

Rapport Eksamen

Resonans

KANDIDATNR: 9

Universitetet i Tromsø *

26. april 2018

Sammendrag

I dette forsøket ble det undersøkt om hvordan en elektrisk svingekrets fungerer. Her i denne rapporten er det presentert oppbygningen til en kondensator og spole og hvordan disse har evnen til å generere magnetfelt og lagre av elektrisk energi. Det er også vist hvordan man kan endre på verdiene til en kondensator ved å presse på den. Først ble egenfrekvensen til systemet beregnet til $f_0 = (23.1 \pm 0.2)\text{kHz}$. Dette viste seg eksperimentelt til å ikke stemme, det ble funnet at resonansfrekvensen egentlig lå på 23.8kHz. Dette kan være på grunn av at det ble antatt ingen indre motstand da formelen for egenfrekvens ble utledet, eller at det var på grunn av at kondensator platene ble klemt litt sammen når vi stramma fast kondensator beina til oscilloskop inngangene. Videre ble impedansmodulen plottet med funksjon av frekvens. Her viste det seg at impedansen ble veldig høy ved parallellkobling og veldig lav ved seriekobling. Videre ble det undersøkt hvordan en AM-radio fungerer og hvordan parallellkoblet resonanskrets har sin funksjon er i dette. Her viser det seg at en parallellkoblet resonanskrets kan brukes til å hente ut det høyfrekvente signalet som har innpakket et lavfrekvent signal med forskjellige amplituder, dette ble filtrert med en likeretter og kondensator slik at det lavfrekvente signalet som kan bestå av tale eller for eksempel musikk.

Kommentarer:

*

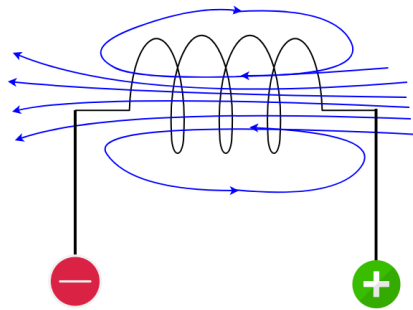
1 Formål

I dette forsøket undersøkes det om hvorfor man kaller en LC-krets for en elektrisk svingekrets. Det vises hva resonans betyr i en slik krets. Her ble man også kjent med hvordan en serie og parallell svingekrets er satt opp og fungerer, og vises hvordan resonansfrekvensen kan bestemmes.

2 Teori og definisjoner

2.1 Induktans i en spole

En spole er metalltråd som er surret rundt i en kveil, metalltrådene er isolert slik at det ikke blir en kortslutning. En svært viktig egenskap med en spole er at den "lagrer" energi i form av magnetfelt. For at det skal dannes magnetfelt trengs det elektrisk strøm igjennom spolen.



Figur 1: Spole som induserer magnetfelt når det går en strøm i viklingene, retningen defineres etter høyrehåndsregelen.

Det totale magnetfeltet igjennom sløyfen kalles magnetisk fluks som ofte blir angitt den greske bokstaven Φ . Denne er proporsjonal med med strømstyrken, og kan for en sløyfe skrives som,

$$\Phi_B = LI \quad (1)$$

Induktansen til en spole betegnes med en bokstav L og har enhet **Henry**. Dette er evnen til spolen å indusere magnetfelt. Fra Lenz lov som sier at *den induserte strømmen motsetter seg fluksforandringen* så vil det induseres en elektromotorisk spenning ϵ . Dette kan skrives matematisk på formen,

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2)$$

Dette er kjent som Faradays induksjonslov. Videre kan man finne et uttrykk for induktansen for en ideel (vi antar ingen motstand i spolen) spole ved hjelp av Ampere's lov.

Herfra kan den totale induktansen til spolen løses. Siden spolen består av N viklinger med areal A og lengde l så får man,

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$$

l er avstanden mellom viklingene og μ er permeabiliteten. Her kan man se at man kan øke eller minke induktansen til spolen ved å endre geometrien. Hvis man bruker **lign(1)** sammen med **(2)** har man den elektromotoriske spenningen som spolen induserer. Dette er gitt ved,

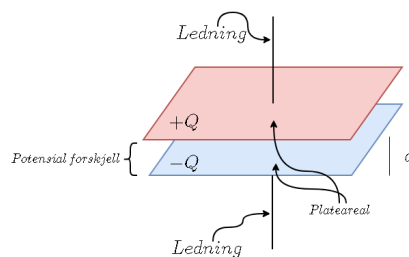
$$\epsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$$

2.2 Kapasitans i en kondensator

Videre har vi spolens "inverse" komponent som er kondensatoren. Ved DC spenning (spenning som ikke har en frekvens) vil denne lades opp til en verdi Q og deretter blir den en "propp" slik at det lenger ikke går noe strøm i kretsen, (hvis denne er i serie og kun har denne komponenten). Ved AC spenning (spenning med frekvens) så vil denne "lede" strøm, altså ikke direkte over platene, men elektronene vil vandre rundt kretsen og til den andre platen frem og tilbake. Hvor større frekvens hvor kjappere vil dette skje og dermed vil kondensatoren "lede" bedre og bedre. Dette er i stikk motsatt til en spole der spolen vil gi en større og større motstand ved høyere frekvens. Impedansen i kondensatoren er gitt ved,

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d} \quad (3)$$

Der C er kapasitansen, Q er ladningen, V er spenningen over kondensatoren, A er arealet på platene, d er distansen mellom platene, og ϵ er permittiviteten til dielektrisk materiale eller for vakuum. I figuren under ser man skisse av hvordan kondensatoren er bygget opp.



Figur 2: Skisse av hvordan en kondensator ser ut, 2 plater med med motsatt ladning, distanse d i mellom, i midten kan det være et dielektrisk materiale for å øke kapasitansen til kondensatoren.

Her ser man at hvis man endrer noen av disse egenskapene til kondensatoren så endrer kapasitansen seg.

2.3 Energi i spole og kondensator

En kondensator kan lagre energi i form av et elektrisk felt mellom platene. I en spole lagres energien som en felt energi U_B i det magnetiske feltet som spolen inducerer.

