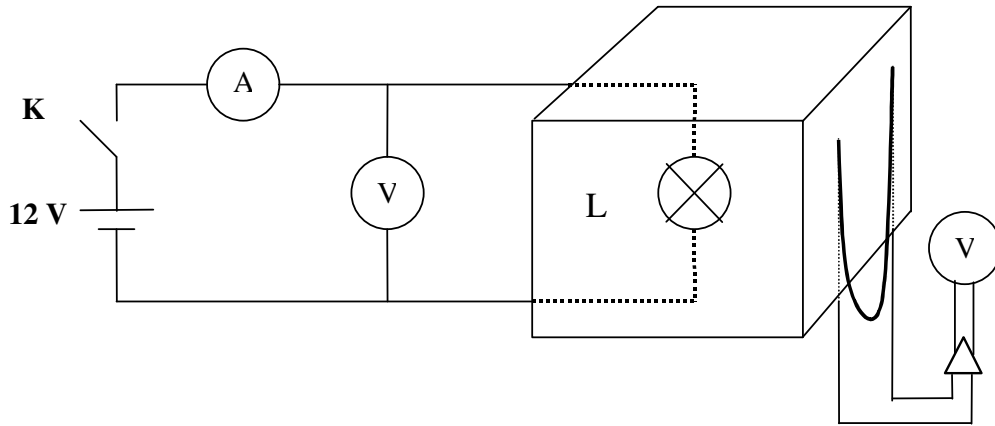


TYÖ 4: LÄMMÖNJOHTAVUUDEN, LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN JA LÄMMÖNSIIRTYMISKERTOIMEN MÄÄRITYS

1. Mittausjärjestely



Tehdään kuvan mukainen kytkentä. Laatikkoon on kytkettynä kolme kupari-konstantaanitermoelementtiä, joita käytetään lämpötilaerojen mittauksessa.

I Mittajohdot liitetään termoelementtiin 2, jonka liitokset (kupari-konstantaani) ovat sisäilmassa ja ulkoilmassa. Termoelementissä liitoskohtien lämpötilaeroa vastaa tietty lämpöjännite $E = k\Delta T$ ($k = 41 \mu\text{V/K}$) kupari-konstantaanitermoelementille). Termoelementin sisältävässä suljetussa virtapiirissä kulkee virta lämpöjännitteen vaikutuksesta. Termoelementiltä tuleva jännite vahvistetaan operaatiovahvistimella (vahvistus noin 100-kertainen) ja mitataan. Ulostulojännitteen avulla voidaan laskea lämpötilaero ΔT , koska termoelementin liitoskohtien lämpötilaerolla ΔT ja vahvistimen antamalla ulostulojännitteellä U_T on tietty vastaavuus, joka selvitetään kalibroinnin yhteydessä.

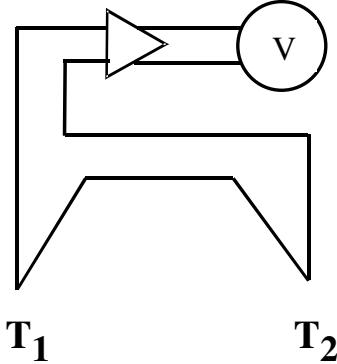
Säädetään vahvistimen kantajännitettä säätämällä vahvistimesta tuleva jännite mahdollisimman tarkasti nolaksi ennen lämmittämisen aloittamista. Kun katkaisija K suljetaan, lamppu alkaa lämmittää laatikon sisällä olevaa ilmaa, jolloin lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä alkaa kasvaa. Otetaan muistiin vahvistimen antama jännite U_T minuutin välein, kunnes lukema ei enää muutu. Tällöin on saavutettu ns. stationäärinen tila, jota vastaavaa lämpötilaeroa käytetään Kalibroinnin jälkeen saadaan seinää ympäröivien väliaineiden (ilma-ilma) välinen lämpötilaero lämmönläpäisykertoimen k laskemista varten.

II Mittajohdot liitetään termoelementtiin 1, jonka liitokset ovat seinän ulko- ja sisäpinnassa. Tarkoituksena on siis mitata seinän pintojen välinen lämpötilaero lämmönjohtavuuden λ määrittystä varten. Otetaan muistiin jännitteen U_T arvo. Yksi mittaus riittää, koska on saavutettu stationäärinen tila. Kalibroinnin jälkeen saadaan sisä- ja ulkoseinän välinen lämpötilaero lämmönjohtavuuden λ laskemista varten.

