

MERANIE OBVODOVEJ RÝCHLOSTI KOLESA POMOCOU DOPPLEROVHO JAVU

Úvod (motivácia)

Dopplerov jav. Čo to je? Možno je názov javu málopravdivý, ale je to jav, ktorý všetci poznáme z bežnej skúsenosti. Ak okolo nás prechádza napr. sanitka, všimneme si kolísanie tónu jej sirény – pri pohybe smerom k nám je tón vyšší, avšak keď sa sanitka od nás vzdďaľuje, tón je nižší. Ide o jav, v ktorom sa spája pohyb objektu a zmena zvuku. Práve tento jav je možné použiť na meranie obvodovej rýchlosti kolesa.

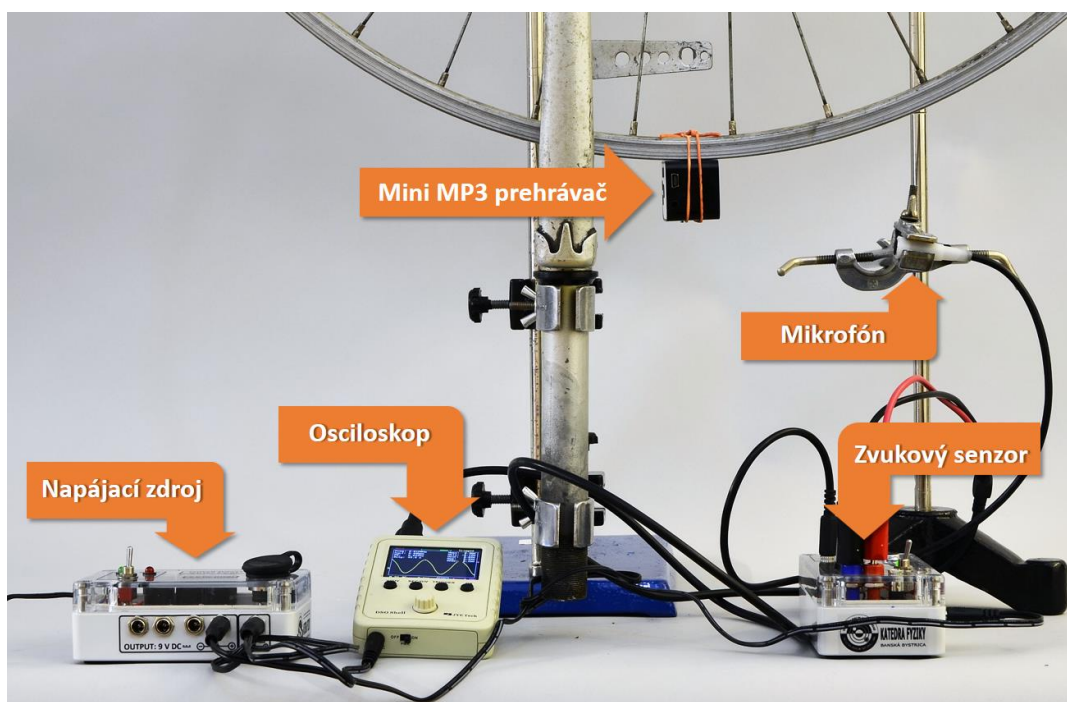


Poznámka: Skôr ako začnete je potrebné, aby ste si zopakovali vzťahy na výpočet rýchlosti pomocou Dopplerovho javu.

Cieľ merania

Zistiť rýchlosť otáčajúceho sa bicyklového kolesa využitím Dopplerovho javu.

Postup merania



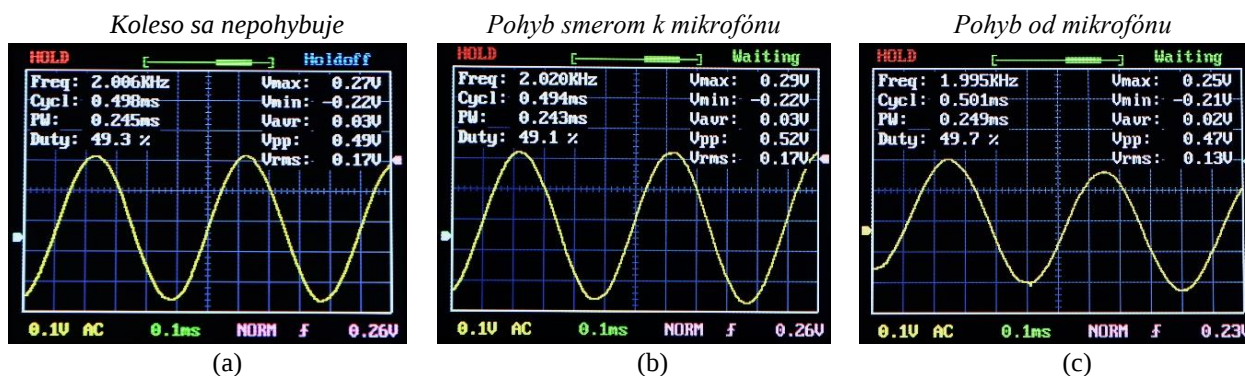
Experimentálnu zostavu tvorí napájací zdroj s adaptérom, osciloskop, zvukový senzor s externým mikrofónom, miniatúrny MP3 prehrávač s gumičkami na uchytenie a koleso od bicykla (bez plášťa, uchytené spolu s prednou vidlicou vo vhodnom stojane).

