

Rapport Øvelse 1

Ohms lov og systematiske feil

MARTIN SORIA RØVANG

SAMMEN MED: MAGNUS OTTERDAL STØRDAL

Universitetet i Tromsø*

8. februar 2018

Sammendrag

Dette eksperimentet er delt opp i to oppgaver der første oppgave var å måle resistansen til en motstand for å prøve å falsifisere ohms lov. Motstanden som ble brukt til oppgave 1 var målt til $1203\Omega \pm 2.4\Omega$. Denne motstanden ble testa ved forskjellige spenninger og strøm der data ble notert og grafet. Regresjonen som ble beregna var på $1252\Omega \pm 6.7\Omega$. Dette er noe mer enn det som ble målt på motstanden fordi amperemeteret som ble brukt gir et spenningsfall på $1.8mV/mA$. Det er også noe motstand i ledning og koblinger som muligens satt litt løst.

I den andre oppgaven ble spenning på 4, 12 og 1.2 volt testet på 4 forskjellige kretser der målinger ble gjennomført hver gang. I disse kretsene målte vi motstand til $4.7M\Omega \pm 128200\Omega$ denne ble brukt til 40V. For 12V ble en motstand $1501\Omega \pm 3.01\Omega$ for 1.2V motstand ble målt til $10.1\Omega \pm 0.04\Omega$ Vi fikk en beregning som skilte seg ut i kombinasjon 1 (se tabell 3 og 4), målingene ellers var på $8.7\mu A$, men i krets C beregnet vi $12.7\mu A$. Dette skyldes motstanden i kretsen og hvordan målingene ble utført.

Kommentarer:

*

1 Formål

I den første oppgaven var det å teste ohms lov ved bruk av en kjent motstand. Her blir også usikkerheter og systematiske feil bli beregna og funnet.

I oppgave to var formålet å se hvordan forskjellige kretser påvirker målingene og finne hva som kan være årsaken til disse eventuelle forskjellene.

2 Teori og definisjoner

I første oppgave så tester vi ohms lov: Ohms lov gir

$$V = IR \quad (1)$$

Hvor V er spenning, I strøm og R motstand.

Fluke87 har registrert usikkerhet på $(0.2\% + 1d)$ for 1501Ω , $(0.6\% + 1d)$ for $4.7M\Omega$ og $(0.2\% + 2d)$ for 10.1Ω . Den har også en indre motstand $10M$, og når den blir brukt som amperemeter gir det et spenningsfall på $1.8mV/mA$ der strømmen er mellom $40 mA$ og $400 mA$.

For at eksperimentet i oppgave 1 skal stemme med ohms lov må da få stigningstall gitt ved minstekvadraters metode som er lik (motstandens verdi) \pm systematiske feil. I alle apparater så er det brukt forskjellige typer materiale og av diverse kvalitet. Disse vil påvirke hvor nøyaktige de er. Disse feilmarginene er oppgitt på hvert instrument og vil bli tatt med i betraktning. Her er det også viktig at instrumentene er stilt inn riktig etter hva man skal måle og hvilken størrelsesorden målingene er i ettersom det vil bli brukt forskjellige indre motstander i apparatet.

Minste kvadraters setning er gitt ved.

$$Y = Ax + B \quad (2)$$

Der

$$A = \frac{N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\Delta} \quad (3)$$

$$B = \frac{(\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{\Delta} \quad (4)$$

$$\Delta = N(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)^2 \quad (5)$$

Der N er antall datapunkter, x_i og y_i er datapunktene strøm og spenning. Det vil også fremkomme usikkerhet i regresjonslinja som vil bli funnet ved bruk av covariansen til den lineære regresjonen:

$$Cov(X, Y) = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} = M \quad (6)$$

Kan dermed finne usikkerheten ved å ta roten av diagonalen til covarians matrisen

$$\sqrt{DIAG(M)} = \sigma_A, \sigma_B \quad (7)$$

I oppgave 2 kan man få uforventa verdier på målingene hvis man endrer på hvor man måler med multimeterene. Ifølge Kirchhoffs strømlov.

$$\sum_{i=1}^N I_i = 0 \quad (8)$$

Her er I strøm, N er antall forgreninger ut av et punktforgreningspunkt. Retningen på strømmen må også tas i betraktning der inn et forgreningspunkt gir positiv fortegn og ut gir negativt. Summen av strøm inn i alle forgreningspunkter er summen ut av alle forgreiningspunkter. så hvis vi måler strøm før et forgreiningspunkt så vil denne strømmen være like stor den som vil komme inn forgreiningspunktet senere i kretsen. Hvis vi da måler strøm etter det første forgreiningspunktet så vil vi måle strøm som går igjennom den ene delen av kretsen. Dermed kan målingene være lavere eller høyere enn forventet etter hvor vi foretar målingene. Hvis det er liten motstand i kretsen så vil strømmen for det meste ta veien igjennom denne.

