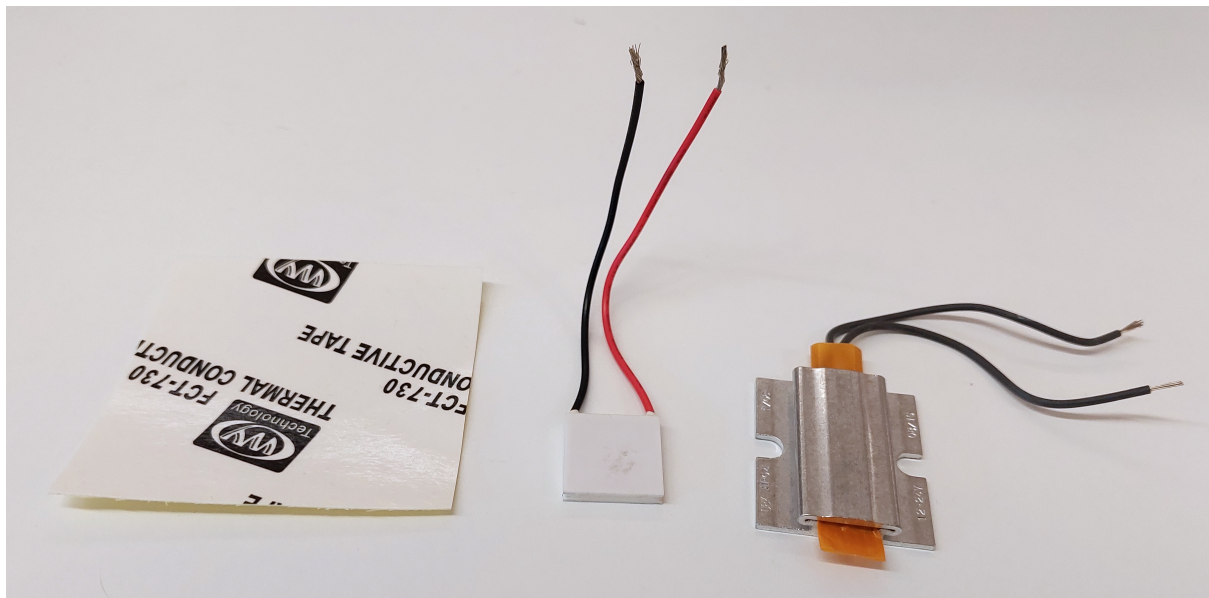


Harjoitus 5 – Lämpötilanhallinta ja Peltier-elementti

Harjoituksen tavoitteet

- Tutustut lämpötilan hallintaan käyttäen resistiivistä lämmityselementtiä
- Opit arvioimaan lämmityselementin lämpökapasiteetin kokeellisesti
- Opit stabiloimaan elementin lämpötilan haluttuun vakioarvoon kahdella eri tavalla
- Tutustut Peltier-elementtiin sekä siihen liittyvään fysiikkaan
- Kokeilet Peltier-elementin toimintaa käytännössä ja pohdit sen etuja lämpötilan hallinnassa verrattuna resistiiviseen lämmityselementtiin



Kuva 1. Valokuva harjoituksessa käytettävistä uusista komponenteista (vasemmalta oikealle): lämpöä johtava *kaksipuolinen* teippi, Peltier-elementti ja resistiivinen lämmityselementti.

Huomioitavaa ennen kuin aloitat työskentelyn

- Tehtävät kannattaa suorittaa järjestyksessä
- Tehtäviin on merkitty arvio tarvitusta ajasta. Jos näyttää siltä, että et ehdi suorittaa mittausta, kysy rohkeasti apua assistentilta
- **Työturvallisuus:** Resisttiivisten lämmityselementtien ja Peltier-elementtien lämpötilat saattavat kohota hyvinkin suuriksi – varsinkin jos niitä pitää jännitteellisinä pitkiä aikoja. Pyri arvioimaan komponentin lämpötila esimerkiksi siitä hohkaavan lämmön perusteella aina ennen näihin komponentteihin koskemista.

