

## Lab 2 - Strøm og spenning

Candidate 073402  
FYS2150, Universitetet i Oslo  
(Dated: 2. mars 2020)

Jeg har studert lys som er observert fra en fjern stjerne på ti forskjellige dager over en toukers periode. Ved å se på Doppler-forskyvning av en spektrallinje har jeg klart å beregne stjernens hastighet i forhold til oss ved hver av de ti målingene. På bakgrunn av dette kunne jeg slå fast at stjernen beveger seg bort fra oss med en gjennomsnittshastighet på ca. 15km/s. Den beveger seg i tillegg i bane med svært kort omløpsperiode, bare rundt 10 dager, og høy banefart, ca. 1.5km/s. Dette indikerer tilstedeværelsen av et annet massivt legeme like i nærheten.

For å finne eksakte verdier for bølgelengden til absorpsjonslinjen i det Doppler-forskjøvede spekteret brukte jeg minste kvadraters metode. Termiske bevegelser i gassene på stjernens overflate, og annen støy, gjør at dette kan være vanskelig å gjøre med øyemål. Jeg har anvendt modeller for fluks og støy som bygger på normalfordelingen, noe som har vist seg å være fornuftige antakelser.

### I. INTRODUKSJON

Måling av støy, spenning og motstand er svært sentralt i eksperimentell fysikk, ikke bare fordi kunnskap om disse størrelsene og måling av dem er viktige i seg selv, men også fordi instrumenter vi bruker til å måle mange andre størrelser ofte gir elektriske signaler som vi må tolke. Dette gjelder både i vitenskapelige eksperimenter og i industrielle og praktiske anvendelser, eksempelvis temperatur og trykk.

Vi har i dette eksperimentet sett på egenskapene til multimeter som kan brukes til å måle både spenning, strøm og motstand. Vi har sett på forskjellen mellom å bruke multimetrene til å måle motstand direkte og i stedet måle strøm og spenning for siden å bruke Ohms lov til å beregne motstanden i kretsen. Til sist har vi brukt både multimeter og et oscilloskop til å studere elektrisk signal som er laget av en signalgenerator og brukt de samme redskapene til å se på forskjellige egenskaper ved en RC-krets.

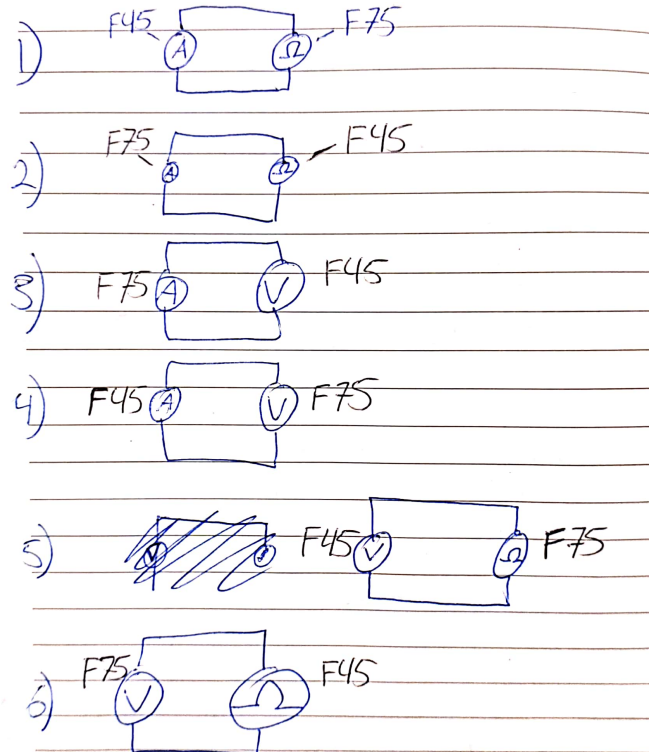
### II. TEORI

Ohms lov, som gjelder for motstandene vi her bruker??, sier at spenningsfallet  $U$  over en komponent er lik produktet av strømmen  $I$  gjennom komponenten og resistansen  $R$  til komponenten:

$$U = RI \quad (1)$$

### III. EKSPERIMENTELT

Sidene multimeterne Fluke 45 og Fluke 75 er brukt gjennom hele forsøket vil jeg begynne med å angi måleusikkerheten til disse. BLABLABLA

