Porovnání elektronických čidel teploty

Bc. Tomáš Ranocha[1]

[1]*Katedra fyziky PřF OU, 30. Dubna 22, 70103 Ostrava, 607 242 729, P14028@student.osu.cz*

Abstrakt

Tento článek si klade za úkol porovnat různé druhy elektronických čidel teploty a vyvodit závěr v podobě doporučení správného využití těchto čidel. Porovnávání je prováděno laboratorním měřením a přehledně prezentováno grafem a naměřenými hodnotami. Konkrétně se zabývá hlavně jejich relaxačními dobami, ale také mechanickými vlastnostmi. Článek vychází z měření prováděných v praktické části mé bakalářské práce. Je také částečným popisem průběhu jednoho z měření.

Klíčová slova: *elektronické čidlo teploty; relaxační čas; měření teploty*

Úvod

Trendy zavádění nových technologií do vyučování pronikly nejen na vysoké školy, ale nemalou měrou také na střední školy a učiliště. Posledním významným trendem je zavádění tabletů do vyučování, jejich využití je ve všech předmětech. Nesmíme ovšem zapomenout na zapojení klasických počítačů a užívání k nim připojitelných periferií. Kombinací s vhodným programem, který bude zprostředkovávat údaje z čidel, dostáváme kvalitní měřicí zařízení, vhodné pro školní použití, jako například praktika z fyziky, či chemie. Snad nejvíce využívanými čidly jsou čidla teploty. Správné určení teploty je u mnoha školních pokusů stěžejní. Snad nejvíce je měření teploty využíváno u školních pokusů týkajících se termodynamiky. Nultý termodynamický zákon nám říká, že pokud se teplota tělesa A rovná teplotě tělesa B a teplota tělesa B se rovná teplotě tělesa C, pak těleso A i těleso C mají stejnou teplotu. [1] Právě na tomto principu pracuje většina teploměrů. Na našich školách se většina žáků vždy setkávala s klasickými kapalinovými teploměry, které dnes slouží k jednoduchým měřením a které jsou postupně vytlačovány elektronickými čidly teploty. Právě o těchto čidlech pojednává tento článek.

Materiály a metody

Bylo porovnáváno několik teploměrů různých systémů, a sice šest kusů zelených kalibrovaných teploměrů EdLaB, Stejný počet nekalibrovaných zelených teploměrů EdLaB, přesné čidlo teploty EdLaB PTS-CNX, nerezové teplotní čidlo Vernier TMP-BTA, přesné velkorozsahové teplotní čidlo Vernier WRT-BTA, povrchové čidlo Vernier STS-BTA, dva termočlánky Vernier TCA-BTA a čtyři kovová teplotní čidla systému ISES). Mezi další pomůcky patřila kádinka, magnetická míchačka s ohřevem, míchadlo, voda a polystyrenová deska. [2]

Porovnávání se provádělo ponořením teploměrů do vroucí vody. Do polystyrenové desky byly udělány díry pro jednotlivá čidla. Do kádinky byla nalita voda přivedená k varu, kterou následně dále ve varu udržovala magnetická míchačka se spodním ohřevem. Před ponořením byly teploměry provlečeny polystyrenovou deskou, která sloužila zároveň jako izolace od okolí a následně ponechány několik hodin při pokojové teplotě. Podle výše zmiňovaného nultého termodynamického zákona došlo nejen k vyrovnání teplot teploměrů s okolím, ale také k vyrovnání teplot mezi samotnými teploměry.

Následovala fáze ponoření do vodní lázně. Díky zasunutí teploměrů do polystyrenové desky bylo zabezpečeno, že teploměry budou měřit každý ve stejné hladině, a že dojde

k ponoření všech měřených čidel teploty. Promíchávání vody při jejím varu zajišťoval nejen samotný var, ale také magnetická míchačka čímž bylo možné dosáhnout přibližně stejné, konstantní teploty ve všech bodech měřené kapaliny.

