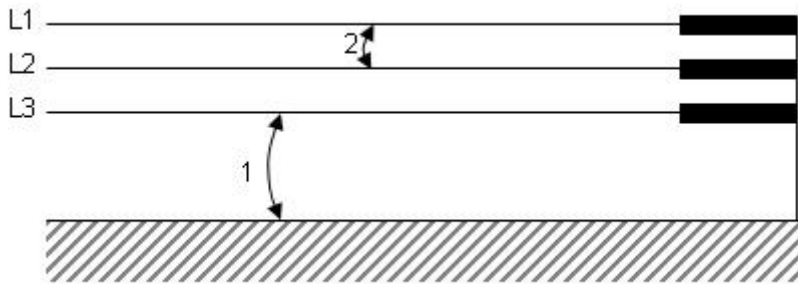


DEE-11010 Sähköenergiajärjestelmät

Tentti 10.8.2015

Omia ohjelmoitavia laskimia saa käyttää. Tehtäväpaperi on palautettava

1. Alla oleva kuva 1. esittää kaavamaisesti 400 V:n kolmivaiheista pienjänniteverkkoa (50 Hz). Kuvassa on järjestelmän vaihejohdot sekä johdon päässä olevan kolmivaihemuuntajan käämit kytkettynä tähteen. Muuntajan tähtipiste on suoraan maadoitettu.
- Mikä on jännitteen tehollisarvo kohdassa 1 (eli pienjännitejärjestelmän vaihejännite)? (1 p)
 - Mikä on jännitteen suurin hetkellisarvo kohdassa 1? (1 p)
 - Mikä on jännitteen aikakeskiarvo (useamman vaihtojännitteen jakson ajalta) kohdassa 1. (1 p)
 - Mikä on jännitteen tehollisarvo kohdassa 2? (1 p)
 - Mikä on jännitteen suurin hetkellisarvo kohdassa 2? (1 p)
 - kuinka suuri on kohtien 1 ja 2 jännitteiden välinen vaihesiirto? (1 p)



Kuva 1.

2. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:
- Miksi Suomessa pienjännitejärjestelmä on suoraan maadoitettu? Mitä etua siitä on?(2 p.)
 - Mitkä ovat Suomessa kuluttajan turvaksi käytetyt tavallisimmat menetelmät, joilla estetään kuluttajan joutuminen osaksi sähköistä virtapiiriä? (2 p.)
 - Mitä menetelmiä ja laitteita käytetään suurjänniteverkoissa ylijännitesuojaukseen? (2 p.)
3. Yksivaihejohdon loppupäässä oleva kuorma ottaa 10 A:n virran, joka on 45° jäljessä johdon loppupään jännitteestä. Loppupään jännitteen U_2 suuruus on 200 V. Piirrä osoitinpiirroksat (erikseen kohdista a, b ja c), joissa näkyy johdon alku- ja loppupään jänniteosoittimet \underline{U}_1 ja \underline{U}_2 sekä johdon impedanssin vaikutuksesta johdolla syntyvän jännitehäviön osoitin \underline{U}_h seuraavissa tapauksissa
- Johdon impedanssi on 4Ω . (2 p.)
 - Johdon impedanssi on $j4\Omega$. (2 p.)
 - Johdon impedanssi on $4\Omega + j4\Omega$. (2 p.)
- Merkitse kuvien yhteyteen osoittimien \underline{U}_2 ja \underline{U}_h suuruudet ja kulmat.

Huom: Piirrä osoittimet sen verran tarkasti, että niistä erottuvat oikeat suhteelliset pituudet ja kulmat (käytä esim. mittakaavaa 1 ruutu on 40 V). Sotkuisista ja epämääräisistä kuvista ei tule pisteitä!

4. 100 km mittaisen 110 kV:n siirtojohdon ominaisresistanssi ja –reaktanssi vaihetta kohti ovat $r=0,08 \Omega/\text{km}$ ja $x=0,24 \Omega/\text{km}$. Johdon kuormana on sen loppupäässä 40 MW pätötehoa ja 12 MVAR loistehoa. Johdon lopussa pääjännite on 110 kV. Kuinka suuri on
- kuorman näennäisteho (1 p.)
 - kuorman tehokerroin (1 p.)
 - johdolla kulkeva virta (1 p.)
 - johdolla syntyvät pätöteohäviöt (1 p.)
 - johdolla syntyvä jännitealenema vaihetta kohti (1 p.)
 - johdon alkupään pääjännite? (1 p.)

