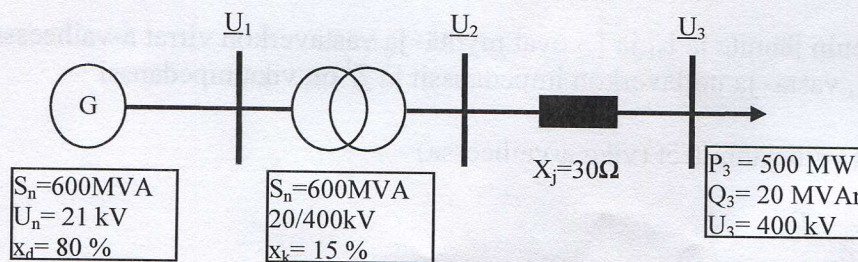


Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta ja viedä paperin mukanaan

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Mitä tarkoitetaan verkon luonnollisella säätövoimalla?
 - b) Mitä tarkoittaa generaattorin statiikka (droop) asettelu esim. 4 %:ia?
 - c) DC-kaapelin alkupään tasajännite on 500 kV ja loppupään 508 kV. Kaapelin resistanssi on 8Ω . Laske linkin virta ja häviöt.
- 2) Kaksi sähkövoimajärjestelmää A ja B on kytketty toisiinsa yhdysjohdolla, jossa kulkee 400 MW teho A:sta B:hen. Järjestelmän A säätövoima $K_a = 2500 \text{ MW/Hz}$ ja järjestelmän B säätövoima $K_b = 1000 \text{ MW/Hz}$. Alueella B kuorma kasvaa äkillisesti, jonka seurauksena yhdysjohdon teho muuttuu arvoon 600 MW (suunta A:sta B:hen).
 - a) Selosta aikajärjestyksessä mitä taajuudelle ja yhdysjohdon teholle tapahtuu.
 - b) Laske kuormitusmuutoksen suuruus alueella B ja pysyvän tilan taajuuden arvo.
- 3) 200 km pitkä 400 kV avojohto on tyypiltään 3-Finch, jonka $r = 0.017 \Omega/\text{km}$, $x = 0.29 \Omega/\text{km}$, $b = 4.0 \mu\text{S}/\text{km}$. Johdon loppupäässä on kuormitus 800 MW, $\cos\phi = 0.99_{\text{ind}}$.
 - a) Laske johdon alkupään jännite, jos loppupään jännite on 400 kV.
 - b) Johdon keskelle kytketään sarjakompensaattori, jonka kapasitanssi on 140 mF/vaihe. Laske johdon alkupään jännite. Loppupään jännite ja tehokerroin pysyvät a-kohdan arvoissa.
- 4) Tarkastellaan kuvan 1 verkkoa. Oikealla olevan solmupisteen 3 pääjännite 400 kV pysyy vakiona. Laske staattisen stabiilisuuden rajateho, kun
 - a) Generaattorin magnetointia ei säädetä
 - b) Magnetointia säätämällä pidetään generaattorin napajännite arvossa, joka sillä oli a-kohdassa.



Kuva 1.

- 5) Selosta pinta-alakriteerion käyttöä stabiilisuustarkasteluissa
 - a) Mihin tarkasteluihin se soveltuu?
 - b) Mitä oletuksia menetelmän käyttöön liittyy?
 - c) Miten menetelmää sovelletaan?

$$P = \frac{U_1^2}{X} - \frac{U_1 U_2}{X} \sin \delta$$

$$X = \frac{U}{I}$$

$$P = XI^2$$

$$P = -UI$$

$$UI = XI^2$$

$$e = U_2 + jXi$$

$$U = XI$$

$$1 + YZ = Y$$

$$Z = 1$$

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

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

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

Loppupään tehoille

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

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

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

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

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)

$$\underline{V}_a = \frac{3\underline{Z}^f}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f} \underline{E}_a$$

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

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

Heilahteluyhtälö, ω_s = tahtikulmanopeus, H = hitausvakio s

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} = P_m^{pu} - P_e^{pu}$$

Kineettinen energia, S_n = koneen nimellisteho

$$W_k = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad \text{toisaalta } H = \frac{W_k}{S_n} [s]$$