

DEE-24010 Sähkövoimajärjestelmän säätö ja käyttö

J. Bastman

TTY Tentti 20.4.2017

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
- Mitä tarkoittaa generaattorin hitausvakio ja mikä merkitys sillä on stabiiliuden kannalta?
 - Mitä tarkoitetaan käsitteellä loistehoreservi?
 - Verkon kineettinen energia eräänä hetkenä oli 100 GWs ja taajuuden laskunopeudeksi alkuvaiheessa mitattiin 0.20 Hz/s. Laske kuinka iso tuotantoyksikkö irtosi verkosta.
- 2) 250 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 900 MW ja -50 MVA_r.
- Laske johdon alkupään jännite, jos loppupään jännite on 400 kV.
 - Johdon keskelle kytketään sarjakondensaattori, jonka kapasitanssi on 60.63 $\mu\text{F}/\text{vaihe}$. Laske johdon alkupään jännite. Loppupään jännite ja tehokerroin pysyvät a-kohdan arvoissa.
- 3) Kaksi generaattoria toimii rinnakkain. Generaattoreiden nimellistehot, statiikat ja pätötehot ovat:
- $S_{n1} = 80 \text{ MVA}$, $R_1 = 4 \%$ ja $P_1 = 60 \text{ MW}$
 $S_{n2} = 45 \text{ MVA}$, $R_2 = 5 \%$ ja $P_2 = 25 \text{ MW}$
- Oletetaan, että kuormituksella ei ole taajuusriippuvuutta ja kuormitus kasvaa äkillisesti 35 MW.
- Laske taajuuden pysyvän tilan arvo kuormitusmuutoksen jälkeen
 - Laske generaattoreiden pysyvän tilan uudet pätötehot
 - Laske pysyvän tilan taajuus, jos kuormituksen taajuusriippuvuus on sellainen, että kuormituksen muuttuessa 2.0 % taajuus muuttuu 1 %: ia.
- 4) Selosta siirtokapasiteettiin liittyviä asioita.
- Mitkä tekijät rajoittavat kapasiteettia?
 - Miten kapasiteettia voidaan nostaa?
- 5) Selosta pinta-alakriteerion käyttöä stabiilisuustarkasteluissa
- Mihin tarkasteluihin se soveltuu?
 - Mitä oletuksia menetelmän käyttöön liittyy?
 - Miten menetelmää sovelletaan?

Keskipitkän johdon π -sijaiskytkennän siirtovakiot

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

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

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

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

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

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

1-vaiheisen vikavirran lauseke on alla. \underline{E}_a on a-vaiheen Thevenin jännite ja \underline{I}_{a1} , \underline{I}_{a2} ja \underline{I}_{a0} ovat myötä-, vasta- ja nollaverkon virrat a-vaiheessa. \underline{Z}_1 , \underline{Z}_2 , \underline{Z}_0 ovat myötä-, vasta- ja nollaverkon impedanssit ja \underline{Z}^f on vikaimpedanssi.

$$\underline{I}_{a1} = \underline{I}_{a2} = \underline{I}_{a0} = \frac{\underline{E}_a}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f} \quad \text{vikavirta} \quad \underline{I}_a = 3\underline{I}_{a1} = \frac{3\underline{E}_a}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0 + 3\underline{Z}^f}$$

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

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