

Oscilloskop

HÅKON SILSETH OG TRYM VARLAND

UiT - Norges Arktiske Universitet

11. oktober 2022

Sammendrag

I dette forsøket skal bli kjent med oscilloskop, det norske strømnettverket og teste grensene til multimeteret. I første delen av forsøket skal vi måle spenningen i en vanlig stikkontakt, resultatet vi fikk her var 234.9V, som stemmer godt med spesifikasjonene til det norske strømnettverket. I den neste delen av forsøket skal vi bruke en signalgenerator til å utgi en sinusspenning med stadig økende frekvens, vi skal så måle spenningen med både oscilloskopet og multimeteret. Her så vi at multimeteret ga helt feile verdier da vi nærmet oss 100kHz, som er forventet med tanke på maksimum samplingfrekvensen til multimeteret og samplingsteoremet. I den siste delen av forsøket skal vi undersøke trefasenettet, vi skal måle faseforskjellen mellom fasene, som vi mørte til å være 120° . Vi skal også måle frekvensen til vekselspenningen, denne mørte vi ganske nøyaktig til 50Hz, men med en liten variasjon, som skyldes variering i etterspørsel. Avslutningsvis skal vi måle spenningen mellom de ulike fasene, og mellom fasene og jord. Her fant vi at det var en betydelig forskjell mellom spenningen mellom fasene og spenningen mellom hver fase og jord. Forholdet mellom disse verdiene regnet vi ut til å være $\sqrt{3}$

Kommentarer:

1 Formål

Formålet med forsøket, er at vi skal få et bekjentskap og hvordan ta i bruk et oscilloskop. Dette skal gjøres med å ta målinger av spenning, frekvens og faseforskjeller på strømnettet. Disse målingen skal vi ta i bruk oscilloskop og multimeter, da vi kan se hvilket instrument som viser et bedre resultat.

2 Teori og definisjoner

2.1 Oscilloskop

I forsøket skal vi ta i bruk et oscilloskop, det er et instrument som mäter spenning som funksjon av tid. Oscilloskop er et nyttig og mye brukt for eksperimenter innen elektrisitet, målinger av vibrasjoner til en motor eller innen medisin. Så et oscilloskop en er et instrument med mange funksjoner, som blir tatt mye i bruk innen mange felt.

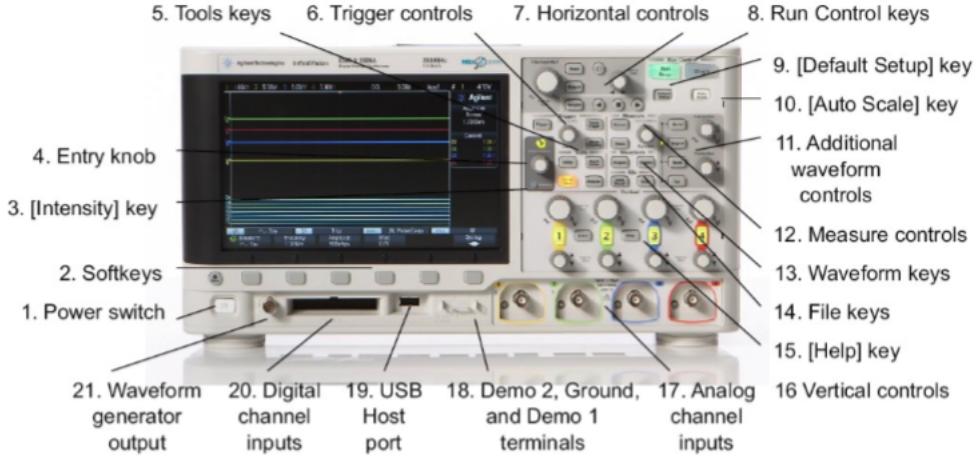
Fra oscilloskopet sitt display kan vi lese av, tidsforløpet på x-aksen og hvordan spenningen varier ved y-aksen. Grafene som blir plottet fornær seg hele tiden og varierer, men dette kan også lett føre til kaos derfor er det viktig å sette opp oscilloskopet riktig. For å unngå dette kan vi få oscilloskopet til å plotte alle kurvene på samme sted, som fører til at vi får et stillestående bilde. Med en gitt spenningsverdi, kan man be oscilloskopet til å plotte en ny graf når et periodisk signal passerer et gitt punkt dette er hva man kaller *triggering*, som har en egen roterende knapp på oscilloskopet som man ser i bilde ??.



