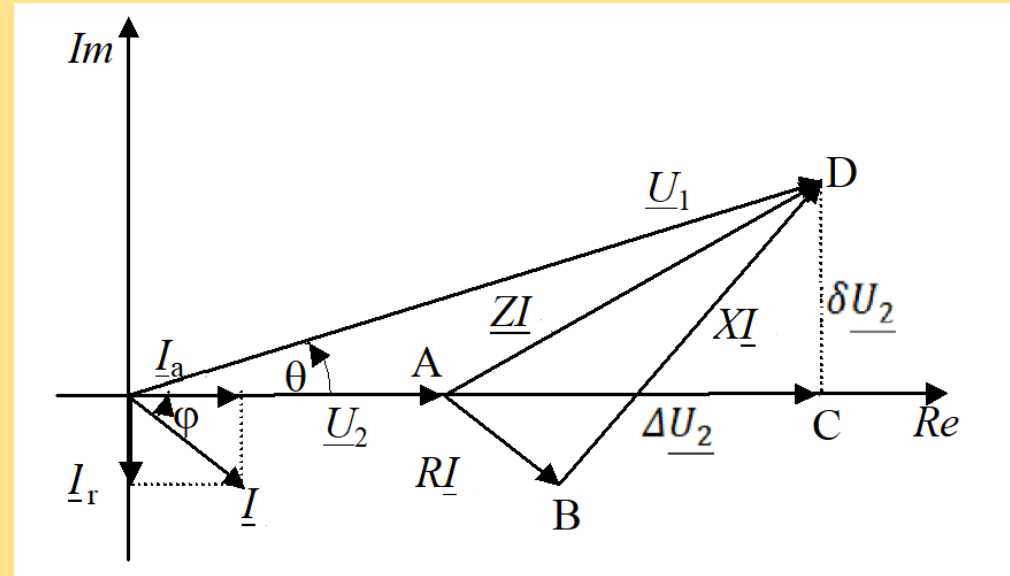
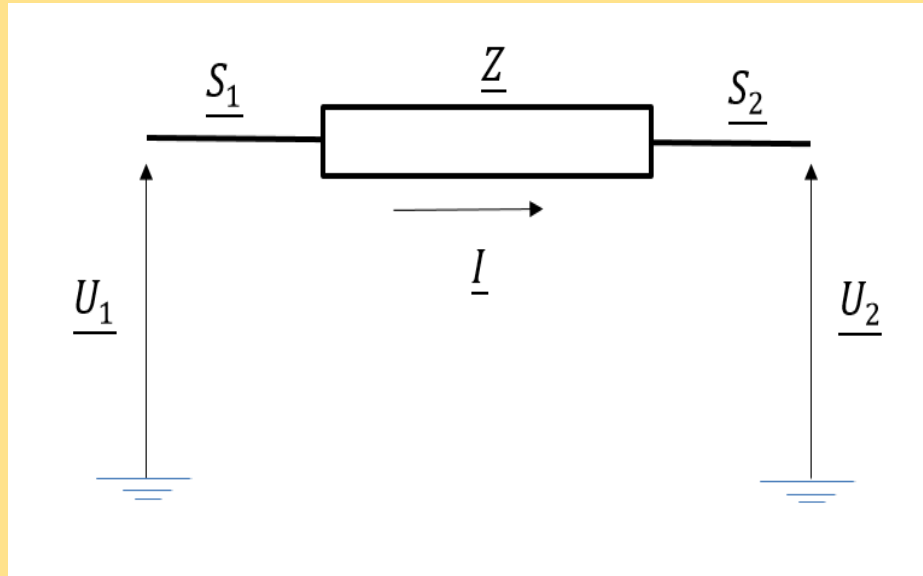


The background features a series of high-voltage power line towers and their associated cables, silhouetted against a vibrant sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a warm, golden glow. The towers are arranged in a perspective that recedes into the distance. On the right side of the image, there are several overlapping, semi-transparent geometric shapes in shades of brown and orange, which serve as a design element for the text overlay.