Ved integrasjon får man den totale energien til spolen,

$$U_L = \int_0^I LI dI = \frac{1}{2}LI^2 \quad (4)$$

For å få strømmen til å gå må en ekstern spenningskilde tilføre effekten P fordi spolen vil motsette seg endringene. Det er en viktig forskjell med hvordan en spole og kondensator lagrer energi. Energien til en kondensator kan skrives som,

$$U_C = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 \quad (5)$$

Der Q er ladningen, C er kapasiteten og V er spenningen mellom platene i kondensatoren.

I **figur(3)** under vises hvordan en LC krets ville har svinget frem og tilbake hvis man antar ingen energitap.

Ved **lign(5)** kan man se at spenningen ikke kan endre seg momentant (fordi da er den ikke deriverbar). For spolen er det motsatt, for hvis man ser på **lign(4)** så kan ikke strømmen endre seg momentant.

2.4 Impedansmodul til en spole og kondensator

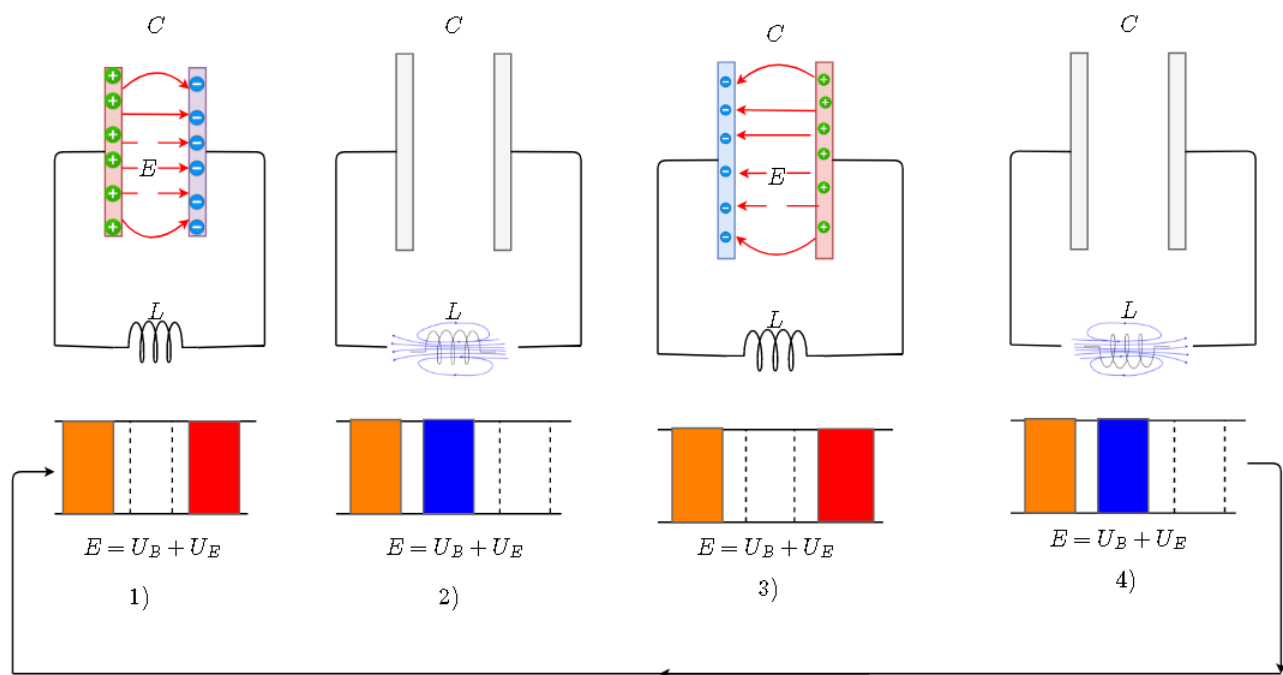
En spole og kondensator har en kompleks motstand når de blir satt i en vekselstrømkrets, dette er en motstand som er avhengig av frekvens, impedans og kapasitans, men som regel er det kun frekvensen som endres. For en kondensator har vi impedansmodulen (vekselstrømmotstand). gitt ved,

$$|Z_c| = \frac{1}{2\pi fC} \quad (6)$$

og spolens,

$$|Z_L| = 2\pi fL \quad (7)$$

Så her ser at de har en invertert motstand, slik at når frekvensen blir høy minker motstanden i kondensatoren, og blir høyere i spolen, ved små eller ingen frekvens blir motstanden i kondensatoren større og da mindre i spolen. I dette forsøket brukes Ohm's lov for impedans slik at,



Figur 3: Her er først kondensatoren ladet opp slik at man har energi lagret i E-feltet. Videre tømmes kondensatoren over spolen, og det lagres energi i magnetfeltet, så sendes strømmen andre vei og kondensatoren blir motsatt ladet. Tilslutt utlades kondensatoren den andre veien og spolen blir "ladet" opp igjen i motsatt retning, slik svinger strømmen frem og tilbake. I realiteten vil det være motstand i kretsen slik at noe av energien går til varme og over tid tømmer hele systemet for energi.

$$|Z| = \frac{V}{I} = \frac{V_{pp}}{I_{pp}}$$

Her brukes da V_{pp} og I_{pp} som måles med oscilloskop. Byttes strømmen I_{pp} med Ohms lov over kanal 2 på oscilloskopet (som er spenning over motstanden), får man $I_{pp} = \frac{V_{2pp}}{R}$ setter vi inn dette får man,

$$|Z| = \frac{V_{1pp}}{V_{2pp}} R \quad (8)$$

For den teoretiske impedansmodulen (uten indre motstand) får man for seriekobling,

$$|Z|_{serie} = \sqrt{(\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (9)$$