Når en graf oppstår på oscilloskopet, blir spenningen omgjort til et digitalt tall. For hvert tall verdi har vi en presisjon som blir bestemt av bit, de fleste oscilloskoper og oscilloskopet som vi tar i bruk har vi 8 bit for hverttall. Disse målingene er det vi kaller *sample* og intervallet mellom to måle punkter er *samplings-intervallet*.

samplinghastighet ("sampling rate") definerer hvor fort variasjonene i signalet skal måles, denne hastigheten av variasjonene er gitt ved samplings-intervallet. Med å ta inversen av samplings-intervallet får vi *sampling frekvensen*. Oscilloskopene som blir tatt i bruk på laben mäter med en samplinghastighet opptil 2 milliarder per sekund (2GSa/s), og den høyeste sampling frekvensen som går inn i oscilloskopet er 70MHz.

Når vi skal ta i bruk oscilloskopet, er det viktig at vi har riktig samplinghastighet med forhold til frekvensen. Dette gjør vi med å følge *Nyquists teorem* som sier at, man skal mäle signalet med minst dobbel så raskt enn høyeste frekvensen. I figur 1 viser jeg kontrollpanelet til et oscilloskopet.



Figur 1: Kontrollpanelet til Agilent 2000-serien med 4 analoge innganger, på laben bruker vi Agilent DSO-X 2002a som har 2 analoge innganger.

2.2 Vekselspenning

Vekselspenning er spenning som varierer harmonisk med en *amplitude* V_0 og *vinkefrekvens* w . I plottet til høyre kan vi se et eksempel på vekselspenning, med på bruke uttrykket 1 kan vi regne ut for vekselspenningen.

$$V = V_0 \cos(\omega t) = V_0 \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) = V_0 \cos(2\pi f t) \quad (1)$$

Her vinkelfrekvensen uttrykkes som *rad/s* eller med s^{-1} , som man ser i uttrykket 1 kan man både uttrykke vinkelfrekvensen med både perioden T og frekvensen f som har enheten Hz .

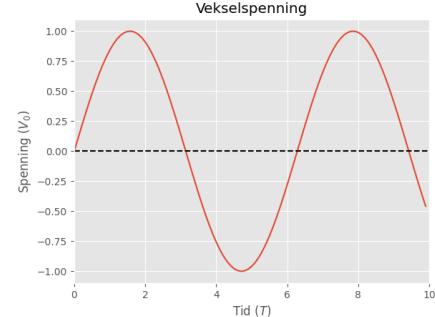
Til vanlig karakteriserer man vekselspenning med RMS-verdi (root mean square") i steden for amplituden, siden vi vil spesifisere vekselspenningen og en RMS-verdi gir gjennomsnitt over tid. RMS er gitt ved 2.

$$V_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt \quad (2)$$

Vis vi kalkulerer integralet ender vi med uttrykket 3, som vil gi grafen i figur 1.

$$V_{eff} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Siden vi tar i bruk et oscilloskop som har mange nyttige funksjoner som kan måle vekselspenning på flere måter som RMS-verdi, amplitude, peak to peak verdi (V_{pp}) som er noen av målemetodene.



Figur 2: Sinusspenning

Mens et multimeter måler som oftest bare med RMS-verdien, som gjør et oscilloskop et veldig bra redskap.