Usikkerhetene er regna ut med hensyn på feilforplantning. for eksempel:

$$Størst : X = 1.25 + .02 + 0.65 + 0.01 = (1.90 + 0.03)$$

$$Minst : X = 1.25 - .02 + 0.65 - 0.01 = (1.90 - 0.03)$$

$$X = (1.90 \pm 0.03), dvs. \xi x \approx \xi x_1 + \xi x_2$$

Når motstand er koblet i serie blir den totale motstanden regnet ut slik:

$$R_{tot} = \sum_{i=1}^N R_i \quad (9)$$

Tilsvarende blir strømmen:

$$R_{tot} = \sum_{i=1}^N I_i \quad (10)$$

For pararell kobling blir motstanden:

$$\frac{1}{R_{tot}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

og da følgelig for to motstander (som vi har i dette eksperimentet) For pararell kobling blir motstanden:

$$R_{tot} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

Der R motstand.

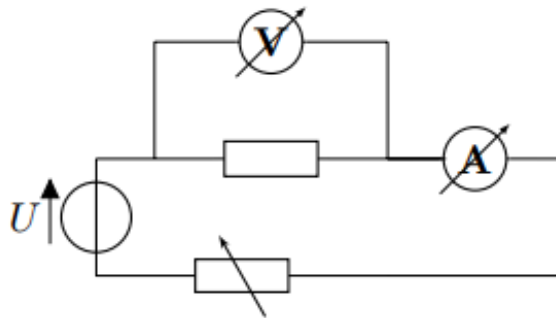
3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

Utstyr til eksperimentet.

- To multimeter (Fluke 87 og Protek 506)
- Dekademotstand/variabel motstand
- Strømforsyning(2x): 0 – 30 V (Protek 3015) (Kan seriekobles til 60V)
- Motstander: 10Ω , $1.2k\Omega$, $1.5k\Omega$ og $4.7M\Omega$ (Oppgitt).

I oppgave 1 målte vi først motstanden som skulle brukes til eksperimentet med fluke87 den ble målt til $1.203k\Omega \pm 3.4\Omega$. Denne ble brukt som motstand i kretsen som er i figur 1.

Figur 1: Krets med en dekademotstand $1.203k\Omega$ motstand.

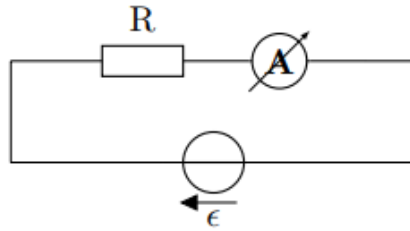


På figurene er symbolet med V spenningsmåler(Protek 506), A amperemeter(Fluke 87), rektangel med pil er variabel motstand(Dekademotstand), rektangel er motstand og sirkel med U/ ϵ er forsyning(Protek 3015).

Koblet opp kretsen etter figur 1 med inngangsspenning på 10V. Foretok 8 målinger over motstanden på $1.203k\Omega$. Varierte spenningen etter hver måling med dekademotstanden (3M,2M,1M,300k, 200k,100k,10k,1k) Ω respektivt. Gjentok forsøket med inngangsspenning på 1V. Resultater ligger i seksjon 4.

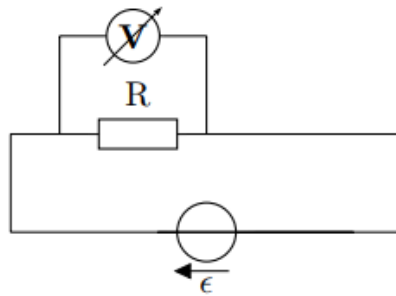
I oppgave 2 koblet vi strømforsyningen i serie(Protek 3015 har to utganger som kan kobles i serie) for å danne 40V og satte opp kretsen vist i figur 2,3,4 og 5, gjorde dette også for 12V og 1.2V. Vi målte og beregnet data vist i tabell 3, seksjon 4.

