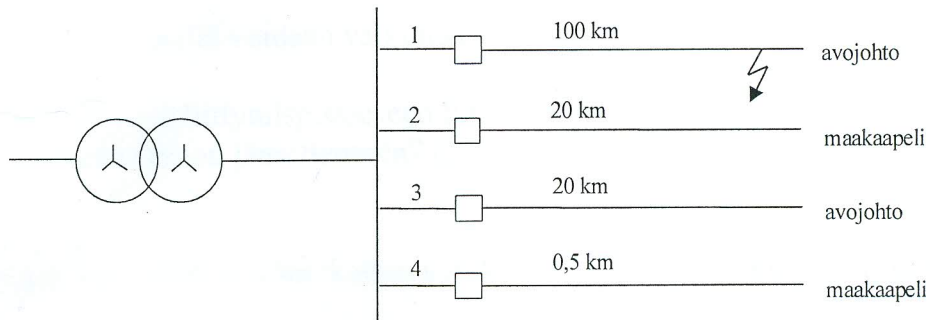


1. a) Kuvaa lyhyesti miten jännitetaso muuttuu 110/20 kV:n sähköasemalta pienjänniteverkon asiakkaan liittymispisteeseen. (2p)  
b) Millä toimenpiteillä voidaan vaikuttaa asiakkaan liittymispisteen jännitteeseen? (2p)  
c) Miten asiakkaan liittymispisteeseen liitetty sähköntuotantoyksikkö vaikuttaa sähköjakeluverkon jännitteeseen? (2p)
2. a) Vertaile säteittäistä ja silmukoitua verkkomuotoa sähkönsiirto- ja jakeluverkoissa. (4p)  
b) Millaisia vaikutuksia keskijänniteverkkoon kytketyllä hajautetulla sähköntuotantoyksiköllä voi olla keskijänniteverkon suojaukseen? (4 p)
3. 20 kV johtolähdöllä tapahtuu kolmivaiheinen oikosulku. Vikavirran arvoksi mitataan sähköasemalla 1,8 kA. Käytetyn johdinlajin resistanssin ja reaktanssin arvot ovat  $r = 0,5 \Omega/\text{km}$  ja  $x = 0,3 \Omega/\text{km}$ . Syöttävän verkon ja päämuuntajan impedanssit 20 kV jännitetasossa esitettynä ovat  $R = 0,1 \Omega$  ja  $X = 2,2 \Omega$ . Kolmivaiheisen oikosulun vika-impedanssi oletetaan nolaksi. Vikatilanteen laskentajännitteenä käytetään arvoa 20 kV.  
a) Mikä on vikapaikan etäisyys sähköasemasta? (3p)  
b) Määritä vian aikainen pääjännite sähköaseman kiskossa. (3p)
4. Käytettävissä on kaksi johdinpoikkipintaa. Taloudellisin perustein tehdyn suunnitteluohjeen mukaan kannattaisi valita näistä paksumpi silloin, kun teho on suurempi kuin 2,5 MVA. Oletetaan, että häviöiden hintaa pienennetään 20 %. Selvitä laskelmilla perustellen investoinneista ja häviötehosta lähtien, miten muuttuu tällöin em. rajateho. (4p)

5. Suunnittele maasulkusuojaus (määritä releiden asetteluarvot) kuvan 2 mukaiselle keskijänniteverkolle, kun suojaukseen käytetään maasulun suuntareleitä. Suojauksen on toimittava selektiivisesti  $500 \Omega$  vikaresistanssin kautta syntyvissä maasuluissa aina, kun vähintään kaksi johtolähtöä on kytkettynä. Avojohton maakapasitanssi on  $6 \text{ nF/km}$ , vaihe ja maakaapelin maakapasitanssi on  $320 \text{ nF/km}$ , vaihe. Verkko on maasta erotettu. (6p)



Kuva 2.

Talousmatematiikan kaavoja:

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

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

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

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