Tehtävä 1. Resistiiviseen lämmityselementtiin tutustuminen ja sen lämpökapasiteetin määrittäminen (n. 60 min)

Työpisteeltäsi löytyy European Thermodynamicsin valmistama *resistiivinen* lämmityselementti. Tunnista aluksi kyseisen elementin mallinumero ja selvitä valmistajan esitteestä kyseiselle elementille sopiva käyttöjännitealue ja suurin sallittu lämmitysteho. Huomaa että valmistajan esitteen tiedot ja elementin pinnassa olevat merkinnät saattavat olla hieman ristiriitaisia. Pohdi miten *resistiivinen* lämmityselementti toimii, ja miten tällainen lämmityselementti todennäköisesti käyttäytyy, jos käytät lämmityselementtiä valmistajan suositteleman käyttöjännitealueen alapuolella tai yläpuolella.

Ennen lämmityselementin käyttämistä on syytä tehdä arvio elementin lämpökapasiteetista ja sen perusteella tarvittavasta lämpöenergiasta, joka vaaditaan halutun lämpötilamuutoksen aikaansaamiseksi. Arvioi elementin lämpökapasiteettia laskennallisesti tekemällä aluksi valistunut arvaus mistä materiaalista se on valmistettu sekä käyttäen elementin mittoja tai massaa. Jälkimmäisen voit määrittää opetuslaboratoriosta löytyvällä vaa'alla.

Kytke lämmityselementti seuraavaksi teholähteeseen ja tutki sen lämpenemistä *sormituntumalla* eri jännitteen ja virran (pienehköillä) arvoilla. Älä kuitenkaan polta sormiasi. Suunnittele ja toteuta tämän jälkeen mittausjärjestely, jossa mittaat lämmityselementin pinnan lämpötilaa. Tähän voit käyttää lämpöä johtavaa teippiä¹ ja kurssilla aikaisemmin käytettyjä antureita ja mittalaitteita. Varmista että mittausjärjestely toimii kuten pitääkin ennen siirtymistä eteenpäin.

Suunnittele tämän jälkeen yksinkertainen jännite- ja virtapulssi, kestoaltaan 10 sekuntia, jolla saat elementin lämpötilan nousemaan mahdollisimman tarkasti 4°C ylöspäin. Käytä lähtötietona edellä arvioimaasi lämpökapasiteettia. Toteuta pulssi laboratorioteholähteellä ja mittaa samanaikaisesti lämmityselementin lämpötilaa ajan funktiona esimerkiksi 0.1 sekunnin välein. Aloita mittaus vähintään 10 sekuntia ennen pulssin alkua ja tallenna arvot myös vähintään 60 sekuntia pulssin päättymisen jälkeen. Määritä elementin todellinen lämpökapasiteetti elementin lämpötilan muutoksesta pulssin aikana. Vertaa aikaisempaan laskennalliseen arvioosi.

Tehtävä 2. Lämpötilan stabilointi vakioarvoon (n. 60 min)

Tutki seuraavaksi hieman tarkemmin lämpötilan käyttäytymistä Tehtävässä 1 suoritetun virta/jännitepulssin aikana ja myös hieman pulssin päätyttyä. Havainnoi alkoiko ja loppuiko lämpötilan nousu välittömästi pulssin alettua ja loputtua. Pohdi syitä miksi näin oli tai ei ollut. Pohdi myös mitä hankaluuksia tällainen käyttäytyminen aiheuttaa lämpötilanhallintaan resistiivisiä lämmityselementtejä käytettäessä.

Suunnittele ja suorita seuraavaksi yksinkertainen ”operaatio” jossa nostat lämmityselementin lämpötilan mahdollisimman nopeasti uuteen vakioarvoon ja pidät sen tässä arvossa hallitusti niin pitkään kuin haluat. Tätä operaatiota kutsutaan usein lämpötilan stabiloinniksi

¹ Teippiä ei tarvitse käyttää kohtuuttomia määriä. Pohdi mikä on riittävä määrä.