Figur 2: Kobling A, strømforsyning gitt ved ϵ

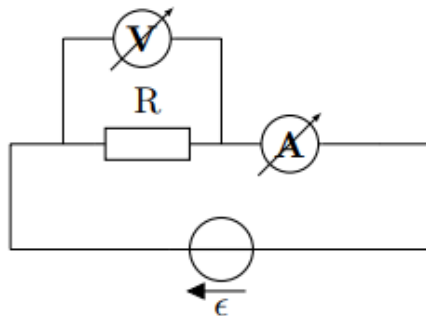


På 40V ble en motstand på $4.7\text{M}\Omega$ brukt, $1.5\text{k}\Omega$ for 12V og 10Ω for 1.2V. Gjorde dette for alle kombinasjonene vist i figur 3, 4 og 5. Spenning ble målt med Protek506, strøm og motstand ble målt med Fluke87.

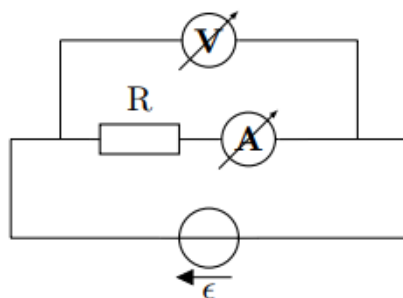
Figur 3: Kobling B, strømforsyning gitt ved ϵ



Figur 4: Kobling C, strømforsyning gitt ved ϵ



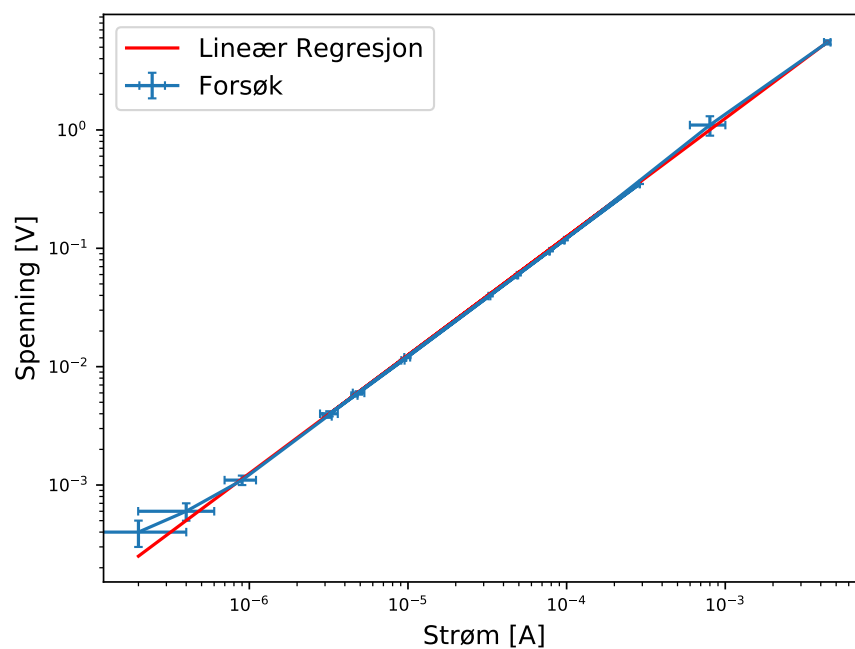
Figur 5: Kobling D, strømforsyning gitt ved ϵ



4 Resultater

I figur 6 kan man observere at den lineære regresjonen gir en stigning som passer dataen, denne ble funnet ved bruk av polyfit funksjon med matplotlib som bruker minste kvadraters metode gitt med formel i teoriseksjonen lign(2,3,4,5). Dette gir $1252\Omega \pm 6.7\Omega$, dette er noe mer enn det som ble målt på motstanden ved $1203\Omega \pm 2.4\Omega$. Usikkerheten i stigningstallet ble funnet ved bruk av lign(6) og lign(7). Dette gir en usikkerhet i stigningen på $\sigma_A = 6.7\Omega$. Her har det blitt brukt data fra 1V og 10V sammen for å lage regresjonen.

Figur 6: Inngangspenning 10V,1V og regresjon, $y = (1252 \pm 6.7)x + 0.003 \pm 0.007$



Tabell 1 og 2 viser data fra målingene med spenning på 10V og 1V respektivt.

