



Tampereen teknillinen yliopisto
Sähköenergiatekniikka
Kari Kannus

1(4)

SVT-4400 Suurjännitetekniikka 2

Tentti 7.5.2012

EI KIRJALLISUUTTA. Oman laskimen käyttö sallittu. Kirjoittakaa vastaukset selvällä käsialalla. Merkitkää jokaiseen vastauspaperiin nimenne ja opiskelijanumeronne. Tentin maksimipistemäärä on 67 p. ja läpäisyraja on 26 p. Kiitettävän (5) saa 57-67 pisteellä. Vastausintoa ja hyvää kevättä kaikille!

- Selvitä lyhyesti seuraavien suurjännitetekniikkaan liittyvien käsitteiden merkitys
 - Ferranti –ilmiö (1 p.)
 - ukkosjohtimien reduktiokerroin (1 p.)
 - salaman kerrannaisuus (1 p.)
 - 3/0– testi (1 p.)
 - up-and-down –testausmenetelmä (1 p.)
 - aktiivinen eristin (1 p.)
- Selvitä lyhyesti syyt, minkä vuoksi suurjänniteavojohdoilla ja sähköasemilla käytetään **ukkosjohtimia**. (3 p.)
- Mitä tapahtuu avojohdossa kulkevalle syöksyjänniteaallon (kulkuaallon) amplitudille, kun se kohtaa
 - avoimen johdon pään
 - kaapelin ? (3 p.)
- Miksi pitkillä eristinketjuilla ja sauvaeristimillä käytetään ns. **suoja-arvia** (joko eristimen kummassakin päässä tai vain toisessa päässä)? (3 p.)
- Mistä eri syistä sähköverkkoihin voi muodostua **käyttötaajuisia ylijännitteitä**? (4 p.)
- Mitkä seikat ovat huonoja ominaisuuksia **kipinävälien käytössä** (verrattuna venttiilisuojiin) jakelumuuntajien ylijännitesuojina? (4 p.)
- Minkä tyyppisiä **ylijännitesuojakomponentteja** voidaan käyttää rakennusten **sisäisessä ukkossuojauksessa**? (2 p.)
- Mitä eri eristysmateriaaleja käytetään **suurjännite-eristimien valmistuksessa**? (2 p.)
- Luettele **kuristimien** viisi eri **käyttötarkoitusta** suurjänniteverkoissa. (3 p.)

10. Salaman isku aiheuttaa sähköverkkoon erisuuruisia ja erimuotoisia syöksyjännitetasituksia riippuen iskukohteesta. Samoin verkon kytkentätoimenpiteet voivat aiheuttaa verkkoon ylijännitepulsseja. **Yhdistä** seuraavista syöksyjännitepulssin aaltomuotoparametreista (rinnan nousuaika / selän puoliarvonaika) parhaiten kutakin erityyppistä syöksyjännitetasitusta kuvaavaan vaihtoehtoon. (2 p.)

1. Suora positiivisen salaman isku vaihejohtimeen
2. Takaisku (eli salaman isku jännitteettömään osaan, josta ylilyönti vaihejohtimeen)
3. Indusoitunut negatiivinen ylijännite (eli negatiivisen salaman isku maahan lähelle johdinta)
4. Kytkeäsyöksyjännite

- A. 22 / 230 μs
- B. 250 / 2500 μs
- C. 5 / 75 μs
- D. 0,5 / 10 μs

11. Erään suurjännitelaboratorion syöksyjännitemittausjärjestelmän jakosuhte on 1985 ja vastausaika on -10 ns (siis negatiivinen vastausaika). 24 kV verkon jakelumuuntajan jyrkän, lineaarisesti nousevan (nousunopeus 2000 kV/ μs), rinnalta katkaistun aallon kestoestauksessa mittausjärjestelmä näytti jännitteen huippuarvoksi 150 V. Mikä oli ”todellinen” (jakelumuuntajaakin rasittanut) suurjännitteen huippuarvo? (4 p.)

12. Tee lyhyesti selkoa, kuinka tyypillisessä **suurjännitekondensaattorissa** huolehditaan siitä, että

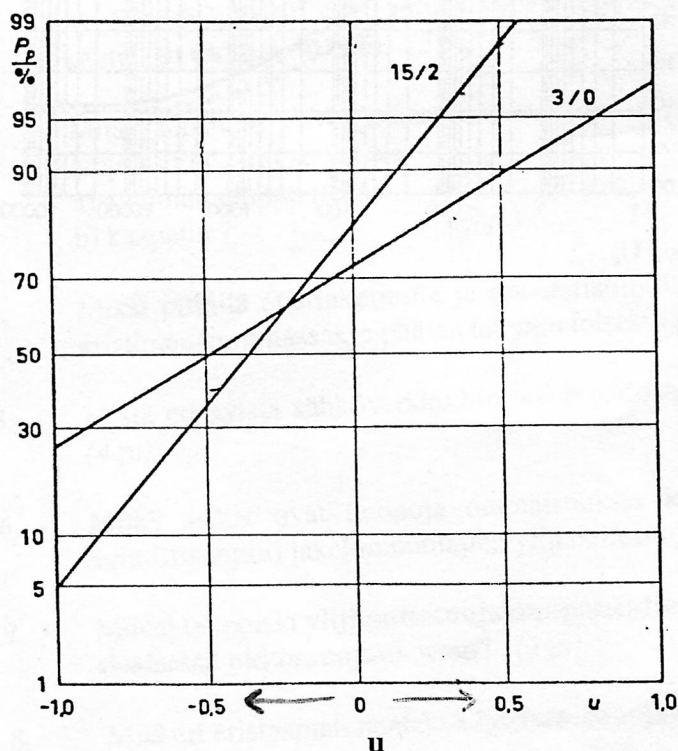
- a) kondensaattoriin ei jää vaarallista varausta irtikytkennän jälkeen
 - b) kondensaattorin eristysrakenteisiin ei jää vettä heikentämään jännitelujuutta
 - c) eristyskalvojen impregnointi tapahtuu hyvin.
- (3 p.)