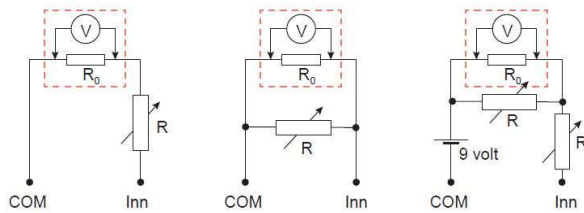


Figur 1. Kretstegninger som viser hvordan vi har koblet i de forskjellige målingene der multimeterne måler på hverandre. F45 og F75 viser til henholdsvis Fluke 45 og Fluke 75.

#### A. Multimeter måler multimeter

Her har vi brukt de to multimeterne, Fluke 45 og Fluke 75, og latt dem måle på hverandre. På den måten har vi målt motstanden til hvert av multimetrene i Voltmeter- og Amperemeterfunksjon, strømmen gjennom dem i Voltmeter- og Ohmmeterfunksjon og spenningen over dem i Amperemeter- og Ohmmeterfunksjon. Kretstegninger er vist i figur 1.

Deretter skal vi studere kretstegningene i figur 2 som viser et Amperemeter, et Voltmeter og et Ohmmeter.



Figur 2. Kretstegning for de tre ulike funksjonene til et multimeter (Amperemeter, Voltmeter og Ohmmeter). Oppgaven er å avgjøre hvilken kretstegning som svarer til hvilken funksjon.

Opgaven er å avgjøre hvilken kretstegning som svarer til hvilken funksjon.

### B. Motstand, likestrøm og likespenningsmålinger med multimeter

Her skal vi måle resistansen til to motstander, først direkte med Fluke 45 i Ohmmeterfunksjon og siden ved å bruke begge multimeterne til å måle strøm og spenning i en krets. Dersom vi kjenner strøm og spenning i kretsen kan vi bruke Ohms lov 1 til å beregne motstanden i kretsen. Målepunktene vi bruker for spenning og strøm er vist i kretstegningen i figur 3. Siden vi bare har to multimeter, må vi koble om for å måle alle tre størrelser  $V_{inn}$ ,  $V_{ut}$  og  $I$ .

Ohms lov (1 løst for motstand  $R$  kan skrives på formen  $R = U/I = UI^{-1}$ . Usikkerheten i  $R$  er da gitt ved

$$\begin{aligned} \Delta R &= R \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(-1 \frac{\Delta I}{I}\right)^2} \\ &= R \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2}, \end{aligned} \quad (2)$$

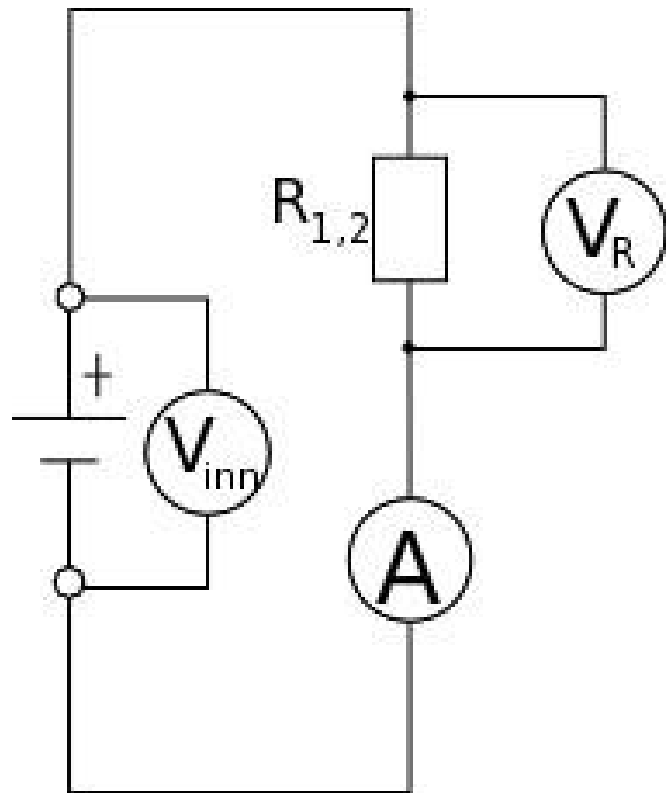
der  $R$  er den beregnede resistansen og  $\Delta U$  og  $\Delta I$  er måleusikkerhetene i spenning  $U$  og strøm  $I$ .