**Анализа
електроенергетских
система
-основни прорачуни-**

Падови напона и губици преноса



$\delta \underline{U}_2$, попречна компонента пада напона

$\Delta \underline{U}_2$, попречна компонента пада напона

$$\underline{U}_1 - \underline{U}_2 = \underline{Z} \cdot \underline{I} = (R + jX)(I \cos \varphi - jI \sin \varphi) = (RI \cos \varphi + XI \sin \varphi) + j(XI \cos \varphi - RI \sin \varphi) = \Delta U + j\delta U$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{S}_1^*}{\underline{U}_1^*} = \frac{\underline{S}_2^*}{\underline{U}_2^*}$$

$$1. \underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \frac{RP_2 + XQ_2}{\underline{U}_2^*} + j \frac{XP_2 - RQ_2}{\underline{U}_2^*}$$

$$2. \underline{U}_2 = \underline{U}_1 - \frac{RP_1 + XQ_1}{\underline{U}_1^*} - j \frac{XP_1 - RQ_1}{\underline{U}_1^*}$$

3. Poznat napon \underline{U}_1 i snaga \underline{S}_2

$$\underline{U}_2 = \frac{U_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{U_1}{2}\right)^2 - \frac{(XP_2 - RQ_2)^2}{U_1^2} - (RP_2 + XQ_2) - j \frac{XP_2 - RQ_2}{U_2}}$$

4. Poznat napon \underline{U}_2 i snaga \underline{S}_1

$$\underline{U}_1 = \frac{U_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{U_2}{2}\right)^2 - \frac{(XP_1 - RQ_1)^2}{U_2^2} + (RP_1 + XQ_1) + j \frac{XP_1 - RQ_1}{U_2}}$$

$$\underline{S}_1 - \underline{S}_2 = \underline{S}_{gub} = (R + jX) \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} = (R + jX) \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}$$

Дозвољени пад (одступање) напона зависи од напонског нивоа и прописан је стандардом.

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U_2)^2 + (\delta U_2)^2}$$

Члан δU_2 се може занемарити.

$$U_1 - U_2 = \Delta U_2 = \frac{RP_i + XQ_i}{U_i}$$

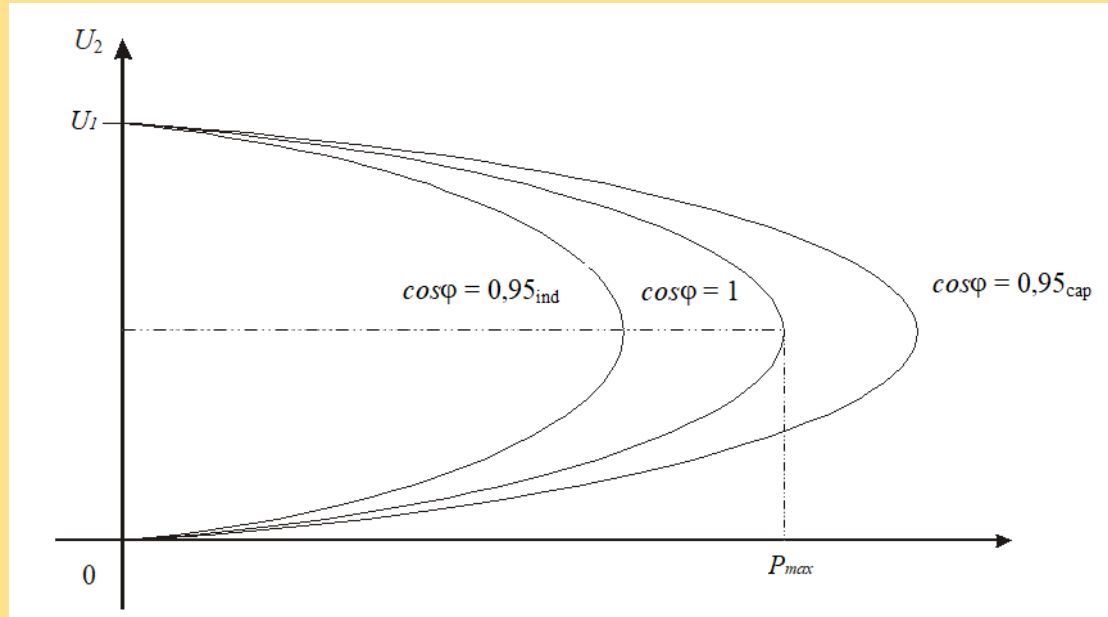
$$\cos\varphi = 1 \Rightarrow Q = 0$$

$$\cos\varphi = 0.95 \Rightarrow Q = \frac{P}{3}$$

$$\cos\varphi = 0.707 \Rightarrow Q = P$$

U [kV]	400	220	110	35	20	10	0.4
R/X	1/11	1/4	1/2	1/1	2/1	3/1	10/1

За различите вредности $\cos\varphi = const$, зависност напона од активне снаге која се преноси водом дата је на следећом дијаграму. Постоји снага при којој напон достиже критичну вредност (P_{max}).