Celé měření probíhalo po dobu 180 sekund, která byla zvolena tak, aby každé z čidel bylo schopno dosáhnout dané teploty. Teplota nebyla zvolena přímo na teplotu varu, ale na 90 °C, které dosáhl každý z teploměrů. [2]

Ponoření do vroucí vody a následné vyrovnávání teplot je děj poměrně rychlý, a pokud chceme dosáhnout co nejpřesnějších hodnot a ideálního znázornění průběhu grafem, měla by být nastavena i dostatečně vysoká vzorkovací frekvence. V případě tohoto měření se jednalo o 100 Hz, jinými slovy sto záznamů za sekundu, což odpovídá změření teploty každých 10 ms. [2] Časový úsek měření teploty probíhal od okamžiku změny teploty, tedy od samotného ponoření až po dosažení požadovaných 90 °C. Chyba měření každého z teploměrů je dána výrobcem. Hodnoty jsou uváděny vždy v daném datasheetu.

Každý z použitých systémů měl svůj měřící počítačový software. Jako nejvhodnější program pro tento typ měření lze jistě označit Logger Pro. Po celou dobu se vyznačoval svojí jednoduchostí, přehledností a hlavně spolehlivostí. Jako nejméně spolehlivý se ukázal software rozhraní EdLab, který po celou dobu měření vykazoval nespolehlivost a často se ukončoval, což mělo za následek časté opakování měření. Nakonec se vše ale ustálilo a měření proběhlo bez dalších problémů. Každý měřící software data ukládal do tabulek a zároveň vykresloval graf průběhu vyrovnávání teplot. Tabulková data ale byla později zpracována externě v programu MS Excel. Stejně tak grafy jsou zpracovány až následně v programu MS Excel, protože z nutnosti používat více počítačů a specifické programy pro různé měřicí systémy není možné zachytit průběh všech měřených čidel teploty do jednoho grafu.

Výsledky a diskuse

Tabulka 1. Relaxační časy jednotlivých čidel teploty

Teploměr	Čas [s]	Teploměr	Čas [s]
Vernier TMP-BTA	8,23	EdLaB PTS-CNX	23,53
Vernier WRT-BTA	21,25	EdLaB zelený, kalib.	8,83
Vernier STS-BTA	2,73	EdLaB zelený, nekalib.	12,66
Vernier TCA-BTA	2,86	ISES kovové čidlo teploty	11,22

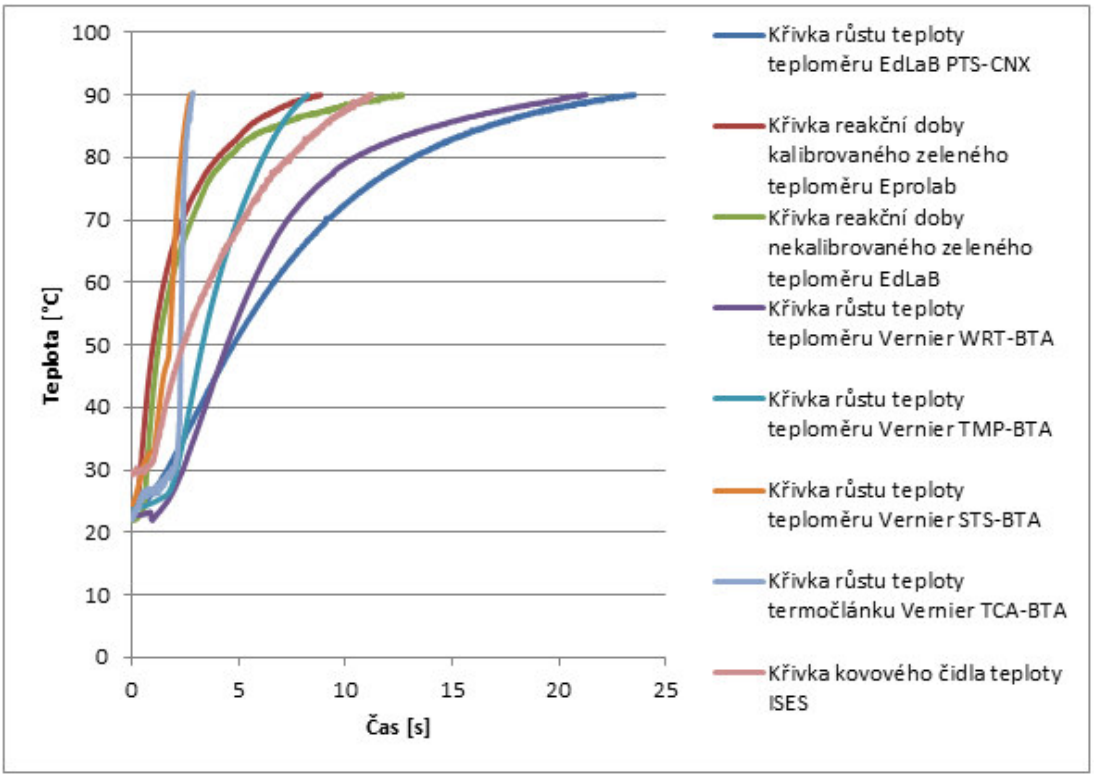
Pomocí zmíněného experimentu byly zjištěny relaxační časy jednotlivých teploměrů. U systému EdLaB, vystupovalo dohromady 12 zelených čidel (6 kalibrovaných a 6 nekalibrovaných) a jedno přesné čidlo teploty PTS-CNX. Jak u kalibrovaných, tak u nekalibrovaných byl vypočítán průměr jejich relaxačních časů a počet zelených teploměrů se tudíž omezil na dva kusy. Ze systému EdLaB na změnu nejrychleji reagoval zelený, kalibrovaný teploměr, ihned po něm nekalibrovaný a na posledním místě se umístil PTS-CNX. Lze jasně vidět, jak se kalibrace projevila na výsledcích měření.

