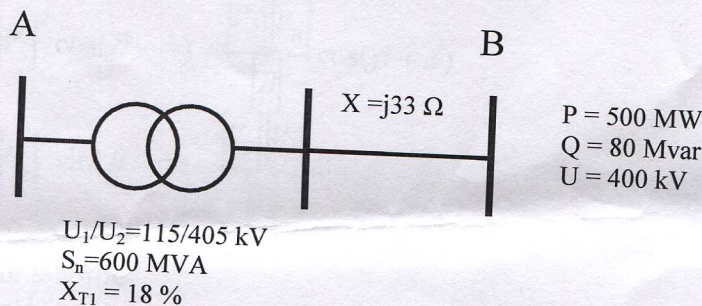


Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

- 1) Ovatko seuraavat väittämät oikein vai väärin. Perustelu 0.75 p ja oikea vastaus 0.25 p
 - a) Määritellään $j = 1 \angle 90^\circ$ ja $\underline{\alpha} = 1 \angle 120^\circ$. Lausekkeen $j + \underline{\alpha}^2$ arvo on $0.5176 \angle 165^\circ$
 - b) Generaattoripisteen tuntematon suure on generaattorin napajännite
 - c) Nippujohtimien tärkein tarkoitus on pienentää johdon resistanssia
 - d) Pätötehon siirtyminen johdolla perustuu pääosin jännitteiden väliseen kulmaeroon
 - e) Avojohtojen susceptanssi kuvaa johdon kapasitanssin suuruutta
 - f) Johdon aaltoimpedanssin suuruus kaksinkertaistuu, jos johtopituus kaksinkertaistuu
- 2) Tarkastellaan kuvan 1 verkkoa.
 - a) Muodosta verkolle yksivaiheisen sijaiskytkentä suhteellisarvoilla käyttäen perustehona arvoa $S_b = 100$ MVA ja perusjännitteenä (asema A) arvoa $U_b = 110$ kV.
 - b) Laske tämän jälkeen pisteen A jännitteen suuruus suhteellisarvona, kun jäykkään verkkoon siirtyvä teho on $P = 500$ MW ja $Q = 80$ Mvar.
 - c) Laske johdon päto- ja loistehohäviöt

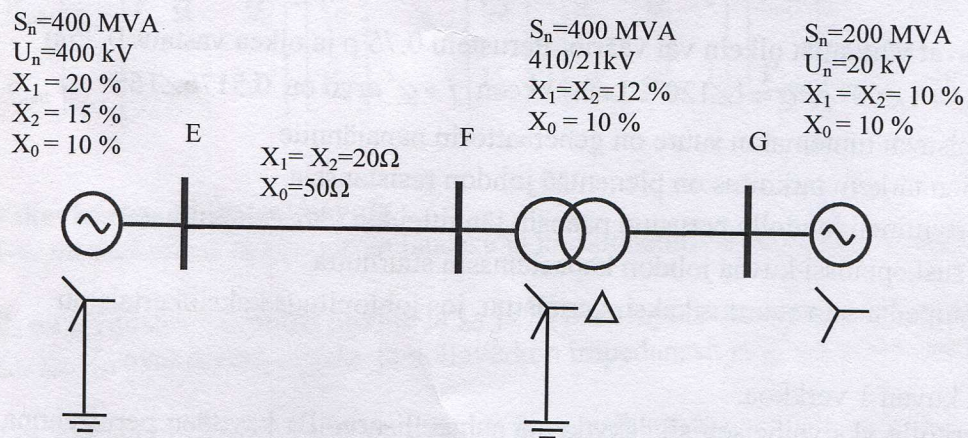


Kuva 1.

