

Amperemeter og voltmeter

Lars Berggren og Jorid Holmen

6. april 2022

Sammendrag

I denne labøvelsen er det brukt et analogt amperemeter og et analogt voltmeter til å finne resistansen til to forskjellige motstander ved hjelp av to forskjellige elektriske kretser. Et voltmeteret og et amperemeter målte spenningen og strømmen gjennom begge kretsene. Disse verdiene, samt usikkerheten og den indre resistansen til instrumentene, ble brukt til å regne ut resistansen til motsandene. Resistansen ble sammenlignet med den oppgitte verdien til motstandene, og det ble konkludert med at den andre koblingen ga best resultater, men at den første koblingen kanskje er mer sikker på større motstander.

1 Innledning

Elektriske kretser er ekstremt viktig for teknologi, og dermed er det viktig at de verdiene som er oppgitt er riktige. Om de ikke er det kan det oppstå store problemer ved bruk av teknologien.

Målet med labøvelsen er å finne resistansen til to forskjellige motstander ved hjelp av teorien bak elektriske kretser. Dette skal gjøres ved å koble opp kretsen og måle strøm og spenning. Resultatet av dette blir brukt til regne ut resistansen. Denne verdien sammenlignes med den oppgitte verdien.

2 Teori og metode

2.1 Strømkretser og Ohms lov

En elektrisk krets er en samling av krets-elementer [1]. Krets-elementene kobles sammen slik at en strøm kan flyte gjennom. For å regne ut verdiene til de elektiske komponentene i kretsen brukes Ohms lov:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

Resistansen til en motstand er alltid konstant.

Dette betyr at spenningen ved endepunktet på en leder er proporsjonal med strømmen over en leder [3].

I tillegg til Ohms lov er Kirchhoffs lover nyttige å bruke i elektriske kretser. Kirchhoffs strømlov sier at i et foreningspunkt, vil summen av strømmene ut av punktet være summen av strømmene inn i punktet [2]. Altså at

$$\sum I_k = 0, \quad (2)$$

der k er foreningspunktet.

Kirchhoffs spenningslov sier at summen av alle spenninger i en lukket krets er lik summen av alle spenningsfallene [2]. Altså

$$\sum U_k = 0, \quad (3)$$

der k er den lukkede kretsen.

2.2 Utstyr

2.2.1 Amperemeter og voltmeter

I labøvelsen ble det brukt et analogt amperemeter som viser måleresultatet ved hjelp av en viser. Et amperemeter bør ha liten indre resistans for at det ikke skal påvirke strømkretsen, på grunn

av likning 1. Grunnet dette kan ikke ampermeter kobles opp i parallell, fordi da vil kretsen kortslutte [1]. Ampermeteret inneholder flere innganger med forskjellige resistans. Usikkerheten til resistansen er det samme som usikkerheten til måleinstrumentet brukt til å måle resistansen, altså multimeteret i seksjon 2.2.2. Voltmeteret er

også analogt og skal kobles i parallel til den delen av kretsen vi skal måle spenningen over. Den må derfor ha høy resistans for at strømkretsen ikke skal endres for mye, grunnet likning 1 [1]. Voltmeteret har også flere innganger med forskjellig resistens. Resistansen er oppgitt på voltmeteret og usikkerheten er $0,2\Omega$ per 1000Ω . Usikkerheten

til målingene på voltmeteret og ampermeteret er $0,5\%$ ved fullt utslag. Usikkerheten ellers er $0,5\%$ multiplisert med apparatets maksimale spenning ved gitt instilling dividert på den målte spenningen. Det betyr at om det kun er halvt utslag på viseren, vil den relative usikkerheten være dobbelt så stor.

2.2.2 Multimeter

I labøvelsen blir det brukt multimeter av modell 175. Den brukes til å måle flere ting, blant annet strøm, spenning og resistans. Resultatet av målingene vises digitalt, istedenfor en viser. Usikkerheten er oppgitt i bruksanvisningen til multimeteret. I denne labøvelsen brukes multimeteret kun til å måle resistans. Usikkerheten til dette er $1.0\% + 3$.

2.3 Fremgangsmåte

Først ble resistansen R til de to motsandene målt og resistansen R_a til motstanden i de forskjellige inngangene på amperemeteret. Dette ble gjort ved hjelp multimeteret. Deretter ble det koblet opp to forskjellige kretser, slik som i figur 1.

Strømmen I_1 og spenningen V_1 ble målt i begge kretsene og brukt til å regne ut resistansen. δV_1 er voltmeterets usikkerhet og amperemeterets usikkerhet er δI_1 .

I første krets ble R regnet ut med likningen

$$R = \frac{V_1}{I_1 - V_1/R_V}, \quad (4)$$

og usikkerheten regnes ut med likningen

$$\frac{\delta R}{R} = \frac{1}{1 - \frac{R_{1,ukorr}}{R_V}} \sqrt{\left(\frac{\delta V_1}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_V}{R_V}\right)^2 \left(\frac{R_{1,ukorr}}{R_V}\right)^2}. \quad (5)$$

$R_{1,ukorr}$ er lik V_1/I_1 og δR_V er usikkerheten til resistansen i voltmeteret.

I den andre kretsen ble R regnet ut med likningen

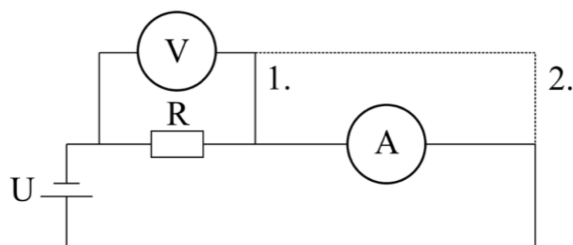
$$R = \frac{V_2}{I_2} - R_a, \quad (6)$$

og usikkerheten med likningen

$$\delta R = R_{2,ukorr} \sqrt{\left(\frac{\delta V_2}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta I_2}{I_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_a}{R_{2,ukorr}}\right)^2}. \quad (7)$$

$R_{2,ukorr}$ er lik V_2/I_2 og δR_a er usikkerheten til motstanden i amperemeteret.

Figur 1: De elektriske kretsene brukt under labøvelsen. Den første kretsen er representert med tallet 1, og den andre kretsen er representert med tallet 2 og en stiplet linje.



3 Resultat

Alle de målte verdiene og utregningene er vist i tabell 1.

Tabell 1: Resultater fra utregningene

	Liten resistans	Stor resistans
Målt R	328,7Ω	678,0Ω
R_a	$(16,0 \pm 3,2)\Omega$	$(32,0 \pm 3,3)\Omega$
R_V	$(6002,0 \pm 1,2)\Omega$	$(3001,0 \pm 0,6)\Omega$
I_1	$(9,10 \pm 0,06)mA$	$(5,15 \pm 0,03)mA$
V_1	$(2,6 \pm 0,03)V$	$(2,8 \pm 0,02)V$
R_1	$(300,0 \pm 4,1)\Omega$	$(664,0 \pm 6,4)\Omega$
$R_{1,ukorr}$	285,7Ω	543,7Ω
I_2	$(8,70 \pm 0,06)mA$	$(4,25 \pm 0,03)mA$
V_2	$(3,00 \pm 0,03)V$	$(3,00 \pm 0,03)V$
R_2	$(328,8 \pm 4,8)\Omega$	$(673,9 \pm 9,2)\Omega$
$R_{2,ukorr}$	344,8Ω	705,9Ω

4 Diskusjon

Det kan antas at målinger gjort med multimeter er det mest nøyaktige som eksisterer på laben, med tanke på at det er digitalt, nyere og nærmest en erstatning for de analoge instrumentene. Dermed vil det være hensiktsmessig å sammenligne resistansen målt med multimeter med resistansen regnet ut fra målingene fra de to ulike koblingene. Fra kobling 1 kan man se at utregnet R ikke er innenfor spennet til R_1 for verken den lille eller store resistansen. I kobling 2 derimot, ser vi at utregnet R er innenfor spennet til både den lille og store motstanden. Kobling 2 gir dermed en bedre måling enn kobling 1, under antakelse om at målt R med multimeter er referanseverdien.

Hvis en ser på hvordan kobling 1 og 2 er satt opp, så er kobling 1 basert på å måle spenningen over motstanden i parallell. I kobling 2 måler en spenningen i parallell over både motstanden og amperemeteret. Selv om vi i utregningen av R_2 , ved hjelp av likning 6, tar forbehold om at amperemeteret har en indre resistans, så vil det eksistere en ekstra usikkerhet her som ikke er tilstede i målingen av spenningen til R_1 . På den andre siden er ønsket at amperemeteret har så lav indre resistans som mulig, og derfor vil påvirkningne være minimal. Allikevel er det litt spesielt at kobling 2 gir et bedre resultat enn kobling 1, i henhold til referanseverdi. Samtidig vil usikkerheten, når vi måler strømmen, være lik for begge. Den totale usikkerheten til målingen av resistans

sen for hver kobling er mindre i kobling 1 enn kobling 2. Disse forklares ut ifra likningene som er blitt brukt, likning 5 og 7.

I kobling 1 er usikkerheten lavere, men selve målingen er lenger unna referanseverdien. Hvis vi ser på forskjellen mellom den store og den lille motstanden, så er målingen av den store motstanden i kobling 1 nærmere målingen med multimeter, enn resultatene av den lille motstanden. Det kunne derfor vært interessant å måle enda flere motstander, som er enda større, siden målingen i kobling 1 nærmer seg målingen med multimeter når motstanden øker. Samtidig er datagrunnlaget på denne uttalsen svært lite, og det måtte derfor ha blitt gjort mange flere målinger med ulike motstander for å se om denne påstanden stemmer. Hvis dette stemmer, så vil kobling 1 kunne bli mer nøyaktig enn kobling 2, siden usikkerheten er lavere.

4.1 Feilkilder

Usikkerhetene tilknyttet det analoge amperemeteret og voltmeteret har som nevnt ikke blitt individuelt kalibrert fra fabrikk, siden det ikke er anledning til dette ved masseproduksjon. Derfor er det blitt oppgitt en toleranse ved fullt utslag, som sier at usikkerheten ved fullt utslag er innenfor 0,5%. Denne er statistisk beregnet i henhold til fabrikkasjonsmessige forhold. En usikkerhet på 0,5% er levelig, og det er sannsynlig at usikkerheten egentlig er lavere, siden fabrikk har en toleranse innenfor 0,5%, men det kan være produksjonsfeil som gjør at usikkerheten på et individuelt objekt kan være høyere. Usikkerheten vil øke, når utslaget ikke er fullt.

I dette forsøkets tilfelle var det ikke mulig å få fullt utslag. Vi endte faktisk opp med å ha halvt utslag på de fleste målinger, siden det var ikke et nivå på verken amperemeteret eller voltmeteret, som gjorde at vi kunne nærme oss fullt utslag utenom å overstige fullt utslag. Med metoden vi har brukt til å beregne strømmen og spenningen ved ikke-fullt-utslag, så er det en lineær sammenheng mellom usikkerheten og utslaget. Hvis vi er veldig pirkete, så er det usannsynlig at denne følger en lineær sammenheng, og det vil derfor være et avvik mellom beregnet og faktisk usikkerhet.

Samtidig, så er dette av liten betydning.

En annen feilkilde er at det er et analogt instrument. Det betyr at det er opp til bruker å tolke hva som er målt verdi på viseren. Dette kan gi et minimalt utslag, som bidrar til feil målt verdi. Et annet punkt er om ytre faktorer kan ha påvirkning på instrumentet.

Det skal også nevnes at kabler, overganger, multimeter o.l, i realiteten ikke er ideelle. Det betyr at de vil ha en motstand, som gjør at den målte spenningen ikke vil være helt upåvirket. Samtidig er motstanden i disse såpass små, at spenningsfallet over disse komponentene vil gi minimal påvirkning på målingene.

5 Konklusjon

Det er nå blitt gjort målinger, relativt sett, av en liten og en større motstand i to ulike koblinger. Resultatene viser at kobling 2 gir gode målinger når vi sammenligner disse resultatene med målingen som er blitt gjort med multimeter. Samtidig har vi også sett at kobling 1 nærmer seg målt verdi med multimeter, når størrelsen på motstanden øker. Denne påstanden trenger nærmere undersøkelse, men hvis dette stemmer kan kobling 1 bli mer nøyaktig enn kobling 2 for store resistanser, siden usikkerheten per nå er lavere. Samtidig har vi sett at vi har feilkilder tilknyttet måleapparatene, siden de ikke er blitt individuelt kalibrert av fabrikk. Usikkerheten vi har operert med er blitt utregnet på en generelt grunnlag, og det eksisterer derfor en usikkerhet til usikkerheten.

Referanser

- [1] E. FYS103. Ampermeter og voltmeter. *Physics institute, Faculty of Science and Technology, Norwegian University of Life Sciences*, pages 1–5, 2022.
- [2] Johannes Skaar, Paul Bjørn Andersen. Kirchhoffs lover. https://snl.no/Kirchhoffs_lover, 2021. [Online; accessed 05. 04, 2022].
- [3] Paul Bjørn Andersen . Ohms lov. https://snl.no/Ohms_lov, 2021. [Online; accessed 03. 04, 2022].

Vedlegg 1:

Utleiing av utl. 12

$$\begin{aligned}
 \delta R &= \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial V_2} \delta V_2\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I_2} \delta I_2\right)^2 + (\delta R_a)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\delta V_2}{I_2}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{I_2^2} \delta I_2\right)^2 + (\delta R_a)^2} \quad \left| R_{\text{ulorr}} = \frac{V_2}{I_2} \right. \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\delta V_2}{V_2} R_{\text{ulorr}}\right)^2 + \left(\frac{\delta I_2}{I_2} R_{\text{ulorr}}\right)^2 + (\delta R_a)^2} \\
 &= \sqrt{R_{\text{ulorr}}^2 \left[\left(\frac{\delta V_2}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta I_2}{I_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_a}{R_{\text{ulorr}}}\right)^2 \right]} \\
 \delta R &= R_{\text{ulorr}} \sqrt{\left(\frac{\delta V_2}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta I_2}{I_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_a}{R_{\text{ulorr}}}\right)^2}
 \end{aligned}$$