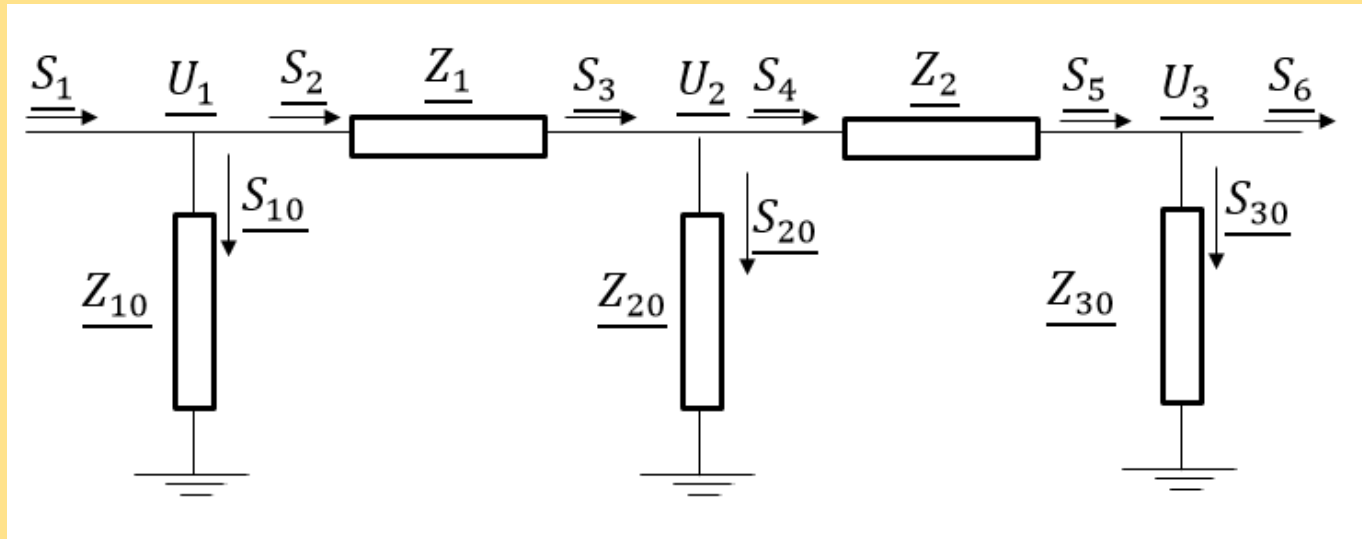


$$\text{За } R=0 \text{ i } Q=0 \quad P_{max} = \frac{U_1^2}{2X}$$

P_{max} је одређено:

- Термичким ограничењем (кратки водови)
- Падовима напона (преносни водови средње дужине)
- Стабилност (дуги водови)

Метод биланса снага



Полази се од било које тачке у којој је дефинисан радни режим.

\underline{S}_6 , познато; \underline{U}_3 , познато

$$\underline{S}_{30} = \frac{U_3^2}{Z_{30}^*} \quad \underline{S}_5 = \underline{S}_{30} + \underline{S}_6 \quad \underline{S}_4 = \underline{S}_5 + \underline{Z}_2 \frac{P_5^2 + Q_5^2}{U_3^2}$$

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_3 + \frac{R_2 P_5 + X_2 Q_5}{U_3^*} + j \frac{X_2 P_5 - R_2 Q_5}{U_3^*}$$

$$\underline{S}_{20} = \frac{U_2^2}{Z_{20}^*} \quad \underline{S}_3 = \underline{S}_{20} + \underline{S}_4 \dots$$

Компензација реактивних снага

- Регулација напона на жељену вредност

$$\Delta \underline{U} = \frac{RP + QX}{U} + j \frac{XP - RQ}{U} \approx 0$$

- Смањење губитака у систему (активних и реактивних)
- Ослобађање преносних капацитета

Батерија кондензатора снаге 72 Mvar-а



Пре компензације:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \frac{RP_p + XQ_p}{\underline{U}_2^*} + j \frac{XP_p - RQ_p}{\underline{U}_2^*}$$

После компензације:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2^C + \frac{RP_p + X(Q_p - Q_{BK})}{\underline{U}_2^{C*}} + j \frac{XP_p - R(Q_p - Q_{BK})}{\underline{U}_2^{C*}}$$

