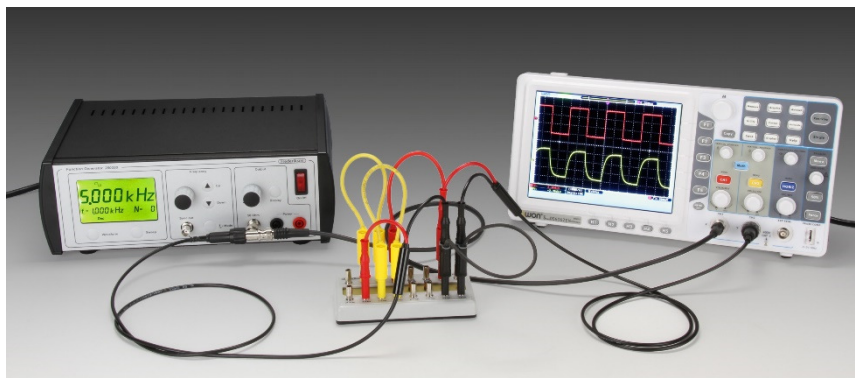


Nummer	136330	Emne	Vekselstrøm / elektronik	Foreslået til	gymA	p.	1/4
Version	2017-01-18 / HS	Type	Elevøvelse				



420600

Formål

Via udmåling af resonansfrekvenser bestemmes induktansen af spoler – enkeltvis samt i serie- og parallelforbindelse.

Princip

Faseresonansfrekvensen bestemmes vha. oscilloskopet i XY-mode.

Apparatur

LCR-kredsløb 420600 indeholder følgende komponenter:

- Resistorer (modstande):
24,9 k Ω – 3,3 k Ω – 1,0 k Ω – 1,0 k Ω (1 %)
- Induktorer (spoler):
4,7 mH – 1,8 mH (5 %)
- Kapacitorer (kondensatorer):
2,2 nF – 1,0 nF (1 %)

Komponenterne er monteret med bøsninger for ledninger med sikkerhedsstik.

Resistorerne og kapacitorerne kan alle tåle at tilsluttes mindst 24 V DC eller AC kontinuert. Induktorerne tåler en strøm på maksimalt 200 mA kontinuert. Ingen af disse grænser overskrides i de opstillinger, som indgår i denne vejledning.

Forbindelserne til funktionsgenerator og oscilloskop kan med fordel ske med et specielt skærmet kabel (fra BNC-stik til sikkerhedsstik, varenummer 110002 – 2 stk.), mens forbindelsen mellem funktionsgenerator og oscilloskop kan udføres med et almindeligt coax-kabel (BNC til BNC, varenummer 110025).

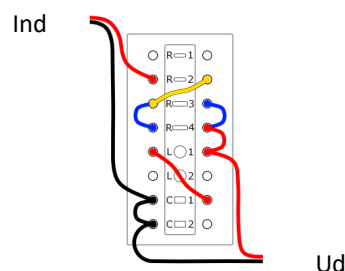
Da sikkerhedsstikkene på kablet 110002 ikke er af stabeltypen, skal disse kabler forbindes som det sidste i opstillingerne.

Af og til vil der mangle et sted at placere en nulleder – det kan klares med en ekstra 25 cm sikkerhedsledning, som evt. kan placeres i en ubenyttet bøsning som vist på eksemplet til højre. (Komponenter, som kun har det ene ben forbundet, er ikke en del af kredsløbet.)

Skitserne i vejledningerne 136310 til 136350 anvender alle følgende farver:

- Rød: Signalvej
- Sort: Nul
- Blå: Parallelforbindelse af komponenter
- Gul: Serieforbindelse af komponenter

Kredsløbets indgang er i alle tilfælde tegnet til venstre, udgangen til højre.



Måleprincip, resonansfrekvens

Indgangs- og udgangssignalet for et kredsløb med kapacitorer eller induktorer vil ikke generelt svinge i takt (være i fase).

