

1. Pitääkö seuraavat väittämät paikkansa (K=kyllä / E=ei / ET=en tiedä)? UUDET
Oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen (1p) ja väärästä vastauksesta yhden miinus pisteen (-1p).
Vaihtoehdosta ET (=en tiedä) saa 0p.
- a) Säteilittaisen verkkomuodon etuna on pienemmät verkossa esiintyvät oikosulkuvirrat.
 - b) Standardin SFS-EN50160 mukaisesti pienjänniteverkon vaihejännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvot saavat olla asiakkaan liittämiskohdassa korkeintaan 253 V.
 - c) Uuden sähköaseman rakentaminen olemassa olevaan keskijänniteverkkoon kasvattaa verkossa esiintyviä maasulkuvirtoja.
 - d) 1. nollausehto sovelletaan keskijänniteverkon maasulkusuojauksen suunnittelussa nollavirran laskennassa.
 - e) Annuiteettimenetelmää sovelletaan, kun pitää jakaa kiinteät investointikustannukset vuotuisiksi tasaeriksi koko tarkasteluajanjaksolle.
 - f) Keskijänniteverkon kevyesti kuormitetun 20 kV haaran korvaaminen 1000 V pienjänniteverkolla merkitsee uutta suojausvyöhykettä johtolähdölle, mikä lisää 20 kV johtolähdön suojauksen toimintakertoja.
2. a) Johda keskijännitejohdon taloudellisessa mitoittamisessa käytettävän rajatehon yhtälö, jota sovelletaan johtimen poikkipinnan valinnassa. (3p)
- b) Millaisia vaikutuksia keskijänniteverkkoon kytkeytyvällä hajautetulla tuotannolla on sähkönjakeluverkon suojaukseen ja jännitetasoon? (3p)
- c) Millaisia verkkomuotoja ja tähtipisteen maadoitustapoja sovelletaan Suomessa käytössä olevissa eri jännitetasen sähkön siirto- ja jakeluverkoissa? (3p)
3. a) Kiskojännite keskijännitelähdön alussa on 20,7 kV. Johtona on Raven ($r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$). Kuormituksen $\cos\varphi = 0,95$. Paljonko voidaan siirtää tehoa 20 km päähän, jos johdolla sallitaan 4 % jännitteenalenema ja paljonko johdolla syntyy silloin tehohäviöitä? (3p)
- b) Keskijänniteverkkoon on suunnitteilla uusi 8 km pitkä keskijännitejohto, jonka mitoitus-teho on 3,2 MVA ja keskiteho 1,8 MW. Vaihtoehtoina ovat 85 mm² avojohto (Pigeon, investointikustannus 20870 €/km, $r = 0,337 \Omega/\text{km}$) ja 70 mm² päällystetty avojohto (SAX 70, investointikustannus 24730 €/km, $r = 0,493 \Omega/\text{km}$). Laskentakorko on 8 %, $\cos\varphi = 1$, häviöiden hinta on 80 €/kW, ja laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV. Tehon oletetaan kasvavan 1,5 %/a koko 20 vuoden tarkastelujakson ajan. Kumpi johto kannattaa valita taloudellisin perustein? Perustele vastauksesi laskuin. (4p)

(Tenttitehtävä 4 sekä talousmatematiikan kaavat tenttipaperin kääntöpuolella)

4. Tarkastellaan 2-vaiheista oikosulkua sekä yksivaiheista maasulkua maasta erotetussa keskijänniteverkossa, joka koostuu neljästä johtolähdöstä. Pääjännite on 21 kV. Seuraavassa on annettu tehtävän muut alkuarvot:

Lähtö	Johdinlaji	Pituus
1	avojohto	60 km
2	maakaapeli	20 km
3	maakaapeli	15 km
4	maakaapeli	3 km

Impedanssit:

- avojohto: $r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$
- maakaapeli: $r = 0,18 \Omega/\text{km}$, $x = 0,085 \Omega/\text{km}$
- 110 kV verkon ja päämuuntajan yhteenlasketut 20 kV puolelle redusoidut impedanssiarvot: $X = 2,5 \Omega$ ja $R = 0,2 \Omega$

Kapasitanssitiedot [maakapasitanssi/vaihe]

avojohto 6,0 nF/km ja maakaapeli 230,0 nF/km

- a) Lähdöllä 1 sattuu 2-vaiheinen oikosulku 25 km päässä sähköasemalta. Laske vikavirran suuruus. (vikaimpedanssi $Z_f = 0 \Omega$) (4p)
- b) Lähdön 1 alussa sattuu yksivaiheinen maasulku. Laske maasulkuvirta ja nollajännite. (Vikaresistanssi $R_f = 0 \Omega$) (4p)

Talousmatematiikan kaavoja:

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

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

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

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