

Työn tavoitteita:

- Oppia yleismittareiden oikea ja rutiininomainen käyttö
- Soveltaa Ohmin lakia mittaustilanteissa.

Sähköisiin ilmiöihin liittyvissä laboratoriotöissä yleismittareita käytetään lähestulkoon jatkuvasti. Niiden antamiin lukemiin ei pidä kuitenkaan luottaa sokeasti, vaan mittareiden toimintaa on hyvä tuntea tarkemmin.

Työn tehtävät liittyvät Ohmin lakiin. Toisena pääasiana työssä on yleismittareiden oikeaoppisen käytön harjoittelu eli mittarin oikea kytkeminen tutkittavaan piiriin ja oikea mittausalueen valinta. Sähköisten kytkentöjen ja mittausten tekeminen saattavat monilla olla melko hataralla pohjalla, sillä lukiossa kokeellinen työskentely on usein melko vähäistä. Tässä työssä tehtävät kytkennät ja mittaukset ovat tarkoituksella yksinkertaisia, jotta vähäiset taustakokemukset eivät tekisi tarpeetonta kynnystä työn onnistuneelle suoritukselle.

Yleismittareiden ohjekirjoihin kannattaa tutustua jo ennakolta – viimeistään kuitenkin tämän työn suorituksen aikana. Digitaalisten mittareiden ohjekirjat löytyvät työosastolla olevasta kansioista.

Esitehtävä. Resistanssin mittausta lyhyt- ja pitkäkytkennässä, ks. luku 2.2.

1 Yleismittareiden mahdollisuuksia ja rajoitteita

Yleismittareilla (digitaalisilla tai analogisilla) voidaan mitata tasajännitettä, tasavirtaa, vaihtojännitettä, vaihtovirtaa ja resistanssia. Nykyisin digitaaliset mittarit ovat syrjäyttäneet analogiset mittarit lähes täysin. Useimmilla digitaalisilla yleismittareilla on mahdollista mitata myös taajuutta ja määrittää diodin kynnysjännite. Lisäksi joillakin mittareilla voidaan mitata esim. lämpötilaa, kapasitanssia, induktanssia tai transistorin virtavahvistusta. Tässä työssä tutkittavina mittareina ovat digitaaliyleismittarit Finest 703, UT58B tai Amprope 35.

Digitaaliyleismittareita on kahta tyyppiä: pieniä, käteen tai taskuun mahtuvia ja pöytämallin laitteita. Tässä työssä käytettävät kuuluvat edelliseen ryhmään.

Jännitettä yleismittarilla mitattaessa on huomattava, että yleismittari näyttää joko tehollista arvoa (ks. Randall D. Knightin luvusta "AC circuits" alaluku "Power in AC circuits" tai Young & Freedman, 11th tai 12th ed. luvun 31.1 loppu), tai joissain tapauksissa jännitteen keskiarvoa. Tämä pätee sekä analogisiin että digitaalisiin yleismittareihin. Yleensä mittarit ovat vaihtovirtoja ja -jännitteitä mitattaessa kalibroitu tehollisarvoille, jolloin asteikko pätee vain sinimuotoiselle signaalille ja tällöin jännitteen tehollisarvolle U_{eff} pätee $U_{\text{eff}} = U_0 / \sqrt{2}$, missä U_0 on jännitteen huippuarvo. Muilla aaltomuodoilla oikea tehollisarvo voidaan laskea, mikäli aaltomuoto tunnetaan. Useimmiten AC-mittauksissa tasajännite- tai virtakomponentti (DC) ei vaikuta mitattavaan signaaliin. Tällöin sanotaan, että mittari on AC-kytketty. Tässä työssä käytettävät mittarit ovat AC-kytkettyjä. On myös olemassa mittareita, jotka mittaavat koko signaalin (DC + AC).

Digitaaliset yleismittarit ovat helppokäyttöisiä ja niiden miellyttävä piirre on digitaalisen näytön helppolukuisuus. Jännitettä mitattaessa on kuitenkin huomattava, että digitaalisten yleismittareiden toiminta perustuu näytteenottoon. Niiden näyttämä on yleensä kalibroitu sinimuotoiselle vaihtojännitteelle ja 50 Hz:n taajuudelle, joten niiden näyttämä on virheellinen vaihtojännitteen muodon ja taajuuden poiketessa tästä. Digitaalimittarin kritiikitön käyttö vaihtojännitteiden mittaamiseen voi pahimmillaan johtaa virheellisiin tuloksiin. Erityisesti sellaiset vaihtojännitteet, joiden taajuus on samaa luokkaa mittarin näytteenottotaajuuden kanssa, saavat digitaalimittarin täydellisesti sekaisin. Analogisten mittareiden näyttämän taajuusriippuvuus on oleellisesti vähäisempi, joten niiden käyttö on suositeltavaa erityisesti suuritaajuisia signaaleja mitattaessa.