Na koleso pomocou gumičiek pripevnite MP3 prehrávač. V smere pohybu prehrávača pri otáčaní kolesa upevnite na laboratórny stojan zvukový senzor, ktorý je pripojený na osciloskop. Na prehrávači spustíte vybraný signál sínusového priebehu (najlepšie s frekvenciou 2 kHz) a zmerajte základnú frekvenciu, keď je koleso v pokoji. Koleso roztočte tak, aby sa reproduktor prehrávača pohyboval k mikrofónu a opäť zmerajte frekvenciu. Následne skúste koleso roztočiť aj opačne a zistiť hodnotu frekvencie pri pohybe prehrávača od mikrofónu. Meranie bude prebiehať lepšie, pokiaľ sa mikrofón otočí o 180° tak, aby bol orientovaný v smere pohybu vzdľahujúceho sa MP3 prehrávača.

Vo všetkých prípadoch osciloskop pracuje v režime NORM, pričom je potrebné vhodne nastaviť úroveň spúšťacieho signálu tak, aby meral v správnych okamihoch (nezabudnite, že osciloskop zaznamenáva 1000 dvojíc napätia a času, čo mu pri nastavení časovej základne na 0,1 ms/div zaberie rádovo milisekundu).

Analýza merania

Z nameraných priebehov odčítajte pomocou osciloskopu hodnoty frekvencie zvukového signálu, ktoré zaznamenáte do tabuľky. Na obrázkoch sú zachytené obrazovky osciloskopu, keď bolo koleso v pokoji (a), pohybovalo sa smerom k mikrofónu (b) a od mikrofónu (c).



Vidíme, že v prípade (a) bola nameraná hodnota frekvencie 2006 Hz, pri pohybe MP3 prehrávača smerom k mikrofónu vzrástla na 2020 Hz a pri pohybe smerom od mikrofónu klesla na 1995 Hz.

Pre obvodovú rýchlosť kola pri pohybe smerom k mikrofónu môžeme písať:

$$v_1 = v_s \cdot \left(\frac{f_0}{f_1} - 1 \right) \cong 340 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{2006 \text{ Hz}}{2020 \text{ Hz}} - 1 \right) = \underline{\underline{-2,4 \text{ m/s}}},$$

Kde v_s je rýchlosť zvuku vo vzduchu, f_0 je frekvencia nepohybujúceho sa zdroja a f_1 je frekvencia pohybujúceho sa zdroja. Záporné znamienko pred hodnotou rýchlosti znamená, že zdroj signálu sa pohyboval smerom k mikrofónu.

Podobne pre obvodovú rýchlosť kola pri pohybe smerom od mikrofónu môžeme písať:

$$v_2 = v_s \cdot \left(\frac{f_0}{f_2} - 1 \right) \cong 340 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{2006 \text{ Hz}}{1995 \text{ Hz}} - 1 \right) = \underline{\underline{1,9 \text{ m/s}}},$$

kde v_s je rýchlosť zvuku vo vzduchu, f_0 je frekvencia nepohybujúceho sa zdroja a f_2 je frekvencia pohybujúceho sa zdroja.

Pokiaľ máte k dispozícii napr. merací systém Coach, vytvára sa priestor určiť súčasne rýchlosť otáčajúceho sa kola pomocou videoexperimentu a porovnať zistené hodnoty obvodovej rýchlosti.

Alternatívou vyššie uvedeného merania je možnosť určiť obvodovú rýchlosť kola pomocou magnetu a cievky, s využitím javu elektromagnetickej indukcie (experiment *2_Koleso_em_indukcia*). V tom prípade nameriame periodické zmeny indukovaného napätia v závislosti od vzájomného pohybu magnetu upevneného na kolese voči cievke.

Dopplerov jav sa využíva v rôznej meracej a radarovej technike. Na jeho princípe je založená napr. ultrasonografia, ktorou sa stanovujú parametre prietoku krvi v cievach, vyšetrujú sa tkanivá končatín, krku a orgánov. Ďalším využitím je meranie rýchlosti tuhých telies, napríklad leteckými a policajnými radarmi, sonarmi ponoriek a pod.