Og for parallell,

$$|Z|_{parallel} = \frac{1}{\sqrt{(1/\omega L - \omega C)^2}} \quad (10)$$

2.5 Faseskift til en kondensator og spole

Spenningen over en kondensator og strømmen igjennom den er ikke i fase. Strømmen over spolen er faseforskjøvet med 90° foran spenningen. Dette er fordi kondensatoren lades opp før man får en ladning i kondensatoren. Hvis spolen påtrykkes en ytre spenning så vil spolen indusere en spenning i motsatt retning for å beholde likevekten. Dermed kan man endre spenningen raskere enn man kan forandre strømmen. Siden impedansen er et komplekst tall kan det skrives på denne formen,

$$|Z| \cdot e^{i\theta}$$

Og antar seriekoblet LC system, med svært lav motstand i kretsen, vil da få vinkelen,

$$\theta = \arctan\left(\frac{(\omega L - \frac{1}{\omega C})}{R}\right) \quad (11)$$

Hvis man antar at motstanden er så lav at $R \approx 0$ slik at man har at $\theta = \pi/2$. Bruker man Ohm's lov for impedans får man,

$$V = IZ = I|Z|e^{i\theta}$$

Hvis $\omega L > 1/\omega C$, blir vinkelen,

$$V = I|Z|e^{i\frac{\pi}{2}} \quad (12)$$

Og da for strømmen,

$$I = V/(|Z|e^{i\frac{\pi}{2}})$$

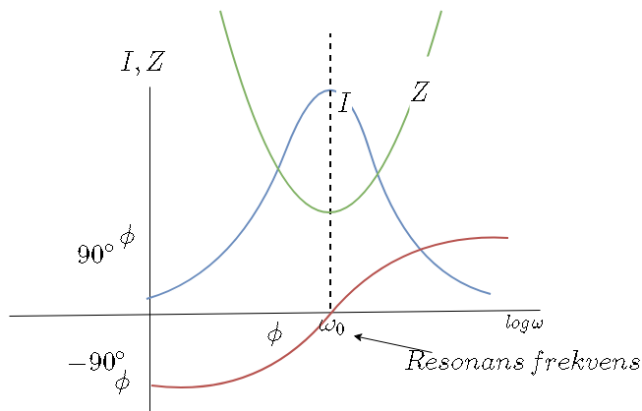
Slenger man opp e over brøkstreken snur fortegnet, slik at,

$$I = (V/|Z|)e^{-i\frac{\pi}{2}} \quad (13)$$

Dette er selvfølgelig ved ideelt tilfelle (antar at motstand er ≈ 0), har man motstand så vil dette påvirke faseforskjellen. I resonansfrekvensen som blir diskutert under så vil man få et spesialtilfelle for fasen der både strømmen og spenningen er i fase. Se **figur(4)** under.

2.6 LC-kretser og resonans

Kobles en kondensator og en spole sammen får man en LC-krets som vist i **figur(3)**. Hvis man her antar at kondensatoren starter fullt oppladet i $t = 0$ så vil det begynne å gå strøm i kretsen. Bruker man **Kirchhoff 2.lov** og lar systemet gå litt for å unngå transient løsning så får man,



Figur 4: Her ser man ved resonans så blir strømmen veldig høy og impedansen er på det laveste.

$$\epsilon_L - V_c = -L \frac{dI}{dt} - \frac{q}{C} = 0$$

Her er ϵ_L den elektromotoriske spenningen fra spolen og V_c er spenningen over kondensatoren. Utrykket $-L \frac{dI}{dt}$ kommer av spolens evne til å lage elektromotorisk spenning i motsatt retning av strømmen, og $\frac{q}{C}$ er spenningen over kondensatoren. Siden man har at $I = \frac{dq}{dt}$ får man tilslutt,

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = 0 \quad (14)$$

Dette er kjent som en harmonisk svigning. Løsningen på denne likningen er egenfrekvensen til systemet. Denne er gitt ved,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (15)$$

Dette er egenfrekvenslikningen hvis man antar ingen indre motstand eller annen motstand i kretsen. Denne gir frekvensen der systemet har sin maksimum strøm og med dette svinge mest naturlig.

2.6.1 Resonans

Hvis man vet kretsen egenfrekvens så kan man påtrykke en spenning som har samme frekvens for å forsterke strømmen, slik man gjør med amplituden til en huske ved å dytte den akkurat i riktig tid. Dette kalles da resonans. Hvis man innsetter resonansfrekvensen inn i impedansmodulen ved seriekopling så får man minimum impedans, og det vil oppstå stor strøm (Slik man ser i **figur(4)**). Legger man inn en seriekoblet motstand her vil dette bremse opp dette. For en parallell kopling vil det oppstå resonans mellom spolen og kondensatoren

slik at det blir stor strøm ute i kretsen mellom disse, men ingen strøm fra spenningskilden fordi den vil være i samme fase som resonanskretsen slik at potensialforskjellen ΔV ut til resonanskretsen vil alltid være null. Hvis vi bruker det vi løste for tidligere i **(2.5)**, i ligning **lign(11)** hvis man nå setter inn den angulære egenfrekvensen ($\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$) vil man få $\theta = 0$ putter man dette inn i **lign(12)** og **lign(13)** så vil $e^0 = 1$ slik at både strøm og spenning er i fase.

2.7 Usikkerhet

Usikkerheter vil oppstå og vi må dermed ta med dette i beregningen. Hvis vi antar at usikkerhetene er lineært uavhengige (tilfeldige feil) så kan vi finne usikkerheten ved

$$\delta w = \sqrt{\left(\frac{\partial w}{\partial x} \delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} \delta y\right)^2 + \dots} \quad (16)$$

Her bruker vi dette for å finne usikkerheten i resonansfrekvensen der vi har usikkerhet i impedans og kapasitans og bruk av **lign(15)**,

$$\frac{\partial f_0}{\partial L} \delta L = -\frac{C}{4\pi\sqrt{(LC)^3}} \delta L$$

og,

$$\frac{\partial f_0}{\partial C} \delta C = -\frac{L}{4\pi\sqrt{(LC)^3}} \delta C$$

og man får da

$$\delta f_0 = \frac{1}{4\pi\sqrt{(LC)^3}} (\sqrt{(C\delta L)^2 + (L\delta C)^2}) \quad (17)$$

Det samme gjøres for den teoretiske impedansen slik at man får,

$$\delta |Z|_{serieT} = 2\pi f (\sqrt{\delta L^2 + \delta C^2}) \quad (18)$$

$$\delta |Z|_{parallelT} = \sqrt{\frac{\omega^2 \delta L^2}{(CL\omega^2 - 1)^4} + \frac{\omega^2 \delta C^2}{(\frac{1}{L\omega} - C\omega)^4}} \quad (19)$$

