

1) Jakeluverkot

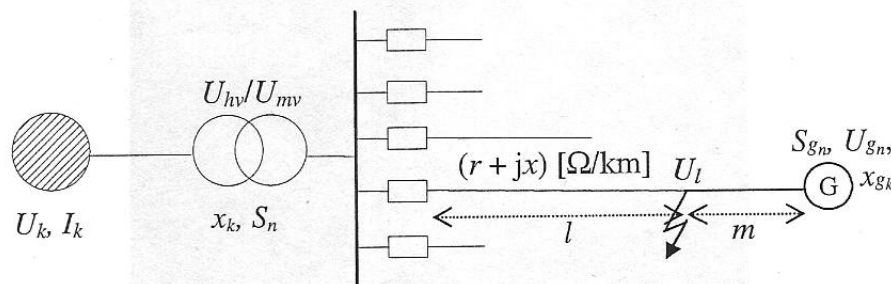
- a) Miten (yleisesti ottaen) sähkönjakeluverkot eroavat siirtoverkoista? Vertaile kolmea eri ominaisuutta.
- b) Kerro ja selosta kolme tyypillistä eroa maaseudun ja kaupunkien jakeluverkkojen välillä.

Distribution networks

- a) List, with brief explanations, 3 typical differences between electricity distribution networks and transmission networks.
- b) List, with brief explanations, 3 differences between rural and urban distribution networks.

2) Vikavirrat

- a) Kuvan keskijännitejohdolla sattuu kolmivaiheinen oikosulku. Vikapaikasta johtoa pitkin mitattu etäisyys sähköasemalle on  $l$  ja voimalaitokselle  $m$ . Kuvaan merkityt suuret tunnetaan; jännitteet liittyvät juuri ennen vikaa vallinneeseen tilanteeseen. Johda vikavirran lauseke.
- b) Miten vikavirran lauseke muuttuu, jos vika onkin kaksivaiheinen? Perustele vastaus.



Fault currents

- a) Derive a formula for calculating the 3-phase (steady-state) short circuit fault current when a fault occurs at distance  $l$  from the substation in an MV feeder using the symbols shown in the figure (which describe the normal pre-fault situation). Note the distributed generation unit located at distance  $m$  from the fault point (see picture above).
- b) How will the formula derived in a) be changed if the fault is only a 2-phase short-circuit? Please justify.

### 3) Sähkömarkkinat

a) Esittele ja vertaile kahta erilaista periaatetta, jolla verkkoyhtiöiden tariffeja voidaan pitää kohtuullisina. (Periaatteiden ei välttämättä tarvitse olla kuvauksia käytössäolevista regulaatiomalleista)

Nordpool operoi spot-markkinoita. Nordpool ilmoittaa tietyinä ajankohtana, maaliskuun alkupuolella, Pohjoismaitten alueelle systeemihinnan (system price) 39.51 €/MWh alla olevan kuvan mukaisesti.

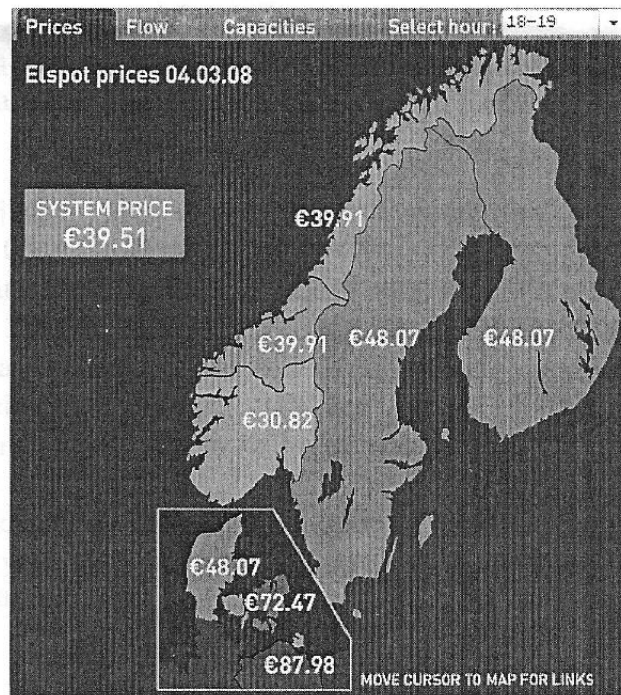
b) Kerro mahdollinen syy kuvan aluehintojen erilaisuudelle.

