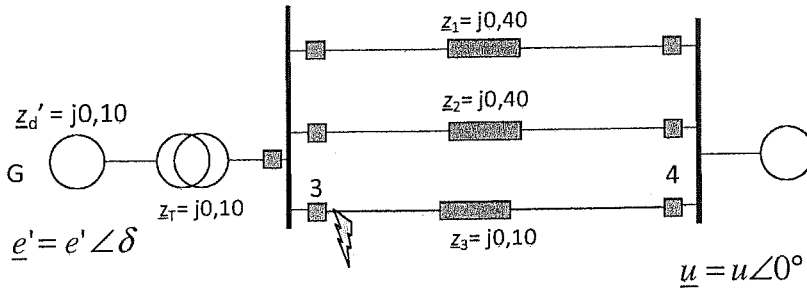
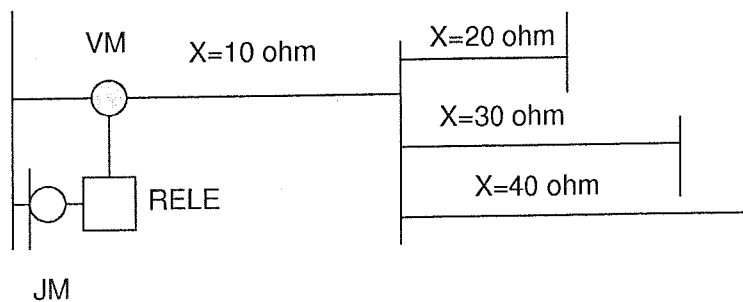


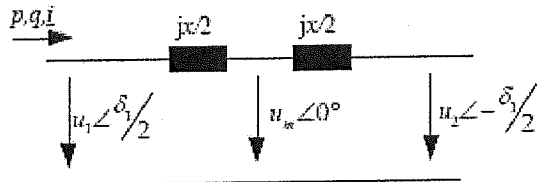
1. Tarkastellaan alla kuvattua tilannetta. Generaattorin sisäinen jännite vian alkaessa on $e' = 1,3$ pu ja teho $p = 2,5$ pu. Muut arvot ovat: $u = 1,0$ pu, $x_d' = 0,1$ pu, $x_T = 0,1$ pu, $z_1 = z_2 = 0,4$ pu ja $z_3 = 0,1$ pu.



- 3-vaiheinen oikosulku sattuu johdolla aivan lähellä katkaisijaa 3 (johdon puolella) ja vian takia generaattori alkaa kiihtyä. Vika erotetaan verkosta avaamalla katkaisijat 3 ja 4. Pikajälleenkytkentää ei käytetä. Mikä on tehokulma (generaattorin sisäisen jännitteen \underline{e}' ja jäykän verkon jännitteen \underline{u} välinen kulma) vian alkamishetkellä?
 - Tarkastele pinta-alakriteerin avulla, onko tilanne stabiili, jos vian irtikytkentähetkellä generaattorin kulma on kiihtynyt arvoon 90° . Myös likiarvotarkaisu tai graafinen ratkaisu kelpaa.
 - Transienttistabiiliutta voidaan parantaa siten, että kun verkkoon sattuu oikosulku, turpiinin höyryä päästetään nopeasti pois avaamalla venttiilit, mikä pienentää turpiinin mekaanista tehoa. Tällaista kutsutaan englanniksi nimellä "*fast valving*". Sellainen on tulossa Olkiluodon uuteen ydinvoimalaitokseen. Tarkastellaan samaa vikaa kuin a)-kohdassa: 3-vaiheinen oikosulku johdolla aivan lähellä katkaisijaa 3. Nyt kuitenkin avataan turpiinin venttiilit ja tämä mallinnetaan siten, että generaattorin mekaaninen teho laskee neljäsosaan vikaa edeltävästä arvosta, kun generaattorin kulma on kasvanut 10° . Katkaisijat 3 ja 4 avautuvat, kun kulma on 87° . Onko tilanne stabiili?
2. Tarkastellaan alla olevan kuvan distanssisuojausta. Kyseessä on 400 kV:n verkko. Laadi tyypilliset reaktanssiasettelut. Siis valitse sopivat ensimmäisen, toisen ja kolmannen vyöhykkeen asettelut ja perustele valintasi. Anna myös tyypilliset aika-asettelut.



