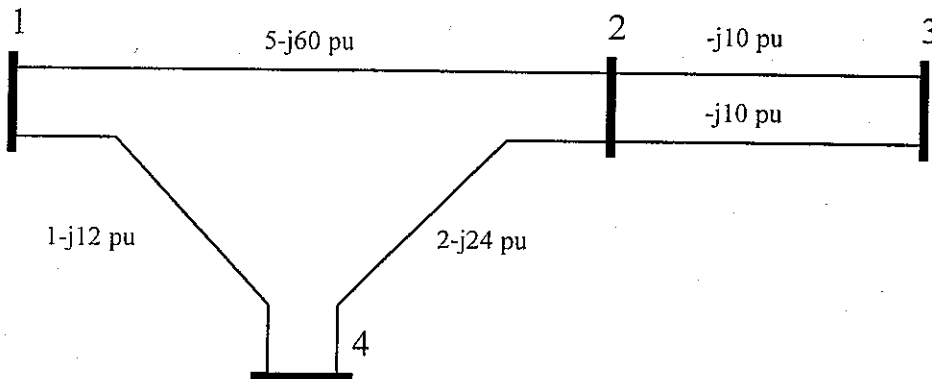




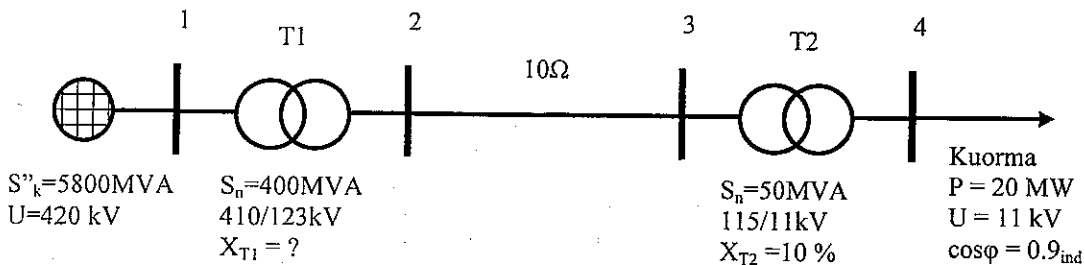
Tentissä saa käyttää ohjelmoitavaa laskinta, jos sen muisti on luotettavasti resetoitu valvojan r

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Selosta miksi siirtoverkon tehonjaon laskennassa käytetään eri solmupistetyyppejä ja mitkä ovat tyyppien ominaisuudet?
 - b) Miksi siirtoverkon admittanssimatriisi Y_{bus} on rakenteeltaan harva (sparse)?
 - c) Jos 500 kV johdon aaltoimpedanssi $Z_C = 400 \Omega$, kuinka suuri on johdon luonnollinen teho?
- 2) Kuvassa 1 olevat johtotiedot ovat suhteellisarvoina lausuttuja **admittansseja**.
 - a) Muodosta verkolle solmupisteadmittanssimatriisi Y_{bus} .
 - b) Mitkä alkio matriisissa muuttuvat ja miten, kun solmupisteiden 1 ja 2 välisen johdon maa-kapasitanssi $j10$ pu otetaan huomioon?



Kuva 1

- 3) Kuvan 2 verkossa solmupisteeseen 1 liittyvän syöttävän verkon 3-v. oikosulkuteho $S''_k = 5800$ MVA jännitteellä 420 kV. Johdon reaktanssi 110 kV jännitetasolla on 10Ω . Kuormituksen pääjännite ennen vikaa on 11 kV ja kuorma ei syötä vikavirtaa.
 - a) Laske verkolle suhteellisarvot (muuntajan T_1 reaktanssi on X_{T1}) ja solmun 2 jännite ennen vikaa käyttäen kolmivaiheisena perustehona arvoa $S_b = 100$ MVA ja perusjännitteenä solmun 1 jännitetasolla pääjännitettä $U_b = 400$ kV.
 - b) Laske muuntajan T_1 reaktanssin suuruus prosentteina muuntajan nimellistehon ja jännitteen suhteen ilmaistuna kun 3-vaiheisen alkuoikosulkuvirran suuruus solmussa 2 saa olla korkeintaan 7 kA.



Kuva 2

Jatkuu...

Keskipitkän johdon π -sijaiskytkennän siirtovakiot

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_S \\ \underline{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A} & \underline{B} \\ \underline{C} & \underline{D} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} & \underline{Z} \\ \underline{Y} \left(1 + \frac{\underline{ZY}}{4}\right) & 1 + \frac{\underline{ZY}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{I}_R \end{bmatrix}$$

Pitkän johdon siirtovakiot. \underline{Z}_C = aaltoimpedanssi, $\underline{\gamma}$ = etenemiskerroin ja l = etäisyys johdon lopusta.

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_S \\ \underline{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A} & \underline{B} \\ \underline{C} & \underline{D} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh(\underline{\gamma} \cdot l) & \underline{Z}_C \cdot \sinh(\underline{\gamma} \cdot l) \\ \frac{\sinh(\underline{\gamma} \cdot l)}{\underline{Z}_C} & \cosh(\underline{\gamma} \cdot l) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{I}_R \end{bmatrix}$$

Tehonsiirron yhtälöt siirtovakioiden $\underline{A} = A \angle \alpha$, $\underline{B} = B \angle \beta$ ja $\underline{D} = D \angle \alpha$ avulla ilmaistuna. Kulma δ on alku- ja loppupään jännitteiden välinen kulma s.e. $\underline{V}_S = V_S \angle \delta$ ja $\underline{V}_R = V_R \angle 0^\circ$.

