

1) Vastaa seuraaviin kysymyksiin

- a) Selosta miten Suomen sähkövoimajärjestelmä on toteutettu tuotannosta yksittäiselle kuluttajalle asti? Vastauksessa on hyvä lyhyesti käsitellä ainakin seuraavia asioita: minkälaista tuotantoa, mitä jännitteitä käytetään, omistuspohja, verkon rakenne, sähkömarkkinat, mistä sähkön hinta yksityiskuluttajalle koostuu, kuka valvoo toimintaa jne.? (3 p)
- b) Milloin voit soveltaa osoitinlaskentaa sähköverkkojen tarkasteluissa? (3 p)

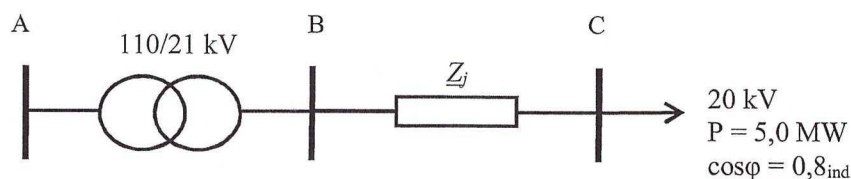
2) Vastaa kysymyksiin (jokainen kohta 1 p)

- a) Symmetrisen 3-vaihejärjestelmän b-vaiheen jännite on $\underline{U}_b = 5,77 \angle -90^\circ \text{ kV}$. Laske pääjännitteen $\underline{U}_{bc}$ arvo.
- b) Mitä tarkoittaa muuntajan kytkentäryhmä Dyn5?
- c) Mitä tarkoittavat käsitteet PAS- ja AMKA-johdin ja millä jännitetasolla niitä käytetään?
- d) Milloin johtimien kapasitanssi pitää ottaa huomioon?
- e) Mitä tarkoittaa pikajälleenkytkentä ja mihin sitä käytetään?
- f) Raven-johtimen vikavirtakestoisuus 1 s ajan on 5,1 kA. Kuinka suuren virran se kestää 0,7 s ajan?

3) Kuvan 1 verkossa välillä B – C on kaapeli, jonka impedanssi on $\underline{Z}_j = (0,25 + j0,12) \Omega / \text{km}$.

Kaapeli on 10 km pitkä. Kuorman jännite pysyy vakiona arvossa 20 kV.

- a) Laske sähköaseman alajännitepuolen (piste B) jännite jännitteenaleneman kaavalla.
- b) Laske kaapelin pätö- ja loistehohäviöt
- c) Kuormituksen rinnalle kytketään kompensointikondensaattori, joka muuttaa kuorman tehokertoimen arvoon $\cos \varphi = 0,98_{\text{kap}}$. Laske alajännitepuolen (piste B) jännite jännitteenaleneman kaavalla. Voit olettaa kuorman jännitteen olevan edelleen 20 kV.
- d) Selitä perustellen mitä kompensointi vaikuttaa kaapelin häviöihin (joita ei tarvitse laskea)?



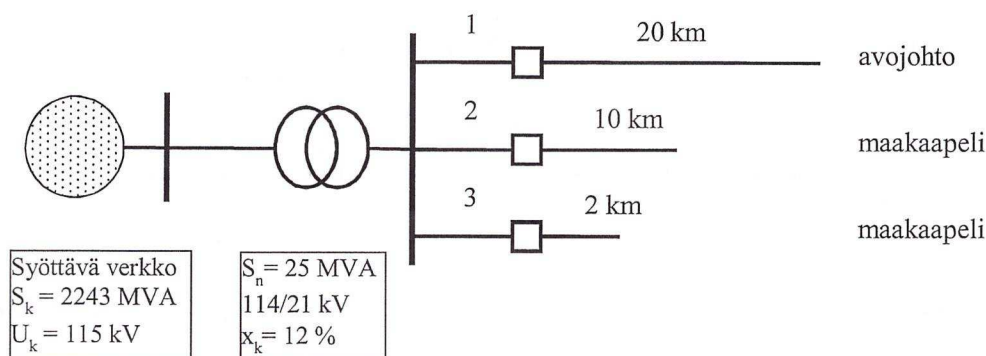
Kuva 1.

jatkuu seuraavalla sivulla

- 4) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista maasta erotetun kolmen keskijännitelähdön muodostamaa verkkoa. Verkkoa syöttävän sähköaseman kiskon pääjännite on 21 kV ja vikaimpedanssi on nolla.

Johtotyyppi	Pituus km	$r \text{ } \Omega/\text{km}$	$x \text{ } \Omega/\text{km}$	Maakapasitanssi/nF/km
avojohto	20	0,22	0,35	6
maakaapeli	10	0,18	0,085	320
maakaapeli	2	0,18	0,085	320

- a) Laske 3-vaiheisen oikosulkuvirran suuruus, jos vika sattuu 21 kV kiskossa.
 b) Jos 2 km pituisen maakaapelin lopussa tapahtuu 1-vaiheinen maasulku, laske maasulkuvirran suuruus ja terveiden vaiheiden vaihejännitteiden arvo vikapaikassa.
 c) Miten b-kohdan maasulkuvirta muuttuu, jos vikapaikka onkin aseman kiskossa?



Kuva 2.

- 5) Sähköverkkoyhtiö suunnittelee uuden 20 kV johdon rakentamista, ja tässä vaiheessa taloudellisin johdin olisi Raven. Viiden vuoden kuluttua alueelle rakennetaan kuitenkin uusi 110 kV sähköasema ja tällöin oikosulkuvirrat kasvavat niin paljon, että johdin joudutaan vaihtamaan Al132:ksi. Mikä on taloudellisin toimintatapa, kun Ravenin rakentamiskustannukset ovat 20000 €/km, Al132:n rakentamiskustannukset 25000 €/km ja johtimen vaihtokustannukset Ravenista Al132:een ovat 10000 €/km (Raven-johdon jäännösarvo huomioitu). Lasentakorkona käytetään 5 % ja häviökustannuksia ei tarvitse huomioida tässä tehtävässä.