2 Digitaalinen yleismittari (esim. Finest 703)

Esimerkkinä oleva Finest 703 on kolmen ja kolmen neljäsosa numeron yleismittari (näytön suurin mahdollinen lukema 3999). Mittarin suoritusarvoja on kuvattu kuvassa 1 ja täydelliset tekniset tiedot löytyvät käyttöohjeista työosastolla.

Digitaalimittarin merkittävimmät erot analogiamittariin nähden ovat:

- jännite- ja virta-asteikot ovat digitaalimittareissa huomattavasti karkeammin porrastetut
- jännitemittauksissa digitaalimittarien sisäinen resistanssi on hyvin suuri (megaohmeja, kun se analogiamittareilla on yleensä kymmeniä tai satoja kiloohmeja)
- digitaalimittarien sisäinen tarkkuus ja lukematarkkuus ovat yleensä selvästi parempia kuin analogiamittareilla
- suurilla taajuuksilla mitattaessa digitaalimittarilla saattaa tulla ongelmia, joita analogisella mittareilla ei ilmene.

2.1 Yleistä digitaaliyleismittarin käytöstä

Digitaalimittarissa jännite- ja virtamittauksissa alempi potentiaali kytketään negatiiviseen naparuuviin (COM). Toinen johdin kytketään mitattavaa suuretta (ja virtaa mitattaessa valittua mittausaluetta) vastaavaan kohtaan. Jos kytkennän tekee ”väärinpäin”, mittausarvoista tulee negatiivisia, mutta niiden itseisarvo ei muutu. Finest 703 -mittarissa käyttäjän on valittava valintakytkimellä mitattava suure. Mittausalueen valinta tapahtuu tässä mittarissa normaalitoiminnossa automaattisesti. Valinta tasa- ja vaihtovirtasuureiden välillä tapahtuu SELECT -näppäimestä. Monissa muissa digitaalisissa mittareissa automaattista skaalan valintaa ei ole, vaan käyttäjän on itse valittava valintakytkimellä mittausalue analogisten mittareiden tapaan.

Yleismittarit käyttävät sisäistä virtalähdettä (paristo), joka saatetaan joutua pidemmissä mittauksissa vaihtamaan. Mittari ilmoittaa pariston tehon heikkenemisestä – näyttöön tulee tällöin esim. Finest 703 -mallissa pariston kuva. Joissakin muissa malleissa pariston loppumisesta varoitetaan tekstillä ”BAT”. Kannattaa huomata, että mittari saattaa toimia epäluotettavasti, kun paristo on loppumaisillaan. Yleismittareissa on sulake suojaamassa mittaria esim. mittarin mittausalueeseen nähden liian suurelta virralta.

DC Voltage

Range	Resolution	Accuracy
400 mV	100 μ V	0.5 % + 2
4 V	1 mV	
40 V	10 mV	
400 V	100 mV	
1000 V	1 V	0.75 % + 3

AC Voltage

Range	Resolution	Accuracy		
		40 Hz – 400 Hz	400 Hz – 1 kHz	400 Hz – 20 kHz
400 mV	100 μ V	2.0 % + 10	2.0 % + 10	
4 V	1 mV	0.75 % + 3	2.0 % + 3	
40 V	10 mV			
400 V	100 mV			
1000 V	1 V	1.0 % + 5	2.0% + 5	-

DC Current

Range	Resolution	Accuracy
400 μ A	0.1 μ A	1.0% + 2
4000 μ A	1 μ A	
40 mA	10 μ A	
400 mA	100 μ A	
4 A	1 mA	1.5 % + 5
10 A	10 mA	

AC Current

Range	Resolution	Accuracy	
		40 Hz – 400 Hz	400 Hz – 10 kHz
400 μ A	0.1 μ A	1.0 % + 5	1.5 % + 5
4000 μ A	1 μ A		
40 mA	10 μ A		
400 mA	100 μ A		
4 A	1 mA	1.5 % + 10	2.0 % + 10
10 A	10 mA		