Nettspenningen til privat bruk som vi har i Norge og Europa ligger på:

$$V_{eff} = 230V \quad \text{med} \quad \approx 50Hz \quad (4)$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{2}(230V) = 325V \quad (5)$$

I nettspenning har vi en faseforskjell ϕ mellom to vekselspenninger med samme frekvens, som forsikrer oss at vi har kontinuerlig vekselspenning siden maksimum og minimum spenningene vil være på forskjellige tider.

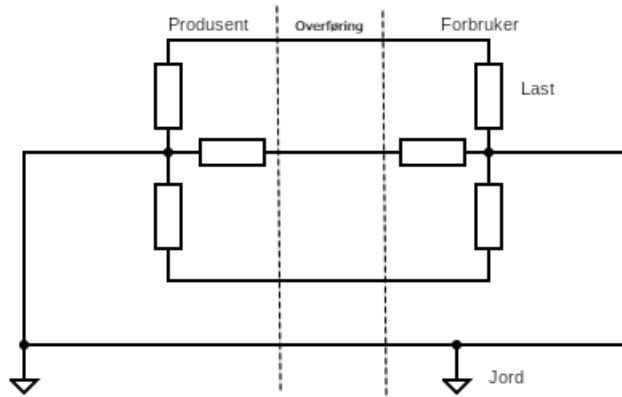
$$V_1 = V_0 \cos(\omega t) \quad \text{og} \quad V_2 = V_0 \cos(\omega t - \phi) \quad (6)$$

Hovedstrømforsyningen som tas i bruk for å sende elektrisitet over store avstander, blir det brukt 3 faser der vi har 3 spenningsledere og en jordledere for overføre elektrisiteten som vist i figur 3. Hos en forbruker som ikke har behov for så mye elektrisk energi, så kobler man forbruken bare på en spenningsleder og jordlederen dette gjør dem med å bare koble seg til en last, man bruker da bare 1 fase. Spenningen som blir levert, blir produsert mellom spenningslederne og jordlederen som er vist i figur 3, på samme måte blir strømmen brukt mellom spenningslederen og jordlederen. Ved fasene har vi en fase forskjell på 120° vis vi måler 60° eller 210° er det stikk-kontakter som står forskjellig, med å snu stikk-kontaktene endrer du fasen med 180° . Da får vi tre spenninger.

$$V_1 = V_0 \sin(\omega t) \quad V_2 = \sin(\omega t - 2\pi/3) \quad V_3 = V_0 \sin(\omega t - 4\pi/3) \quad (7)$$

Når vi har spenningen mellom to faser for eksempel V_{12} og V_{13} , får vi høyere spenning enn vis vi tar spenningen mellom en fase og jord som vi ser i uttrykkene 7. Spenningen mellom to faser har vi utrykket:

$$V_{12} = V_0(\omega t) - V_0(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = \sqrt{3}V_0 \sin(\omega t) \quad (8)$$



Figur 3: Overføring av elektrisk kraft med et fireleder-system. her lastene er plassert mellom ledder og jord, mellom ledder og jord blir også strømmen til forbrukeren produsert.

3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

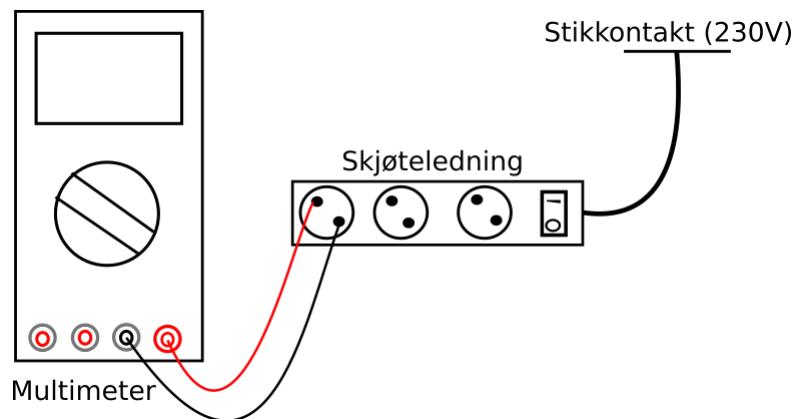
3.1 Utstyrsliste

- Fluke 87 multimeter
- Agilent DSO-X 2002A oscilloskop
- Prober til oscilloskop
- Trefase 6V
- Transformator
- Koaksledning
- koaksial-adapter

