

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

1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin

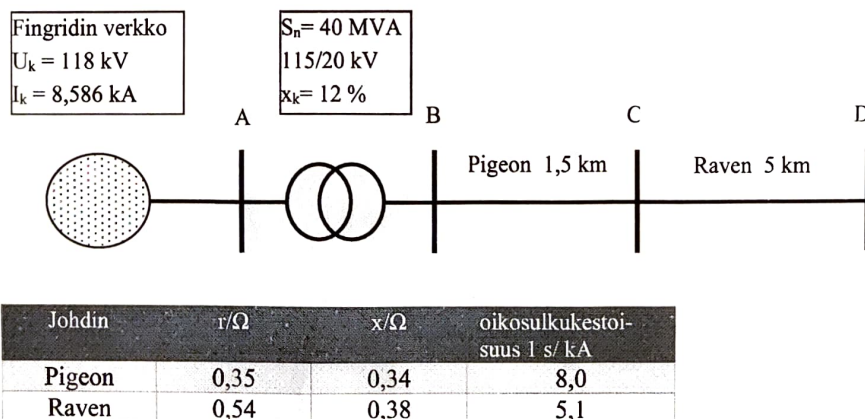
- Kaapelivalmistajan taulukossa nimellisjännitteeltään 20 kV AHXAMK-W 3\*240 mm<sup>2</sup> kaapelin resistanssi on 0,15 Ω/km, induktanssi 0,35 mH/km ja käyttökapasitanssi 0,31 μF/km. Laske kaapelin reaktanssi ja susceptanssi kilometriä kohden.
- Minkälaista sijaiskytkentää käyttäisit a-kohdan kaapelille jännitteenaleneman ja maasulkuvirran laskennassa, jos kaapelin pituus olisi 10 km? Perustele vastauksesi.
- Mitä ovat AMR-mittaukset (automatic meter reading) ja mihin niitä käytetään?

2) 20 kV:n keskijännitejohdon pituus on 10 km ja johtimena on Al132, jonka sähköiset arvot ovat  $r = 0,22 \Omega/\text{km}$  ja  $x = 0,35 \Omega/\text{km}$ . Johdon lopussa on kuorma, jonka pätöteho  $P = 6,0 \text{ MW}$  ja loisteho  $Q = 3,2 \text{ MVAR}$ . Loppupään jännite pysyy vakiona arvossa 20 kV.

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

3) Tarkastellaan kuvan 1 mukaista 20 kV verkkoa. Asemalla B on katkaisija. Välillä B ja C on 1,5 km Pigeon- johtoa ja välillä C ja D on 5 km Raven-johtoa. Laskentajännite on koko ajan 21 kV ja vikaimpedanssi nolla.

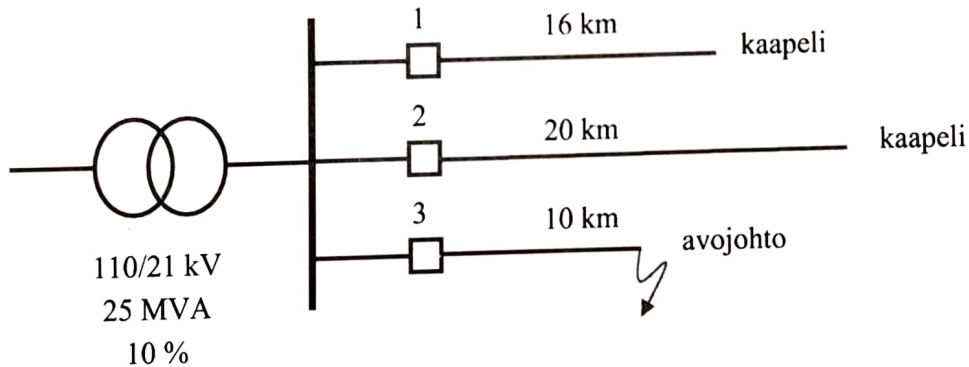
- Ovatko johdot oikosulkukestoisia?
- Kuinka nopeasti suojauksen tulisi toimia, jotta johdot olisivat oikosulkukestoisia?
- Laske pienin oikosulkuvirta 20 kV verkossa. Missä vika tällöin tapahtuu ja onko kyseessä 2- vai 3-vaiheinen oikosulku?



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 1-vaiheista maasulkua alla olevan kuvan 2 mukaisessa maasta erotetussa keskijänniteverkossa. Avojohtoon kapasitanssi on  $6,0 \text{ nF/km}$  ja maakaapelin AHXAMK-W-3x120 kapasitanssi  $240 \text{ nF/km}$ . Laskentajännite on  $21 \text{ kV}$  ja vikaresistanssi on  $0 \Omega$ . Maasulku tapahtuu lähdön 3 avojohtoon loppupäässä kuvan mukaisesti.
- Laske maasulkuvirran suuruus
  - Laske lähtöjen 1 ja 3 releiden mittaamat maasulkuvirrat a-kohdassa?
  - Laske tähtipistejännitteen suuruus, jos vikavastus on  $500 \Omega$ .



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

$$S_l \geq U \cdot \sqrt{\frac{K_{IA1} - K_{IA2}}{\kappa c_h (r_{A1} - r_{A2})}}$$

$K_{IA1}$  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