Resistance

Range	Resolution	Accuracy
400 Ω	0.1 Ω	1.0 % + 5
4 k Ω	1 Ω	0.5 % + 3
40 k Ω	10 Ω	
400 k Ω	100 Ω	
4 M Ω	1 k Ω	1.0 % + 5
40 M Ω	10 k Ω	1.5 % + 10

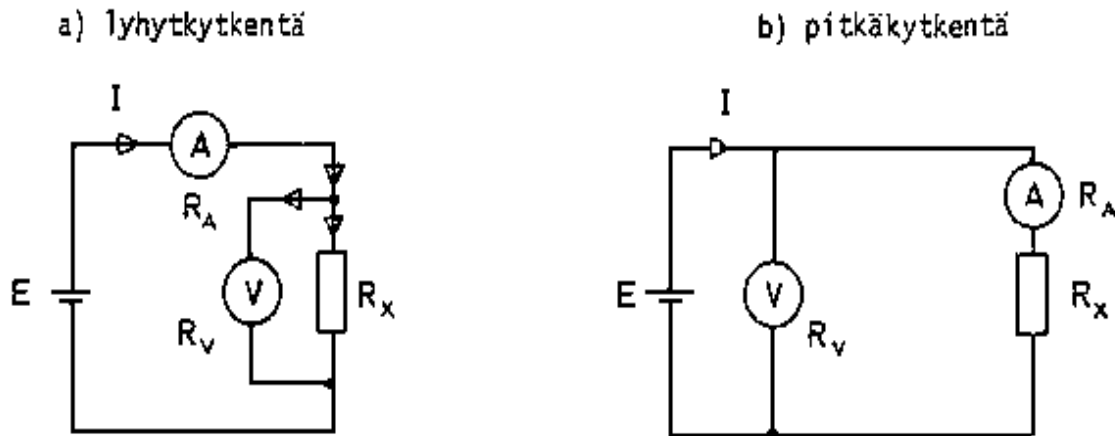
Kuva 1. Finest 703 -mittarin sisäisiä tarkkuuksia. Muiden mittarityyppien tiedot löytyvät ko. mittarin käyttöohjeista.

Jännitemittauksessa digitaalisten yleismittareiden sisäinen vastus on tyypillisesti 10 M Ω , kun taas virtamittauksessa sisäinen vastus riippuu valitusta herkkyyalueesta (0.01-100 Ω herkkyyalueesta ja mittarista riippuen).

2.2 Voltti-ampeeri-menetelmä: Lyhyt- ja pitkäkytkentä

Jos vastus on virtapiirin osa, sen resistanssia ei voida mitata suoraan yleismittarilla. Vastuksen kautta kulkevan virran ja sen yli vaikuttavan jännitteen mittaaminen samanaikaisesti johtaa suhteellisen tarkkoihin tuloksiin laajalla mittausalueella. Kuva 2 esittelee kaksi tyypillistä voltti-ampeeri-menetelmään liittyvää kytkentää: lyhytkytkennän ja pitkäkytkennän.

Esitehtävä: Lyhyt- ja pitkäkytkennässä mitataan virta ja jännite kuvassa 2 esitetyillä tavoilla. Johda lausekkeet tutkittavan vastuksen resistanssille molemmissa tapauksissa. R_A on virtamittarin sisäinen resistanssi, ja R_V vastaavasti jännitemittarin resistanssi.



Kuva 2. Resistanssin mittaaminen lyhyt- ja pitkäkytkennällä.

3 Mittaukset

Laitteet:

- 2 erilaista digitaalista yleismittaria (Finest 703, Uni-T UT58B tai Amprope)
- Paristoja
- Vastuksia
- Lamppuja

Tehtävä 1. Resistanssin mittaaminen

Tutustu aluksi valitsemiisi yleismittareihin. Miten valitaan mitattava suure (ja mittausalue), mihin johtimet kytketään erilaisissa mittauksissa?

Tämän jälkeen suunnittele ja toteuta a) pienen vastuksen (luokkaa 10 ohmia) ja b) suuren vastuksen (luokkaa megaohmi) resistanssin mittaaminen voltti-ampeeri–menetelmän molempia kytkentöjä käyttäen. Virtalähteenä käytetään paristoa. Mittaa lopuksi resistanssit suoraan yleismittarilla. Mikä on käyttämiesi johtimien resistanssi ja pitääkö se ottaa huomioon?

- Piirrä tekemistäsi mittauksista kytkentäkaaviot.
- Millaisissa mittauksissa kytkentöjä voidaan käyttää?
- Laske resistanssin arvot virheineen ottamatta huomioon mittareiden sisäisiä resistansseja.
- Mistä mittaustulosten mahdollinen ero johtuu?

Huom! Megaohmin vastuksen tapauksessa UT58-mittarin herkkyys virranmittauksessa ei ole riittävä. Finest 703:ssa ja Amprope:ssa desimaalit riittävät.

Tehtävä 2. Yleismittarin sisäisen resistanssin mittaaminen

Mittaa yleismittarin sisäinen resistanssi jännitteen ja virran eri mittausalueilla käyttäen apuna toista yleismittaria.

Tehtävä 3. Lampun tehon määrittäminen

Rakenna nyt virtapiiri käyttäen lamppua, virtamittaria, jännitemittaria ja jännitelähteenä 4,5 V paristoa. Mittaa tästä rakentamastasi piiristä lampun napojen välillä oleva jännite ja piirissä kulkeva virta. Tämän jälkeen Ohmin lakiin perustuen laske lampun teho virheineen. Toiseen mittaukseen lisää piiriin yksi lamppu sarjaan toisen lampun kanssa ja suorita samat mittaukset uudelleen. Laske jälleen lamppujen tehot virheineen. Suorita kolmas mittaus lisäämällä piiriin kolmas lamppu (sarjaan muiden lamppujen kanssa) ja mittaa jälleen jännite ja virta. Lopuksi laske lamppujen tehot.

- Mihin uuden lampun lisääminen vaikutti?

Tehtävä 4. Lampun sisäinen resistanssi

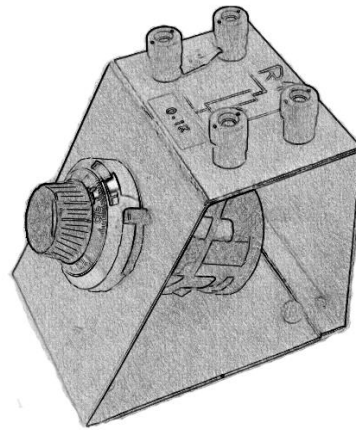
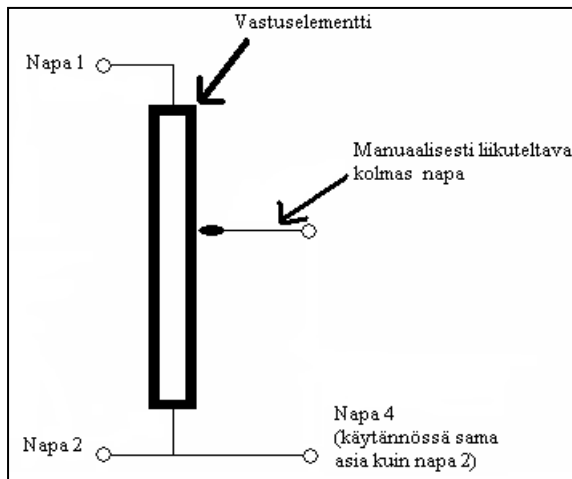
Rakennetaan virtapiiri käyttäen tasajännitelähdettä, lamppua, jännitemittaria ja virtamittaria. Mittaa piiristä jännitteen ja virran arvoja. Kasvata virtaa noin 350 mA asti (noin 6 V). Tee mittausten perusteella (I,U) -kuvaaja.

- Mitä voidaan kuvaajan perusteella päätellä?
- Noudattaako lampun hehkulanka Ohmin lakia?

Tehtävä 5. Pariston sisäinen resistanssi

Tehtävänä on määrittää 1.5 V pariston sisäinen resistanssi mittaamalla pariston napajännitettä ja siitä saatavaa virtaa erilaisia vastuksia käyttäen. Käytä mittauksissa Helipot-potentiometriä. Sopiva vastusalue on 100 - 5 Ω .

Tutustu ensi potentiometrin (kuva 3) niin hyvin, että tiedät kuinka se toimii, ja kuinka se tulee kytkeä. Rakenna sitten mittauksessa tarvittava virtapiiri ja suorita jännitteen ja virran mittaukset eri vastuksia käyttämällä. Lopuksi tee mittauksista (I,U) -kuvaaja ja määritä pariston sisäinen resistanssi.



Kuva 3. Vasemmalla on potentiometrin kaaviokuva, oikealla on kuva Helipot-potentiometristä.