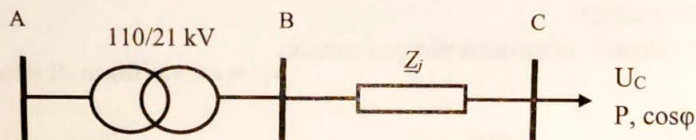


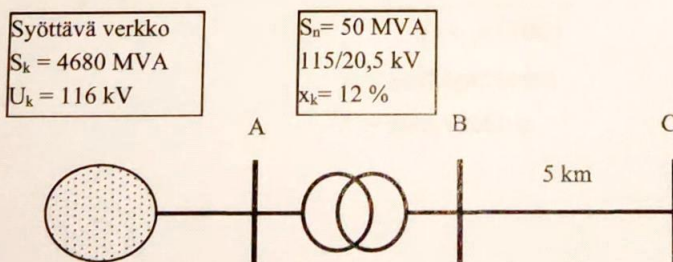
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Opiskelija saa viedä paperin.

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
- Tunnet 3-vaiheisen verkon vaihejännitteet. Miten saat selville, onko tilanne symmetrinen?
 - Miksi tahtikoneelle vikalaskennassa käytetään alku-, muutos- ja pysyvän tilan reaktansseja?
 - Mitä ovat kuluttajaryhmäkohtaiset kuormituskäyrät ja miten niitä hyödynnetään?
 - Jos symmetrisen kolmivaihejärjestelmän vaihejännite $\underline{U}_b = 5,77 \angle 210^\circ \text{ kV}$, niin laske vaiheiden a- ja b-välisen pääjännitteen \underline{U}_{ab} arvo
- 2) Tarkastellaan kuvan 1 mukaisessa verkossa johdon $\underline{Z}_j = R + jX$ käyttäytymistä. Tunnetaan sähköaseman kiskon B jännite U_B sekä pisteeseen C liitetyn kuorman pätöteho ja tehokerroin, joka on induktiivinen.
- Miksi tyypillisesti tunnetaan pisteen B jännite?
 - Miten saat ratkaistua pisteen C jännitteen arvon?
 - Mikä ero on johdon jännitteenaleneman ja jännitehäviön välillä?
 - Mitä pisteen C jännitteelle tapahtuu ja miksi, jos kuorman tehokerroin muuttuu kompensoinnin vaikutuksesta kapasitiiviseksi?



Kuva 1.

- 3) Tarkastellaan kuvan 1 mukaista 20 kV verkkoa, jossa tapahtuu erilaisia vikatilanteita. Asemien B ja C välissä on 5 km johtoa, jonka impedanssi $\underline{Z}_{A132} = (0,54 + j0,38) \Omega / \text{km}$. Käytä laskentajännitteenä arvoa 21 kV ja vikaimpedanssina arvoa nolla.
- Laske 3- ja 2-vaiheisen vikavirran suuruus, kun vikapaikkana on aseman B kiskosto.
 - Laske 3-vaiheisen vikavirran suuruus, kun vikapaikkana on asema C.



Kuva 2.

jatkuu seuraavalla sivulla

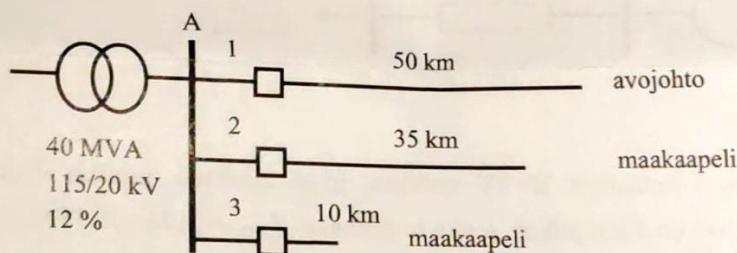
- 4) Teollisuuslaitosta varten rakennetaan uusi 5 km pituinen keskijännitejohto. Johdolla siirrettävä huipputeho tulee olemaan 20 vuoden ajan 1,5 MVA ja $\cos\phi = 0,9$. Laskentakorko on 6 % ja häviöiden hinta on 80 €/kW,a. Laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV. Johdinlajiksi valitaan joko Raven tai A1132. Kumpi on taloudellisin perustein oikea valinta ja kuinka suuri virhe tehdään, jos valitaan väärä johdinlaji?

Johdin	r (Ω/km)	Hinta (k€/km)
Raven	0,54	25,1
A1132	0,22	30,8

- 5) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista maasta erotettua kolmen keskijännitelähdön muodostamaa verkkoa. Verkkoa syöttävän sähköaseman kiskon A pääjännite on 21 kV. Lähdön 2 alussa sattuu 1-vaiheinen vikavastukseton maasulku.

Johtotyyppi	Pituus km	r Ω/km	x Ω/km	Maakapasitanssi nF/km
avojohto	50	0,22	0,35	6
maakaapeli	35	0,18	0,085	260
maakaapeli	10	0,18	0,085	260

- a) Laske maasulkuvirran suuruus
b) Laske lähtöjen 1 ja 3 releiden mittaamien virtojen suuruus



Kuva 3.

Theveninin menetelmän mukainen vikavirta

$$I_k = \frac{U_v}{Z_{th} + Z_f}, \text{ jossa}$$

U_v = vikapaikan vaihejännite ennen vikaa

Z_{th} = Theveninin impedanssi vikapaikasta katsottuna

Z_f = mahdollinen vikaimpedanssi

Johdon rajateho suuremman poikkipinnan käyttöön on

$$S_l \geq U \cdot \sqrt{\frac{K_{JA2} - K_{JA1}}{\kappa c_h (r_{A1} - r_{A2})}}$$

K_{JA} johdinten investointikustannukset €/km

c_h häviöiden hinta €/kW,a

κ häviöiden kapitalisointikerroin

r_{A1}, r_{A2} johtojen resistanssit

Talousmatematiikan kaavoja

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

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

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