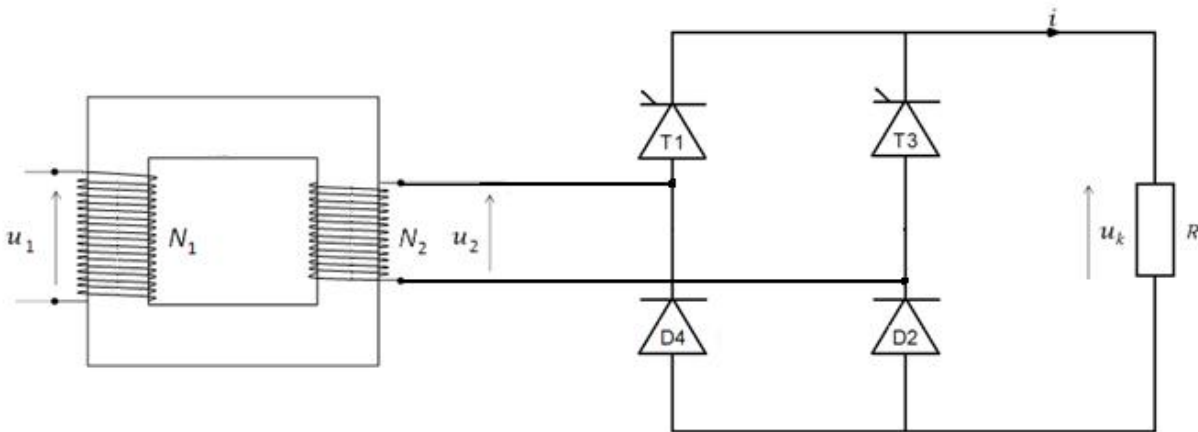
Jännitealeneman likiarvokaava: $U_{hv} = RI\cos\varphi + XI\sin\varphi$

Huom! Tehtävä 5 on paperin kääntöpuolella!

5. Oheisen kuvan 2 mukaisesti yksivaihemuuntaja syöttää ohjattavaa tasasuuntaussiltaa, joka tuottaa kokoaaltoasasuunnattua jännitettä. Yksivaihemuuntajan ensiöpuolella on 240 kierrosta ja toisiopuolella 120 kierrosta. Yksivaihemuuntajan ensiöpuolella vaihtojännitteen (50 Hz) tehollisarvo U_1 on 240V.
- Kuinka suuri on vaihtojännitteen tehollisarvo muuntajan toisiopuolella (jännite U_2)? (1 p.)
 - kuinka suuri on vaihtojännitteen huippuarvo muuntajan toisiopuolella (jännite \hat{u}_2)? (1 p.)
 - Kuinka suuri on kuorman yli olevan jännitteen keskiarvo ohjauskulman ollessa 0° ? (1 p.)
 - Piirrä periaatekuva c-kohdan mukaisesta jännitteestä (20 ms ajalta). (1 p.)
 - Kuinka suuri on kuorman yli olevan jännitteen keskiarvo ohjauskulman ollessa 90° ? (1 p.)
 - Piirrä periaatekuva e-kohdan mukaisesta jännitteestä (20 ms ajalta). (1 p.)

Ohjatun kokoaaltoasasuuntauksen tapauksessa kuorman yli olevan jännitteen keskiarvo saadaan yhtälöstä

$$u_{k,ave} = \frac{\hat{u}_s}{\pi}(1 + \cos \alpha) , \text{ missä } \hat{u}_s \text{ on sillan saaman syöttöjännitteen huippuarvo ja } \alpha \text{ on ohjauskulma.}$$



Kuva 2. Periaatekuva yksivaiheisen muuntajan syöttämästä ohjatusta tasasuuntaussillasta.