### C. Vekselspenninger med frekvensgenerator, oscilloskop og multimeter

Her skal vi lage etter tur to varierende spenningssignaler med en signalgenerator. Vi skal bruke et oscilloskop og et multimeter til å måle spenningen fra signalgeneratoren. De to signalene vi brukte i analysen var et sinus og et firkantsignal. Bilder av signalene med innstillingene som ble brukt finnes i figur 4.

### D. Krets med frekvensavhengig respons

Vi har koblet opp en RC-krets som vist i figur 5. Denne vil fungere som et lavpassfilter som filtrerer bort signaler



Figur 3. Kretstegning som viser hvordan vi måler strøm og spenning når vi skal bestemme motstandene  $R_1$  og  $R_2$  ved hjelp av Ohms lov. Vi brukte Fluke 45 til å måle strømmen og Fluke 75 til å måle de to spenningene.

med høye frekvenser mens den lar signaler med lavere frekvenser passere CITE?. For høye frekvenser (tilnærmingen blir bedre og bedre for høyere frekvenser) vil følgende relasjon gjelde mellom forholdet mellom spenning ut og spenning inn og XXXfrekvens:

$$\log\left(\frac{V_{ut}}{V_{inn}}\right) = \log(\omega) + \log(\omega_0) \quad (3)$$

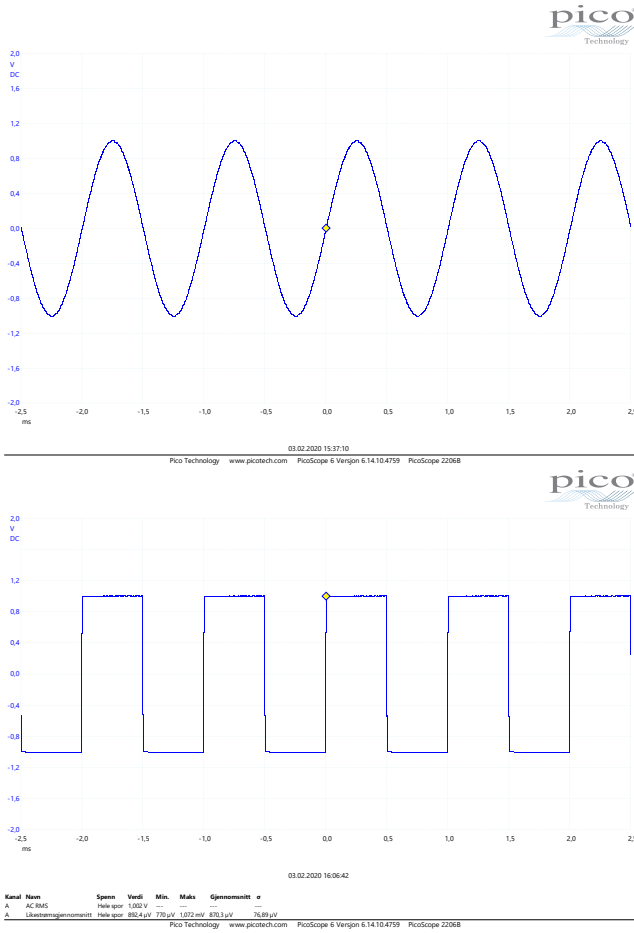
$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad (4)$$

Her er  $\omega = 2\pi f$ , der  $f$  er signalfrekvensen, mens  $V_{ut}$  og  $V_{inn}$  er størrelsene som er markert på figur 5.  $C$  er kapasitansen til kondensatoren og  $R$  er resistansen til motstanden.

