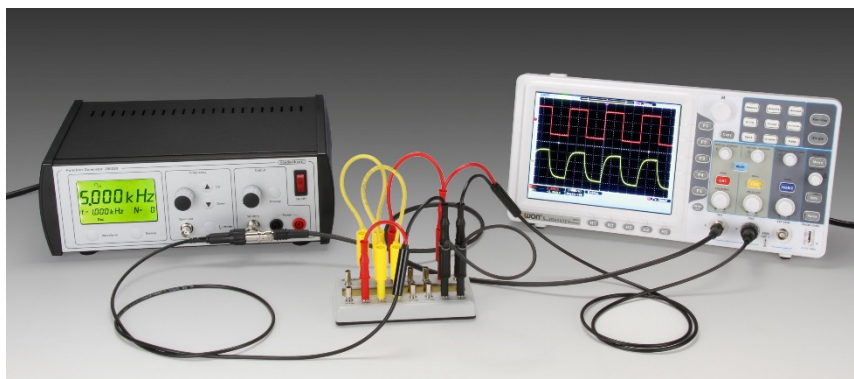


Nummer	136340	Emne	Vekselstrøm / elektronik	Foreslået til	gymA	p.	1/4
Version	2017-01-18 / HS	Type	Elevøvelse				



420600

Formål

Opførslen af LCR båndpas- og båndstopfiltre undersøges gennem udmåling af frekvensgang for en række af disse.

Princip

Centerfrekvensen (faseresonansfrekvensen) bestemmes vha. oscilloskopet i XY-mode.

Frekvensgang: Amplituden af et sinusformet signal måles før og efter passage af filteret. Forholdet mellem de to amplituder afbildes grafisk med logaritmisk frekvensakse.

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 BNC T-stykke og et almindeligt coax-kabel (BNC til BNC, varenummer 110025).

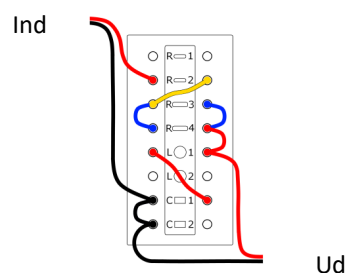
Da sikkerhedsstikkene på kablet 110002 ikke er af stabeltypen, skal disse kabler forbindes som det sidste i opstillingerne.

Af og til vil der mangle et sted at placere en nulleleder – 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:

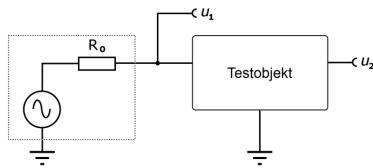
- Rød: Signalvej
- Sort: Nul
- Blå: Parallelforbindelse af komponenter
- Gul: Serieforbindelse af komponenter

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



Måleprincip, frekvensgang

Opstillingen herunder viser funktionsgeneratoren tilsluttet et testobjekt, f.eks. et filter.



Signalerne på filterets ind- og udgang betegnes hhv. u_1 og u_2 .

Signalet fra generatoren skal være sinusformet. Tegningen viser eksplicit, at generatoren har en udgangsimpedans, som her er 50Ω , da vi benytter den normale udgang.

De to spændinger iagttages på et oscilloskop. Med et moderne digitaloscilloskop kan man direkte aflæse spændingernes størrelse. Hvis ikke dette er muligt, kan man måle peak-to-peak spændingen på skærmen. (Det er ikke nødvendigt at omregne til f.eks. effektivspændingen – blot man fastholder samme type spændingsangivelse hele vejen.)

Når begge spændingerne u_1 og u_2 måles som funktion af frekvensen f , kan måleobjektets frekvenskarakteristik bestemmes som

$$A(f) = \frac{u_2}{u_1}$$

Pointen er her, at ved at se på *forholdet* mellem spændingerne, er det underordnet, om størrelsen af u_1 skulle variere lidt på grund af et spændingsfald over R_0 .

Grafen for A afbildes ofte i et dobbeltlogaritmisk koordinatsystem.

Et *båndpasfilter* er et kredsløb, der tillader passage af signaler med frekvenser, som ligger i et interval omkring en given *centerfrekvens*, mens øvrige signaler dæmpes.

Filterets *båndbredde* er længden af frekvensintervallet, målt mellem de frekvenser, hvor amplituden er faldet med en faktor $1/\sqrt{2}$ dvs. til ca. 70,7 % i forhold til maksimum.

Et *båndstopfilter* virker lige modsat.

Alle filtre vil i praksis have en mere eller mindre blød karakteristisk; der bliver ikke pludseligt "lukket af" ved en bestemt frekvens.

Måleprincip, resonansfrekvens

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*.)

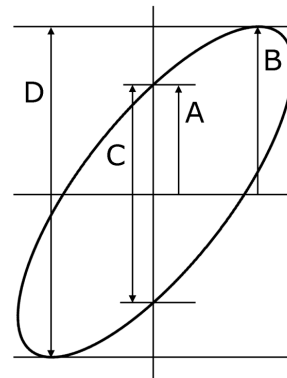
I måleopstillingerne på næste side, vil u_1 og u_2 have en faseforskel på 0° ved frekvensen f_0 .

(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.

