

Practicum Oscilloscoop

Louis Claeys, Ruben Van der Borcht

11 oktober 2021

1 Inleiding

In dit practicum worden de functies en de werking van een oscillator bestudeerd. Met behulp van het toestel verifiëert men de resonantiefrequentie van een RLC -schakeling. Als laatste wordt de fasehoek ϕ tussen de stromen over verschillende takken van een kring berekend via twee verschillende methodes.

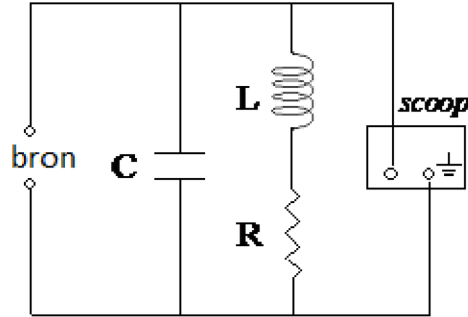
2 Materialen

In deze sectie worden de gebruikte materialen en de onzekerheid die erop zit besproken.

Het centrale instrument van het practicum is de oscilloscoop. De proeven werden uitgevoerd met de analoge oscilloscoop beschikbaar in het labo. Na calibratie is de nauwkeurigheid van dit instrument afhankelijk van op welk niveau de metingen gedaan worden. Om zowel nauwkeurigheid en afleesbaarheid te bereiken werden de metingen telkens uitgevoerd op het niveau met een symmetrische meetfout van $2mV$.

De proeven over de resonantiefrequentie worden uitgevoerd met een weerstand van 100Ω , een spoel van $2,2mH$ en een condensator van $10\mu F$. In de rest van het practicum wordt de fout op de componenten door resolutie verwaarloosd omdat die veel kleiner is dan de nauwkeurigheidsfouten. Met enkele verbindingssnoeren en een verbindingspaneel worden de verschillende componenten aaneengeschakeld tot een RLC -kring. Eén van de snoeren was ook voorzien van een krokodillenklem om verbinding te maken met de calibratoruitgang van de oscilloscoop.

De frequentiegenerator genereert wisselspanning met een regelbare frequentie en amplitude. Men kan kiezen voor een frequentie tussen $1Hz$ en $1MHz$. Het toestel dat in dit onderzoek gebruikt werd, is voorzien van enkele drukknoppen om de grootte-orde van de frequentie te kiezen ($1Hz, 10Hz, \dots$). Met een draaiknop kan men binnen de grootte-orde de frequentie preciezer afstellen (tot op $1/20$ van de grootte-orde). De resolutie op de draaiknop is $1/40$ van de grootte-orde. Omdat het lijntje dat de frequentie aanduidt handmatig was getekend en de frequentie dus moeilijk nauwkeurig af te lezen was, werd geopteerd voor een systematische fout van $1/10$ van de grootte-orde (dus $0,1Hz$ op een meting in de orde van $1Hz$, $0,1kHz$ op een meting in de orde van $1kHz$, etc.). De nauwkeurigheid δ wordt daarbij opnieuw verwaarloosd.



Figuur 1: Een schematische voorstelling van het circuit uit proef 3. Hierbij zijn R de weerstand, L de spoel en C de condensator.

3 Methoden en Resultaten

In deze sectie methoden en de bijhorende resultaten per proef opgelijst.

3.1 Proef 1

De ingang en de calibratoruitgang van de oscilloscoop worden verbonden via een snoer met krokodillenklems. Op de oscilloscoop verschijnt er een blokgolf met een spanning van $(0,52 \pm 0,03)V$ en een periode van $(16,8 \pm 0,4)ms$. Dit komt overeen met een frequentie $(59,5 \pm 1,4)Hz$. Indien het toestel op DC-modus wordt geplaatst, dan heeft de golf op het scherm een amplitude van $(0 \pm 1)mV$ en vertoont de golf een streepjespatroon met dezelfde periode als het AC-patroon.