Alkupään tehoille

$$P_S = \frac{|D|}{|B|} |V_S|^2 \cos(\beta - \alpha) - \frac{|V_S| |V_R|}{|B|} \cos(\beta + \delta)$$

$$Q_S = \frac{|D|}{|B|} |V_S|^2 \sin(\beta - \alpha) - \frac{|V_S| |V_R|}{|B|} \sin(\beta + \delta)$$

Loppupään tehoille

$$P_R = \frac{|V_S| |V_R|}{|B|} \cos(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \cos(\beta - \alpha)$$

$$Q_R = \frac{|V_S| |V_R|}{|B|} \sin(\beta - \delta) - \frac{|A|}{|B|} |V_R|^2 \sin(\beta - \alpha)$$

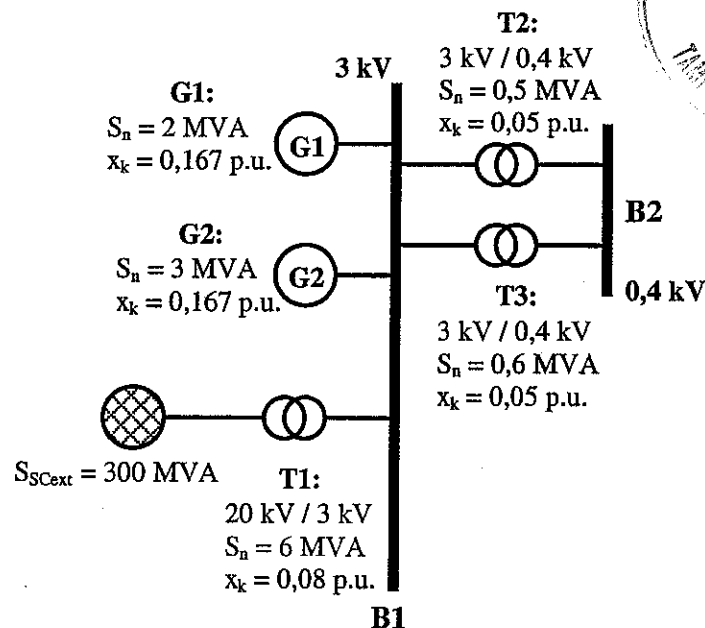
Tarkan π -sijaiskytkennän korjatut \underline{Z}' ja $\underline{Y}'/2$ ovat:

$$\underline{Z}' = \underline{Z} \cdot \frac{\sinh(\underline{\gamma} \cdot l)}{\underline{\gamma} \cdot l} \quad \text{ja} \quad \frac{\underline{Y}'}{2} = \frac{\underline{Y}}{2} \cdot \frac{\tanh(\underline{\gamma} \cdot l/2)}{\underline{\gamma} \cdot l/2}$$

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin.

- Mistä vuokomponenteista muodostuu tahtikoneen ns. ilmvälivuo (air gap flux)? Mistä ao. vuokomponenttien suuruudet riippuvat?
 - Miksi tehonjaon laskennassa tarvitaan vertailupiste (slack bus)?
 - Mitä tarkoittaa käsite flat-start tehonjaon laskennassa?
 - Muuntajan kytkentäryhmä on Ynd11. Piirrä vastaavat ylä- ja alajännitepuolen jänniteosoittimet.
 - Piirrä alimagnetoidun tahtimoottorin osoitinpiirros ja merkitse siihen osoittimien kuvaamat suureet.
 - Mitkä seikat määräävät säteittäisen 20 kV verkon lähdön maasulkusuojuuksessa käytettävän laukaisuhidastuksen (aika vian syntymisestä laukaisuun) maksimipituuden?
2. Pitkän (yli 250 km) 400 kV:n sähkönsiirtojohtoon siirtovakiot ovat seuraavat: $A = D = 0,9 \angle 1,0^\circ$, $B = 160 \angle 85,0^\circ \Omega$ ja $C = 1760 \angle 89,0^\circ \mu S$. Johdon loppupäässä (kuormituksen puoleinen pää) on kolmivaihemuuntaja, jonka sarjaimpedanssi $Z_T = 85 \angle 85,0^\circ \Omega$. Sekä johdon alkupäässä että kuormituksen navoissa on pääjännite 400 kV, mutta jännitteiden välillä on 30° vaihe-ero (tehokulma). Laske kuormituksen ottama virta, pätö- ja näennäisteho sekä tehokerroin.

3. Tarkastellaan kuvassa 1 esitettyä järjestelmää, jossa 3 kV:n kiskoon kiinnittyy kaksi generaattoria (G1 ja G2), kaksi rinnankytkettyä 3 kV / 0,4 kV muuntajaa (T2 ja T3), sekä 20 kV:n verkko 20 kV / 3 kV muuntajan kautta. Järjestelmä on kuormittamaton. Määritä kolmivaiheinen oikosulkuteho 3 kV:n ja 0,4 kV:n kiskoilla. Ratkaise tehtävä suhteellisarvoilla käyttäen suluisissa mainittuja perusarvoja ($S_B = 6 \text{ MVA}$, $U_B = 3 \text{ kV}$).



Kuva 1.