



Eristimen vaihtojännitekoestus

1. Laboratoriotyö

Työssä suoritetaan 50Hz vaihtojännitekoestus kuivakokeena eristimelle SH24. Koe suoritetaan kolmessa osassa. Ensin todetaan eristimen kestoisuus nimelliskestojännitteellä. Toiseksi suoritetaan ylilyöntikoestus ja seuraavaksi koe, jossa määritetään todellinen kestojännite eristeelle. Tulosten käsittelyssä suoritetaan korjaus standardien mukaisesti normaaliolosuhteisiin.

2. Nimelliskestojännitteen toteaminen

Tässä kokeessa lähtöjännite on 75% nimelliskestojännitteestä.

Taulukoista saatiin arvo ko. eristeelle 50kV.

Koska kyseinen arvo on ilmoitettu tehollisarvona ja suurjännitelaitteiston mittarit ilmoittavat jännitteen huippuarvon on 75% nimelliskestojännitteestä laskettavissa seuraavasti:

$$U_{\text{lähtö}} = \sqrt{2} \cdot 0.75 \cdot 50\text{kV} = 53\text{kV}$$

Jännitettä nostetaan nimelliskestojännitteeseen nopeudella n. 2% nimelliskestojännitteestä sekunnissa

$$s = \sqrt{2} \cdot 1.1\text{kV/s} = 1.56\text{kV/s}$$

Nimelliskestojännite pidetään kytkettynä 1 minuutin ajan.

Suoritimme kyseisen testin. Eristin läpäisi kokeen.

3. Ylilyöntikoestus

Oletetaan ylilyöntijännitteeksi 80kV.

$$U_{\text{oletus}} = \sqrt{2} \cdot 80\text{kV} = 113\text{kV}$$

Lähtöjännitteeksi asetetaan n. 75% oletetusta ylilyöntijännitteestä.

$$U_{\text{lähtö}} = 0.75 \cdot 113\text{kV} = 85\text{kV}$$

Jännitettä nostetaan ylilyöntiin asti nousunopeudella 2% oletetusta ylilyöntijännitteestä sekunnissa

$$s = 1.6\text{kV/s}$$

Kun ylilyönti tapahtuu kirjataan jännite ylös.

Suoritetaan 10 peräkkäistä koetta, vähintään 1 minuutin välein.

Suoritimme kokeen. Tulokset taulukossa 1.

Taulukko 1. Ylilyöntijännitekoestus

Koe	Ylilyöntijännite u/kV (huippuarvo)	Ylilyöntijännitteen tehollisarvo U/kV
1	116	82.0
2	119	84.1
3	116	82.0
4	116	82.0
5	116	82.0
6	114	80.6
7	118	83.4
8	117	82.7
9	120	84.9
10	116	82.0
keskiarvo	116.8	82.6

Tulosten perusteella saatiin eristimen ylilyöntijännitteeksi:

$$U = 82.6\text{kV}$$

4. Todellisen kesto­jännitteen määrittäminen

Lähtö­jännitteeksi asetetaan edellisessä kokeessa saadusta ylilyöntijännitearvosta n. 80%.

$$U_{\text{lähtö}} = 0.8 \cdot 116.8\text{kV} = 93\text{kV}$$

Jännitettä nostetaan 2% edellisestä arvosta ja pidetään 1 min. ajan kytkettynä. Jännite katkaistaan 1 min. ajaksi.

Jännite nostetaan taas 2% edellistä suurempaan arvoon, pidetään 1 min. ajan yllä ja katkaistaan.

Koetta jatketaan ylilyöntiin asti 2% jänniteportain.

Todellinen kestojännite on ylilyöntiä edeltävä jännitearvo.