3.2 Oppsett

3.2.1 Oppgave 1

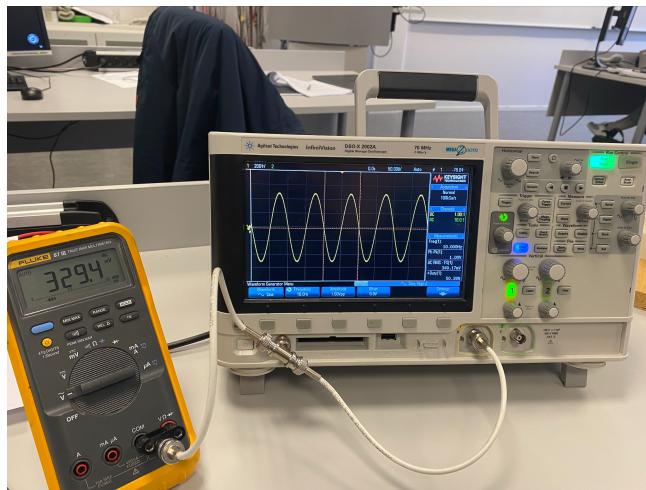
Oppsettet for denne oppgaven består av et multimeter, en skjøteleddning og en stikkontakt. Vi koblet multimeteret inn i skjøteleddningen og målte spenningen mellom kontaktpunktene og kontaktpunklene og jord.



Figur 4: Skisse oppgave 1

3.2.2 Oppgave 2

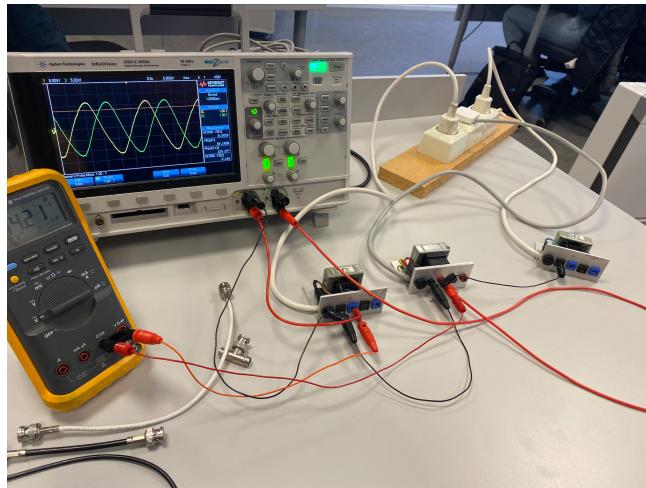
Oppsettet for oppgave 2 består av oscilloskopet og et multimeter. Vi koblet signalgeneratoren på oscilloskopet opp til den ene kanalen på oscilloskopet og til multimeteret.



Figur 5: Oppsett for oppgave 2

3.2.3 Oppgave 3

Oppsettet for denne oppgaven består av oscilloskopet, hvor vi har koblet til trefasestrøm. Tre-fasestrømmen er blitt fordelt i de ulike fasene og sendt gjennom 6V transformatorer. Vi har også koblet opp multimeteret til oppsettet.



Figur 6: Oppsett for oppgave 3

3.3 Metode/Fremgangsmåte

3.3.1 Oppgave 1

Vi startet med å putte ledningene fra multimeteret i kontaktpunktene til skjøteleledningen, så skrudde vi på skjøteleledningen og noterte verdien på multimeteret. Vi gjentok dette for hvert av kontaktpunktene og jordingen også, slik at vi endte opp med 3 ulike verdier.

