

## SVT-4400 Suurjännitetekniikka 2

Tentti 10.5.2011

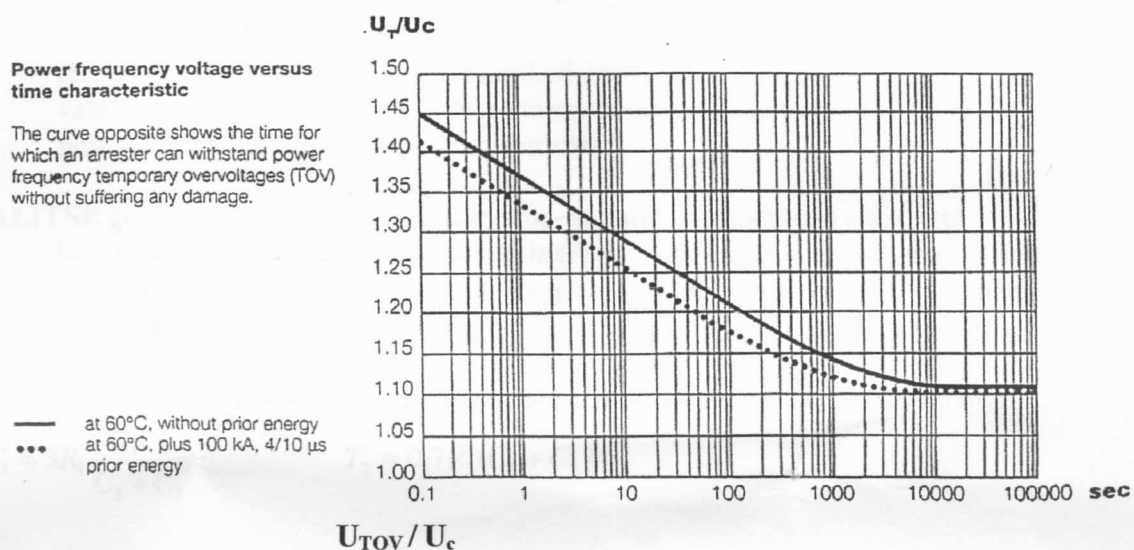
**EI KIRJALLISUUTTA.** Oman laskimen käyttö sallittu. Kirjoittakaa vastaukset selvällä käsialalla. Merkitkää jokaiseen vastauspaperiin nimenne ja opiskelijanumeronne. Tentin maksimipistemäärä on 60 p. ja läpäisyraja on 24 p. Kiiitettävän (5) saa 51-60 pisteellä.  
Vastausintoa ja hyvää kevättä kaikille!

1. Mitä tapahtuu syöksyjänniteaallon (kulkuaallon) amplitudille, kun se kohtaa
  - a) avoimen johdon pään
  - b) lineaarisen resistanssin, jonka suuruus on sama kuin johdon aaltoimpedanssi
  - c) rinnakkaiskapasitanssin(3 p.)
  
2. Selvitä lyhyesti seuraavien suurjännitetekniikkaan liittyvien käsitteiden merkitys
  - a) Ferranti -ilmiö (1 p.)
  - b) salaman kerrannaisuus (1 p.)
  - c) 3/0 -testi (1 p.)
  - d) kippivärähtely (2 p.)
  - e) ukkosjohtimien reduktiokerroin (1 p.)
  
3. Salaman isku aiheuttaa sähköverkkoon erisuuruisia ja erimuotoisia syöksyjänniterasituksia riippuen iskukohteesta. **Millä eri tavoilla** sähköverkkoon voi muodostua salaman aiheuttamia syöksyjännitteitä? (3 p.)
  
4. Miksi pitkillä eristinketjuilla ja sauvaeristimillä käytetään ns. **suojaravio** (joko eristimen kummassakin päässä tai vain toisessa päässä)? (3 p.)
  
5. Mitkä ovat **suojakipinävälien** haitat ja edut verrattuna venttiilisuojiin sähköverkkojen ukkossuojina? (5 p.)
  
6. Luettele **kuristimien** viisi eri **käyttötarkoitusta** suurjänniteverkoissa. (4 p.)

7. Olet saanut tehtäväksi hankkia yhtiönne sammutettuun keskijänniteverkkoon uusia metallioksidilyijännesuojia (vaihe-maa-suojia). Olet selvittänyt, että pisin mahdollinen yhteen häiriötapahtumaan liittyvä maasulun kokonaiskesto aika verkossanne on 20 s ja suurin verkossa käytettävä pääjännite on 22,5 kV.
- Määritä oheisen TOV-käyrän avulla valittavalle suojatyypille sopiva suurimman sallitun jatkuvan käyttötaajuuden jännitteen arvo ( $U_c$ ) yhden kilovoltin tarkkuudella. (5 p.)
  - Mikä olisi sopiva nimellispurkausvirran ( $I_n$ ) arvo suojalle? (1 p.)
  - Mikä olisi riittävän hyvän 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!)



