

gedempte trilling

De trilling van een magneet aan een schroefveer kan via elektromagnetische inductie in een spanning worden omgezet. Door deze spanning met behulp van de spanningssensor aangesloten op een spark te registreren kunnen we de trillingstijd en de mate van demping bepalen.

theorie

De trillingstijd van een periodiek bewegende massa aan een veer kan berekend worden met de formule:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}} \quad [1]$$

Hierin is m de trillende massa en C de veerconstante.

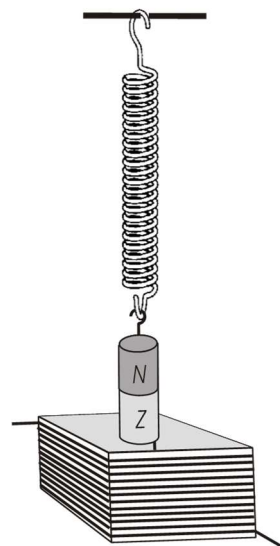
De massa m die trilt, bestaat uit de massa van de magneet m_m en 1/3-deel van de massa van de veer m_v .

$$m = m_m + \frac{1}{3} m_v \quad [2]$$

De veerconstante C kan berekend worden via de veerkracht F en de bijbehorende uitrekking u van de veer:

$$C = \frac{F}{u} \quad [3]$$

De magneet hangt gedeeltelijk in een spoel en wekt in de spoel een inductiespanning op als de magneet een trilling uitvoert. Deze beweging geeft een veranderend magnetisch veld binnen de spoel. De magneet en spoel fungeren hier als *bewegingssensor*.



Wordt op de spoel een weerstand aangesloten, dan zal de door de weerstand gebruikte elektrische-energie ten koste gaan van de trillingsenergie van de veer. De afnemende trillingsenergie van het systeem wordt als demping zichtbaar in de trilling. Deze demping gaat gepaard met een afname van de amplitude A van de trilling. Deze amplitude A is recht evenredig met de inductiespanning U .

Voor de *elektrische trilling* geldt U_{max} als amplitude op tijdstip t . Voor A geldt dat deze in de tijd afneemt:

$$A_t = A_0 \cdot 10^{-\alpha \cdot t} \quad [4]$$

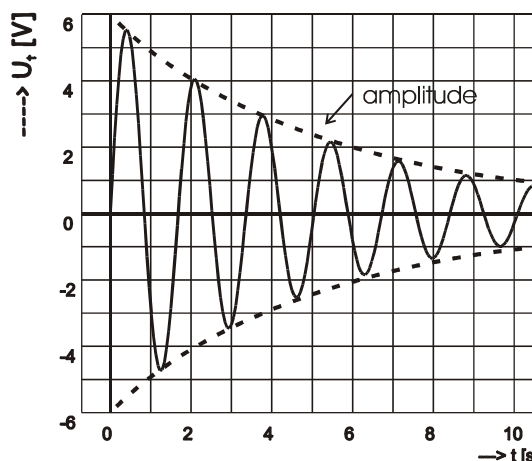
Hierin is A_t de amplitude op tijdstip t , A_0 de beginamplitude, t de tijd en α een dempingsfactor.

De bovenste streeplijn in de U, t -grafiek hiernaast geeft deze A_t -functie weer ($A = |u_{max}|$).

Deze dempingsfactor is te berekenen als we formule 4 aanpassen:

$$\log A_t = \log A_0 + \log 10^{-\alpha \cdot t}$$

$$\log A_t = -\alpha \cdot t + \log A_0 \quad [5]$$



Deze laatste vergelijking is die voor een rechte lijn:

$$y = a \cdot x + b$$

waarbij $y = \log A_t$, $x = t$ en $b = \log A_0$.

Maken we een $\log A_t$, t -grafiek, dan is de helling van de lijn in dit diagram gelijk aan: $-\alpha$.

$$\alpha = -\frac{\Delta \log A_t}{\Delta t} \quad [6]$$

Deze dempingfactor α voor de elektrische trilling is identiek aan die voor de mechanische trilling van de magneet.

opstelling

De opstelling bestaat uit een statief met een universeelklem waaraan de veer is bevestigd.

Aan de veer hangt een kooi met daarin de magneten.

De spoel (1800 windingen) staat op een labolift.

experiment 1 (bepaling van de veerconstante)

Meet met behulp van een balans de massa's van de magneet (+ kooi) en die van de veer!

Hang aan de veer eerst 1 en dan 2 magneten en meet de uitrekking van de veer nauwkeurig in beide situaties.

experiment 2 (trilling)

Bouw de opstelling met veer, magneet en spoel.

Hang de magneet aan de veer en wel zodanig dat deze zich vlak boven de spoel bevindt.

Verbind de spoel met de spark door middel van een met spanningssensor.

Laat vervolgens de magneet een trilling uitvoeren en registreer de inductiespanning als functie van de tijd met behulp van de spark.

Meet alle maxima/minima van de inductiespanning U ($=U_{\max}$) door met de cursor langs de grafiek op het scherm van de spark te lopen.

Noteer de tijd en de absolute waarde van U_{\max} in een tabel met drie kolommen.

Noteer ook de trillingstijd in deze situatie.

t[s]	U[V]	logU

vragen en opdrachten

- 1 Bereken de veerconstante C uit de meetresultaten van experiment 1.
Let op: de massa die de veer uitrekt is niet de massa die trilt.
- 2 Bereken voor de trilling uit experiment 2 de trillingstijd via formule 1 met de juiste massa.
- 3 Bepaal de trillingstijd zo nauwkeurig mogelijk met behulp van de meetresultaten uit de Spark.
- 4 Vergelijk de gemeten en berekende trillingstijden met elkaar.
- 5 Maak een A_t , t -grafiek (gebruik voor A alleen de positieve waarden van U_{\max}).
- 6 Bereken $\log A_t$ en noteer de waarde in de derde kolom van de tabel.
- 7 Maak ook een $\log A_t$, t -grafiek.
- 8 Bereken, via de helling van de lijn in de laatste grafiek, de dempingfactor α .
- 9 Welke waarde heeft α voor een ongedempte trilling?

literatuur

- Bouwens R.E.A., **Binas informatieboek vwo-havo 6^e druk**, Noordhoff uitgevers 2015