

Jednoduchý seismograf pro školní použití

MICHAELA KRÍŽOVÁ – JAN ŠLÉGR – KAMILA VÁŇOVÁ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, Hradec Králové

Přestože zemětřesení patří k největším přírodním ohrožením (nejen počty obětí a měrou škod, ale i velikostí zasaženého území), v učebnicích fyziky pro střední školy je jim věnováno jen velmi málo prostoru. Přitom při výuce vlnění lze zemětřesení použít jako motivační faktor i průřezové téma. Zemětřesné vlny se totiž šíří jednak jako vlnění podélné (P-vlny), jednak jako vlnění příčné (S-vlny), lze diskutovat lom, odraz a ohyb mechanického vlnění a v neposlední řadě záznam kmitavého pohybu pomocí seismografů. Protože na internetu lze najít velmi kvalitní informace (např. [1, 2]), které může po nutné didaktické transformaci pedagog využít k podpoře výuky vlnění, bylo by vhodné doplnit výuku ještě experimentem. K experimentům může být využit dále popsán demonstrační seismograf. V zahraničí jsou pro školní použití dostupné zjednodušené verze profesionálních seismografů, např. [3] nebo [4], které jsou však s cenami v řádu desítek tisíců mimo možnosti většiny škol.

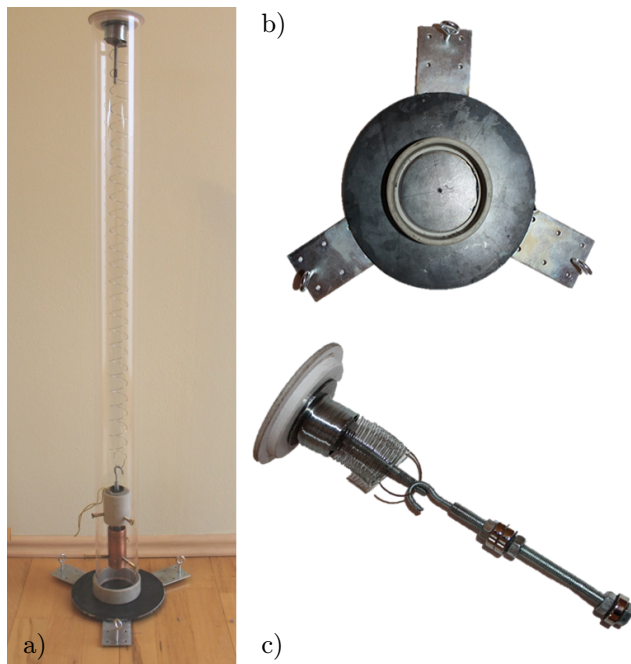
Mechanická konstrukce

Celkový pohled na seismograf je na obr. 1a). Na základně (obr. 1b) je umístěna trubka z plexiskla, ve které je citlivý pružinový oscilátor. Popsaný seismograf vychází z osvědčené konstrukce [5], která je v zahraniční literatuře označována jako „Slinky seismometer“, podle dlouhé pružiny, která se od čtyřicátých let 20. století prodává jako dětská hračka (bližší informace je možné najít v [6]). Tato pružina je dostupná i v České republice a jedná se o výbornou didaktickou pomůcku – s lehkým závažím na konci ji lze využít k demonstraci platnosti vztahu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (1)$$

neboť tuhost pružiny lze snadno změřit. V případě této pružiny lze vyjít z definice tuhosti jako síly nutné k protažení pružiny o jeden metr délky.

Uvedené měření je hezkou aplikací lineární regrese (hledá se konstanta úměrnosti k ve vzorci $F = ky$), navíc při zpracování v tabulkovém kalkulaátoru není tato regrese pro žáky náročná. V popisovaném případě vede k hodnotě $k = 1,57 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.



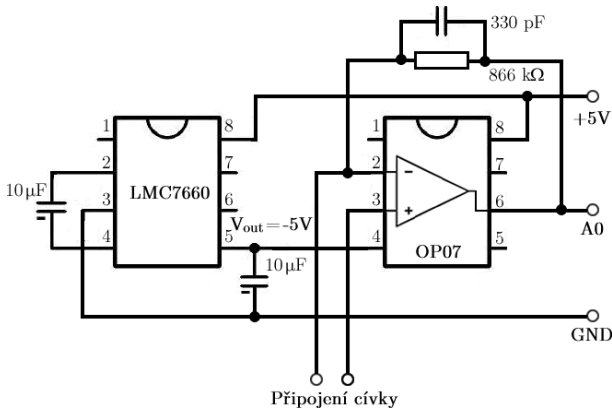
Obr. 1 Mechanická konstrukce seismografu: a) celkový pohled, b) detail podstavy s rameny pro ustavení, c) detail pružného závěsu s magnety

V případě popsaného seismografu je použita polovina délky menší verze této pružiny, na které jsou zavěšeny dva neodymové magnety, které procházejí cívkou a následně jeden magnet, který prochází hliníkovou nebo měděnou trubičkou zajišťující tlumení (obr. 1c).

Vlastní frekvence netlumených kmitů může být vypočtena ze vztahu (1). Hmotnost zavěšeného tělesa byla změřena s přesností na desetinu gramu jako $m = 90,0 \text{ g}$ a vede k teoretické hodnotě periody $T = 1,49 \text{ s}$. Měřením času deseti kmitů byla experimentálně určena hodnota $T_{\text{exp}} = 1,53 \text{ s}$, což je pěkná shoda (vzorec (1) platí poměrně přesně, protože je hmotnost pružiny malá v porovnání s hmotností zavěšeného závaží).