Занемарује се попречна компонента пада напона ($\underline{U}_2 = U_2$):

$$U_2^C - U_2 = \frac{RP_p + XQ_p}{U_2} - \frac{RP_p + X(Q_p - Q_{BK})}{U_2^C} \approx \frac{XQ_{BK}}{U_2}$$

Водити рачуна: после компензације се мења снага потрошње:

$$P_P = P_{P0} + \Delta P_P = P_{P0} + k_{PU} \frac{P_{P0}}{U_0} \Delta U$$

$$Q_P = Q_{P0} + \Delta Q_P = Q_{P0} + k_{QU} \frac{Q_{P0}}{U_0} \Delta U$$

Ако је компензација батеријама кондензатора, онда је:

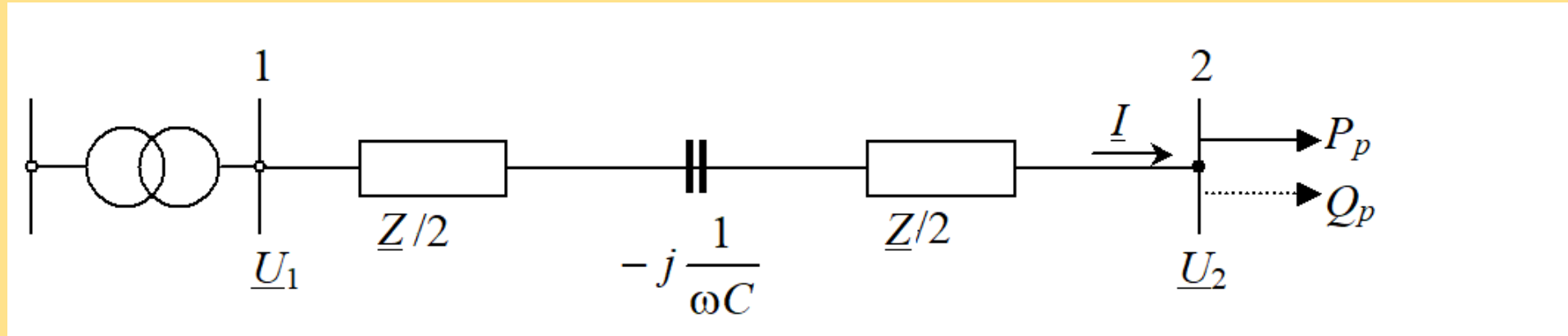
$$Q_{BK} = (\omega C) U_2^2$$

$$C = \text{const}$$

Негативни коефицијент саморегулације батерија кондензатора:

Оточне батерије кондензатора дају при вишим радним напонима више реактивне снаге, а управо обрнуто је пожељно у погону.

Редна компензација



$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

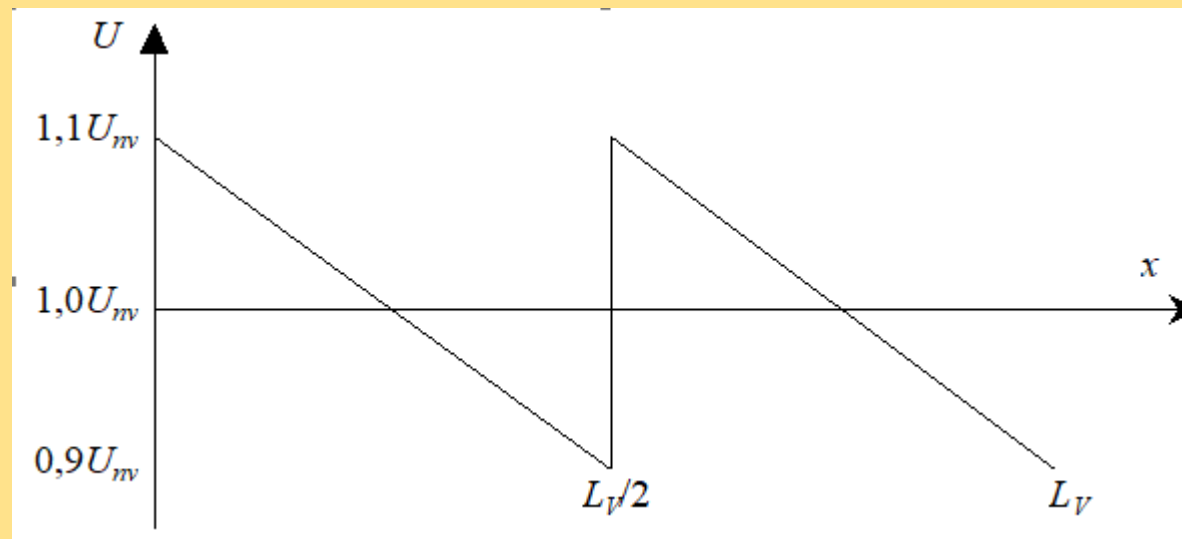
Пре компензације:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \frac{R P_p + X Q_p}{\underline{U}_2^*} + j \frac{X P_p - R Q_p}{\underline{U}_2^*}$$