III Liitetään mittajohdot termoelementtiin 3, jonka liitokset ovat seinän ulkopinnassa ja laatikon ympärillä olevassa ilmassa. Otetaan muistiin jännitteen U_T arvo (yksi mittaus) Kalibroinnin jälkeen saadaan seinän ulkopinnan ja ulkoilman välinen lämpötilaero lämmönsiirtymiskertoimen h laskemista varten.

IV Lämmitystehon $P = UI$ laskemiseksi tarvitaan stationääristä tilaa vastaavat jännitteen U ja virran I arvot, jotka saadaan digitaalisista yleismittareista.

V Suoritetaan tarvittavat mittaukset, jotta saadaan selville laatikon seinien yhteenlaskettu pinta-ala sekä seinän paksuus d .



VI Suoritetaan termoelementin kalibrointi, jotta saadaan selville termoelementin liitoskohtien lämpötilaeron ja operaatiovahvistimen antaman jännitteen välinen vastaavuus. Laitetaan termoelementin molemmat liitoskohdat veteen dekantterilaseihin ja mitataan lämpötilat T_1 ja T_2 sekä vastaava jännite. Tehdään mittaussarja (vaihdellaan termoelementin liitoskohtien välistä lämpötilaeroa). Kalibroinnista piirretään graafinen esitys, josta määritetään lämpötilojen ja jännitteiden vastaavuutta ilmoittavan suoran yhtälö. Työvuoron aikana ilmoitetaan, mikä on sopiva havaintopisteiden lukumäärä.

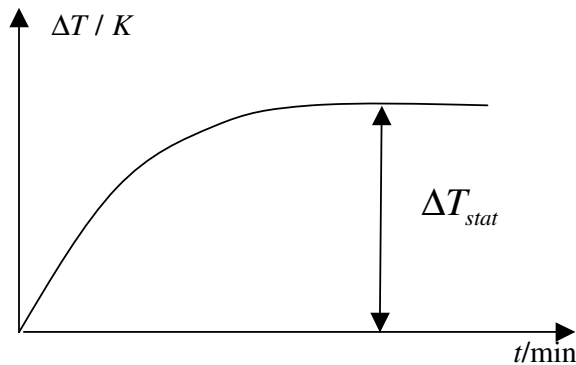
2. Tulosten laskeminen

Tulosten laskemista varten tehdään edellä esitettyyn termoelementin kalibrointiin liittyvä graafinen esitys, jossa pystyakselilla on jännitelukema U_T ja vaaka-akselilla termoelementin liitoskohtien välinen lämpötilaero ΔT . Määritetään suoran yhtälö

$$(1) \quad U_T = a\Delta T + b \quad ,$$

missä vakiotermi b = jännitelukema, joka vastaa nollalämpötilaeroa ja on käytännössä operaatiovahvistimen ja termoelementin offset. Suoran kulmakerrointa a käyttäen lasketaan kohtien I, II ja III mittauksiin liittyvät lämpötilaerot jokaiselle mittausarvolle.

Tehdään kohdan A tapauksesta I graafinen esitys:



Seuraavassa tarkastelussa ΔT tarkoittaa tasapainotilaa vastaavaa lämpötilaeroa ΔT_{stat} . Koska laatikkoa lämmitetään vakioteholla ($P = UI$) ja on etsitty stationäärinen tila, jossa kaikki tuotu teho vuotaa ulos seinien läpi, on lämmitysteho P ja lämpövirta Φ yhtä suuret.

Sovelletaan asiaa tapauksiin I, II ja III:

I $k A \Delta T = UI$ Lasketaan lämmönläpäisykerroin k .

II $\frac{\lambda A \Delta T}{d} = UI$ Lasketaan käytetyn pahvin lämmönjohtavuus λ .

III $h A \Delta T = UI$ Lasketaan lämmönsiirtymiskerroin h .

3. Lopputulokset

Yllä olevat kertoimet annetaan lopputuloksina. Varsinaista virheenarviointia ei työssä tehdä, mutta pieni pohdiskelu siitä, mistä mittausarvoista aiheutuu suurin virhe, tulisi selostuksessa esittää.

