

1. Pitääkö seuraavat väittämät paikkansa (K=kyllä / E=ei / ET=en tiedä)?

Oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen (1p) ja väärästä vastauksesta yhden miinus pisteen (-1p).

Vaihtoehdosta ET (=en tiedä) saa 0p.

- a) Säteittäisen verkkomuodon etuna on pienemmät verkossa esiintyvät oikosulkuvirrat.
- b) Uuden sähköaseman rakentaminen olemassa olevaan keskijänniteverkkoon kasvattaa verkossa esiintyviä maasulkuvirtoja.
- c) 1. nollausehtoa sovelletaan keskijänniteverkon maasulkusuojauksen suunnittelussa nollavirran laskennassa.
- d) Verkostolaskennassa käytettävät kuormitusmallit sisältävät asiakkaan tuntitehon odotusarvon lisäksi kuormituksen epävarmuutta kuvaavan hajonnan, jota hyödynnetään tarkasteltavaa ylittymistodennäköisyyttä vastaavan kuormituksen määrittämisessä.
- e) Sähköjakaiverkkojen käyttövarmuuden arviointiin soveltuva tunnusluku SAIFI kuvaa asiakkaan kokeman keskeytysajan keskimääräistä kestoa *der* *trch*
- f) Keskijänniteverkon kevyesti kuormitetun 20 kV haaran korvaaminen 1000 V pienjänniteverkolla merkitsee uutta suojausvyöhykettä johtolähdölle, mikä lisää 20 kV johtolähdön suojauksen toimintakertoja.

2. a) Luettele sähköjohdon mitoituksessa huomioitavat tekijät (2p)

- b) Selvitä lyhyesti, miten 20 kV maasta erotetun keskijänniteverkon vaihejännitteet käyttäytyvät 1-vaiheisessa maasulussa? (2p)
- c) 20 kV johtolähdölle suunnitellaan liitettäväksi 2 MW tuulivoimala. Millaisia vaikutuksia voimalaitoksella on 20 kV verkon jännitteeseen ja suojaukseen? (5p)

3. 20 kV verkossa tapahtuu kolmivaiheinen oikosulku, jonka aiheuttama oikosulkuvirta on 3,0 kA. Pääjännite vikapaikassa ennen vikaa on 21 kV. Johtolähdöllä käytetyn johdinlajin resistanssi ja reaktanssi ovat $r = 0,54 \Omega/\text{km}$ ja $x = 0,38 \Omega/\text{km}$. 110 kV verkon ja päämuuntajan yhteenlasketut 20 kV puolelle redusoidut impedanssiarvot ovat $R = 0,2 \Omega$ ja $X = 2,5 \Omega$.

- a) Miten kaukana sähköasemasta on vikapaikka, jos vikaimpedanssi oletetaan hyvin pieneksi ($R_f = 0 \Omega$)? (3p)
- b) Miten suuria ovat vian aikaiset pääjännitteiden tehollisarvot sähköasemalla? Vertaa muutosta myös normaalitilaan. (3p)
- c) Miten suuri olisi kaksivaiheinen oikosulkuvirta kohdan a) mukaisessa vikapaikassa? (2p)

4. Teollisuuslaitosta varten rakennetaan uusi 5 km pituinen keskijännitejohto. Johdolla siirrettävä huipputeho tulisi olemaan 20 vuoden ajan 5 MVA ja $\cos\phi = 0.99$ (ind.). Laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV pääjännitteenä. Häviöiden hinta = 80 €/kW_a.

Johdinlaji halutaan valita seuraavista kaapelityypeistä:

- kaapeli 3x120 mm²: $r = 0.256 \Omega/\text{km}$, $x = 0.12 \Omega/\text{km}$, suurin sallittu kuormitusvirta 230 A
 - kaapeli 3x185 mm²: $r = 0.169 \Omega/\text{km}$, $x = 0.12 \Omega/\text{km}$, suurin sallittu kuormitusvirta 265 A
- Paksumpi kaapeli on investointikustannusten osalta 6 k€/km kalliimpi vaihtoehto.

- a) Tarkastele vaihtoehtojen taloudellisuutta, kun laskentakorkoa vaihdellaan 0 ... 10 % rajoissa. (4p)
- b) Miten paljon pätötehoa voitaisiin enintään siirtää teollisuusalueelle ohuemmalla 5 km kaapelilla, jos sallitaan 3 % jännitteenalenema? (3p)

Talousmatematiikan kaavoja:

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

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

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

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