После компензације:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2^C + \frac{R P_p + (X - X_C) Q_p}{\underline{U}_2^{C*}} + j \frac{(X - X_C) P_p - R Q_p}{\underline{U}_2^{C*}}$$

Дејство редног кондензатора се највише осећа иза места његовог постављања.



Недостаци:

- Пад напона током трајања кратког споја
- Ферорезонанса
- Хармоници

Поређење редне и оточне компензације

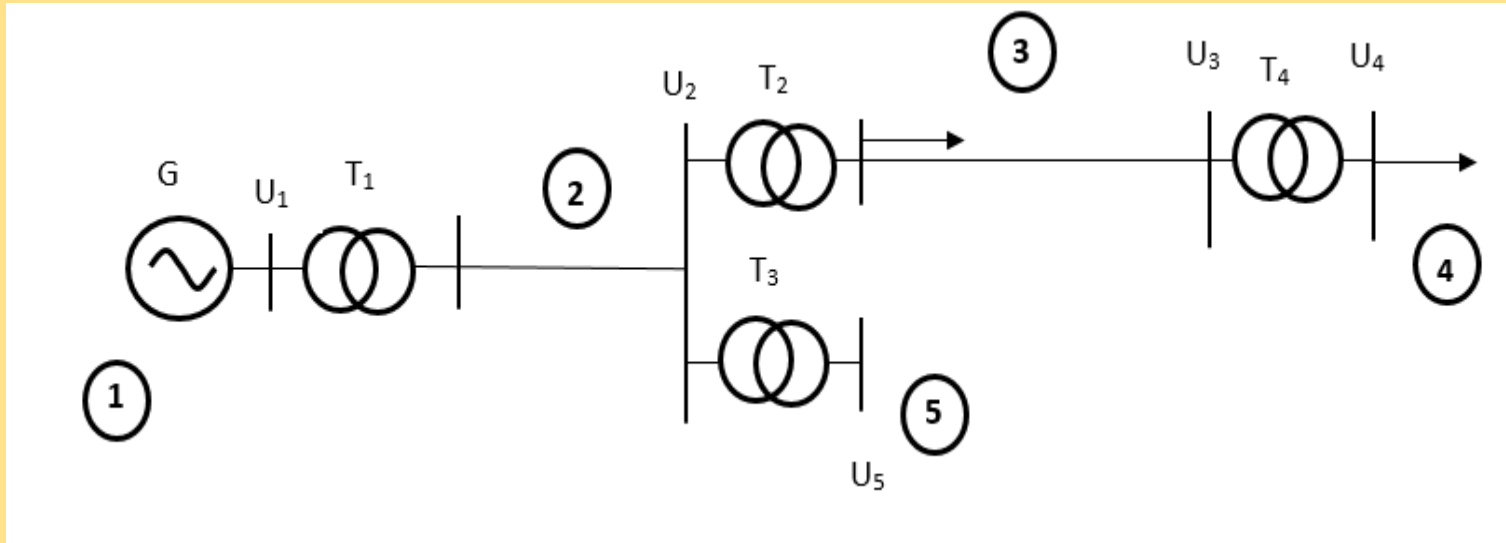
- За исту компензацију пада напона потребна редно везана батерија кондензатора снаге Q_C^{red} која је 3 до 10 пута мања од Q_C^{ot}
- Оточна компензација боље ослобађа преносне капацитете

Данас се за компензацију реактивне снаге користе потпуно друге технологије.

Метод сведених вредности

По овој методи, сложене мреже се растављају на онолико целина колико има напонских нивоа. Мреже појединих напонских нивоа су спојене преко трансформатора.

