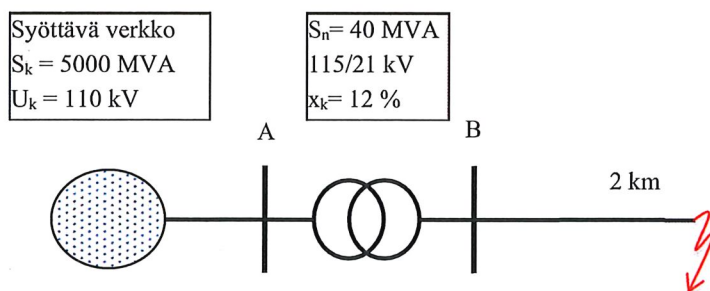


Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Opiskelija saa viedä paperin.

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Mitkä ehdot on toteuduttava, jotta sähköverkkolaskuissa voi soveltaa osoitinlaskentaa?
 - b) Mitä tarkoitetaan niin sanotuilla KAH-arvoilla? Mihin niitä käytetään?
 - c) Mitä 115/21 kV muuntajan kytkentäryhmä Dyn11 tarkoittaa? Kuinka suuri on ensiöpuolen a-vaiheen jännite, jos toision c-vaiheen jännite on $\underline{U}_c = 12,23 \angle 140^\circ \text{ kV}$?

- 2) 20 kV verkossa sattuu kuvan 1 mukaisesti kolmivaiheinen oikosulku 2 km päässä sähköasemalta (johdon resistanssi ja reaktanssi: $r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$). Syöttävän verkon oikosulkuteho on 5000 MVA laskentajännitteellä 110 kV. Vikaimpedanssi oletetaan nolllaksi. Vian tapahtuessa kiskon B jännite oli 21 kV ja vikapaikan 20.5 kV.
 - a) Laske vikavirran suuruus.
 - b) Kuinka suuri on vian aikainen pääjännite 21 kV kiskossa (piste B)?



Kuva 1.

- 3) Tarkastellaan suomalaista 20 kV keskijänniteverkkoa.
 - a) Miten verkkojen maadoitukset on Suomessa toteutettu ja mitä etuja/haittoja ratkaisuilla on?
 - b) Miksi verkon maasulkua on vaikea havaita, jos vikaresistanssi on kovin iso?
 - c) Mitä tarkoitetaan maasulkukertoimella?

- 4) Teollisuuslaitosta varten rakennetaan uusi 10 km pituinen keskijännitejohto. Johdolla siirrettävä huipputeho tulee olemaan 20 vuoden ajan 2,5 MVA ja $\cos\phi = 0,9$. Laskentakorko on 5 % ja häviöiden hinta on 90 €/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?

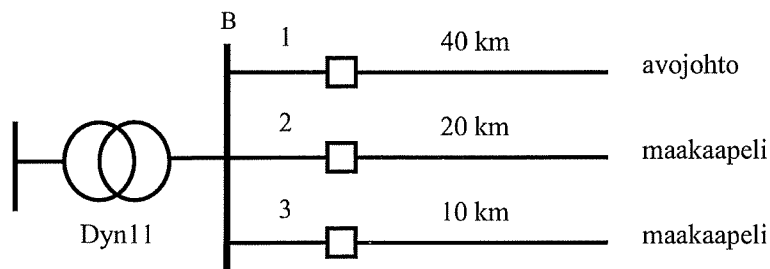
	$r (\Omega/\text{km})$	Hinta (€/km)
Raven	0,54	25000
A1132	0,22	30000

jatkuu seuraavalla sivulla

- 5) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista maasta erotettua kolmen keskijännitelähdön muodostamaa verkkoa. Verkkoa syöttävän sähköaseman kiskon B pääjännite on 21 kV.

Johtotyyppi	Pituus km	$r \Omega/\text{km}$	$x \Omega/\text{km}$	Maakapasitanssi/nF/km
avojohto	40	0,22	0,35	6
maakaapeli	20	0,18	0,085	260
maakaapeli	10	0,18	0,085	260

- a) Lähdön 3 alkupäässä 1 km kiskosta B sattuu 1-vaiheinen maasulku (vikaresistanssi $R_f = 0 \Omega$). Laske maasulkuvirran sekä tähtipistejännitteen suuruus.
- b) Kuinka suuren maasulkuvirran mittaavat lähtöjen 1 ja 2 releet a-kohdassa?



Kuva 2.

Theveninin menetelmän mukainen vikavirta

$$\underline{I}_k = \frac{\underline{U}_v}{\underline{Z}_{Th} + \underline{Z}_f}, \text{ jossa}$$

\underline{U}_v = vikapaikan vaihejännite ennen vikaa

\underline{Z}_{Th} = Theveninin impedanssi vikapaikasta katsottuna

\underline{Z}_f = mahdollinen vikaimpedanssi

Johdon rajateho suuremman poikkipinnan käyttöön on

$$S_l \geq U \cdot \sqrt{\frac{K_{lA1} - K_{lA2}}{\kappa c_h (r_{A1} - r_{A2})}}$$

K_{lA1} johdinten investointikustannukset €/km

c_h häviöiden hinta €/kW,a

κ häviöiden kapitalisointikerroin

r_{A1}, r_{A2} johtojen resistanssit

Talousmatematiikan kaavoja

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

r = kuormituksen kasvuprosentti

p = korkoprosentti

Kapitalisointikerroin

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

Annuiteettikerroin

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

p = korkoprosentti

T = aika vuosina