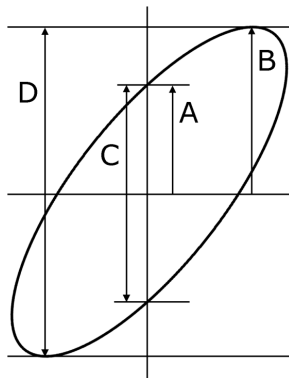
Vi vil definere *resonansfrekvensen* f_0 for en LCR svingningskreds eller filter som den frekvens, hvor indgangsspænding og -strøm er i fase. (Mere præcist kaldes denne frekvens for *faseresonansfrekvensen*.)

I måleopstillingen på næste side vil u_1 og u_2 have en faseforskel på 0° ved frekvensen f_0 .

(Ved f_0 er strømmen i fase med spænding u_1 , og spændingsforskellen $u_1 - u_2$ er proportional med strømmen – ergo er u_2 også i fase med u_1 .)

Når oscilloskopet sættes i XY mode, og de to indgange tilføres sinusformede signaler med samme frekvens, vil skærbilledet være en ellipse – evt. som specialtilfælde en ret linje eller en cirkel. Faseforskellen φ mellem de to signaler bestemmes ved at aflæse afstandene C og D (eller A og B) på skærmen – se figuren herunder.

(Måling af A og B kræver, at man er omhyggelig med at y-signalet har korrekt 0-punkt.)

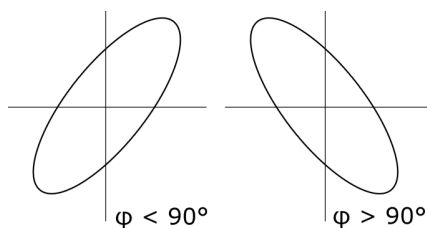


Der gælder følgende:

$$\sin(\varphi) = \frac{A}{B} = \frac{C}{D}$$

Hvis faseforskellen bliver større end 90° , vil ellipsens storakse dreje fra 1. og 4. kvadrant over i 2. og 3. kvadrant – se figur herunder.

For $\varphi = 90^\circ$, bliver ellipsen symmetrisk om y-aksen.



En faseforskel på 0 eller 180° giver en ret linje – hhv. voksende eller aftagende. (For større faseforskelle end 180° vil man igen se en ellipse, og holder man hovedet

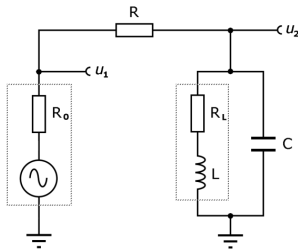
koldt, kan værdien stadigvæk bestemmes. Så store faseforskelle vil vi dog ikke opleve i denne øvelse.)

Da fasen kan opfattes som en vinkel, anvender man ofte betegnelsen *fasedrejning* frem for faseforskel.

Begge signaler er sinusformede, så 50Ω -udgangen på funktionsgenerator 250350 benyttes.

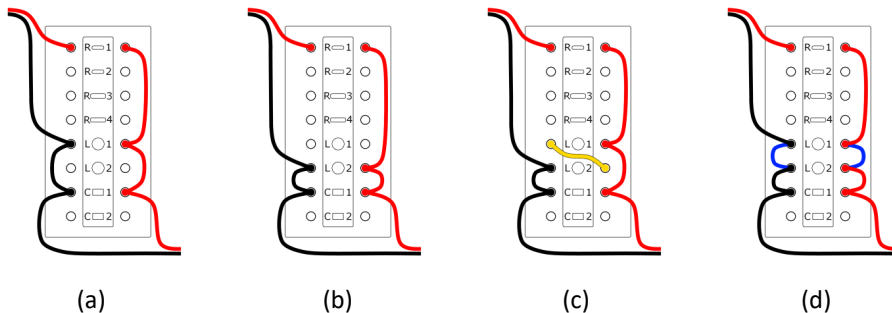
Parallelsvingningskredsen – måling af induktans

En svingningskreds, bestående af en induktor L (med indre resistans R_L) og en kapacitor C , fødes som vist fra en funktionsgenerator gennem en resistor R . Funktionsgeneratorens $50\ \Omega$ -udgang benyttes.



