

1. a) Esittele lyhyesti tyypilliset sähkön siirto- ja jakeluverkoissa sovellettavat verkkomuodot eri jännitetasoilla (3p)
b) Miten 20 kV:n keskijänniteverkon vaihejännitteet käyttäytyvät maasta erotetun verkon 1-vaiheisessa maasulussa? (3p)
c) Mitä eri tekijöitä pitää huomioida sähkönjakeluverkon keskijännitetason valinnassa? (3p)

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]

Kuvaa lyhyesti, miten erilaisilla keskijänniteverkon käyttövarmuutta parantavilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa edellä mainittuihin tunnuslukuihin. (5p)

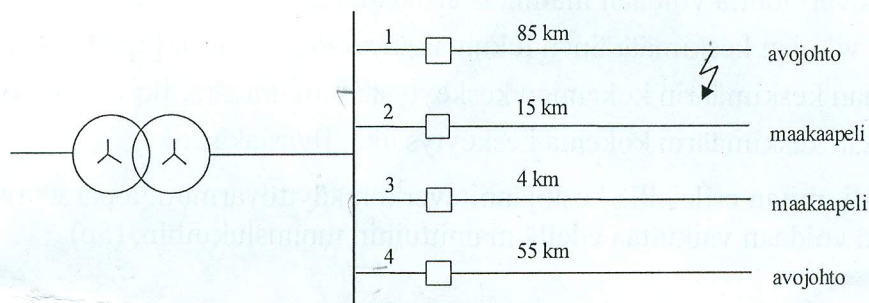
3. Teollisuuslaitosta varten rakennetaan uusi 5 km pituinen keskijännitejohto. Johdolla siirrettävä huipputeho tulee olemaan 20 vuoden ajan 1,5 MVA ja $\cos\phi = 0,9$. Laskentakorko on 8 % ja häviöiden hinta on 80 €/kW,a. Laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV. Johdinlajiksi valitaan joko Raven tai A1132. Kumpi on taloudellisin perustein oikea valinta ja kuinka suuri virhe tehdään, jos valitaan väärä johdinlaji? (4p)

	r [Ω /km]	hinta [k€/km]
Raven	0,537	20
A1132	0,219	25

4. 20 kV johtolähdöllä tapahtuu 2-vaiheinen oikosulku. Vikavirran arvoksi mitataan sähköasemalla 1,6 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 $X = 2,2 \Omega$. Kaksivaiheisen oikosulun vika-impedanssi oletetaan nolaksi. Vikatilanteen laskentajännitteenä käytetään arvoa 20 kV. Mikä on vikapaikan etäisyys sähköasemasta? (3p)



5. Tarkastellaan yksivaiheista maasulkuja kuvan 1 maasta erotetussa keskijänniteverkossa. Avojohtojen maakaapeliteho on 5,5 nF/km, vaihe ja maakaapelin maakaapeliteho 300 nF/km, vaihe. Verkon pääjännite on 21 kV. Vikaresistanssi on 0 Ω. Maasulku tapahtuu lähden 1 loppupäässä kuvan 1 mukaisesti.
- Määritä kaikkien lähtöjen summavirtamuuntajien mitattavat nollavirrat (maasulkuvirrat) ja määrittele niiden suunnat. (3p)
 - Jakelumuntamolla maasulkuvirran aiheuttaman maadoitusjännitteen maksimiarvo on 500 V (1s laukaisuaika). Kuinka suuri maadoitusresistanssi tällöin sallitaan 1s laukaisuaikalla? (3p)
 - Oletetaan, että maadoitusjännitevaatimukset eivät toteudu. Miten verkko voidaan saada maadoitusjännitevaatimukset täyttäväksi? (3p)



Kuva 1.

Talousmatematiikan kaavoja:

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

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

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

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