Suoritimme kokeen. Tulokset taulukossa 2

Taulukko 2. Todellisen kestojännitteen määrittäminen

Koe	Jännite u/kV	Huom.
1	93	
2	96	
3	98	
4	100	
5	103	
6	105	
7	108	
8	110	
9	112	Todellinen kestojännite
10	115	YLILYÖNTI

Taulukon 2 tulosten perusteella saatiin eristimelle todellinen kestojännite:

$$U = 112\text{kV} / \sqrt{2} = 79.2\text{kV}$$

5. Laboratorio olosuhteet

Lämpötila	20°C = 293K
Ilmanpaine	94000Pa
Suhteellinen kosteus	55%

6. Tulosten käsittely

Ylilyöntijännite 95% luotettavuusrajoineen saadaan taulukon 1 tuloksista laskemalla ensin jännitteiden tehollisarvoista keskihajonta. Laskimella keskihajonnaksi saatiin:

$$\sigma = 1.18\text{kV}$$

Taulukkokirjasta saadaan 95% luottamusrajan kerroin 1.96, ja näin ollen ylilyöntijännite 95% luotettavuusrajoineen on:

$$U_0 = (82.6 \pm 1.96 \cdot 1.18)\text{kV} = (82.6 \pm 2.3)\text{kV}$$

Tulosten korjaus standardien mukaisiin normaali olosuhteisiin tapahtuu seuraavasti:

Lasketaan ensin absoluuttinen kosteus

$$(1) \quad X = \frac{f \cdot P_{\max} \cdot M}{100\% \cdot R \cdot T} = \frac{55\% \cdot 2330 \text{ Pa} \cdot 0.018 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{100\% \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 293 \text{ K}} = 0.0095 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9.5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

missä	f	Suhteellinen kosteus
	P_{\max}	Kylläisen vesihöyrynpaine
	M	Kaasun moolimassa
	R	Moolinen kaasuvakio
	T	Lämpötila

Seuraavaksi taulukon 3 arvoista saadaan interpoloimalla kosteuden huomioiva kerroin K_r .

Taulukko 3 Kertoimen K_r määrittäminen

Absoluuttinen kosteus	Kosteuden huomioiva kerroin
g / m^3	K_r
2	1.109
4	1.084
6	1.059
8	1.034
10	1.010
12	0.988
14	0.967
16	0.947
18	0.927

Laskimen avulla kertoimeksi saatiin kosteuden ollessa 9.5 g/m^3

$$K_r = 1.020$$

Seuraavaksi lasketaan korjauskerroin d.

$$(2) \quad d = \frac{0.289 \cdot b}{T} = \frac{0.289 \cdot 940}{293} = 0.927$$

missä	b	ilmanpaine (mbar)
	T	Lämpötila (K)

Arvot sijoitetaan kaavaan ilman yksiköitä.

Näin voidaan laskea olosuhteet huomioiden ylilyöntijännitearvot

$$(3) \quad U = \frac{U_0}{d \cdot K_r}$$

missä	U_0	Mitattu jännitearvo
	d	Ilman lämpötilan ja paineen poikkeamisen normaalitilasta huomioiva
kerroin	K_r	Kosteuden huomioiva kerroin

Kaavasta 3 laskemalla saadaan mitattujen arvojen perusteella:

$$\text{Ylilyöntijännite:} \quad U = \frac{82.9kV}{0.927 \cdot 1.020} = 87.4kV$$

$$\text{Kestojännite:} \quad U = \frac{79.2kV}{0.927 \cdot 1.020} = 83.8kV$$

7. Kysymyksiä ja vastauksia

1. Selosta vaihtojännitekokeiden suoritustapoja

Koe voidaan suorittaa periaatteessa kahdella tavalla:

- Jännitettä nostetaan tietyllä nopeudella kunnes tapahtuu ylilyönti. Tämä toistetaan useita kertoja, ja ylilyöntijännitteet rekisteröidään.
- Koe suoritetaan sarjana tietyn pituisia, esim 1 min pituisia kestokokeita.

2. Selosta, miksi ja miten suoritetaan sadekokeet

Koska vesi vaikuttaa jännitelujuuteen on ulos asennettävien laitteiden ulkoisen eristyksen vaihto- ja kytkentäjännitekoestus suoritettava sadekoestuksena. Standardin IEC 60 mukaisen keinosateen voimakkuus on 1,,1.5 mm/min, tulokulma 45° ja veden ominaisresistanssi 100Ωm.