Med de komponenter, som vi anvendes her, gælder det med særdeles god tilnærmelse, at maksimal impedans og et fasedrej på 0° optræder ved samme frekvens f_0 , givet ved

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$



Denne frekvens kan bestemmes ret præcist.

Og da de benyttede kapacitorer i 420600 har en tolerance på 1 %, kan formlen bruges til at finde den præcise størrelse af L .

Her vil vi anvende $C = 2,2\ \text{nF}$ og $R = 24,9\ \text{k}\Omega$.

Udgangssignalet u_2 vil være meget lille, når frekvensen er langt fra f_0 . Men hvis frekvensen skrues op med jævn hastighed, er det ikke så svært at finde det interessante område, der skal undersøges nærmere.

Gennemfør målingerne og beregn de nøjagtige induktanser for de to induktorer L_1 (nominelt 4,7 mH) og L_2 (nominelt 1,8 mH) – figur (a) hhv. (b).

Bestem også induktansen af hhv. serie- og parallelkoblingen af L_1 og L_2 – figur (c) hhv. (d).

Sammenlign de målte induktanser for L_1 og L_2 med de opgivne værdier.

Sammenlign induktanserne for serie- og parallelkoblingen med de teoretiske værdier. NB: brug **de målte værdier** for af L_1 og L_2 i disse beregninger.

Teori

Resonansfrekvensen (faseresonansfrekvensen) er med særdeles god tilnærmelse givet ved

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

Seriekobling af induktorer:

$$L = L_1 + L_2$$

Parallelkobling af induktorer:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}}$$

Databehandling

De få beregninger der er, udføres nemt på en lommeregner eller med et matematikprogram

Diskussion og evaluering

Prøv at beskrive svingningskredsens opførsel i ord, herunder betydningen af resonansfrekvensen.

Sammenlign de opgivne og de målte værdier af hhv. L_1 og L_2 . Er der afvigelser? Kan disse evt. blot skyldes tolerancen (5 %) på spolerne?

Sammenlign de teoretiske og målte værdier for serie- og parallelkoblingerne. Er der afvigelser? Har komponenternes tolerance nogen betydning her?

Noter til læreren

Benyttede begreber

Resonansfrekvens
Serieforbindelse
Parallelforbindelse
Svingningskreds

Matematiske forudsætninger (Trigonometriske funktioner)

Om apparaturet

1 k Ω resistorerne tåler 1 W.
Øvrige resistorer 0,6 W.
(Disse effekter overstiges ikke ved anvendelse af almindelige 0-24 V strømforsyninger.)
Kapacitorerne tåler mindst 250 V.
Spolerne har en maksimal strømstyrke på 240 mA (4,7 mH) hhv. 210mA (1,8 mH).
Da spolerne er viklet på ferritkerne, vil der optræde et mætningsfænomen, hvor induktansen falder med voksende strøm. For at minimere denne effekt, anbefaler vi, at spidsstrømmen holdes under 200 mA.

Didaktiske overvejelser

Disse målinger kan med fordel kombineres med eksperimenterne i 136340 LCR Båndpas- og båndstopfiltre.

Arbejder man også med 136350 LCR lavpasfiltre, er det vigtigt at bemærke de to *forskellige* værdier for faseforskellen (målt på oscilloskopet), som indikerer resonans: I denne øvelse aflæses spændingen u_2 over hele svingningskredsen – i 136350 måles over en kapacitor.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

420600 LCR-opstilling

Større udstyr

250350 (eller 250250) Funktionsgenerator

400150 Oscilloskop, digitalt 60 MHz
eller

400100 Oscilloskop, PC, 60 MHz

Standard laboratorieudstyr

110002 Kabel, BNC – to sikkerhedsstik (2 stk.)
111100 BNC T-stykke
110025 Coaxkabel HQ 100 cm BNC/BNC 50 Ohm
105710 Sikkerhedskabel 25cm, sort
105711 Sikkerhedskabel 25cm, rød (2 stk.)
105712 Sikkerhedskabel 25cm, gul
105713 Sikkerhedskabel 25cm, blå (2 stk.)

Reklamationsret

*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.
Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside