

Harjoitus 2 – Laboratorioteholähde ja magneettikentän mittaaminen Hall-anturilla

Harjoituksen tavoitteet

- Harjaannut lisää sähköisten mittalaitteiden, johtojen ja komponenttien käsittelyssä; havaintojen tekemisessä; sekä mittalaitteiden ja komponenttien käyttöohjeiden ja esitteiden lukemisessa ja tulkitsemisessä (jatkoa Harjoitukselle 1)
- Opit käyttämään tyypillistä modernia laboratorioteholähdettä joka toimii sekä tasavirtalähteenä että tasajännitelähteenä
- Opit rakentamaan useammista laboratoriolaitteista ja komponenteista monimutkaisempia mittausjärjestelmiä
- Opit tekemään kytkennän Hall-anturiin ja käyttämään sitä magneettikentän mittaamiseen



Kuva 1. Valokuva harjoituksessa käytettävistä mittalaitteista, komponenteista, ohjeista ja muista välineistä. Lisäksi käytetään yleismittaria ja koukkuliittimiä, jotka ovat jo tuttuja Harjoituksesta 1.

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
- Mittaustulokset voivat vaihdella mittauksen aikana huomattavastikin erilaisista syistä. Kannattaa aina antaa mittaustuloksen vakioitua mahdollisimman hyvin ennen tuloksen kirjaamista ylös.
- **Työturvallisuus:** Älä tee mitään muutoksia tai kytkentöjä yleismittarin tai teholähteen verkkovirtapuolelle (laitteiden takapaneelit). Älä tuo juomia tai muita nesteitä mittauspisteen lähelle. Varmista aina sähköisiä mittauksia tehdessäsi, että käyttämäsi johdot ovat ehjiä – erityisesti että eristekerroksessa ei ole huomattavaa kulumaa.

Tehtävä 1. Laborioteholähteeseen tutustuminen ja sen toiminnan testaaminen (n. 30 min)

Työpisteeltä löytyy laborioteholähde, jolla pystyy luomaan halutun tasajännitteen tai tasavirran. Se toimii siis tasajännitelähteenä tai tasavirtalähteenä riippuen siitä, mitä lähteeseen on kytketty ja mitä jännitettä ja virtaa käyttäjä on lähteeltä pyytänyt. Tutustu aluksi tehollähteeseen selaamalla sen käyttöohje läpi. Pyri selvittämään itsellesi erityisesti kuinka suuria jännitteitä ja virtoja lähteellä voi luoda, mitä liitäntöjä laitteen etupaneelista löytyy ja mitä eri painonapit tekevät. Selvitä myös mitä tehollähteiden yhteydessä usein ilmenevät kirjainlyhenteet CV, CC, OVP ja OCP tarkoittavat. Tehollähteestä löytyy äänimerkki (buzzer) joka saattaa olla hieman häiritsevää. Sen voi laittaa pois päältä - ohjeet löytyvät käyttöohjeesta.

Laita tehollähde tämän jälkeen päälle ja aseta OVP arvoon 10 V ja OCP arvoon 1 A. Aseta sen jälkeen lähde tuottamaan 5 V jännite (*set value of voltage*) ja 0.5 A virta (*set value of current*). Syötä nämä jännitteen ja virran arvot aluksi suureen resistanssiin – esimerkiksi laboratorion ilmaan tai Harjoituksesta 1 tuttuun isoon vastukseen. Kirjaa ylös lähteen indikoimat jännitteen ja virran todelliset arvot (*actual voltage output* ja *actual current output*). Toista koe syöttämällä samat jännitteen ja virran arvot pieneen resistanssiin – esimerkiksi virtajohtoon (Kuva 1) ja kirjaa arvot ylös. Kiinnitä molempien kokeiden aikana huomiota laitteen näytöllä näkyviin kirjainyhdistelmiin CV ja CC sekä niiden syttymiseen ja sammumiseen.

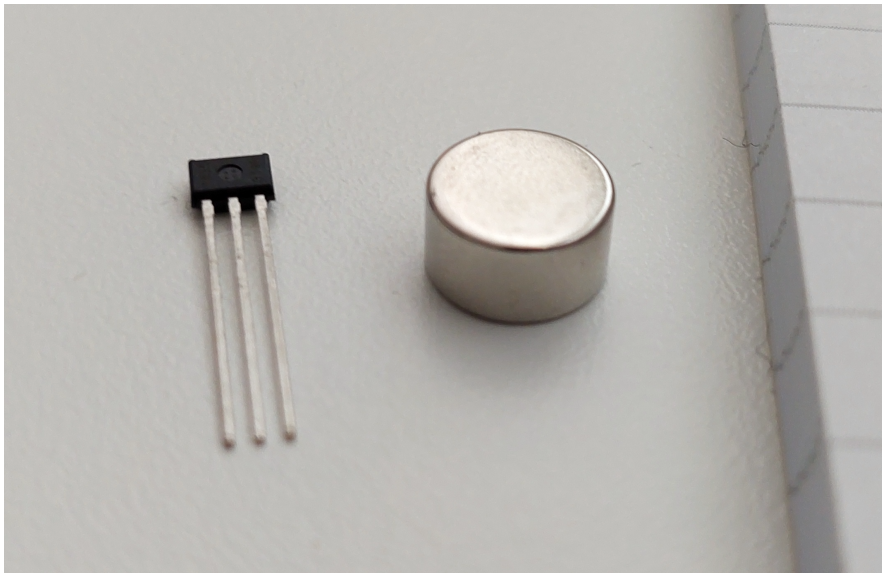
Tehtävä 2. Hall-anturiin tutustuminen ja kytkennän tekeminen (n. 60 min)

Laboriotehollähde on näppärä laite mitä moninaisimpiin tehtäviin. Sovelletaan sitä seuraavaksi magneettikentän mittaukseen syöttämällä virtaa ja jännitettä niin sanottuun Hall-anturiin (Kuva 2). Hall-anturin toiminta perustuu kaikkien tuntemaan Hall-ilmiöön, jossa varauksenkuljettajien kulkusuunta (puoli)johteessa muuttuu magneettikentässä, mikä voidaan mitata Hall-jännitteenä.¹

¹ https://fi.wikipedia.org/wiki/Hallin_ilmiö

Käyttämämme Hall-anturin (Kuva 2) on valmistanut Allegro Microsystems. Tutustu aluksi valmistajan esitteeseen ja selvitä itsellesi mitä erityisesti termit *ratiometric Hall effect sensor* ja *quiescent voltage output* tarkoittavat. Tunnista tämän jälkeen anturin pinnassa olevista merkinnöistä ja valmistajan esitteestä päättelemällä, mikä kyseisen anturin täydellinen mallinumero (*part number*) on.² Etsi esitteestä tämän kyseisen anturimallin *herkkyys*, eli muuntokerroin jolla anturi muuttaa magneettikentän voimakkuuden mitattavaksi jännitteeksi.³

Tee lopuksi kytkentä, jossa syötät käyttöjännitteen (5 V) Hall-anturille ja mittaat anturin ulostulojännitettä yleismittarilla. Ohjeet tähän löytyy valmistajan esitteestä.⁴ Vältä Hall-anturin jalkojen tarpeetonta taivuttelua. Aseta OVP myös sopivaan arvoon valmistajan esitteen ja intuitiosi perusteella. **Pyydä assistenttia varmistamaan kytkennän oikeellisuus ennen jännitteen laittamista päälle.** Ennen jännitteen laittamista päälle tee myös valistunut arvaus valmistajan esitteen perusteella: mikä on Hall-anturin ulostulojännite, kun sen läpi kulkevan magneettikentän voimakkuus on pieni?



Kuva 2. Valokuva, jossa näkyy harjoituksessa käytettävä Hall-anturi (vasemmalla) ja kestopagneetti (keskellä). Oikealla näkyvä ruutulehtiö 7 mm ruutuvälein antaa kuvan mittakaavasta.

² Huomioi että vaikka usein puhutaan "mallinumeroista" niin nämä "numerot" pitävät usein sisällään myös kirjaimia ja muitakin merkkejä.

³ Muuntokerrointa kutsutaan usein englanninkielisessä kirjallisuudessa termillä *sensitivity* ja se usein myös käännetään suomeksi muotoon "herkkyys", koska se kertoo kuinka herkästi anturin ulostulo (tässä tapauksessa jännite) muuttuu kun mitattava suure (tässä tapauksessa magneettikenttä) kasvaa. *Muuntokerroin* (tai jopa kulmakerroin) saattaa kuitenkin olla helpommin lähestyttävä ja kuvaavampi termi.

⁴ Esitteessä ehdotetaan, että kytkentään laitettaisiin myös ns. *bypass capacitor*. Se ei kuitenkaan ole tarpeen ja kytkentä voidaan tehdä ilman sitä.

