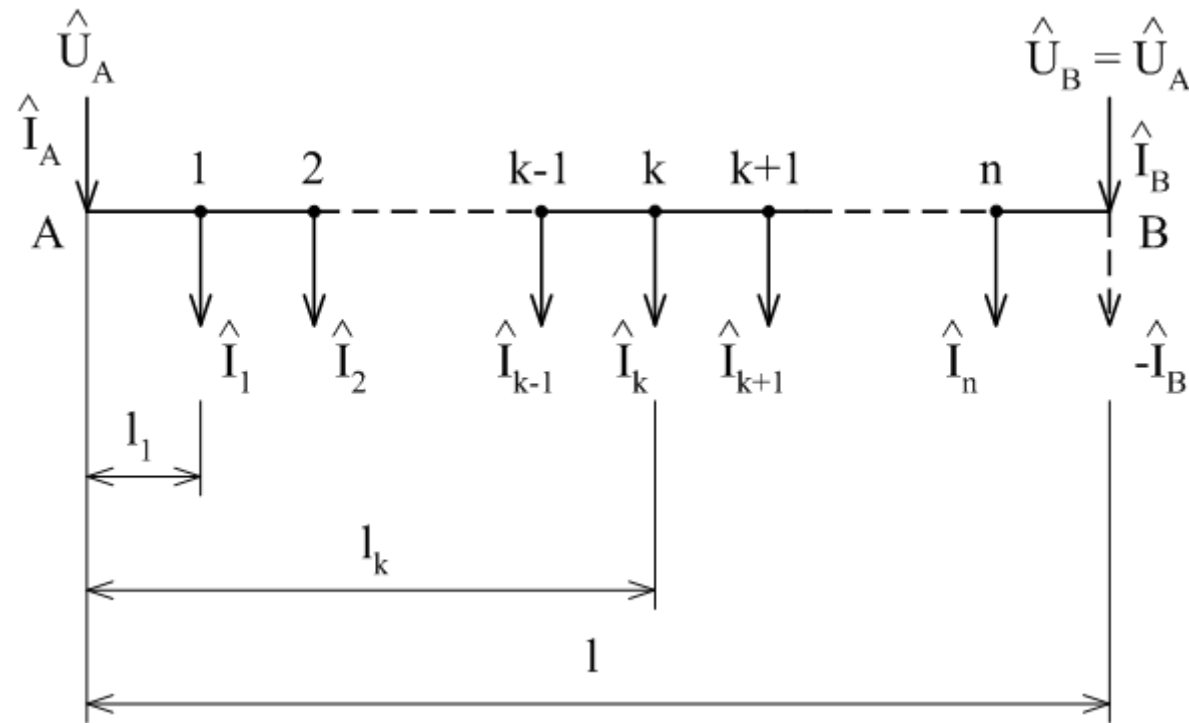
$$\Delta U_{fAn} \doteq R_1 \sum_{k=1}^n l_k I_{\check{k}} \pm X_1 \sum_{k=1}^n l_k I_{jk} \quad \begin{matrix} \text{IND} \\ \text{KAP} \end{matrix}$$

$$\Delta U_{fAn} \doteq \frac{R_1 \sum_{k=1}^n l_k P_k \pm X_1 \sum_{k=1}^n l_k Q_k}{3U_f} \quad \begin{matrix} \text{IND} \\ \text{KAP} \end{matrix}$$

Úbytek napětí na do bodu X (superpozičně)

$$\Delta \hat{U}_{fAX} = \hat{Z}_{l_1} \sum_{k=1}^X l_k \hat{I}_k + \hat{Z}_{l_1} l_{AX} \sum_{k=X+1}^n \hat{I}_k$$

3f vedení vn dvoustranně napájené



Postup jako u ss vedení (napáječ jako záporný odběr, nulový úbytek napětí).

$$\Delta \hat{U}_{AB} = 0 = \hat{Z}_{l_1} \sum_{k=1}^n l_k \hat{I}_k - \hat{Z}_{l_1} l \cdot \hat{I}_B$$

Momentové věty

$$\hat{I}_B = \frac{\sum_{k=1}^n l_k \hat{I}_k}{1} \quad \hat{I}_A = \frac{\sum_{k=1}^n (1 - l_k) \hat{I}_k}{1} \quad \hat{I}_A + \hat{I}_B = \sum_{y=1}^n \hat{I}_y$$

(V principu jde o proudový dělič pro každý odběr.)

Změna znaménka činného a jalového proudu může být v různých bodech
→ maximální úbytek napětí kontrolovat v obou styčných bodech.