Zesilovač napětí

Napětí indukované na cívce je i pro výrazné otřesy (způsobené dupáním kolem seismografu) v řádu milivoltů. Pokud je k dispozici dostatečně citlivý osciloskop (ideálně digitální, který umožňuje nastavit rychlost časové základny v jednotkách až desítkách sekund), lze k demonstračním účelům použít samotný seismograf. Pro záznam slabších otřesů je však nutný zesilovač napětí. Uplatní se jednak při divácky vděčných demonstracích, kdy učitel lehkým ťukáním na zeď vyvolá odezvu na měřicím přístroji na druhé straně místnosti, ale zejména při dlouhodobějším zaznamenávání a hledání zemětřesení.



Obr. 2 Schéma zesilovače napětí

Zapojení zesilovače je na obr. 2. Výstup cívky je přímo připojen na vstup nízkošumového operačního zesilovače OP07. Tento operační zesilovač potřebuje zdroj symetrického napájecího napětí (+5 V a -5 V proti společné zemi), proto je ještě použit integrovaný obvod LMC7660, který vyžaduje pouze další dvě součástky. Zapojení bylo nejprve realizováno v nepájivém kontaktním poli (doporučujeme nejprve oživit zdroj záporného napětí a pak zesilovač), poté na kousku univerzální desky plošných spojů určené pro kartu Arduino (viz dále).

Rezistor a kondenzátor ve zpětné vazbě tvoří filtr typu dolní propust pro zlepšení odolnosti zapojení vůči vnějším elektromagnetickým polím s frekvencemi v řádu desítek kilohertzů. Tato pole jsou v okolí spínaných zdrojů a cívka seismografu v jejich přítomnosti překvapivě ochotně indukuje nežádoucí napětí.

Počítačové rozhraní a obslužný program

Jako nejlevnější platforma pro přenos dat do počítače byla zvolena experimentální karta Arduino, která obsahuje celkem pět desetibitových analogových vstupů, 16 digitálních vstupů/výstupů a k počítači se připojuje přes rozhraní USB, kde emuluje sériový port, což velmi usnadňuje komunikaci na straně počítače. Bližší informace o platformě Arduino lze nalézt v [7], didaktické nasazení popisuje příspěvek [8]. Pro školní použití je kromě snadné práce s kartou nespornou výhodou cena, která je díky popularitě platformy v řádu několika málo stovek korun za jeden kus.

Pro zajímavost uvádíme program karty Arduino pro použití se seismografem (zdrojové kódy pro desku Arduino, stejně jako výše uvedené schéma a fotografie z realizace jsou na webu autorů [9]):

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float voltage = trunc(sensorValue * (50000.0 / 1023.0));
  Serial.println(voltage,0);
  delay(200);
}
```

Po inicializaci komunikace přes USB port emulující sériové rozhraní program každých 200 milisekund přečte hodnotu na analogovém vstupu A0 a odešle ji do počítače. Na straně počítače pak běží program, který hodnoty zaznamenává do souboru a vykresluje (program v prostředí Borland Delphi 7 včetně zdrojových kódů lze stáhnout z webu [9]).

Popsaný seismograf může být vhodným doplňkem výuky kmitání a vlnění na střední škole, stejně jako technických aplikací fyziky, elektromagnetické indukce a vířivých proudů. Pro dlouhodobější experimenty je nutné najít pro seismograf vhodné místo, ideálně ve sklepě školy, dosti daleko od chodeb plných dupajících žáků. I tak jsou v datech patrné rozdíly mezi dnem a nocí či průjezdy těžkých automobilů po blízkých silnicích.

Pokud by některá ze škol v seismicky aktivní oblasti České republiky měla zájem o dlouhodobou zápůjčku seismografu, pomoc se stavbou či výše popsaný zesilovač, může kontaktovat autory na adrese jan.slegr@uhk.cz.

Poděkování. Tento příspěvek vznikl za podpory specifického výzkumu PřF UHK 2119/2015.

Literatura

- [1] Zemětřesení. [online], [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/ZEMETR.htm>.
- [2] Zemětřesení – Přírodní katastrofy a environmentální hazardy – multimediální výuková příručka. [online] [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~herber/quake.htm>.
- [3] SEP Seismometer System. [online]. [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <http://bit.ly/lM3bwLY>.
- [4] Seismographs in Schools. [online]. [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <https://www.iris.edu/hq/sis/>.
- [5] TC1 Vertical Seismometer Plans. [online]. [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <https://tclseismometer.wordpress.com/>.
- [6] Slinky. Wikipedia. [online]. [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Slinky/>.
- [7] Seznámení s Arduinem. [online]. [cit. 2015-1-21]. Dostupné z: <http://www.hwkitchen.com/news/arduino-uvod-1/>.
- [8] Kubínová, Š., Šlégr, J.: PhysDuino – Dostupný systém pro školní laborování založený na platformě Arduino. [online]. [cit. 2015-1-21]. Dostupné z: <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrjal/physduino/>.
- [9] Šlégr, J.: Jednoduchý seismograf pro školní použití. [online]. [cit. 2015-1-21]. Dostupné z http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrj_al/seismo/.

Tři netradiční oscilátory – konstruktivistický přístup k výuce fyziky

ČENĚK KODEJŠKA – GIORGIO DE NUNZIO

Gymnázium, Nový Bydžov – Università del Salento, Itálie

(Dokončení z minulého čísla)

3. Určení logaritmického dekrementu útlumu kmitů vodního sloupce v U-trubici

Pro realizaci kmitů v U-trubici jsme použili U-trubici opatřenou kouty se zábrusem, které nám umožnily udržet výchylku vodního sloupce