For **lign(8)** brukes kun relativ usikkerhet fordi her har vi kun en variabel med usikkerhet (Antar at oscilloskopet har så god usikkerhet at den er neglisjerbar). Her brukes da at,

$$\delta q = \frac{\delta r}{|r|} |q|$$

der q er usikkerheten i resultatet, r er en vilkårlig del i ligningen med usikkerhet δr og q er resultatet man fikk ved beregning. Slik at her får man,

$$\delta |Z|_{eksperimentell} = \frac{\delta R}{|R|} \left| \frac{V_{1pp}}{V_{2pp}} R \right| \quad (20)$$

Her brukes ikke noe usikkerhet fra oscilloskopet fordi den er mye mindre enn usikkerheten fra motstanden.

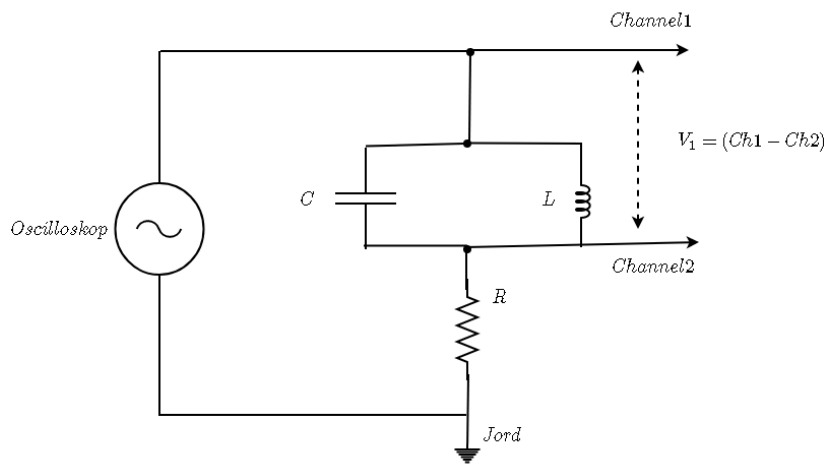
3 Eksperimentelt oppsett og framgangsmåte

Utstyr som var brukt under eksperimentet:

- Oscilloskop
- Kondensator $C = (10.70 \pm 0.13)\text{nF}$.
- Spole $L = (4.46 \pm 0.07)\text{mH}$
- Motstand $R = (0.983 \pm 0.012)\text{k}\Omega$
- Radiosender demonstrasjonoppsett
- Multimeter/RLC meter for måling av komponenter

3.1 Parallellsvingekrets

Her ble induktansen til spolen, kapasitansen til kondensatoren og motstanden til resistoren målt med et RLC-meter, og deretter ble oscilloskopet satt opp. Kretsen ble så satt opp som vist i **figur(5)** under.



Figur 5: Krets med en motstand i serie og kondensator og spole i parallell, her kobles hver ende inn på channel 1 og channel 2 på oscilloskopet. Sinusspenning kommer fra oscilloskopets utgang.

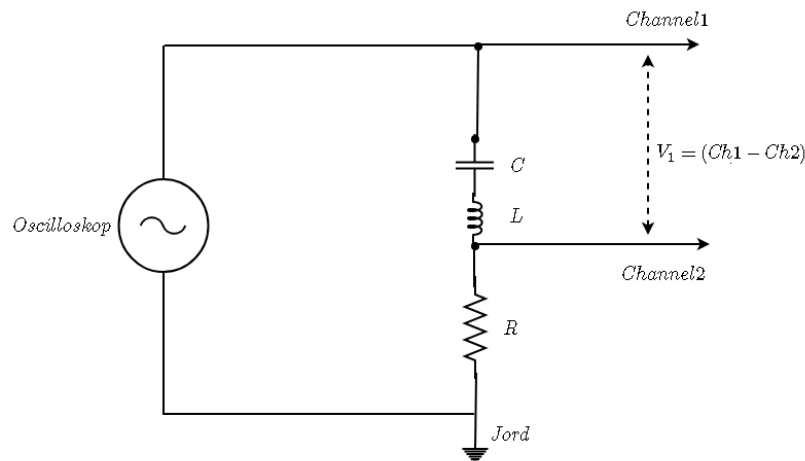
Her ble det brukt matte funksjonen på oscilloskopet for å subtrahere kanal 2 fra kanal 1. Dette blir da målet for spenningen over parallell koblingen. Videre ble **lign(15)** brukt til å finne den teoretiske verdien av resonansfrekvensen. Deretter ble oscilloskopet brukt til å finne den frekvensen hvor strøm og spenning er i fase med hverandre. Der strøm og spenningen er i fase vil man få den

eksperimentelle resonansfrekvensen. Videre ble det lagt press på kondensatoren med en finger slik at man kunne observere hva som skjedde.

Videre ble "peak to peak" spenningen benyttet og spenningen som var målt over kanal 2 som er relatert til strømmen. Med dette brukes Ohms lov slik den er gitt i **lign(8)**. Her ble frekvensen variert der man startet først med frekvens på $1/2f_0$ der f_0 ble funnet med **lign(15)**. Frekvensen ble så økt med 5 kHz per måling, helt opp til $2f_0$ der det ble tatt tettere målinger rundt f_0 . Etter at alle datapunktene hadde blitt skrevet ned ble målingene plottet med impedansen som var gitt ved **lign(8)** på logaritmisk y-akse.

