

Miniprojekt – Dopplerův jev

Autoři:

- Martin Prachýl (Gymnázium Uničov)
- Tomáš Kotraš (Gymnázium Uničov)
- Petr Sedláček (Gymnázium Vyškov)
- Jan Kaluža (GPB Frýdek - Místek)
- Miroslav Staněk (Gymnázium Jeseník)

SUPERVIZOR: ING. VOJTĚCH SVOBODA; FJFI ČVUT, Praha

Úvod:

Vycházíme z toho, že jsou-li vysílač i přijímač v klidu, vnímá přijímač vysílané vlny v nezměněné podobě. Jsou-li ovšem vysílač i přijímač ve vzájemném relativním pohybu mohou nastat tyto tři případy:

1. Přijímač se pohybuje ke zdroji

Přijímač vnímá o tolik kmitů za jednotku času méně, kolik vlnových délek připadá na ním uraženou dráhu za jednotku času tzn. Registruje vlnění o frekvenci $f' = f - v/\lambda$

Kde: f ... vysílaná frekvence

f' ... změněná frekvence

v ... rychlost pozorovatele

λ ... vlnová délka

$$(1) \quad f' = f \frac{c+v}{c}$$

2. Zdroj se pohybuje k přijímači (v klidu)

Zdroj se pohybuje směrem k přijímači rychlosti v , čímž se zkracuje vlnová délka o hodnotu vT , kde T je perioda vlnění.

Pozorovatel tedy registruje vlnovou délku λ' , $\lambda' = \lambda - vT$. Z tohoto vztahu jednoduchou úpravou odvodíme vzorec pro frekvenci:

$$(2) \quad f' = f \left(\frac{c}{c-v} \right)$$

3. Zdroj i přijímač se pohybují

Spojením předchozích dvou vztahu dostaneme potřebný vztah:

$$(3) \quad f' = f \frac{c-v}{c-w}$$

Kde v je rychlost přijímače a w je rychlost vysílače.

Dopplerova jevu jsme využili při měření rychlosti. Rychlost jsme určovali jak pomocí dráhy a času, tak i pomocí Dopplerova jevu. Využili jsme mikrovlnného vysílače, s vlnovou délkou asi 3 cm. Antenou jsme zachycovali vlnění, které vzniklo interferencí dvou vln. Vlny vysílané vysílačem a vlny odražené od pohybujícího se vozíku. Vozík odráží signál, to znamená, že se zde uplatňuje Doppleruv jev dvakrát. Vozík má funkci jak přijímače tak i vysílače. Pomoci vztahu ad. 1 a ad. 2 získáme výsledný vztah o změně frekvence:

$$f'' = f \frac{c+v}{c-v}$$

K interferencí dochází mezi signálem přímým a signálem odraženým od pohybujícího se předmětu. Přímý signál je popsán

$$U_{\text{přímý}} = U_o \cos \omega t$$

rovnicí:

Kde ω ... základní frekvence

Pro signál odražený platí rovnice:

$$U_{\text{odražený}} = U_o \cos(\omega + \Omega)t$$

Rozdíl mezi těmito dvěma signály vypočítáme ze vztahu :

$$U_R = U_{\text{přímý}} - U_{\text{odražený}}$$

Tento vztah odpovídá :

$$U_R = U_o 2 \cos \frac{(2\omega + \Omega)t}{2} \cos \frac{\Omega t}{2}$$

Ω je rozdíl frekvencí, a je vůdči ω zanedbatelně malé.

Dostaneme tak vztah:

$$U_R = U_o 2 \cos \omega t \cos \frac{\Omega t}{2}$$

Základní signál $\cos \omega t$, který má vysokou frekvenci, modulujeme pomocí signálu $\cos (0,5 \Omega t)$, který nám určuje amplitudy původního signálu – vznikají rázy.

Osciloskop však zachytává pouze půlvlny daného frekvenčním rozdílem.

Pomocí počítače jsme zkoumali rázy výsledného vlnění, z kterých jsme určili jejich periodu T .

Nyní jsme využili toho, že frekvence rázu je rovna rozdílu frekvencí f a f' .

$$\Delta f = f'' - f = \frac{2cv}{\lambda(c-v)} \quad \Delta f = \frac{1}{T}$$

Tento vztah si upravíme na vztah pro rychlost:

$$v = \frac{c\lambda}{2c\Delta T + \lambda}$$

Dosazením jsme určili rychlost vozíku.