3.2 Proef 2

De generator wordt rechtstreeks via twee snoeren met de oscilloscoop verbonden om het signaal te meten dat de generator produceert. Als de generator wordt ingesteld op een frequentie $f_{gen} = (1,00 \pm 0,05)kHz$, dan geeft de oscilloscoop een sinusgolf een amplitude van $(6,00 \pm 0,25)V$ weer. De golf heeft een periode T van $(0,88 \pm 0,02)ms$, zodat de berekende frequentie $f_{ber} = (1,34 \pm 0,03)kHz$ is. Als de oscilloscoop terug op DC-modus wordt geplaatst, dan ziet men een blokgolf met dezelfde frequentie als in AC-modus en amplitude $(0 \pm 1)mV$.

3.3 Proef 3

Voor het bepalen van de resonantiefrequentie werd volgende methode gebruikt: eerst zoekt men kwalitatief naar de frequentie die maximale amplitude weergeeft op de oscilloscoop. Vervolgens wordt de trigger juist bij het maximum van de sinusgolf geplaatst. Indien het signaal verdwijnt bij kleine veranderingen in frequentie in beide richtingen, dan is de resonantiefrequentie bereikt. Indien niet wordt de procedure herhaald bij de naburige frequentie die de trigger nog overschrijdt.

Voor deze proef wordt het circuit van afbeelding Figuur 1 opgesteld. De resonantiefrequentie werd vijfmaal bepaald zoals eerder beschreven, en bij elk van de vijf metingen werd een resonantiefrequentie f_0 van $(1,05 \pm 0,05)kHz$ gevonden. Dan is de gemiddelde frequentie $\bar{f}_0 = (1,05 \pm 0,05)kHz$ met $\Delta_{sys} = 0,10kHz$ en $\Delta_{stat} = 0kHz$.

3.4 Proef 4

Dezelfde spoel, condensator en weerstand worden gebruikt, maar ditmaal in de opstelling van afbeelding Figuur 2. De meetresultaten staan in Tabel 1 opgelijst en worden grafisch weergegeven in Figuur 3. De fout op $\phi = \arcsin\left(\frac{OA}{OB}\right)$ wordt telkens gegeven door 1 standaardafwijking, waarbij volgende berekening werd uitgevoerd (noteer a voor OA en b voor OB):

$$s_\phi = \sqrt{\left(\frac{\partial\phi}{\partial a}\right)^2 s_a^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial b}\right)^2 s_b^2} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}} \sqrt{\left(\frac{1}{b}\right)^2 \frac{\Delta_a^2}{12} + \left(\frac{a}{b^2}\right)^2 \frac{\Delta_b^2}{12}}$$

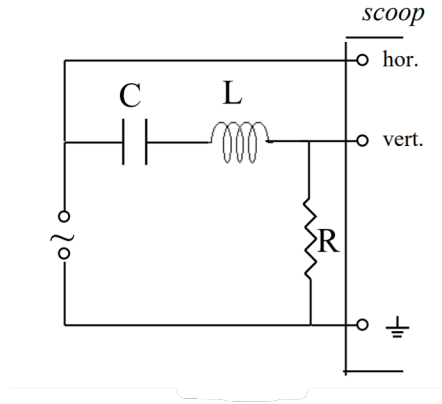
Met deze methode kan men enkel de absolute waarde van ϕ bepalen. Het teken voor/na de resonantiefrequentie werd bepaald via kwalitatieve aflezing van de y-t grafiek in twee punten. Zo vindt men een negatieve fasehoek voor de resonantiefrequentie en een positieve erna.

Naast de gemeten waarden is in Figuur 3 ook de theoretisch voorspelde waarde van ϕ weergegeven, zoals gegeven door