3.3.2 Oppgave 2

For denne oppgaven startet vi med å stille inn signalgeneratoren på oscilloskopet til å utgi sinusspenning med peak to peak spenning på 1 volt og 10 hertz. Vi koblet så multimeteret og oscilloskopet til signalgeneratoren og målte spenningen. Vi økte så frekvensen og noterte verdiene på både oscilloskopet og multimeteret. Så sammenlignet vi verdiene fra multimeteret og oscilloskopet med hverandre og sjekket det opp med spesifikasjonene til multimeteret.

3.3.3 Oppgave 3

Det vi gjorde først var å transformere ned spenningen til trefasenettet fra 230V ned til 6V. Dette gjorde vi ved å koble til tre transformatorer som utgir 6V, først koblet vi jord sammen på transformatorene og oscilloskopet. Deretter målte vi faseforskjellen mellom transformatorene. Oscilloskopet har kun to kanaler, så vi måtte måle to av fasene om gangen. Vi måtte vri litt om på stikkontaktene for å få 120° forskjell mellom fasene, siden å vri om på stikkontakten endrer fasen med 180° . Deretter målte vi frekvensen til vekselspenninga til trefasenettet med både oscilloskopet og multimeteret, og sammenlignet det med spesifikasjonene for det norske strømnettverket. Til slutt brukte vi multimeteret til å måle spenninga mellom fasene og mellom fasene og jord.

4 Resultater

4.1 Del 1

I første delen av forsøket målte vi spenningen i en stikkontakt, mellom de to kontaktpunktene og mellom hvert av kontaktpunktene og jord, med bruk av et multimeter. Resultatet ble som forventet med $234.9V$ mellom de to kontaktpunktene og mellom hvert av kontaktpunktene og jord, dette er mer eller mindre forventet ettersom det norske strømnettverket skal ligge på rundt $230V$.

4.2 Del 2

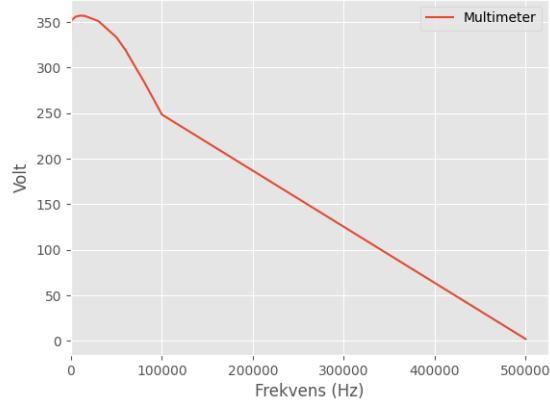
Andre delen av forsøket ga signalgeneratoren ut en sinusspenning med $1V_{pp}$ og $0.5V_0$, mens vi starter med en frekvens på $10Hz$ og gjentar forsøk med stigende frekvens.

Med at vi startet med en frekvens på $10Hz$ og økte, vil multimeteret ha det mest presise måle området ved cirka $\approx 50Hz$ som vi kan se i tabellen 1.

f(Hz)	V_{pp}	V_0	$V_{multi}(mV)$	$V_{ocs}(mV)$
10	1	0.5	329.5	249.2
100	1	0.5	351	249.3
10000	1	0.5	357	249.5
150000	1	0.5	356.7	349.4
100k	1	0.5	248.4	349.6
500k	1	0.5	2.1	349.3

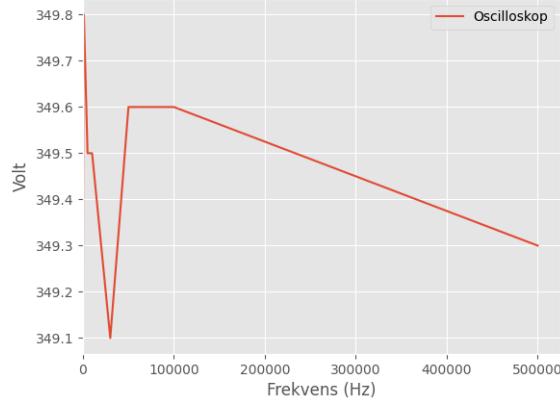
Tabell 1: Dette en kort oversikt av spenningsverdiene.

