

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

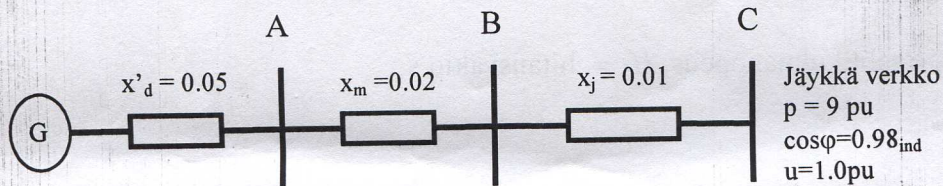
- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Mitä tarkoittaa generaattorin statiikka (droop) ja mihin sitä tarvitaan?
 - b) Mitä tarkoittaa verkon säätövoima?
 - c) DC-linkin alku- ja loppupään jännitteet ovat 512 kV ja 500 kV. Laske linkin alku- ja loppupään tehot ja häviöt, jos resistanssi on 10Ω .

- 2) Tarkastellaan johtoa, jonka reaktanssi on 0.04 pu. Johdon lopussa on vakiona pysyvä kuorma, jonka teho on 8 pu ja tehokerroin $\cos\phi = 0.99_{\text{ind}}$. Loppupään vakiona pysyvä jännite $u_2 = 1.0$ pu. Laske
 - a) Alkupään jännite ja loisteho
 - b) Keskelle johtoa asennetaan sarjakompensaattori, jonka reaktanssi $-j*0.03$ pu. Laske alkupään jännite ja loisteho
 - c) Piirrä a- ja b-kohdan tilanteita vastaavat osoitindiagrammit (siis alku- ja loppupään jännitteiden osoittimet, virta ja reaktanssin jännitehäviö samaan kuvaan)

- 3) Kaksi sähkövoimajärjestelmää A ja B on kytketty toisiinsa yhdysjohdolla, jossa kulkee 400 MW teho A:sta B:hen. Järjestelmän A säätövoima $K_a = 2500$ MW/Hz ja järjestelmän B säätövoima $K_b = 1000$ MW/Hz. Alueella B kuorma kasvaa äkillisesti, jonka seurauksena yhdysjohdon teho muuttuu arvoon 900 MW (suunta A:sta B:hen).
 - a) Selosta aikajärjestyksessä mitä taajuudelle ja yhdysjohdon teholle tapahtuu
 - b) Laske kuormitusmuutoksen suuruus (oletetaan yhdysjohdon pysyvän verkossa)
 - c) Laske pysyvän tilan taajuuden arvo

- 4) Selosta siirtokapasiteettiin liittyviä asioita.
 - a) Mitkä tekijät rajoittavat kapasiteettia?
 - b) Miten kapasiteettia voidaan nostaa?

- 5) Generaattori syöttää kuvan 1 mukaisesti muuntajan ja johdon kautta jäykkään verkkoon tehon $p = 9$ pu tehokertoimella $\cos\phi = 0.98_{\text{ind}}$. Generaattorin muutostilan tahtireaktanssi $x'_d = 0.05$, muuntajan reaktanssi 0.02 ja johdon reaktanssi 0.01 pu. Asemalla B tapahtuu vikavastukseton 3-vaiheinen oikosulku, joka poistuu itsestään tehokulmaa $\delta = 80^\circ$ vastaavalla ajanhetkellä. Tarkastele pinta-alakriteerion avulla, onko tilanne stabiili? Häviöitä ei oteta huomioon.



Kuva 1.

1.09
17°

Opiskelija saa viedä tenttipaperin mukanaan

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 $120 \Rightarrow abc$

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

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

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