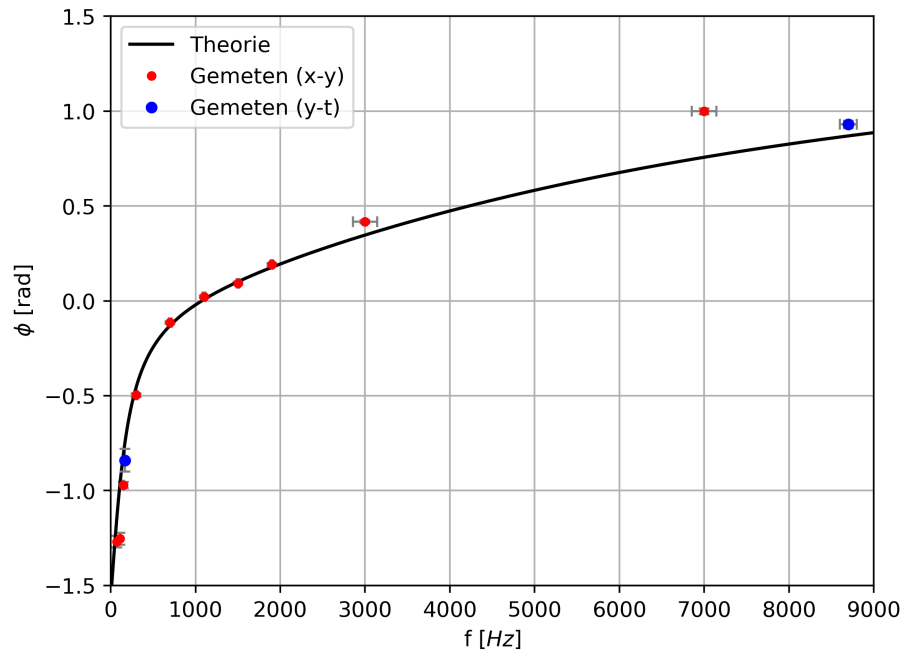
$$\phi = \arctan\left(\frac{2\pi fL - (2\pi fC)^{-1}}{R}\right) \quad [1]. \quad (1)$$

Tabel 1: x - y -metingen oscilloscoop

f [Hz]	$ OA $ [mV] $\pm 2mV$	$ OB $ [mV] $\pm 2mV$	$ \phi $ [rad]
7000 ± 500	74	88	1.00 ± 0.015
3000 ± 500	34	84	0.42 ± 0.008
1900 ± 50	16	84	0.19 ± 0.007
1500 ± 50	8	86	0.093 ± 0.007
1100 ± 50	2	92	0.022 ± 0.006
700 ± 50	10	88	0.11 ± 0.007
300 ± 50	40	84	0.50 ± 0.009
150 ± 5	66	80	0.97 ± 0.017
110 ± 5	76	80	1.25 ± 0.03
70 ± 5	84	88	1.27 ± 0.03



Figuur 2: Een schematische voorstelling van het circuit uit proef 4.



Figuur 3: Gemeten waarden van faseverschil tegenover frequentie (beiden met 1σ -fout) voor proef 4 en 5, naast de theoretisch voorspelde waarden gegeven door (1)

Tabel 2: y - t -metingen oscilloscoop				
T [ms]	d [ms]	f_{gen} [Hz]	f_{ber} [Hz]	$ \phi $
$0,115 \pm 0,005$	$0,017 \pm 0,001$	7000 ± 500	8700 ± 100	$0,93 \pm 0,02$
$6,0 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,2$	150 ± 5	166 ± 3	$0,84 \pm 0,06$

3.5 Proef 5

In de laatste proef werd de fasehoek rechtstreeks gemeten door beide signalen in de y-t modus van de oscilloscoop weer te geven. De resultaten hiervan zijn te vinden in Tabel 2. De frequentie f_{gen} is deze zoals afgelezen werd op de generator, en f_{ber} werd berekend als invers van de periode.

De fasehoek is hier gegeven door

$$|\phi| = \frac{2\pi d}{T}$$

met dus een standaardafwijking van

$$s_\phi = \sqrt{\left(\frac{\partial\phi}{\partial d}\right)^2 s_d^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial T}\right)^2 s_T^2} = 2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{T}\right)^2 \frac{\Delta_d^2}{12} + \left(\frac{d}{T^2}\right)^2 \frac{\Delta_T^2}{12}}$$

Op Figuur 3 zijn ook de datapunten van Tabel 2 te zien, waarbij als frequentie de berekende waarde genomen werd als meest nauwkeurige.

Er werd ook nog een laatste meting uitgevoerd. Wanneer de frequentie van de generator wordt ingesteld op $(1,05 \pm 0,05)kHz$, dan zien we dat de twee sinusgolven samenvallen.

