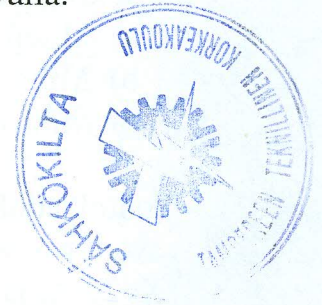


1. Sähköverkon tähtipiste voidaan maadoittaa useammalla eri tavalla.

Esittele lyhyesti: (6p)

- Suomessa keskijänniteverkoissa sovellettavat tavat,
- niiden vaihtoehtoiset toteutustekniikat,
- vaikutus maasulun aikaisiin jännitteisiin ja virtoihin
- syyt kyseisten tapojen soveltamiseen



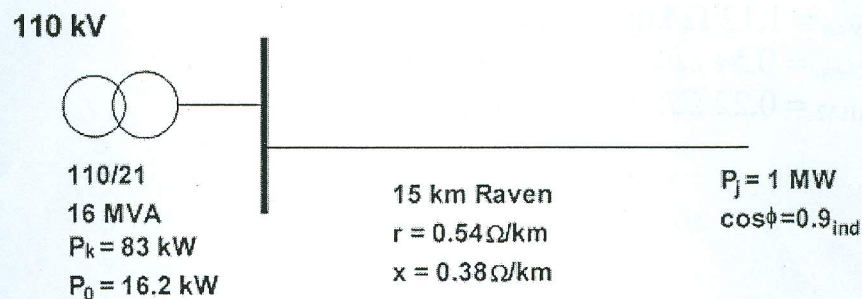
2. Verkon käyttövarmuutta voidaan mallintaa erilaisilla tunnusluvuilla, mm.:

- A) verkon vikojen keskimääräinen lukumäärä vuodessa, esim. [kpl/100km, a]
- B) asiakkaan keskimäärin kokemien keskeytysten lukumäärä, [kpl/asiakas,a]
- C) asiakkaan keskimäärin kokema keskeytysaika, [h/asiakas,a]

Erilaisilla verkon kehittämistoimenpiteillä voidaan vaikuttaa eri tavoin edellä mainittuihin käyttövarmuutta kuvaaviin tunnuslukuihin. Kuvaa lyhyesti, miten eri toimenpiteet vaikuttavat em. tunnuslukuihin. (6p)

3. Kuvan 1 verkossa halutaan pääjännitteen johdon loppupäässä olevan 20.4 kV.

- a) Paljonko pääjännitteen pitää silloin olla sähköaseman kiskostossa? (2p)
- b) Johdon päähän liitetään pienvesivoimala, joka syöttää verkkoon 3 MW pätötehoa ja ottaa verkosta loistehoa magnetointia varten 0.5 MVA_r. Mihin arvoon sähköaseman kiskoajännite tulisi säätää, jotta haluttu 20.4 kV säilytetään johdon loppupäässä? (2p)
- c) Miten johdon ja muuntajan kokonaistehohäviöt muuttuvat verkkoon sijoitetun voimalan johdosta? (2p)



Kuva 1.

4. 110/20 kV:n sähköasemalta lähtee 10 johtolähtöä. Yhdellä haja-asutusalueetta syöttävällä 20 kV johtolähdöllä tapahtuu 3-vaiheinen oikosulku. Sähköasemalla oleva ko. lähdön suojarele mittaa oikosulkuvirran arvoksi 1,8 kA.

- a) Miten sähköaseman syöttöalueella olevat eri asiakkaat kokevat vian? (2p)
- b) Mikä on vikapaikan etäisyys sähköasemasta? (2p)
- c) Mikä on vian aikainen pääjännite sähköaseman kiskossa. (2p)

- johtolähdöllä käytetyn johdinlajin arvot ovat $r=0,5 \Omega/\text{km}$ ja $x=0,3 \Omega/\text{km}$.
- syöttävän verkon ja päämuuntajan arvot 20 kV tasossa esitettynä ovat $X=2,2 \Omega$ ja $R=0,1 \Omega$.
- 3-vaiheisen oikosulun vikaimpedanssi oletetaan hyvin pieneksi (≈ 0).
- vikatilanteen laskentajännitteenä käytetään arvoa 20 kV.

5. 8 km pitkän Swan-johtimella toteutetun 20 kV:n johto-osan kuorma on tällä hetkellä 2,0 MW ($\cos \varphi = 0,95$). Johto-osan teho kasvaa 10 vuoden ajan 6 %/a ja pysyy sen jälkeen vakiona. Johdon suurin sallittu jännitteenalenema on 4 %. Suunnittele johdon vahvistusohjelma, kun laskentakorkokanta $p = 8 \%$ ja häviöiden hinta $H_n = 80 \text{ €/kW}\cdot\text{a}$. Miten tilanne muuttuu, jos korkokantaa nostetaan tai lasketaan? Sallittuja uusia johtimia ovat Raven ja A1132. (6p)

Vahvistuskustannukset:

- Swan \rightarrow Raven 15000 €/km (johto joudutaan rakentamaan kokonaan uudestaan)
- Swan \rightarrow A1132 35000 €/km (johto joudutaan rakentamaan kokonaan uudestaan)
- Raven \rightarrow A1132 30000 €/km (johto rakennetaan kokonaan uudestaan, Ravenin jäännösarvo huomioitu)

Impedanssit:

- $r_{\text{Swan}} = 1,12 \Omega/\text{km}$, $x_{\text{Swan}} = 0,43 \Omega/\text{km}$
- $r_{\text{Raven}} = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x_{\text{Raven}} = 0,39 \Omega/\text{km}$
- $r_{\text{A1132}} = 0,22 \Omega/\text{km}$, $x_{\text{A1132}} = 0,36 \Omega/\text{km}$.