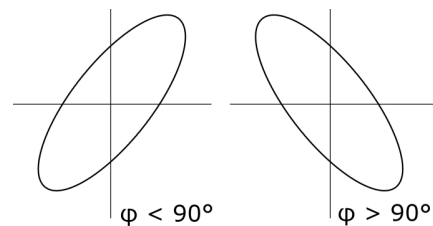
(Måling af A og B kræver, at man er omhyggelig med at y-signalet har korrekt 0-punkt.)



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.



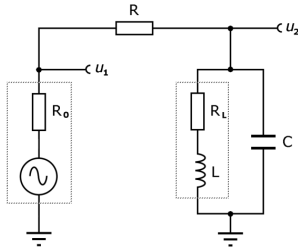
En faseforskel på 0 eller 180° giver en ret linje – hhv. voksende og aftagende. (For større faseforskelle end 180° vil man igen se en ellipse, og holder man hovedet koldt, kan værdien stadigvæk bestemmes. Så store faseforskelle vil vi dog ikke opleve i denne øvelse.)

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.

1) Båndpasfiltre – måling af frekvensgang

En svingningskreds, bestående af en induktor L (med serieresistans R_L) og en kapacitor C , fødes som vist fra en funktionsgenerator gennem en resistor R . Da vi måler den faktiske størrelse af den sinusformede spænding u_1 , skal R_0 ikke betragtes som en del af filteret. Funktionsgeneratorens $50\ \Omega$ -udgang benyttes.



Parallelsvingningskredsen har et impedansmaksimum ved resonans; opstillingen vil dæmpe signaler, hvis frekvens ligger langt fra resonansfrekvensen. Opstillingen kaldes et båndpasfilter.

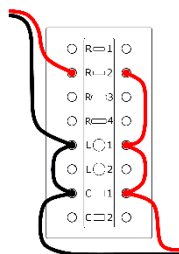
Vælg $R = 3,3\ \text{k}\Omega$, $L = 4,7\ \text{mH}$ ($R_L \approx 9\ \Omega$) og $C = 2,2\ \text{nF}$. Figur (a).

Gennemfør nedenstående måleprogram:

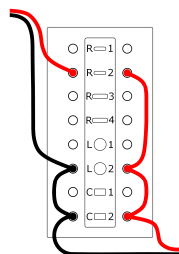
Bestem f_0 , hvor fasedrejningen er 0° .

Mål med oscilloskopet indgangsspændingen u_1 og udgangsspændingen u_2 ved f_0 samt ved følgende frekvenser: 5, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 75, 100, 110, 130, 150, 200, 300 kHz

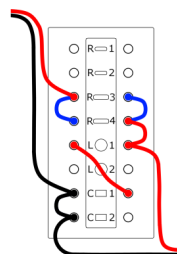
Plot u_2/u_1 som funktion af frekvensen. Benyt en logaritmisk frekvensakse. Kommentér udseendet.



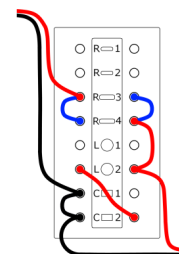
(a)



(b)



(c)



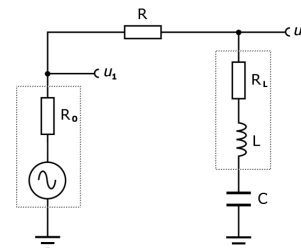
(d)

Gentag måleserien, nu med $L = 1,8\ \text{mH}$ ($R_L \approx 3\ \Omega$) og $C = 1,0\ \text{nF}$. Figur (b).

(Har I ekstra tid, så prøv at gentage med $R = 24,9\ \text{k}\Omega$.)

2) Båndstopfiltre – måling af frekvensgang

Seriesvingningskredsen har et impedansminimum ved resonans; opstillingen vil dæmpe signaler, som ligger tæt på resonansfrekvensen. Opstillingen kaldes et båndstopfilter.



Vælg $R = 500\ \Omega$ (opnås ved parallelkobling af to stk. $1\ \text{k}\Omega$.) – se figur (c)

Gennemfør samme måleprogram som for båndpasfiltrene.

Mål først med $L = 4,7\ \text{mH}$ ($R_L \approx 9\ \Omega$) og $C = 2,2\ \text{nF}$. Figur (c).

Gentag med $L = 1,8\ \text{mH}$ ($R_L \approx 3\ \Omega$) og $C = 1,0\ \text{nF}$. Figur (d).

Teori

Centerfrekvensen (faseresonansfrekvensen) er med særdeles god tilnærmelse givet ved

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

Databehandling

Den målte frekvenskarakteristik kan bekvemt afbildes ved at bruge et regneark.

Begge akser sættes til at være logaritmiske. Dette fremhæver nogle pointer omkring filtrenes opførsel.

Det foreslås at bruge ét koordinatsystem til alle måleserier i eksperimentet.

Diskussion og evaluering

Angiv centerfrekvens og båndbredde for filtrene. Prøv at beskrive de to filtertypers opførsel i ord.

Noter til læreren

Benyttede begreber

Frekvenskarakteristik
Centerfrekvens
Båndbredde
Parallelforbindelse
Svingningskreds

Matematiske forudsætninger

Logaritmisk koordinatsystem
(Brug af regneark)

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

Decibel berøres ikke, men kan naturligvis inddrages, om det måtte ønskes. Tilsvarende for Q-værdi.

De to filterkonfigurationer er meget simple og skal på ingen måde opfattes som dækkende dette omfattende emne!

Disse målinger kan med fordel følge efter eksperiment 136330 Svingningskredse.

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 capacitor.

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.)

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