3.2 Seriesvingekrets

Spolen og kapasitansen ble satt opp i serie slik som i **figur(6)**

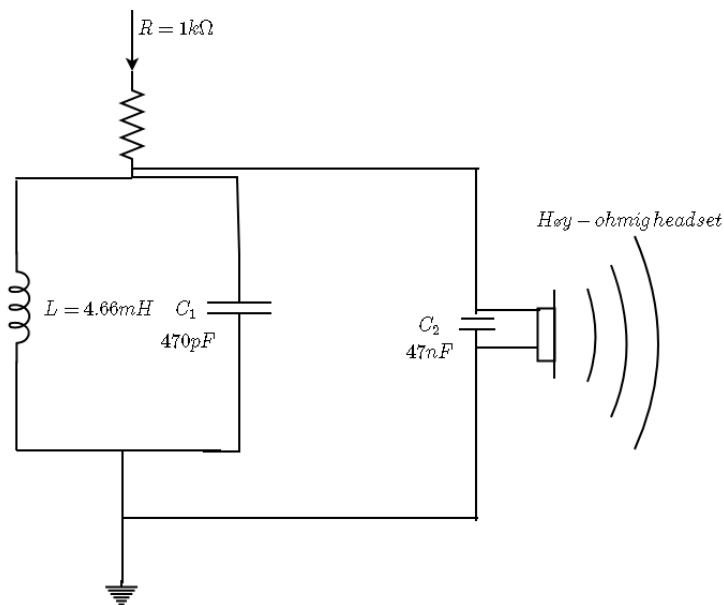


Figur 6: Kondensator, spole og motstand i serie

Her ble målingene gjentatt på samme måte som med parallellkretsen, men her ble det tatt en ekstra måling rundt f_0 . Deretter ble impedansmodulen plottet. Dette plottet er lagt i resultatdelen.

3.3 Bruk av resonanskrets i en langbølgemottaker

Her ble det holdt en demonstrasjon av en AM-radiomottaker. Denne er satt opp etter kretsen som er vist i **figur(7)** under.



Figur 7: Her er kretsen til en enkel radiomottaker bestående av en parallell-resonanskrets, en diode, en kondensator og en høyttaler. Inn fra motstanden kommer antennesignalene inn.

I demonstrasjonen ble det brukt et oscilloskop til å lage et høyfrekvent signal som ble variert i amplitude med et lavfrekvent signal. Deretter ble dette signal sendt inn på motstanden som vist i **figur(7)** over. Videre så ble induktansen i spolen endret ved å dytte inn en ferritt stav til man får samme egenfrekvens som signalet. Da man fikk dette kom det lavfrekvente signalet ut av høyttaleren. Etter dette ble det vist det samme ved å hente inn NRK radio stasjon fra nettet og bruke dette som lavfrekvent signal.

4 Resultater

4.1 Bestemme resonansfrekvensen

Målte komponentene til å være: For motstand, $R = (0.983 \pm 0.012)\text{k}\Omega$, spolens induktans ble målt til, $L = (4.46 \pm 0.07)\text{mH}$ og kondensatoren ble målt til, $C = (10.70 \pm 0.13)\text{nF}$. Her er usikkerheten funnet fra databladet til LCR-Meteret.¹ Ved bruk av **lign(15)** og **lign(17)** for usikkerheten fikk vi,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{10.70 \cdot 10^{-6} \cdot 4.46 \cdot 10^{-3}}} = (23.1 \pm 0.2)\text{kHz}$$

¹<https://webbuilder.asiannet.com/ftp/810/MIC-4070D%20User%20Manual.pdf>

Ved å øke frekvensen litt og litt fant man tilslutt at den eksperimentelle resonansfrekvensen (der strøm og spenning var i fase) var på 23.8kHz.

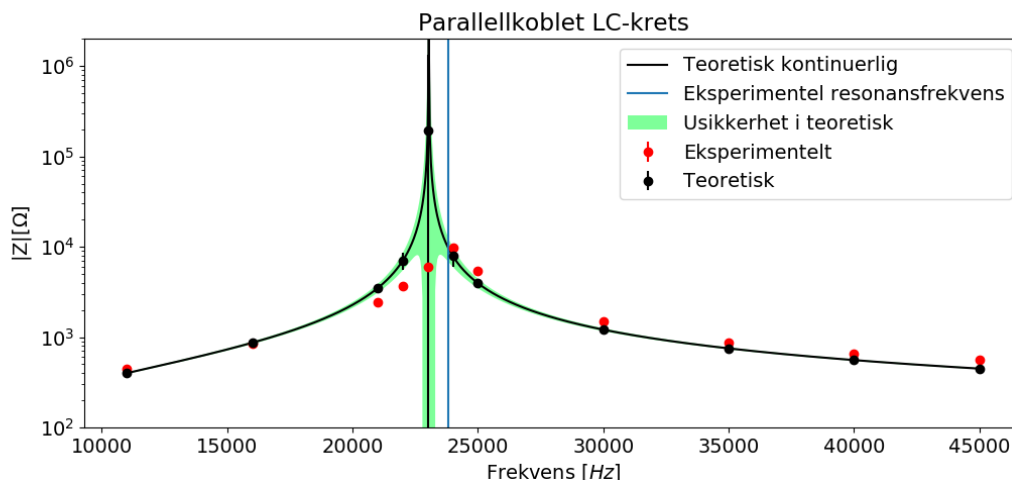
Ved å legge en finger på kondensatoren så økte fasen med 15° .

4.2 Impedansmodulen

I tabellen under er data som ble målt med oscilloskopet, dette ble brukt i **lign(8)** for å plote impedansmodulen vist i **figur(8)**.

Tabell 1: Parallellsvingekrets der V_{1pp} er peak to peak spenningen over resonanskretsen og V_{2pp} er over motstanden.

Frekvens [kHz]	V_{1pp} [V]	V_{2pp} [V]
11	4.2	9.2
16	6.6	7.6
21	9.4	3.8
22	9.6	2.6
23	9.8	1.6
24	10.0	1.0
25	9.8	1.8
30	8.4	5.6
35	6.8	7.6
40	5.6	8.4
45	5.0	8.8



Figur 8: Plot av den parallellkoblet resonanskrets der man har impedans som funksjon av frekvens. Her ser det ut til at den eksperimentelle resonansfrekvensen er forskjøvet mot høyre. Her er det enorm usikkerhet for den teoretiske, men her ser det ut som det kan være systematisk feil fordi den seriekoblede har samme forskyvning. Ligning 19 ble brukt for usikkerheten i den teoretiske modellen.

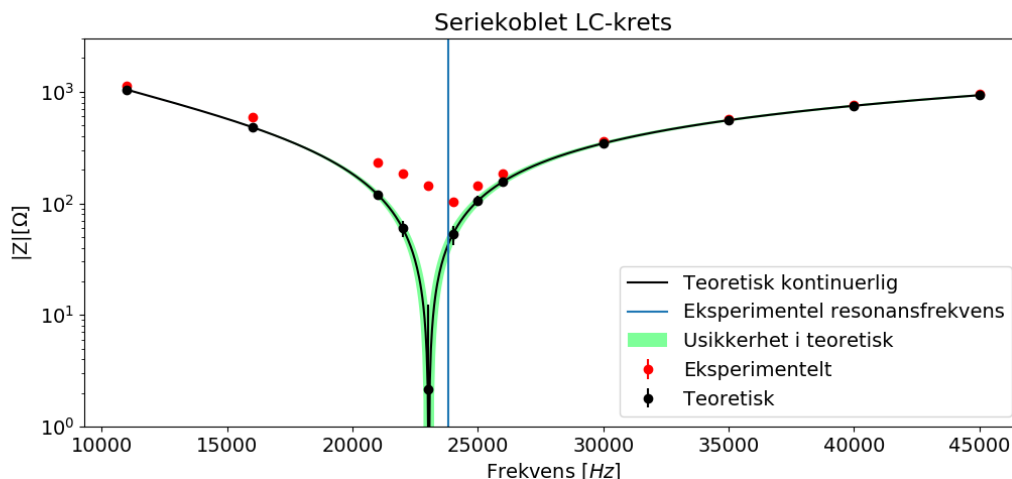
4.3 Seriesvingekrets

Videre er målinger for en seriekoblede krets lagt inn i tabellen under.

Tabell 2: Seriesvingekrets, V_{1pp} er peak to peak spenningen over resonanskretsen og V_{2pp} er over motstanden.

Frekvens [kHz]	V_{1pp} [V]	V_{2pp} [V]
11	7.8	6.8
16	5.2	8.6
21	2.2	9.4
22	1.8	9.6
23	1.4	9.6
24	1.0	9.6
25	1.4	9.6
26	1.8	9.6
30	3.4	9.2
35	5.0	8.6
40	6.2	8.0
45	7.0	7.2

I figuren under er plott av teoretisk og eksperimentell impedans,



Figur 9: Plot av den seriekoblet resonanskrets der man har impedans som funksjon av frekvens.

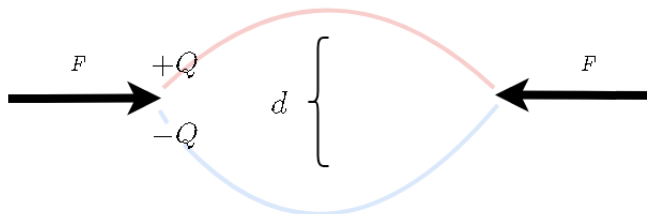
5 Diskusjon

Eigenfrekvensen til parallellkoblingen ble beregnet til $f_0 = (23.1 \pm 0.3)\text{kHz}$, her forventet vi da at strøm og spenningen skulle være i fase. Derimot da vi satte oscilloskopet til denne frekvensen var man fortsatt en del ifra. Som man ser fra **figur(8)**. Da vi skrudde frekvensen videre opp fant vi tilslutt der strømmen og spenningen var i fase(og da på resonansfrekvensen) denne frekvensen var på $f_0 = 23.8\text{kHz}$. Dette var noe høyere enn den som var beregnet. Grunnen til det kan være at vi kun har brukt det ideelle tilfelle der det ikke er noen indre motstand i verken kondensatoren eller spolen. Dermed vil ikke utledningen man brukte for å komme frem til **lign(15)** ikke nødvendigvis holde. Eller så kan det være en systematisk feil som ikke ble oppdaget eller tatt høyde for. Indre motstand i komponentene vil også endre fasen ved **lign(11)** hvis det blir tatt med indre motstand i beregningen. Videre la vi finger på kondensatoren, her skiftet fasen seg med 15° . Grunnen til dette er at kapasitansen i kondensatoren endra seg da det ble dyttet ned på den. For å forstå dette må vi se nærmere på oppbygningen til kondensatoren. Henter man frem **lign(3)**, som er gitt ved ligningen under,

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d}$$

ser man at hvis man endrer distansen mellom platene vil kapasitansen også

endre seg. Ved å se på den skisserte kondensatoren i **figur(2)** så vil man naturligvis skjønne at ved å presse på den kan platedistansen endres. Da det ble lagt press på kondensatoren forskjøv fasen seg med 15° slik at resonansfrekvensen økte og kapasitansen minket. Dette kommer av at da man presset ned på kondensatoren så bøyde platene seg utover slik vist i **figur(10)** under.



Figur 10: Her blir en kraft utøvd på hver side av kondensatoren som bøyer platene litt utover slik at distansen d øker, og dermed minker kapasitansen.

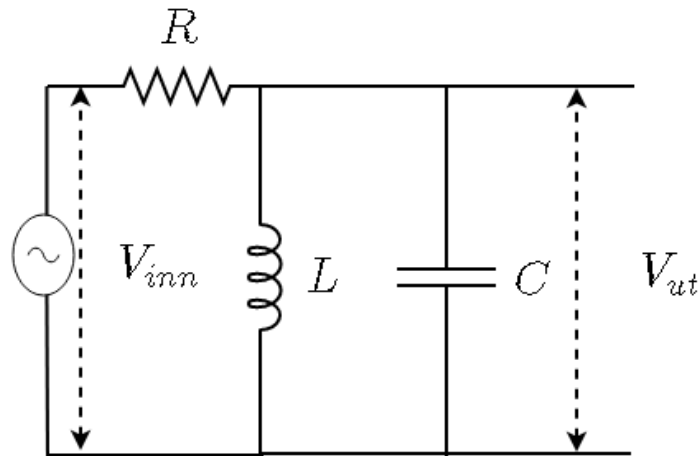
Dette kan da også være feilkilde til hvorfor resonansfrekvensen ble større enn beregnet, dette fordi kapasitansen ble lagt inn på inngangene på oscilloskopet og strammet til, dette kunne ha vært nok til å endre platene slik at kapasitansen minket.

Videre målte vi spenningen med oscilloskopet over motstanden og over parallellkoblingen for å beregne impedansen med **lign(8)**. Her endret vi frekvensen fra $1/2f_0$ og opp til $2f_0$. Som man ser på plottet i **figur(8)** for parallellkobling så øker impedansen når frekvensen nærmer seg egenfrekvensen. Grunnen til dette er at det blir resonans i den parallelle kretsen med samme fase som den eksterne spenningskilden slik at det ikke vil være noe potensialforskjell fra spenningskilden og ut i kretsen, slik at kretsen kan ses på som en åpen krets. I den parallelle resonanskretsen vil det gå en strøm med strøm og spenning i fase mellom kondensatoren og spolen. Den teoretiske verdien er noe lavere enn den eksperimentelle, dette skyldes at vi går utifra ideelle komponenter (uten noen indre motstand). Dette vil selvfølgelig ikke være tilfelle i virkeligheten, slik at en liten indre motstand R_i i komponentene vil forskyve egenfrekvensen litt.

Det samme forsøket ble utført med komponentene i serie, dette er koblet opp etter **figur(6)**. Her ser man i plottet i **figur(9)** at impedansen her går mot null. Dette er i stikk motsatt med det vi fikk for parallellkoblingen. Her vil altså spenningen og strømmen også være i fase, men her vil det gå strøm igjennom hele kretsen slik at det nå blir en kortslutning i kretsen. Her vil dermed strømmen igjennom spenningskilden bli veldig høy, istedet for kun lokalisert ute i den parallelle kretsen.

Noe som er svært anvendbart med dette er i bruk av filtre. Hvis man ser på spenningskilden som antennesignaler med en bestemt frekvens så kan man filtrere ut eller hente ut forskjellige frekvenser ved å endre resonansfrekvensen ved å for eksempel endre induktansen i en spole. I **figur(11)** under har vi et filter der

induktans og kapasitans er koblet i parallel.

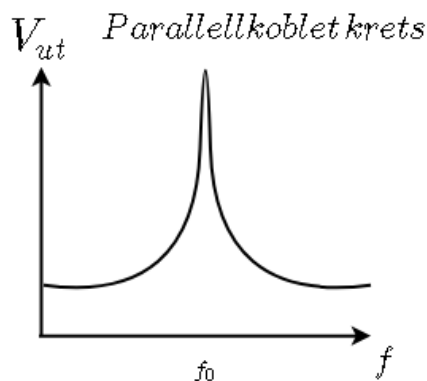


Figur 11: Induktans og kapasitans i parallel, signal kommer inn fra venstre som har samme frekvens som egenfrekvensen til systemet.

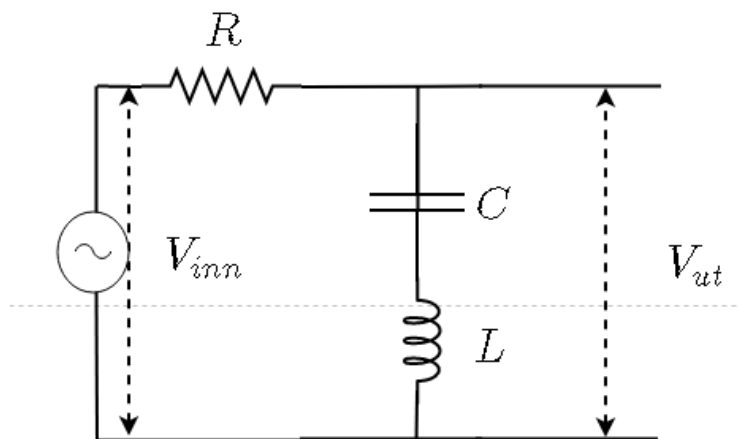
Som vist tidligere vil en påtrykt spenning (for eksempel radiosignal) som er i samme frekvens som egenfrekvensen til systemet vil det skape resonans. I parallellkoblet resonanskrets vil impedansen bli veldig stor, slik at ved Kirchoffs 2. lov vil alt spenningsfall foregå over denne kretsen og dermed kommer det spenning ut til eventuelt en høyttaler. I **figur(12)** under ser man hvordan spenningen ut av kretsen øker ved resonansfrekvensen. Dette kan man da bruke til å hente et signal man vil ha inn ved å endre på resonansfrekvensen kretsen til det signalet man vil ha. Dette kan gjøres ved å endre på induktansen til spolen med en ferritstav.

Seriekoblingen kan også anvendes til det samme, men på en annen måte, i **figur(13)** under er oppsettet til et slikt filter.

I **figur(14)** under er plott av spenningen ut. Fordi impedansen går mot null i seriekobling ved resonans vil overgangen mellom kondensator og spole kortslutte og hele spenningsfallet vil være over motstanden, og det vil da ikke være noe spenning med ut. Derfor kan dette brukes til å fjerne signaler med denne frekvensen.

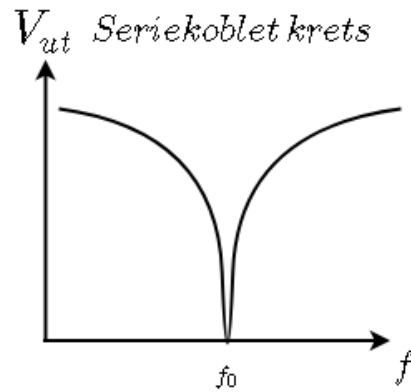


Figur 12: Spenningen ut øker når det nærmer seg egenfrekvensen til systemet. Her kan man f.eks velge å ta ut signal man ønsker ved å endre på egenfrekvensen til det området.

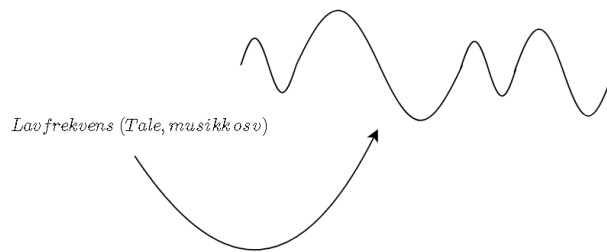


Figur 13: Induktans og kapasitans i serie, signal kommer inn fra venstre som har samme frekvens som egenfrekvensen til systemet.

I demonstrasjonen av en AM-radiomottaker ble dette brukt i praksis. Her har man kretsen satt opp etter **figur(7)**. Her kommer en høyfrekvens inn på motstanden. Denne frekvensen kan være en radio stasjon eller noe annet man vil ta inn. I dette høyfrekvente signalet er det modulert slik at det har med seg frekvenser som mennesket kan høre(slik som tale og musikk som har lav frekvens). Se **figur(15)** under.

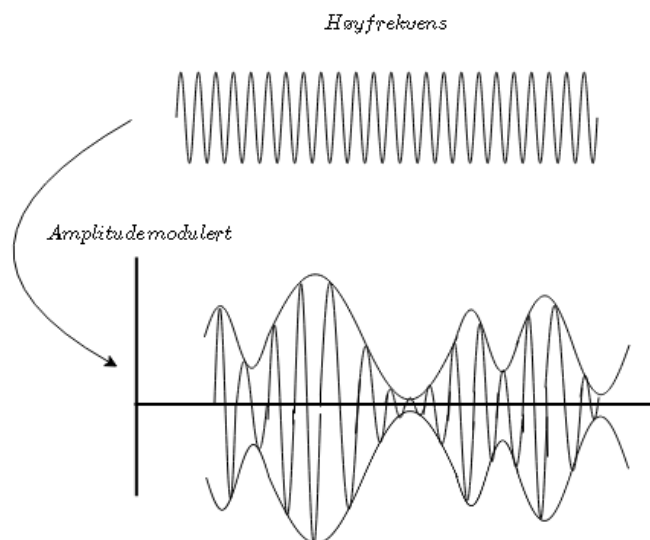


Figur 14: Spenningen ut minker når det nærmer seg egenfrekvensen til systemet. Her kan man f.eks velge å fjerne det signalet man ikke ønsker ved å endre på egenfrekvensen til det området.



Figur 15: Lavfrekvens som inneholder informasjon som man kan høre, dette pakkes inn i et høyfrekvenssignal slik at det kan nå lange distanser.

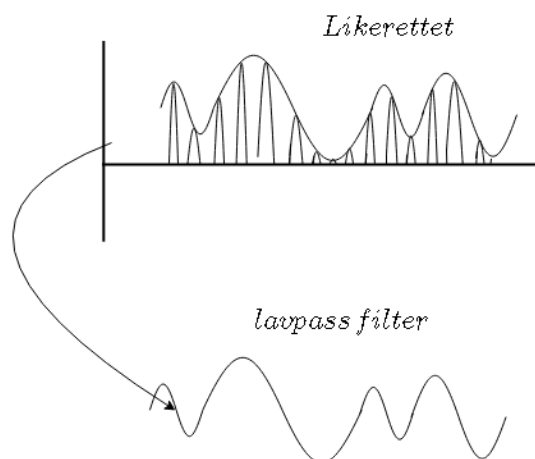
Her vil da det høyfrekvente signalet moduleres slik at amplitudene har samme tidsutvikling som det lavfrekvente slik som vist **figur(16)**.



Figur 16: Her pakkes det lavfrekvente signalet inn i den høyfrekvente, slik at vi har samme frekvens, men ulik amplitude. Herfra kan man da hente ut dette signalet ved å finne denne frekvensen med radiomottakeren.

Parallellkretsen med spole og kapasitans vil som tidligere vist vil flytte spenningen over denne kretsen ved resonans, slik hvis man "tuner" inn på en resonansfrekvens så vil det nå være potensialforskjell over headsettet. En diode(like retter) er plassert i serie før headsettet slik strømmen kun kan gå i en retning. Her klippes dermed halve det modulerte signalet slik at man kan ta snittet av signalet. Her vil det høyfrekvente signalet gå igjennom kapasitansen (som fungerer som et lav pass filter) mellom headsettet, og da blir det et spenningsfall som midler signalet (tar effektivverdien) slik at det lavfrekvente signalet kommer ut til høyttaleren som vist i **figur(17)**. Dette kommer av at kondensatoren trenger tid til å lade seg ut og opp. Denne tregheten gjør at man kan hente ut frekvensen ved hjelp av amplitudene til signalet.

For andre frekvenser vil det være mindre motstand igjennom parallellkoblingen slik at dette ikke kommer ut av høyttaleren.



Figur 17: Her er det modulerte signalet klippet av likeretteren og deretter er det lavfrekvente midla ut over kondensatoren.

6 Konklusjon

I dette forsøket ble egenfrekvensen til en LC krets funnet ved å måle spenning over en kjent motstand i serie og spenningen over LC-kretsen. Her fikk vi da $f_0 = (23.1 \pm 0.2)\text{kHz}$. Men da vi satte spenningskilden til denne frekvensen var man fortsatt litt unna resonansfrekvensen. Ved å sette opp frekvensen ytterligere fant vi den til å være $f_0 = 23.8\text{kHz}$, grunnen til at den var noe forskjøvet (rundt 3%) kan være fordi den teoretiske egenfrekvensen er beregnet med utgangspunkt i ingen indre motstand slik at ligning som ble brukt ikke var gyldig lenger. Eller så kunne det ha vært at kondensator platene ble klemte litt sammen når vi stramma fast kondensator beina til oscilloskop inngangene. Videre hadde man at spenningen minket over motstanden hvor nærmere resonansfrekvensen man kom i parallell resonanskrets. Dette skyldes at hele spenningsfallet skjer over den parallell resonanskretsen og for seriekoblet resonanskrets var det omvendt. Her var det lite spenningsfall over LC kretsen og stort over motstanden. Dette skyldes at impedansmodulen blir nær null i serie. Disse kan anvendes i teknologi slik som radio ved å bruke dem som filtre. Parallellkoblet resonanskrets kan brukes til å hente ut en spesifikk frekvens man ønsker, og en seriekoblet resonanskrets kan filtre vekk.

A Appendix

B Referanser

<https://webbuilder.asiannet.com/ftp/810/MIC-4070D%20User%20Manual.pdf>, Hentet 20.04.2018