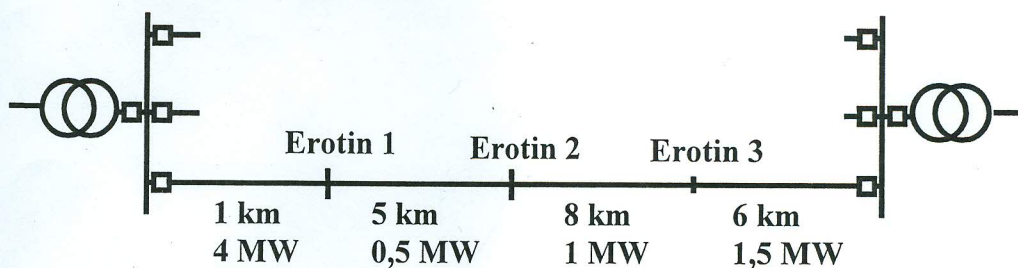


1. Selvitä lyhyesti (tarvittaessa havainnollista piirroksin)
 - a) Käänteisaikaylivirtarele (2p)
 - b) Miten 20 kV:n keskijänniteverkon vaihejännitteet käyttäytyvät maasta erotetun verkon 1-vaiheisessa maasulussa? (3p)
 - b) Tyypilliset sähkön siirto- ja jakeluverkoissa sovellettavat verkkomuodot eri jännitetasoilla (4p)
 - d) Maasulkuvirran ja loistehon kompensoinnin toteutustavat ja -periaatteet sekä kompensoinnista saatavat hyödyt. (6p)
2. Kolmivaihejohdon resistanssi on $2,8 \Omega$ ja reaktanssi $1,8 \Omega$. Johdon loppupäässä on kuorma P, jonka tehokerroin on 0.9 ind. Laske johdossa syntyvien pätötehohäviöiden nykyarvo, kun kuorma on aluksi 1.5 MW ja kasvaa vuosittain $r = 2 \%$ /a. Häviöt maksavat 100 €/kW,a, laskenta-aika on 10 vuotta, laskentakorko 8 % ja pääjännite 20 kV. (4 p)
3. Kuva 1 esittää kahden säteittäisesti käytettävän keskijännitelähdön erottimet ja niiden väliset keskimääräiset kuormitukset. Valitse keskeytyskustannusten perusteella se erotin, joka kannattaa normaalissa käyttötilanteessa pitää avoimena. Oletetaan, että verkossa on vain yksi vika kerrallaan. (5p)

Laskennassa käytettävät lähtöarvot:

- johdon vikataajuus on 0,08 vikaa/km,a
- keskeytyskustannusten arvostus on 1 €/kW ja 11 €/kWh
- keskimääräinen vian erottamiseen ja varasyötön kytkentään kuluva aika on 0,5 h
- keskimääräinen vian korjausaika on 3 h (sisältää vian erottamiseksi tarvittavat kytkentätoimenpiteet)



Kuva 1.

4. 20 kV johtolähdöllä tapahtuu kolmivaiheinen oikosulku, jonka seurauksena sähköasemalla mitataan 1500 A vikavirta. Johtolähdöllä on käytetty yhtä johdinlajia, jonka resistanssi $r = 0.54 \Omega/\text{km}$ ja reaktanssi $x = 0.38 \Omega/\text{km}$. 110 kV verkon ja sähköaseman päämuuntajan yhteenlasketut impedanssiarvot 20 kV jännitetasoon redusoituna ovat $R = 0.2 \Omega$ ja $X = 2.5 \Omega$. Vikaimpedanssi oletetaan nolllaksi. Laskentajännite on 20 kV.

a) Miten kaukana oikosulku on sähköasemalta? (3p)

b) Johtolähdölle liitetään pienvoimala 5 km etäisyydelle sähköasemasta. Voimalan generaattorin impedanssiarvot redusoituna 20 kV jännitetasoon ovat $R = 0.8 \Omega$ ja $X = 15 \Omega$. Voimala liitetään suoraan 20 kV lähtöön muuntajan (0.4/20 kV, 3 MVA, $X_k = 5.5 \%$, $R_k = 0 \%$) välityksellä. Miten voimala vaikuttaa laskennalliseen vian etäisyyteen, jos etäisyys lasketaan samalla tavalla kuin ennen tuotannon liittämistä verkkoon? (3p)

Talousmatematiikan kaavoja:

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)^2}{1+p/100}$$

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)}{1+p/100}$$

$$\kappa = \varepsilon \frac{\varepsilon^t - 1}{\varepsilon - 1}$$

$$a = \frac{p/100}{\left[1 - \frac{1}{\left(1 + p/100 \right)^t} \right]}$$