Пример: прво се одабере део мреже на чији ниво ће се свести цела мрежа – то је напонски ниво 3



$$T_1: m_{21} = \frac{231}{10.5} \text{ kV}$$

$$T_2: m_{23} = \frac{220}{115} \text{ kV}$$

$$T_3: m_{25} = \frac{220}{110} \text{ kV}$$

$$T_4: m_{34} = \frac{100}{36.75} \text{ kV}$$

$$U_3^{sv} = U_3$$

$$U_1^{sv} = U_1 m_{21} m_{32} = U_1 m_{21} \frac{1}{m_{23}} = U_1 \frac{231}{10.5} \frac{115}{220}$$

$$U_2^{sv} = U_2 m_{32} = U_2 \frac{115}{220}$$

$$U_4^{sv} = U_4 m_{34} = U_4 \frac{110}{36.75}$$

$$U_5^{sv} = U_5 m_{25} m_{32} = U_5 \frac{220}{110} \frac{115}{220}$$

$$\underline{Z}_2^{sv} = \underline{Z}_2 m_{32}^2 = \underline{Z}_2 \left(\frac{115}{220} \right)^2$$

Метод сведениях вредности

$$U_{B3} = 110 \text{ kV}$$

$$U_{B3} = U_{B1} m_{21} m_{32} = U_{B1} m_{21} \frac{1}{m_{23}} = U_{B1} \frac{231}{10.5} \frac{115}{220}$$

$$U_{B1} = U_{B3} m_{23} m_{12} = 110 \frac{220}{115} \frac{10.5}{231}$$

$$U_{B2} = U_{B3} m_{23} = 110 \frac{220}{115}$$

$$U_{B1} = U_{B2} m_{12} = 110 \frac{220}{115} \frac{10.5}{231}$$

$$U_{B5} = U_{B2} m_{52} = 110 \frac{220}{115} \frac{110}{220}$$

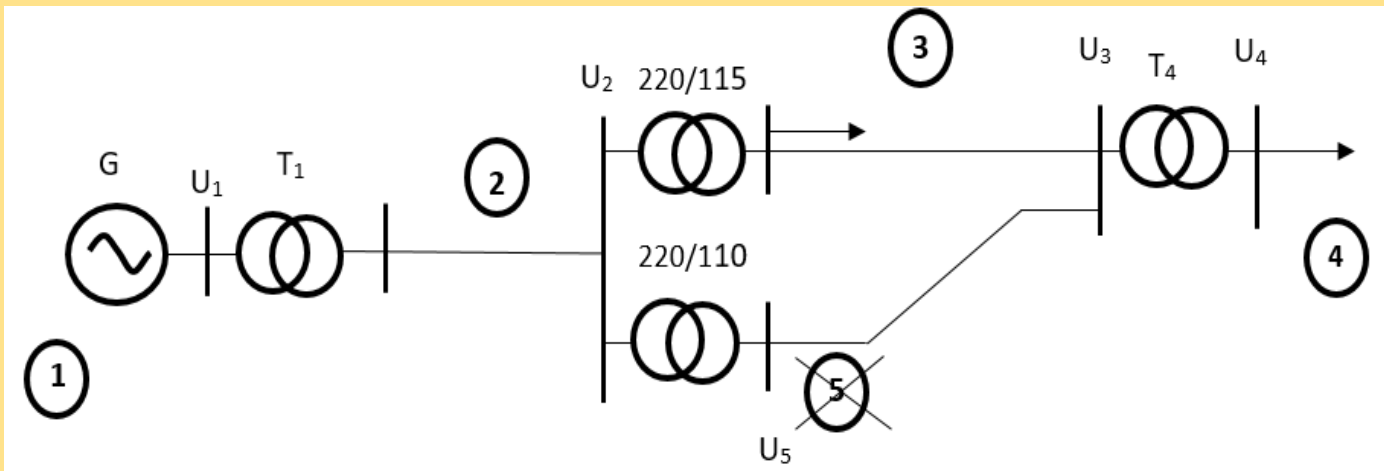
$$U_1^{sv} = U_1 \frac{U_{B3}}{U_{B1}}$$

$$U_{1r.j.} = \frac{U_1}{U_{B1}} = \frac{U_1^{sv}}{U_{B3}}$$

$$Z_{B1} = \frac{U_{B1}^2}{S_B} \quad I_{B1} = \frac{S_B}{U_{B1}}$$

$$Z_{Bi} = Z_{B1} \left(\frac{U_{Bi}}{U_{B1}} \right)^2 \quad I_{Bi} = I_{B1} \frac{U_{B1}}{U_{Bi}}$$

Петља



Може:

$$m_2 = m_n = \frac{U_{B2}}{U_{B3}} = \frac{220}{115}$$

$$\frac{220}{110} = m_3 = t m_n = t \frac{220}{115}$$

$$t = \frac{220 \cdot 115}{110 \cdot 220} = \frac{115}{110}$$

