

## 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin

- a) Milloin voit soveltaa osoitinlaskentaa sähköverkkojen laskennoissa?  
 b) Mitä tarkoittaa käsite pikajälleenkytkentä (PJK) ja mihin sitä käytetään?  
 c) Kaapelivalmistajan taulukossa 50 Hz nimellisjännitteeltään 20 kV AHXAMK-W 3\*120 mm<sup>2</sup> kaapelin ilmoitetut sähköiset arvot ovat: resistanssi 0,25 Ω/km, induktanssi 0,38·10<sup>-3</sup> H/km ja kapasitanssi 0,22·10<sup>-6</sup> F/km. Laske kaapelin reaktanssi ja susseptanssi kilometriä kohden.

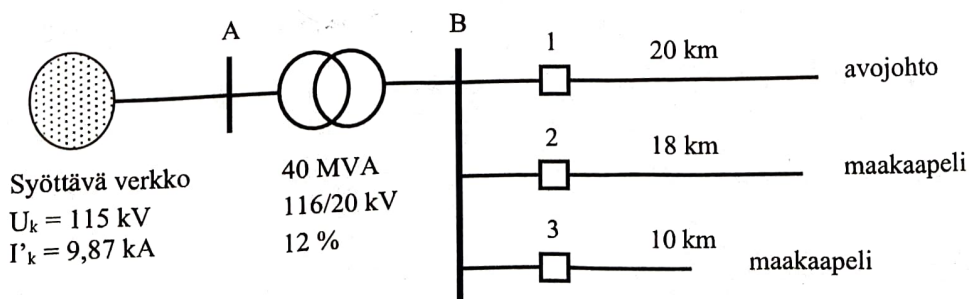
- 2) 20 kV:n keskijännitejohdon pituus on 10 km ja johtimena on A1132, jonka sähköiset arvot ovat  $r = 0,22 \text{ } \Omega/\text{km}$  ja  $x = 0,35 \text{ } \Omega/\text{km}$ . Johdon lopussa on kuorma, jonka pätöteho  $P = 3,0 \text{ MW}$  ja loisteho  $Q = 2,25 \text{ MVar}$ . Loppupään jännite pysyy vakiona arvossa 20 kV.

- a) Laske johdon alkupään jännite jännitteenalenemaa käyttäen  
 b) Toista a-kohdan jännitteenaleneman laskenta, kun loppupään kuorman tehokerroin saatiin kompensoinnilla muutettua arvoon  $\cos\varphi = 0,99_{\text{ind}}$ .

- 3) Tarkastellaan kuvan 1 mukaista maasta erotettua kolmen keskijännitelähdön muodostamaa verkkoa. Verkossa tapahtuu erilaisia yksittäisiä vikoja. Laskentajännitteenä voit käyttää kaikissa kohdissa arvoa 20 kV.

Johtotyyppi	Pituus km	$r \text{ } \Omega/\text{km}$	$x \text{ } \Omega/\text{km}$	Maakapasitanssi/nF/km
avojohto	20	0,22	0,35	6
maakaapeli	18	0,18	0,085	310
maakaapeli	10	0,18	0,085	310

- a) Lähdön 1 alkupäässä 2 km kiskosta B sattuu 3-vaiheinen oikosulku. Laske vikavirran suuruus sekä kiskon B jännite vian aikana.  
 b) Laske 2-vaiheisen oikosulkuvirran suuruus kiskossa B.  
 c) Lähdön 3 lopussa sattuu 1-vaiheinen maasulku ja vikaresistanssi on 500 Ω. Laske maasulkuvirran arvo ja tähtipistejännitteen arvo.



Kuva 1.

jatkuu seuraavalla sivulla

- 4) Tarkastellaan suomalaista 20 kV keskijänniteverkkoa.
- Miten verkkojen maadoitukset on Suomessa toteutettu?
  - Mitä etuja ja haittoja näillä maadoitusratkaisuilla on?
  - Oppikurssilla opetettiin laskemaan maasulkuvirta maasta erotetussa verkossa johtojen/kaapelien maakapasitanssien avulla. Mitä virhelähteitä tähän menetelmään liittyy?
- 5) Tarkastellaan 110/21 kV muuntajaa, jonka kytkentäryhmä on YNd11.
- Mitä merkintätapa tarkoittaa?
  - Kuinka suuri on ensiöpuolen a-vaiheen jännite, jos toision c-vaiheen jännite on  $\underline{u}_c = 12 \angle 30^\circ \text{ kV}$ ?
  - Oletetaan toision jännitteiden olevan b-kohdan mukaisia. Jos nyt sattuu 1-vaiheinen maasulku (ei vikaresistanssia) toisiopuolen vaiheessa a, niin kuinka suurina ovat terveiden vaiheiden  $\underline{u}_b$  ja  $\underline{u}_c$  jännitteet vian aikana?

## 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

$\kappa$  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