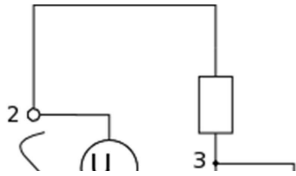
Likning 4 gir at kapasitansen er gitt ved

$$C = \frac{1}{R\omega_0}. \quad (5)$$

Dette kan skrives  $C = R^{-1}\omega_0^{-1}$  som gir at usikkerheten i



Figur 4. Sinus- og firkantsignalet brukt til å måle vekselspenning med oscilloskop. Begge siganelene hadde en frekvens på 1 kHz og amplitude 1 V. Resten av innstillingene 500  $\mu\text{s}/\text{div}$ , 1 MS,  $\pm 2$  V, AC, 12 bit.???



Kobling for oscilloskop:  
 1. Frekv. gen. jord / OSC jord  
 2. Frekv. gen. signal/ OSC CHA  
 3. OSC CHB  
 4. OSC jord

Figur 5. Kretstegning som viser hvordan vi kobler RC-kretsen. Motstanden R er  $10\,000 \pm 150\Omega$  (usikkerheten er hentet fra datablad for motstanden).

kapasitansen kan uttrykkes

$$\begin{aligned}\Delta C &= C \sqrt{\left(-1 \frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(-1 \frac{\Delta \omega_0}{\omega_0}\right)^2} \\ &= C \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \omega_0}{\omega_0}\right)^2},\end{aligned}\quad (6)$$

hvor  $C$  er den beregnede kapasitansen og  $\Delta R$  og  $\Delta \omega_0$  er måleusikkerhetene i resistans  $R$  og konstanten  $\omega_0$ .

## IV. RESULTATER

### A. Multimeter måler multimeter

Den første delen av eksperimentet, å bruke hvert av multimetrene til å måle på det andre, ga resultatene presentert i tabell IV A.

Den første kretsen i figur 2 svarer til Voltmeter-funksjonen. Den andre svarer til et Amperemeter, og den tredje er et Ohmmeter.

### B. Motstand, likestrøm og likespenningsmålinger med multimeter

Ved å måle motstandene R1 og R2 direkte fikk vi disse verdiene:

- $R1 = 10.10 \pm 0.01 \Omega$
- $R2 = 0.99 \pm 0.02 \text{ M}\Omega$

Ved indirekte måling av motstanden ved Ohms lov fikk vi først verdiene for strøm og spenning som er vist i tabell IV B. Ved likninger 1 og 2 fikk vi da disse verdiene for størrelsene på motstandene:

- $R1 = 10.37 \pm 0.06 \Omega$
- $R2 = 0.90 \pm 0.07 \text{ M}\Omega$

### C. Vekselspenninger med frekvensgenerator, oscilloskop og multimeter

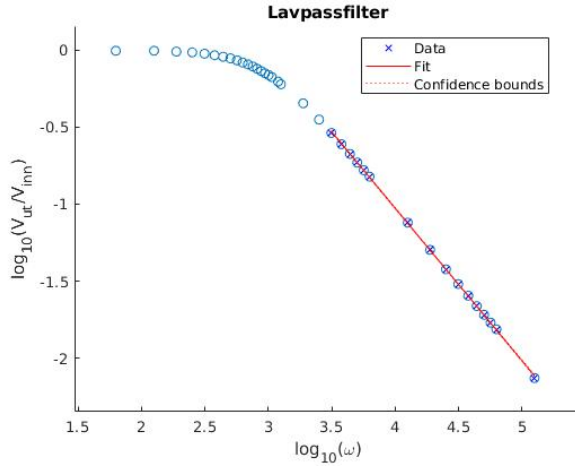
Resultatene fra målingene på det genererte signalet finnes i tabell IV C.

### D. Krets med frekvensavhengig respons

Jeg har brukt måledataene fra filen Lavpass-RC\_sorted.mat, målt av foreleser og veiledere. Dataene er presentert i figur 6. Ved lineær regresjon fant jeg at verdien for  $\log_{10}(\omega_0)$  var 2.93 med en standard error på 0.01 som jeg bruker videre som usikkerheten i målingen. Ved likninger 5 og 6 gir dette en kapasitans på  $C = 1.18 \cdot 10^{-7} \pm 4 \cdot 10^{-9} \text{ F}$ , der jeg har brukt at usikkerheten i R er  $\Delta R = 150 \Omega$ .