d) Suurjännitekondensaattorielementin valmistukseen on käytettävissä 50 metriä alumiinifoliota (paksuus 5 μm , leveys 31 cm) ja 150 metriä polypropyleenikalvoa (paksuus 11 μm , leveys 31 cm). Päällekkäisistä folioista ja eristyskalvoista käämitään rulla, joka sitten litistetään käämielementiksi. Riittävän jännitelujuuden varmistamiseksi eristyksessä käytetään kolmea päällekkäistä polypropyleenikalvoa. Polypropyleenin ja käytettävän kyllästysnesteen suhteellinen permittiviteetti on 2,25. Mikä tulee olemaan kondensaattorielementin kapasitanssi?

(Tyhjän permittiviteetti on 8.85×10^{-12} As/Vm). (3 p.)

e) Yllämainituista käämielementeistä kootaan suurjännitekondensaattoriyksikkö siten, että 12 elementtiä kytketään rinnakkain ja tällaisia käämipaketteja kytketään 3 sarjaan. Kondensaattoriyksikön nimellisjännitteeksi on valittu 6350 V_{rms} ja nimellistaajuudeksi 50 Hz. Mikä on kondensaattoriyksikön nimellisteho? Kuinka suuret ovat kondensaattoriyksikön dielektriset tehohäviöt, kun mittauksilla yksikön häviökertoimeksi on määritetty 0,00018? (3 p.)

13. Tee selkoa tyypillisen nykyaikaisen **suurjännitekaapelin** rakenteesta ja materiaaleista. (6 p.)
14. Minkä tyypisellä **jännitteenjakajalla** voidaan mitata parhaiten suuria
 a) tasajännitteitä (keskiarvoja)
 b) vaihtojännitteitä
 c) kytkentäsyöksyjännitteitä? (2 p.)
15. 123 kV verkon komposiittieristimen valmistaja teki eristimen ylilyöntilujuusmitoituksen salamasyöksyjännitteellä aluksi siten, että up-and-down -jännitelujuusmäärityksen perusteella laskettu eristimen tilastollinen kestojännite oli juuri sama kuin IEC-standardin mukainen nimelliskestojännitevaatimus 550 kV. Myöhemmin valmistaja huomasi, että heidän riskinsä ostajan edellyttämässä 15/2 -koestuksessa on liian suuri (ts. riski sille, että heidän kestojännitevaatimuksen täyttävä eristin hylätään koestuksessa), minkä vuoksi valmistaja päätti mitoittaa eristimen ylilyöntilujuuden uudelleen sellaiseksi, että heidän riskinsä 15/2 -koestuksessa on korkeintaan 2%. Mikä pitää uudesta up-and-down -jännitelujuusmäärityksestä saatavan $U_{50\%}$ -arvon vähintään olla, jotta edellä esitetty uusi riskitasovaatimus täyttyy?
 Jännitelujuusmäärityksen keskihajontana käytetään IEC-standardin mukaista arvoa 3%. Eristimen ylilyöntilujuuden oletetaan noudattavan normaalijakaumaa. Kuvassa 1 on esitetty 15/2 -koestuksen ja 3/0 -koestuksen tunnusfunktiot.
 (7 p.)



Kuva 1. 15/2 -koestuksen ja 3/0 -koestuksen tunnusfunktiot.

P_p on läpäisytodennäköisyys koestuksessa ja $u = (U_{sw} - U_w)/\sigma$, missä U_{sw} on laitteen (mittauksilla määritetty) tilastollinen kestojännite $U_{10\%}$, U_w on laitteelle standardissa määritetty nimelliskestojännite ja σ on jännitelujuusmäärityksen keskihajonta.

16. Olet saanut tehtäväksi hankkia yhtiönne sammutettuun keskijänniteverkkoon uusia metallioksidilyijännitesuojia (vaihe-maa-suojia). Olet selvittänyt, että pisin mahdollinen yhteen häiriötapahtumaan liittyvä maasulun kokonaiskesto aika verkossanne on 50 s ja suurin verkossa käytettävä pääjännite on 22,5 kV.

- Määritä oheisen TOV-käyrän avulla valittavalle suojatyypille sopiva suurimman sallitun jatkuvan käyttöaajuksen jännitteen arvo (U_c) yhden kilovoltin tarkkuudella. (5 p.)
- Mikä olisi sopiva nimellispurkausvirran (I_n) arvo suojalle? (1 p.)
- Mikä olisi riittävän hyvä suojan suojaustaso (eli max jäännösjännite suojan yli nimellispurkausvirralla)? (1 p.)

Huom! Kuvassa oleva pystyakselin suure on U_{TOV} / U_c , eikä U_r / U_c kuten alkuperäisestä suojaesitteen kuvasta ensisilmäyksellä voisi lukea.

(Opetus: Manuaalien käyrästäjä täytyy tutkia kriittisesti ennen niiden käyttämistä!)