4 Discussie

Uit de resultaten van proef 1 blijkt dat de calibratiemeting meer dan 6σ lag dan de verwachte $50Hz$ [2]. De meting mag dus verworpen worden voor $\alpha = 1\%$. De tijdsbasis van de oscilloscoop was dus hoogstwaarschijnlijk niet goed gecalibreerd. Dit is ook niet aangepast bij de vervolproeven. De extra fout die de slechte calibratie induceert, moet ook bij de rest van de discussie in rekening worden gebracht.

Stelt men de oscilloscoop op DC-modus in, dan toont het apparaat een streepjespatroon met dezelfde frequentie van de AC-blokgolf. Dat valt te verklaren door de manier dat de blokgolf geproduceerd wordt. Zo'n golf is namelijk een superpositie van verschillende sinusoïdale golven die allen niet door de DC-filter worden doorgelaten. Op de tijdstippen wanneer de blokgolf amplitude nul heeft, worden er geen sinusgolven geproduceerd. De oscilloscoop interpreteert dit dus als gelijkstroom en deze 'streepjes' worden wel getoond. De oscilloscoop toont een streepjespatroon.

Voor de generator geeft de oscilloscoop een sinusgolf weer, zoals men theoretisch verwachtte [2]. Bij de golf van de generator komen opnieuw de gevolgen van de slechte calibratie naar boven. Op $\alpha = 5\%$ moet de meting verworpen worden. De afwijking is wel opnieuw naar boven. Dat duidt erop dat het inderdaad om een systematische fout gaat.

De fout op \bar{f}_0 is volledig systematisch. Omdat men met de gebruikte generator de frequentie niet nauwkeurig kan berekenen, waren alle metingen van de frequentie dezelfde, zodat de variantie σ^2 nul was. Op basis van de theorie verwachten we dat $f_0 = (2\pi\sqrt{LC})^{-1} = 1073Hz$ [1]. Aangezien $\sigma^2 = 0$, is het onnuttig om deze gegevens statisch te analyseren. Toch is de gevonden \bar{f}_0 acceptabel omdat ze op minder dan 2σ van de theoretische waarde ligt.

In Figuur 3 is de theoretische curve te zien naast de gemeten waarden uit proef 4. Rond de resonantiefrequentie sluiten de gemeten waarden kwalitatief vrij goed aan bij de theorie, maar bij hogere frequenties wijkt deze af van de metingen. Er waren echter weinig meetpunten op hoge frequentie, dus om nauwkeurigere resultaten te hebben zouden meer metingen op de desbetreffende

frequenties gedaan moeten worden. De nauwkeurigheid van de meetmethode in proef 4 werd sterk verminderd doordat de extrema van de weergegeven ellips op het zicht afgeschat moesten worden, wat niet altijd even evident is bij lagere eccentriciteit.

Zoals zichtbaar op Figuur 3 geeft de meer directe methode om de fasehoek te bepalen, zoals toegepast in proef 5, nauwkeurigere resultaten die beter aansluiten bij de theorie. Men zou het gehele experiment kunnen herhalen met deze methode om te verifiëren of de aflezing via y-t wel degelijk betere resultaten levert over de hele lijn, en dus een geschiktere manier is om de fasehoek te bepalen. Het samenvallen van de signalen bij een frequentie van $(1,05 \pm 0,05)kHz$ komt volledig overeen met de theorie, aangezien dit het gedrag is dat men verwacht bij de resonantiefrequentie.

5 Conclusie

De voornaamste conclusie die uit dit practicum volgt, is dat het erg van belang is om de oscilloscoop goed te calibreren vooraleer men er proeven mee uitvoert. Daarnaast werd voor de gebruikte RLC-kring een resonantiefrequentie f_0 van $(1,05 \pm 0,02)kHz$, wat de theoretische waarden goed benadert. Ten slotte lagen alle metingen van de fasehoek ϕ dicht in de buurt van verwachte uitkomst. De metingen bevestigen dus verband (1).

Referenties

- [1] Giancoli D. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 4th ed. Essex: Pearson Education Ltd; 2014.
- [2] Metingen met de oscilloscoop. Experimentele basistechnieken in de natuurkunde G0P32A. KU Leuven; 2021.