Tabell 1: Tilførsel 10V

Spenning [mV]	Strøm [μ A]	Motstand [$M\Omega$]
4.0 ± 0.2	3.2 ± 0.4	$3 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
6.0 ± 0.2	4.9 ± 0.4	$2 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
12.0 ± 0.2	9.9 ± 0.4	$1 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
39.5 ± 0.3	32.6 ± 0.4	$0.3 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
59.3 ± 0.4	49.0 ± 0.5	$0.2 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
117.2 ± 0.6	96.8 ± 0.6	$0.1 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
1100 ± 205.0	800.0 ± 216.0	$0.01 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
5500 ± 227.0	4400.0 ± 288.0	$0.001 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$

Tabell 2: Tilførsel 1V

Spenning [mV]	Strøm [μ A]	Motstand [$M\Omega$]
0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.2	$3 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.2	$2 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.2	$1 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
3.8 ± 0.1	3.1 ± 0.2	$0.3 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
5.7 ± 0.1	4.6 ± 0.2	$0.2 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
11.3 ± 0.1	9.3 ± 0.2	$0.1 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
94.5 ± 0.2	78.0 ± 0.3	$0.01 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$
349.5 ± 0.4	288.9 ± 0.7	$0.001 + 1.203 \cdot 10^{-3} \pm 3.40 \cdot 10^{-4}$

Resultater for oppgave 2:

Tabell 3: : Kombinasjoner for oppgave 2

Kombinasjon	Kombinasjon 1	Kombinasjon 2	Kombinasjon 3
ϵ (Forsyning)	40 V	12 V	1.2 V
R Oppgitt	$4.7M\Omega \pm 128.2k\Omega$	$1.5 k\Omega \pm 3.0\Omega$	$10 \Omega \pm 0.4\Omega$

Tabell 4: : Målinger Kombinasjon 1

Målinger/Beregninger	Kobling A	Kobling B	Kobling C	Kobling D
Målt strøm [μA]	8.7 ± 0.4		12.7 ± 0.4	8.7 ± 0.4
Beregnet strøm [μA]		8.5 ± 0.1		
Målt spenning [V]		40.0 ± 0.4	40.0 ± 0.4	40.0 ± 0.4
Beregnet motstand [$M\Omega$]	4.6 ± 0.2		3.1 ± 0.1	4.6 ± 0.3

Tabell 5: : Målinger Kombinasjon 2

Målinger/Beregninger	Kobling A	Kobling B	Kobling C	Kobling D
Målt strøm [μA]	8.0 ± 0.4		8.0 ± 0.4	8.0 ± 0.4
Beregnet strøm [μA]		8.0 ± 0.3		
Målt spenning [V]		12.0 ± 0.2	12.0 ± 0.2	12.0 ± 0.2
Beregnet motstand [$k\Omega$]	1.5 ± 0.1		1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1

Tabell 6: : Målinger Kombinasjon 3

Målinger/Beregninger	Kobling A	Kobling B	Kobling C	Kobling D
Målt strøm [mA]	98.8 ± 0.4		103.0 ± 0.4	103.0 ± 0.4
Beregnet strøm [mA]		120.0 ± 0.02		
Målt spenning [V]		1.2 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.2 ± 0.2
Beregnet motstand [Ω]	12.1 ± 0.05		9.7 ± 2.3	11.6 ± 2.4

I kombinasjon 1, kobling C har vi parallellkobling og motstanden man får da gitt ved lign (11).

$$R_{tot} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Voltmeteret har motstand $10M\Omega$ dermed får vi:

$$R_{tot} = 3.19 * 10^{-6} \Omega$$

Dette gir oss da strømmen

$$I = V/R_{tot} = 12.7 * 10^{-6} A$$

I kombinasjon 3 har vi lav motstand i kretsen og siden amperemeteret gir et spenningsfall på $1.8 \text{ mV}/\text{mA}$ får vi et fall på $1.8 * 98.8 = 177.8 \text{ mV} \pm 0.7 \text{ mV}$ i kobling A. Hvis vi da løser for den indre motstanden i amperemeteret får vi.

$$R_i = \frac{177.8}{98.8} = 1.8\Omega \pm 0.01\Omega$$

Der R_i er den indre motstanden i amperemeteret.