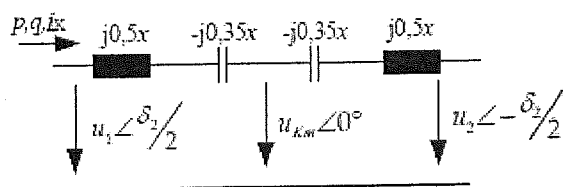
3. Johdon sarjakompensointi tarkoittaa, että sen induktiivista reaktanssia pienennetään kytkemällä johdon kanssa sarjaan kondensaattori. Tarkastellaan johtoa, joka on kuvattu sarjareaktanssilla alla olevan kuvan mukaisesti. Käytetään seuraavia suhteellisarvoja $S_b = 1000$ MVA, $U_b = 400$ kV, $Z_b = 160 \Omega$ ja $I_b = 1443$ A. Oletetaan johdolla kulkeväksi virraksi $i = 1$ pu, johdon reaktanssiksi $x = 1$ pu, johdon päiden jännitteiden itseisarvoiksi $u_1 = u_2 = 1$ pu.



Kuvan mukaisen voimajohdon päiden jännitteiden kulmat ovat $+\delta_1/2$ ja $-\delta_1/2$, jos johdon keskellä oleva jännitteen u_m kulma on 0° , ja jos johdon päiden jännitteiden itseisarvot ovat yhtä suuret. Johdolla kulkeva virta i voidaan laskea seuraavasti:

$$\underline{i} = \frac{u_1 - u_2}{jx} = \frac{u \left[\cos\left(\frac{\delta_1}{2}\right) + j\sin\left(\frac{\delta_1}{2}\right) - \cos\left(-\frac{\delta_1}{2}\right) - j\sin\left(\frac{\delta_1}{2}\right) \right]}{jx} = \frac{2u \sin(\delta_1/2)}{x} \quad (1)$$

- a) Laske johdon päiden välinen kulma δ_1 johdon keskikohdan jännite, johdon kuluttama loisteho ja johdolla siirretty pätöteho
- b) Tarkastellaan sarjakompensoinnin vaikutusta tehonsiirtoon. Sarjakompensoidaan johto siten, että valitaan sarjakompensointiasteeksi 70 % ja sijoitetaan kondensaattori johdon keskelle. Sarjakondensaattori siis kompensoi 70 % johdon reaktanssista. Seuraava kuva esittää tätä sarjakompensoitua johtoa.



Laske kompensoidun johdon päiden välinen tehonsiirtokulma, johdon kuluttama loisteho, johdon keskikohdan jännite u_{km} ja johdolla kulkeva teho, kun johdolla siirretään virta, jonka suuruus on 1 pu.

- c) Mitä sarjakompensointi vaikuttaa tehonsiirtokapasiteettiin ja loistehoon?
4. Vertaa suurjännitteistä tasasähköyhteyttä ja sähkönsiirtoa vaihtosähköllä.
5. Kerro siirtokapasiteetin määrittämisestä. Mitkä seikat pitää ottaa huomioon siirtokapasiteettia määritettäessä?

Yhtälöitä:

Heilahteluyhtälö suhteellisarvona:

$$\frac{2H}{\omega_s} \omega_{pu}(t) \frac{d^2 \delta}{dt^2} = p_m(t) - p_e(t)$$

Johdon kuluttama loisteho:

$$Q_1 + Q_2 = \frac{U_1^2}{X} + \frac{U_2^2}{X} - 2 \frac{U_1 U_2}{X} \cos \delta - \frac{BU_1^2}{2} - \frac{BU_2^2}{2} \approx 2 \frac{U^2}{X} (1 - \cos \delta) - BU^2$$

Johdon loppupään jännite u_2 , kun johdon alkupään jännite $e = 1$ pu.

$$u = \sqrt{\frac{(1 - 2xp \tan \phi) \pm \sqrt{1 - 4xp \tan \phi - 4x^2 p^2}}{2}}$$