

EE.EES.200 Sähköverkkotekniikka
Tampereen yliopisto
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Opiskelija saa viedä paperin.

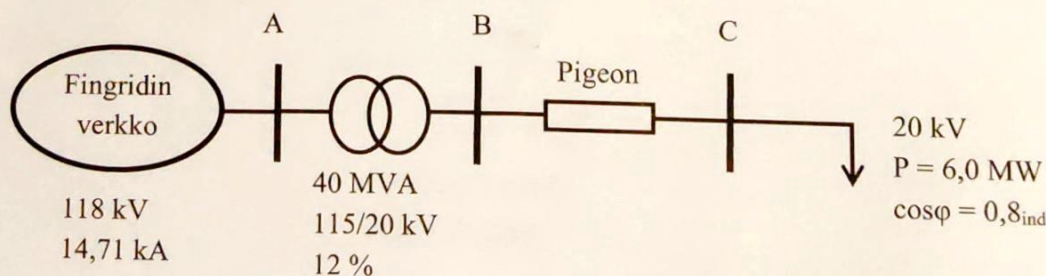
J. Bastman
Tentti 18.10.2022

- 1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin
 - a) Mitä tarkoittaa käsite pikajälleenkytkentä PJK?
 - b) Mitä tarkoitetaan niin sanotuilla KAH-arvoilla? Mihin niitä käytetään?
 - c) Jos symmetrisen kolmivaihejärjestelmän vaihejännite $\underline{U}_b = 11,55 \angle -90^\circ \text{ kV}$, niin laske vaiheiden b- ja c-välisen pääjännitteen \underline{U}_{bc} arvo

- 2) Tarkastellaan suomalaista 20 kV keskijänniteverkkoa.
 - a) Miten verkkojen maadoitukset on Suomessa toteutettu ja mitä etuja/haittoja ratkaisulla on?
 - b) Miksi verkon maasulkua on vaikea havaita, jos vikaresistanssi on kovin iso?
 - c) Jos maasta erotetussa verkossa (jännite 20 kV) tapahtuu vikavastukseton maasulku c-vaiheessa, niin kuinka suuret ovat terveiden vaiheiden jännitteet maasulun aikana?

- 3) Jännite johdon alussa on 21 kV ja johdon resistanssi on $0,22 \Omega/\text{km}$ ja reaktanssi $0,35 \Omega/\text{km}$. Johdon lopussa on kuormitus, jonka tehokerroin on $\cos\varphi = 0,9_{\text{ind}}$.
 - a) Paljonko voidaan siirtää tehoa 10 km päähän, jos sallitaan 5 % jännitteenalenema.
 - b) Kuorman pätöteho säilyy a-kohdan mukaisena, mutta kuorman tehokerroin pystytään kompensoimalla nostamaan arvoon $0,98_{\text{ind}}$. Oletetaan loppupään jännitteen pysyvän a-kohdan mukaisena. Kuinka suuri teho pystytään nyt siirtämään?
 - c) Laske johdon pätö- ja loistehohäviöt b-kohdassa

- 4) Kuvan 1 verkossa Pigeon-johtimen impedanssi on $\underline{Z}_{\text{Pig}} = (0,34 + j0,35) \Omega/\text{km}$ ja pituus 5 km. Piste C kuormitus on $P = 6 \text{ MW}$, tehokerroin $0,8_{\text{ind}}$ ja jännite 20 kV.
 - a) Laske kiskon B jännite käyttäen jännitteenalenemaa
 - b) Selvitä onko Pigeon johdin oikosulkukestoinen, kun se kestää 8 kA oikosulkuvirtaa 1 sekunnin.
 - c) Jos Pigeon ei ole oikosulkukestoinen, niin kuinka nopeasti relesuojauksen tulisi toimia?



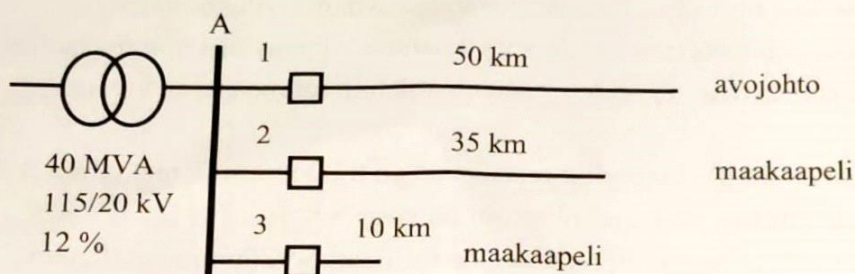
Kuva 1.

jatkuu seuraavalla sivulla

- 5) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista maasta erotettua kolmen keskijännitelähdön muodostamaa verkkoa. Verkkoa syöttävän sähköaseman kiskon A pääjännite on 21 kV. Lähdön 3 alussa sattuu 1-vaiheinen vikavastukseton maasulku.

Johtotyyppi	Pituus km	$r \Omega/\text{km}$	$x \Omega/\text{km}$	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 2 läpi menevien virtojen suuruus
 c) Miksi laskennassa ei tarvitse ottaa huomioon johtolähtöjen sarjaimpedansseja?



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

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

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