- 3) Avojohtojen pituus on 250 km ja alkupään pääjännite 410 kV. Johdon sähköiset arvot ovat: $r = 0.017 \Omega/\text{km}$, $x = 0.291 \Omega/\text{km}$ ja $b = 4.04 \mu\text{S}/\text{km}$.
 - a) Laske johdon loppupään jännite tyhjäkäynnissä
 - b) Loppupään jännite on 400 kV ja lopussa on 800 MW kuorma, jonka tehokerroin $\cos\varphi = 0.98_{\text{kap}}$. Laske alkupään jännite ja johdolle syötettävän päto- ja loistehon suuruus.
- 4) Olet ratkaisut tehonjakotehtävän kahden solmupisteen verkolle ja saanut tuloksen, jossa alkupään jännite $\underline{V}_1 = 412 \angle 44^\circ \text{ kV}$ ja loppupään $\underline{V}_2 = 408 \angle 36^\circ \text{ kV}$. Solmujen 1 ja 2 välillä on 80 km pituinen johto, jonka reaktanssi on $x = 0.33 \Omega/\text{km}$.
 - a) Laske johdon loppupään päto- ja loisteho
 - b) Laske johdon loppupään päto- ja loisteho, jos johdon resistanssi $r = 0.026 \Omega/\text{km}$ otetaan reaktanssin ohella huomioon

Opiskelija saa viedä tenttipaperin mukanaan

- 5) Kuvan 2 verkon solmupisteen F pääjännite ennen vikaa on $395\angle -10^\circ \text{kV}$ ja vikaresistanssi $R^f = 2\Omega$. Solmujen E ja F välillä on 400 kV johto, jonka reaktanssit ovat kuvassa.
- Laske vikavirran suuruus kun solmupisteessä F tapahtuu 1-v. maasulku
 - Laske vikavirran suuruus kun solmupisteessä F tapahtuu 2-vaiheen välinen oikosulku



Kuva 2.

Opiskelija saa viedä tenttipaperin mukanaan

Keskipitkän johdon π -sijaiskytkennän siirtovakiot

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

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

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

jossa $\underline{\gamma}$ on etenemiskerroin ja l johtopituus.

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

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

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

Opiskelija saa viedä tenttipaperin mukanaan

Symmetristen komponenttien muunnokset $abc \Rightarrow 120$ ja $120 \Rightarrow abc$

$$\begin{bmatrix} \underline{V}_{a1} \\ \underline{V}_{a2} \\ \underline{V}_{a0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \underline{\alpha} & \underline{\alpha}^2 \\ 1 & \underline{\alpha}^2 & \underline{\alpha} \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_a \\ \underline{V}_b \\ \underline{V}_c \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \underline{V}_a \\ \underline{V}_b \\ \underline{V}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \underline{\alpha}^2 & \underline{\alpha} & 1 \\ \underline{\alpha} & \underline{\alpha}^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_{a1} \\ \underline{V}_{a2} \\ \underline{V}_{a0} \end{bmatrix}$$

Vikavirtojen laskentakaavoja

1-v. maasulun osalta vikavirran lauseke ja komponenttiverkkojen kytkennät on osattava ulkoa.

\underline{E}_a on a-vaiheen Thevenin jännite ja \underline{I}_{a1} ja \underline{I}_{a2} ovat myötä- ja vastaverkon virrat a-vaiheessa
 $\underline{Z}_1, \underline{Z}_2, \underline{Z}_0$ ovat myötä-, vasta- ja nollaverkon impedanssit ja \underline{Z}^f on vikaimpedanssi

1-v. maasulun aikaiset vaihejännitteet (vika a-vaiheessa)

$$\underline{V}_a = \frac{3\underline{Z}^f}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f} \underline{E}_a$$
$$\underline{V}_b = \frac{3\underline{\alpha}^2 \underline{Z}^f + (\underline{\alpha}^2 - \underline{\alpha})\underline{Z}_2 + (\underline{\alpha}^2 - 1)\underline{Z}_0}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f} \underline{E}_a$$
$$\underline{V}_c = \frac{3\underline{\alpha} \underline{Z}^f + (\underline{\alpha} - \underline{\alpha}^2)\underline{Z}_2 + (\underline{\alpha} - 1)\underline{Z}_0}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f} \underline{E}_a$$

2-v. oikosulku vikavirran lauseke

$$\underline{I}_{a1} = -\underline{I}_{a2} = \frac{\underline{E}_a}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}^f} \quad \underline{I}_b = -\underline{I}_c = \frac{-j\sqrt{3}\underline{E}_a}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}^f}$$

2-v. maaosikosulku vikavirran lauseke vaihevirtojen lauseketta ei tarvita

$$\underline{I}_{a1} = \frac{\underline{E}_a}{\underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2(\underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f)}{\underline{Z}_2 + (\underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f)}}$$