5 Diskusjon

Stigningstallet på den lineære regresjonen er 1252Ω . Regresjonen hadde også en usikkerhet i stigningen på $\sigma_A = \pm 6.7\Omega$. Stigningstallet viser at den ligger rundt hva den faktiske verdien til motstanden som er på $1203\Omega \pm 2.4\Omega$. Men den er fortsatt ikke innenfor så her må det være noen kilder som ikke har blitt tatt med i beregningen. For eksempel motstand i ledningen og indre motstand i måleapparatene. Fluken hadde oppgitt spenningsfall på $1.8 \text{ mV}/\text{mA}$. så her har vi en stor feilkilde. På datapunktene der verdiene var lave ble det store feilflagg, dette skyldes at vi måler på mye lavere verdier og usikkerheten blir da større iforhold til hva som skal måles.

I oppgave 2 da vi brukte motstand 10Ω og 1.2V spenningskilde (Oppgitte verdier) ble det større avvik fordi vi brukte liten motstand i kretsen. Den indre motstanden i amperemeteret gjorde at beregningene for motstand ble nesten 2Ω mer enn det motstanden var målt til. Den totale motstanden i kombinasjon 3 kobling A er:

$$R_{tot} = R_i + R = 1.8\Omega \pm 0.01\Omega + 10.1\Omega \pm 0.05\Omega = 11.9\Omega \pm 0.06\Omega$$

Her mangler det fortsatt litt, men det forklares med motstand i ledning og mulig dårlig kontakt mellom klemmer.

I kombinasjon 1 med 40V fikk vi $12.7\mu\text{A}$ noe som skilte seg veldig ut, dette regna vi ut på slutten av teoridelen til å stemme fordi voltmeteret var i parallell med kretsen slik at vi fikk ligning (11) og amperemeteret var før forgreiningspunktet slik at den målte den totale strømmen. Det er lett å ikke få med seg alle usikkerhetene så her kan forsøket mulig være utsatt for mange menneskelige feil, noe som kan oppfattes som svakhet med eksperimentet. Det var kun i kobling C 40V der vi fikk stor forskjell i strømmen, grunnen til at de 12 og 1.2V ikke hadde dette er fordi motstanden vi brukte (se tabell 3) var mye mindre, slik at strømmen for det meste tok veien igjennom motstanden vi la inn i kretsen.

6 Konklusjon

I dette arbeidet har vi prøvd å falsifisere ohms lov ved å foreta målinger av strøm og spenning. Vi fant den lineære regresjonen av dataen for å se om stigningstallet stemte med motstanden som ble målt. Motstanden ble målt til $1203\Omega \pm 2.4\Omega$ og regresjonen er $y = (1252 \pm 6.7)x + 0.003 \pm 0.007$. Dette var ikke helt det samme, men amperemeteret som var brukt gir et spenningsfall på $1.8mV/mA$. Det er også motstand i ledningene og koblinger som ikke sitter helt fast så her kan man konkludere at det er innenfor.

Vi tok strøm og spenningsmålinger, beregnet motstand og strøm i forskjellige kretser med 3 typer spenninger på 40V, 12V og 1.2V. Her fikk vi uforventa data i kombinasjon 1, kobling C der strømmen ble målt til $12.7\mu A \pm 0.4\mu A$ dette var nesten dobbelt så mye som de andre strømmene i kombinasjon 1. Her regnet vi ut resistansen til motstanden og voltmeteret i parallellkobling og fant ut at dette stemte. Voltmeteret har motstand på $10M\Omega$ vi fikk da:

$$R_{tot} = 3.19 * 10^{-6}\Omega$$

Dette gir oss da strømmen

$$I = V/R_{tot} = 12.7 * 10^{-6}A$$

I kombinasjon 3 Kobling A og B beregnet vi høyere motstand, men dette fant vi ut at var fordi den indre motstanden i amperemeteret gav et spenningsfall på $1.8mV/mA$ som tilsvarte $1.8\Omega \pm 0.01\Omega$ dette er mye motstand når kretsen allerede har så lite som 10Ω . Her fikk vi da (Seriekobling).

$$R_{tot} = R_i + R = 1.8\Omega \pm 0.01\Omega + 10.1\Omega \pm 0.05\Omega = 11.9\Omega \pm 0.06\Omega$$

Dette var fortsatt ikke helt innenfor, men her må også motstand i ledning og eventuelle dårlige koblinger tas med i betrakning.

A Appendix

B Referanser

Figurer er hentet fra oppgaveteksten.