Tehtävä 3. Kestomagneetin magneettikentän karakterisointi Hall-anturia käyttäen (n. 90 min)

Sovelletaan seuraavaksi Hall-anturia ja edellisessä tehtävässä tehtyä kytkentää kestomagneetin luoman magneettikentän mittaamiseen. Liikuttele aluksi Hall-anturia eri asennoissa ja eri etäisyyksillä magneetin (Kuva 2) läheisyydessä. Yritä hahmottaa mihin suuntaan magneettikenttä osoittaa magneetin eri puolilla. On erittäin tärkeää huomata, kuten Hall-ilmiöstä tunnetaan, että Hall-jännite on voimakkaasti riippuva siitä missä suunnassa magneettikenttä on anturin Hall-elementtiin nähden. Etsi Hall-anturin valmistajan esitteestä tieto missä kohtaa anturia aktiivinen Hall-elementti sijaitsee ja missä asennossa se anturin sisällä on. Tutki myös miten Hall-anturin ulostulojännite käyttäytyy kun siirrät anturin ”liian lähelle” magneettia.

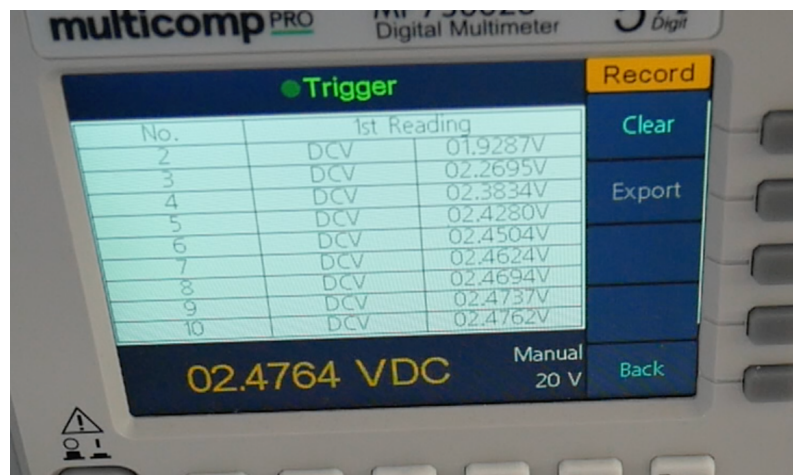
Mittaa seuraavaksi hieman systemaattisemmin miten magneettikenttä muuttuu etäisyyden funktiona magneetista. Tämän mittauksen voi toteuttaa esimerkiksi niin, että teippaa magneetin kiinni ruutupaperiin (Kuva 3) ja siirtää Hall-anturia systemaattisesti ruudukolla halutuille etäisyyksille. Mittaa magneettikenttää vastaavaa jännitettä magneetin symmetria-akselilla, esimerkiksi 7 mm välein magneetin pinnasta aina 7 cm etäisyydelle asti. Yleismittarin *manual record* -toiminto (Kuva 4) on näppärä mittaustulosten kirjaamiseen. Mittaustulokset voi siirtää mittauksen jälkeen omiin muistiinpanoihin joko yleismittarin ruudulta kopioiden tai USB-tikkua käyttäen. Kannattaa harjoitella toiminnon käyttämistä ja datan siirtoa ennen varsinaisen mittauksen tekemistä.

Lopuksi muunna mitatut jännitteen arvot magneettikentän arvoiksi käyttäen tehtävässä 2 löydettyä muutonkerrointa. Sovita mittaamiisi funktion $B(z)$ arvoihin kirjallisuudessa johdettu sylinterimagneetin magneettikentän funktio käyttäen valitsemaasi tietokoneharjoitusten puolella opeteltua ohjelmistoa. Voit käyttää magneetin säteenä arvoa 4.5 mm ja magneetin paksuutena arvoa 5.0 mm, mutta pidä magneetin magnetoituma vapaana parametrina sovituksessa. Vertaa sovituksesta saamaasi magnetoituman arvoa tyyppillisiin kestomagneeteissa käytettyihin materiaaleihin,⁵ ja yritä tunnistaa tämän perusteella mistä materiaalista mittaamasi magneetti on valmistettu.

⁵ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/magperm.html>



Kuva 3. Valokuva apuvälineistä, joista voi olla hyötyä mittauksessa.



Kuva 4. Valokuva yleismittarin *manual record* -toiminnosta.

Vapaaehtoisia lisätehtäviä

Tutki Hall-anturin käyttäytymistä muilla kuin 5 V syöttöjännitteellä. Miten anturin ulostulojännite muuttuu syöttöjännitteen funktiona? Huomioi että syöttöjännitteellä on valmistajan esitteessä kertoma yläraja, jota ei saa ylittää.