### Electricity Markets

a) Describe (in general terms) and compare two alternative methods to prevent unreasonably high tariffs for distribution network services. These may be existing national practices or your own suggestions

Nordpool operates a spot market which, in early March, 2008, established a system price (€/MWh) for the Nordic region, 39.51 in the figure below.

b) Give a short explanation why the area prices are different from each other and the system price.



#### 4) Jännitteenalenema

Keskijännitejohto syöttää pistemäistä 3-vaiheista kuormitusta. Kuormaa syöttävän keskijännitejohdon arvot ovat  $R = 4.8 \Omega$  ja  $X = 3.5 \Omega$ . Mikä tulee jännitteen olla sähköasemalla, jotta kuorman kokema jännite olisi 19.8 kV

- kuorman ollessa 2.8 MW,  $\cos \varphi = 0.90_{\text{ind}}$ ?
- kuorman ollessa 2.8 MW,  $\cos \varphi = 0.90_{\text{kap}}$ ?
- Selitä kuormitustilanteiden a) ja b) ero selkeiden osoitinpiirrosten avulla.

---

#### Voltage drop

A medium voltage feeder supplies a single 3-phase load. The feeder characteristics are  $R = 4.8 \Omega$  and  $X = 3.5 \Omega$ . What should the voltage be at the substation when the load should have a voltage 19.8 kV in cases where:

- the load is 2.8 MW,  $\cos \varphi = 0.90_{\text{ind}}$ ?
- the load is 2.8 MW,  $\cos \varphi = 0.90_{\text{cap}}$ ?
- Explain the difference between cases a) and b) using clear phasor diagrams.

#### 5) Keskeytyskustannukset

Alla oleva kuva esittää yksinkertaistetusti osaa 20 kV jakeluverkkoa. Onko taloudellisesti perusteltua rakentaa varayhteys solmupisteiden A ja C välille?

Oletetaan, että:

- johdon vikataajuus on suoraan verrannollinen johtopituuteen
- vikataajuus on 0.1 vikaa / km / vuosi
- keskeytyskustannusparametrit ovat 1 €/kW and 10 €/kWh
- korjausaika on 3.5 h ja kytkentäaika erottimilla A ja B on 0.5 tuntia
- varayhteyden ja erottimen A rakentamiskustannukset ovat yhteensä 25000 €
- varayhteyden ei oleteta vikautuvan lainkaan
- vain yksi samanaikainen vikatapahtuma on mahdollinen
- tarkastelujakso on 20 vuotta
- kuormat eivät kasva tarkastelujakson aikana, korkoprosentti on  $p = 6 \%$
- kustannusten nykyarvon laskemiseksi tarkastelujaksolta  $t$  tarvittava diskonttaustekijä  $k$  lasketaan kaavalla

$$k = \gamma \frac{\gamma^t - 1}{\gamma - 1} \quad \text{missä } \gamma = \frac{1}{1 + \frac{p}{100}}$$

---

## Outage costs

The figure below shows a simplified part from a 20 kV network. Is it economically worthwhile to build a reserve connection and disconnector between points A and C (shown in dotted lines)?

Assume that:

- the risk of failure is proportional to the length of the line
- the failure rate in both sections is 0.1 faults / km / year
- the outage cost parameters are 1 €/kW and 10 €/kWh
- the switching time at points A (if the reserve connection is built) and B is 0.5 hours and the repair time is 3.5 hours (the repair time includes switching)
- The cost of the optional reserve connection between points A and C including disconnector A is 25000 €.
- For simplicity, the reserve connection is not vulnerable to faults
- The probability of 2 or more faults occurring simultaneously on the network is zero (i.e., they can be dealt with one at a time)
- The time period to be considered is 20 years
- There is no load growth over this period, but the interest rate,  $p = 6\%$
- The formula for calculating the discount factor  $k$  to calculate the present value of costs incurred over time period  $t$  is:

$$k = \gamma \frac{\gamma^t - 1}{\gamma - 1}$$

$$\text{where } \gamma = \frac{1}{1 + \frac{p}{100}}$$