## V. DISKUSJON

Når jeg analyserte fluksdataen med minste kvadraters metode bruke jeg 30 testverdier for hver av de ukjente parametrene  $F_{\min}$ ,  $\sigma$  og  $\lambda_{\text{center}}$ . Ved å øke til 40 testverdier innenfor det samme intervallet forventet jeg å få mer nøyaktige svar. Det viste seg imidlertid at dette bare førte til en endring på mellom 0.00003% og 0.00013% av



Figur 6. Datapunktene (blått) for måling av spenning og frekvens i RC-kretsen 5. Lineær regresjon (rød linje) på datapunktene som svarer til de høyeste frekvensene. Den lineære tilnærmingen (som gjelder for høye frekvenser) gir at stigningstallet for den røde linja skal bli -1. Tilpasningen her gir stigningstall -0.98879 med en standardfeil på 0.0026743.

$\lambda_{\text{center}}$  som er den parameteren vi bryr oss om. Jeg konkluderer derfor med at 30 testverdier gir så godt som så presise svar vi kan finne, og jeg er komfortabel med å bruke 30 testverdier videre. Som nevnt i metode-delen oppdaget jeg etter implementering av algoritmen at den øvre grensen for  $\sigma$  trygt kunne vært satt en del lavere enn den verdien jeg brukte. Dette ville antakeligvis gitt noe mer nøyaktige resultater.

Ved å se på vi tydelige periodiske svingninger i hastigheten til stjernen. Det betyr at stjernen beveger seg i bane og har en komponent av banehastigheten som er parallell med vår siktlinje. For at stjernen skal gå i bane, må den påvirkes av en gravita

## VI. KONKLUSJON

blablabla

- 
- [1] Hansen, F. K., 2017, Forelesningsnotat 1A i kurset AST2000
  - [2] Hansen, F. K., 2017, Forelesningsnotat 1C i kurset AST2000
  - [3] Hansen, F. K., 2017, Forelesningsnotat 1D i kurset AST2000
  - [5] Solen, <https://no.wikipedia.org/wiki/Solen>, Lest 17.10.19

Tabell I. Tabell som viser resultatene av å bruke de to multi-meterne til å måle på hverandre. Målingene merket med \* var oppgitt med én desimal mer på måleinstrumentet enn det som er oppgitt her, men det siste sifferet er sløffet fordi det var umulig å avlese da verdien svingte hele tiden.

Forsøk #	Spenning, [mV]	Strøm, [mA]	Motstand
1		F45: 0.501	F75: 10.9 $\Omega$
2		F75: 0.81	F45: 5.94
3	F45: 0.01	F75: 0.00	
4	F75: 0.0	F45: 0.000	
5	F45: 722.4		F75: 10.03 M $\Omega$
	1982.2		OL. $\Omega$
	1979.3		OL $\Omega$
	1426.4		O.L k $\Omega$
	1310.0		OL. k $\Omega$
	722.3		.OL M $\Omega$
6	F75: 1552		F45: 11.10 M $\Omega$ *
	1552		11.1 M $\Omega$ *
	1552		11.1 M $\Omega$

Tabell II. Tabell som viser resultatene av å bruke de to multi-meterne til å måle strøm og spenning gjennom kretsene i figur 3. Målingen merket med \* er avlest for tidlig i forhold til den tiden som multimeter bruker på å stabilisere seg når man måler strøm med største presisjon, og er ikke egnet til å brukes i videre beregninger.

Komponent	Måling	Spenning, [V]	Strøm, [mA]
R1	Spenning inn	$1.474 \pm 0.007$	$68.93 \pm 0.04^*$
	Spenning over R1	$0.716 \pm 0.004$	$69.01 \pm 0.04$
R2	Spenning inn	$17.78 \pm 0.08$	$0.018 \pm 0.002$
	Spenning over R2	$17.79 \pm 0.08$	$0.020 \pm 0.002$

Tabell III. Tabell som viser resultatene av å bruke oscilloskop og multimeter (Fluke 45) til å måle på sinussignal og firkant-signal laget av en signalgenerator.

Apparat	Sinussignal, AC RMS	Sinussignal med forskyvning 1V, likestrømsgjennomsnitt	Firkant-signal, AC RMS
Oscilloskop	707.1 mV	996.7 mV	1.002 V
Multimeter	704.75 mV	996.13 mV	996.75 mV
Analytisk	707.1 mV	1 V	1V