

Úloha 27: Stanovení vlnové délky akustické vlny

Pomůcky

Goniometr, generátor ultrazvukových vln, dva ultrazvukové zdroje, přijímač, měřicí modul Cobra, pásové měřítko

Úkoly

Na základě pozorování interference stanovte vlnovou délku a frekvenci akustické vlny.

Dílčí úkoly

1. Určete vzdálenost $2d$ středů zdrojů ultrazvukových vln.
2. Určete rychlost šíření akustické vlny ve vzduchu c .
3. Registrujte napětí na výstupu přijímače pro případ akustických zdrojů vysílajících ve fázi a v opačné fázi v závislosti na úhlu φ .
4. Zpracujte výsledky z úkolu 3 pomocí lineární regrese (celkem $4 \times$) a z naměřených závislostí určete vlnovou délku λ a frekvenci f akustického zdroje.
5. Porovnejte frekvence akustického zdroje s frekvencemi, které udává výrobce.

Poznámky k měření

- Vzdálenost středů $2d$ zdrojů stanovte výpočtem z měření vnější d_{out} a vnitřní d_{in} vzdálenosti zdrojů:

$$2d = d_{in} + \frac{d_{out} - d_{in}}{2} = \frac{d_{in} + d_{out}}{2} \quad (1)$$

- Před zapnutím generátoru musí být jezdec generátoru v nulové poloze (nulový úhel).
- Měření provádějte v intervalu od -60° do 60° .
- Pomocí funkce *Analysis* \rightarrow *Curve Analysis* počítačový program vyhodnotí polohy interferenčních maxim a minim (ve stupních) pro obě měření. Exportujte data a dále je zpracujte v aplikaci MS Excel.
- Lineární regrese ve všech případech vychází ze vztahu:

$$\sin \varphi = \frac{k\lambda}{2d} + \sin \varphi_0$$

Nezávisle proměnnou je pořadí interferenčního maxima/minima k , směrnice přímky odpovídá výrazu $\frac{\lambda}{2d}$ a závisle proměnnou je $\sin \varphi$. Člen $\sin \varphi_0$ představuje počáteční podmínku, která není pro vyhodnocení důležitá (φ_0 je úhel, pro který dochází k nultému interferenčnímu maximu/minimu v kontextu pořadí měření).

- V aplikaci MS Excel je třeba argument funkce sinus zadávat v radiánech.
- Fázová rychlost akustických vln ve vzduchu c je dána empirickým vzorcem

$$c = 344,3 + 0,62 (t - 20) , \quad (2)$$

kde t je teplota vzduchu měřená ve °C.

Matematické modely pro výpočet nepřímo měřených veličin

Vlnová délka akustické vlny λ :

$$\lambda = 2da \quad (3)$$

Frekvence akustické vlny f :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2da} \quad (4)$$

$2d$... vzdálenost středu zdrojů akustických vln ze vztahu (1)

a ... směrnice z lineární regrese

c ... fázová rychlost akustické vlny ve vzduchu stanovená dle empirického vztahu (2)

Poznámky a návod k výpočtu nejistot

Vlnová délka akustické vlny λ :

- Nejistoty se určují na základě vztahu (3). Dle tohoto vztahu lze nejistoty vyjádřit pomocí relativních nejistot.
- Nejistota typu A se určuje pouze z nalezené směrnice a .
- Na nejistotě typu B se podílí veličina $2d$.
- Vzdálenost $2d$ je určena nepřímo ze vztahu (1). Nejistotu lze určit jako nejistotu lineární kombinace. Zde jsou přímo měřenými veličinami vzdálenosti d_{in} a d_{out} . U obou vzdáleností lze předpokládat stejnou maximální chybu, a tedy stejnou absolutní nejistotu u_d :

$$u_{2dB} = \sqrt{\frac{1}{4}u_{dB}^2 + \frac{1}{4}u_{dB}^2} = \sqrt{\frac{2}{4}u_{dB}^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}u_{dB}$$

Maximální chyba měření vzdáleností d_{in} a d_{out} by měla zohlednit volné umístění zdrojů (jejich poloha není fixována).

Frekvence akustické vlny f :

- Nejistoty se určují na základě vztahu (4). Dle tohoto vztahu lze nejistoty vyjádřit pomocí relativních nejistot.
- Rychlost akustické vlny c je určena nepřímo z empirického vztahu (2). Nejistotu lze určit z přímo měřené teploty, přičemž pro její vyjádření je třeba využít jednoduché parciální derivace:

$$u_{cB} = \sqrt{\left(\frac{\partial c}{\partial t}\right)^2} u_{tB} = \left|\frac{\partial c}{\partial t}\right| u_{tB} = 0,62 u_{tB}$$

Podněty k diskusi

- Výrobce udává, že frekvence generátoru by měly ležet v rozmezí (39 – 41) Hz. Porovnejte s výsledky praktického měření.
- Zamyslete se nad vnějšími vlivy, které mohou způsobit nepřesnost měření.