(*temperature stabilization*). Olkoon tämän halutun vakioarvon suuruus tässä harjoituksessa 50°C. Saat käyttää stabiloinnissa kaikkia haluamiasi teholähteen ominaisuuksia kuten mahdollisuutta muuttaa virran ja jännitteen suuruutta. Tavoite on saavuttaa tavoitelämpötila mahdollisimman nopeasti sekä löytää virralle ja jännitteelle sopivat arvot, joilla elementti pysyy halutussa vakiolämpötilassa. Lämpötilan lähtötason täytyy olla alle 40°C ja lämpötila on mitattava ja tallennettava koko operaation ajalta esimerkiksi 0.1 sekunnin välein. Stabiloinnin voidaan katsoa saavutetuksi, kun lämpötila on pysynyt tavoitearvon lähellä 1°C tarkkuudella pidempään kuin 60 sekuntia. Mittaa myös *samanaikaisesti*² teholähteeltä syöttämäsi jännite ajan funktiona³ ja valmistaudu kuvaamaan omin sanoin, miten käytit teholähdettä operaation eri vaiheissa. Varmista ennen operaation aloittamista, että lämpömittarisi on hyvässä termisessä kontaktissa lämmityselementin kanssa.

Selvitettyäsi jännitteen ja virran suuruudet, joilla elementti pysyy halutussa 50°C lämpötilassa, toista edellä tekemäsi koe mutta hieman uudella tavalla. Anna elementin lämpötilan aluksi pudota alle 40°C. Toista koe sen jälkeen, mutta tällä kertaa aseta virran ja jännitteen arvot *ainoastaan kerran* mittauksen alussa. Mittaa tämän jälkeen lämmityselementin lämpötilaa ajan funktiona niin pitkään kunnes se saavuttaa tavoitetason 50°C.⁴ Vertaa stabiloitumiseen kuluvaa aikaa aikaisempaan versioon kokeesta, jossa sait muuttaa virran ja jännitteen suuruuksia kokeen aikana.

Tehtävä 3. Peltier-elementtiin tutustuminen ja sen käyttäytymisen vertaaminen resistiiviseen lämmityselementtiin (n. 60 min)

Tutustu lopuksi hieman toisenlaiseen lämpötilan hallintaan soveltuvaan komponenttiin – Peltier-elementtiin. Tutki aluksi elementin toimintaa kytkemällä se teholähteeseen ja syöttämällä sen läpi noin yhden ampeerin suuruinen virta ja tutkimalla sormituntumalla elementin lämpötilan muutoksia. Tutki miten virran suunnan muuttaminen muuttaa Peltier-elementin käyttäytymistä. Mittaa lopuksi Peltier-elementin lämpötila ajan funktiona molemmiin puoliin elementtiä kun syötät 10 sekunnin pituisen ja 1 ampeerin suuruisen pulssin sen läpi. Mittauksen voi suorittaa erikseen elementin molemmilta puolilta. Vertaa Peltier-elementin käyttäytymistä Tehtävissä 1 ja 2 käytettyyn resistiiviseen elementtiin.

² Samanaikaisesti tehtäviä mittauksia kutsutaan synkronoiduiksi (*synchronized*) mittauksiksi. Synkronointi voidaan tehdä, tarvittaessa, erittäin tarkasti käyttäen esimerkiksi erilaisia signaaleja kuten jännite- tai valopulsseja. Tässä harjoituksessa riittää, että lämpötilamittaus ja teholähteen jännitteen mittaus on synkronoitu noin yhden sekunnin tarkkuudella.

³ Tätä varten tarvitset toisen yleismittarin – tehkää yhteistyötä viereisen työpisteen kanssa.

⁴ Mittauksen voi päättää 10 minuutin kohdalla, mikäli tavoitetasoa ei olla saavutettu.