Fra $\approx 50Hz$ vil spenning som multimeteret målet stige til det cirka når $10kHz$ får å så synke, og med tabbelen 1 ser vi at etter $\approx 100kHz$ faller spenningen virkelig drastisk som er vist i plottet 7. Som stemmer over med det som er forventet da i følge spesifikasjonene til multimeteret sier at maksimum frekvens er på $200kHz$.



Figur 7: Multimeteret: målt volt som funksjon av frekvens

For oscilloskopet har vi en mye mindre spennings fall med tanke på frekvens som vi kan se i plottet 8, dette kommer av at oscilloskopet har en veldig høyere maksimum grense for frekvensen som gjør det mulig for oss å gi resultater med høyere presisjon. Men vi kan fortsatt se med de målte verdiene at også oscilloskopet har et spennings fall, men dette ville kanskje vært annerledes vis vi hadde flere målte verdier.



Figur 8: Sammenligning mellom multimeteret og oscilloskopet

Siden multimeter og oscilloskopet viser så stor forskjell i spennings fall, vil det her være vanskelig og vise en sammenligning i samme plott. Da det vil skap en horisontal kurve, for de målte verdiene av oscilloskopet.

4.3 Del 3

I siste delen av forsøket skal vi ta en titt på trefasenettet, denne delen av forsøket deler vi inn i tre deler.

Vi starter med å måle faseforskjellen mellom alle tre transformatorene, her målte vi bare 2 av fasene samtidig siden oscilloskopet som blir tatt bruk har to kanaler. Når **2 faser** ble målt samtidig ble det målt en verdi på **235.1V**, som vil være det samme om det enten er fase 1 og 2 som blir målt eller fase 2 og 3. Når vi målte **Kontakt 1** og jord fikk vi at spenningen ble **0.525V**, men når vi målte for **kontakt 2** og jord fikk vi 235.0V

I neste delen mäter frekvensen til vekselspenningen med oscilloskopet og multimeteret. Her får vi $\approx 50\text{Hz}$ for både multimeteret og oscilloskopet, med noe endring over tid. Som er forventet, siden spesifikasjonene for det norske og europeiske strømnettet ligger med lite variasjon $\approx 50\text{Hz}$

siste delen av del 3 mäter vi spenning mellom fasene og jord med multimeteret, for å så regne ut forholdene. Her fikk vi følgene verdier for spenningen:

V_1 rel. jord:	8.17V
V_2 rel. jord:	8.26V
V_3 rel. jord:	8.18V
V_1 rel. V_2 :	14.25V
V_1 rel. V_3 :	14.07V
V_2 rel. V_3 :	14.19V

Dette er forventet, for i følge likning 8 som sier at spenningen mellom to faser blir høyere enn spenningen mellom en fase og jord. For forholdene regner vi ut for likning 8 delt på spenningen fra

transformatorene, som gir oss følgende resultat:

$$\frac{V_{12}}{V_1} = 1.74 \approx \sqrt{3} \quad \frac{V_{13}}{V_3} = 1.72 \approx \sqrt{3} \quad \frac{V_{23}}{2} = 1.73 \approx \sqrt{3} \quad (9)$$

Som vi ser ender med en faktor på $\sqrt{3}$, som er forventet i følge likning 8.

5 Konklusjon

Med dette forsøket er flere ting å konkludere, fra del 2 fant vi blant annet ut at man må være varsom ved bruk av multimeter og at dets spesifikasjoner har stor innvirkning for verdiene man skal måle, dersom man nærmer seg grensen for multimeterets spesifikasjoner. I del 3 fikk vi se på hvordan trefasenettet oppfører seg og at vi får høyere spenning mellom to faser enn mellom en fase og jord. Vi ble dessuten godt kjent og komfortabel med bruk av oscilloskop.

A Appendix

<https://community.sw.siemens.com/s/contentdocument/0694O00000BGRDrQAP>