8. Suurjännitekondensaattorielementin valmistukseen on käytävissä 50 metriä alumiinifoliota (paksuus 5 μm, leveys 31 cm) ja 100 metriä polypropyleenikalvoa (paksuus 13 μm, leveys 31 cm). Päällekkäisistä folioista ja eristyskalvoista käämitään rulla, joka sitten litistetään käämielementiksi. Riittävän jännitelujuuden varmistamiseksi eristyksessä käytetään kahta päällekkäistä polypropyleenikalvoa. Polypropyleenin ja käytettävän kyllästysnesteen suhteellinen permittiviteetti on 2,2. Mikä tulee olemaan kondensaattorielementin kapasitanssi? (Tyhjän permittiviteetti on  $8.85 \times 10^{-12}$  As/Vm). (4 p.)
9. Tee lyhyesti selkoa, kuinka tyypillisessä suurjännitekondensaattorissa huolehditaan siitä, että
- kondensaattoriin ei jää vaarallista varausta irtikytkennän jälkeen
  - kondensaattori säilyy toimintakuntoisena, vaikka yksi käämielementti vikaantuu
  - kondensaattorin eristysrakenteisiin ei jää vettä heikentämään jännitelujuutta
  - eristyskalvojen impregnointi tapahtuu hyvin.
- (4 p.)

10. Tee selkoa tyypillisen nykyaikaisen suurjännitekaapelin rakenteesta ja materiaaleista. (7 p.)
11. Oheisen kuvan mukaisen 3-portaisen 300 kV syöksyjännitegeneraattorin ja siihen liitetyn jännitejakajan komponenttiarvot ovat:

Generaattorin syöksykapasitanssi	500 nF / porras
Jännitejakajan kapasitanssi	1 nF
Latausvastus	9,6 kΩ / porras

Käytettävissä on erilaisia sisäisiä vaimennusvastuksia: 5 Ω, 10 Ω, 20 Ω, 30 Ω, 50 Ω tai 70 Ω / porras

Käytettävissä on myös erilaisia purkausvastuksia: 100 Ω, 140 Ω, 180 Ω, 220 Ω tai 260 Ω / porras

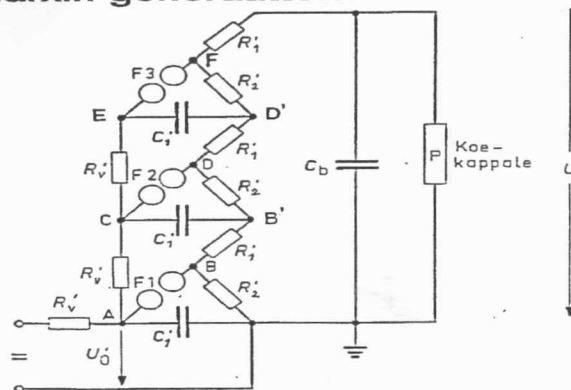
(Kulloinkin käytettävässä generaattorikytkennässä tulee sisäisten vaimennusvastusten olla keskenään samansuuruisia ja vastaavasti purkausvastusten keskenään samansuuruisia.)

**VALITSE generaattorille sopivat vaimennus- ja purkausvastukset** siten, että koestettavana olevalle kondensaattorille (kapasitanssi 3 nF) saadaan muodostettua IEC-standardin mukainen salamasyöksyjännitepulssi. (Esitä valintasi perustana olevat laskutoimitukset !) (6 p.)

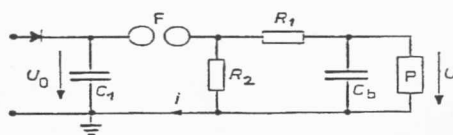
Standardimuotoisen salamasyöksyjännitepulssin aikaparametrien likiarvokaavat ovat:

$$T_1 \approx 3R_1 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad T_2 \approx 0,7R_2 (C_1 + C_2)$$

### Marxin generaattori:



### Yksiportainen sijaiskytkentä:



12. a) Mitä eri eristysmateriaaleja käytetään suurjännite-eristimien valmistuksessa?  
(2 p.)  
b) Mikä on aktiivinen eristin? (1 p.)
13. 24 kV verkon avojohtolähdön päässä olevaa jakelumuuntajaa lähestyy johdolta syöksyaalto, jonka virran jyrkkyys on  $5 \text{ kA}/\mu\text{s}$  ja tätä vastaava jänniteaallon jyrkkyys on  $2000 \text{ kV}/\mu\text{s}$ . Muuntajan suojaksi on asennettu venttiilisuojat, joiden jäännösjännite em. syöksyaallolla on 75 kV. Suojat on sijoitettu (roikkumaan vaihejohtimista) 3 metrin etäisyydelle muuntajasta yhden metrin mittaisilla liitäntäjohdoilla. Suojien alaelektrodit on yhdistetty muuntajan rungon maadoitukseen 4 metrin mittaisilla maadoitusjohtimilla. Liitäntä- ja maadoitusjohtimien induktanssi on  $1 \mu\text{H}/\text{m}$ . Kuinka suuri jänniterasitus kohdistuu muuntajaan em. syöksyaallolla? Onko suojaus mielestäsi riittävän hyvä (perustele), kun tiedetään, että muuntajan syöksyjännitelujuus on testattu IEC-standardin mukaisella, Suomessa yleisesti käytettävällä koejännitteellä?  
(5 p.)