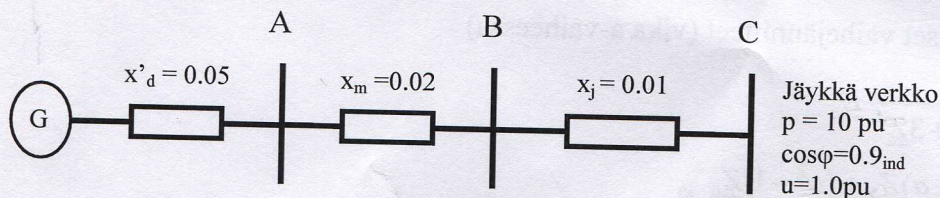


Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

"Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen."

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Mitä tarkoitetaan generaattorin hitausvakiolla?
 - b) Miksi siirtoverkossa tarvitaan loistehoreservejä ja miten asia on käytännössä hoidettu?
 - c) Laske montako johtoa tarvitaan 2700 MW tehon siirtämiseen 300 km päähän 400 kV jännitteellä, jos verkkoa käytetään N-1-kriteerin mukaisesti. Johdon reaktanssi on $0.29\Omega/\text{km}$ ja alku- ja loppupään jännitteiden kulma-ero voi olla korkeintaan 35° .
- 2) Kaksi sähkövoimajärjestelmää A ja B on kytketty toisiinsa yhdysjohdolla, jossa kulkee 300 MW teho A:sta B:hen. Järjestelmän A säätövoima $K_a = 1000 \text{ MW/Hz}$ ja järjestelmän B säätövoima $K_b = 3000 \text{ MW/Hz}$. Alueen B kuorma kasvaa äkillisesti 200 MW.
 - a) Selosta aikajärjestyksessä mitä taajuudelle ja yhdysjohdon teholle tapahtuu
 - b) Laske yhdysjohdon uusi teho (oletetaan johdon pysyvän verkossa)
- 3) Selosta siirtokapasiteettiin liittyviä asioita.
 - a) Miten kapasiteetti määritetään?
 - b) Mitkä tekijät rajoittavat kapasiteettia?
 - c) Miten kapasiteettia voidaan nostaa?
- 4) Siirtoverkon johdot suojataan tyypillisesti distanssireleillä.
 - a) Mitä ovat suojausvyöhykkeet?
 - b) Miten releasettelut (yleisperiaate) voidaan suorittaa?
 - c) Miten heilahtelusalpa liittyy distanssireleisiin?
- 5) Generaattori syöttää kuvan 1 mukaisesti muuntajan ja johdon kautta jäykkään verkkoon tehon $p = 10 \text{ pu}$ tehokertoimella $\cos\varphi = 0.9_{\text{ind}}$. Generaattorin muutostilan tahtireaktanssi $x'_d = 0.05$, muuntajan reaktanssi $x_m = 0.02$ ja johdon reaktanssi $x_j = 0.01 \text{ pu}$. Asemalla B tapahtuu vikavastukseton 3-vaiheinen oikosulku, joka poistuu itsestään tehokulmaa $\delta = 100^\circ$ vastaavalla ajanhetkellä. Mitään relettoimintoja ei siis huomioida. Tarkastele pinta-alakriteerion avulla, onko tilanne stabiili? Häviöitä ei oteta huomioon.



Kuva 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 alkua 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 $120 \Rightarrow abc$

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

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)

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

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

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

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

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