U systému Vernier na změnu teploty reagovalo nejrychleji teplotní čidlo STS-BTA a ihned po něm TCA-BTA. Naopak, nejpomaleji se s okolní teplotou vyrovnávalo čidlo

WRT-BTA. Z tabulky můžeme vyčíst relaxační dobu prvních dvou čidel, avšak bylo by mylné se domnívat, že pro měření jsou si tato dvě čidla rovna. Relaxační čas je prakticky totožný, ale z důvodu většího rozmezí měřitelných teplot termočlánku TCA-BTA (±2,2 °C v rozmezí teplot 0 °C až 900 °C) [3] je i jeho chyba měření mnohem vyšší než u povrchového čidla teploty STS-BTA (0,03 °C při teplotě 0 °C až 40 °C a 0,1 °C při teplotě 40 °C až 100 °C). [4]

V případě systému ISES bylo porovnání jednodušší. Jednalo se o čtyři stejná čidla, která se ovšem také navzájem lehce lišila relaxačními časy. Proto byl vypočítán jejich průměrný relaxační čas a následně vybrán kus, který se tomuto času nejvíce blížil. Chyba měření, jak uvádí výrobce, je 2 % při rozmezí teplot od -20 °C do 120 °C. [5]

Zde můžeme vidět ukázku grafického zobrazení výsledků měření, kde jsou znázorněny průběhy všech použitých čidel teploty. Z grafu lze jasně vyčíst, že ze všech teploměrů nejdelší dobu k relaxaci potřebovalo čidlo EdLaB PTS-CNX a nejkratší dobu povrchové, nebo též bodové čidlo teploty Vernier STS-BTA.



Obrázek 1. Porovnání relaxačních časů všech užitých čidel teploty

Závěr

Z měření vyplývá hned několik informací. Předně můžeme zmínit, že u měření teploty nám jde primárně o dvě věci. První z nich je rychlost s jakou teploměr změří teplotu svého okolí, a druhou je přesnost, s jakou teplotní čidla tuto teplotu měří. Dále pak samozřejmě odolnost a rozmezí měřitelných teplot. Teplotní čidlo STS-BTA bezesporu nejrychleji reagovalo na změnu okolní teploty při zachování své přesnosti, avšak je mechanicky málo odolné. Je vhodné zejména pro demonstrační pokusy, kde je vyžadován krátký relaxační čas (měření teploty dechu, povrchové teploty kůže, teplotního rozložení kapalin při jejich ohřevu apod.). Díky své konstrukci ale selhává u měření teplot nad 150 °C. Zde přichází na řadu termočlánek TCA-BTA, který díky své vysoké odolnosti při zachování krátkého relaxačního

času lze užívat při demonstračních pokusech, kde není vyžadováno tak přesné měření (měření teploty kapalného dusíku, Bunsenova kahanu, rozložení teploty plamene svíčky, měření teploty tavenin a jiných). Při měření, u kterých nám nutně nezáleží na okamžitém zobrazení teploty a navíc se jedná o agresivní prostředí, zcela jistě využijeme kovových teplotních čidel Vernier WRT-BTA a TMP-BTA, která jsou vyrobena z nerezové oceli 316. [6] To umožňuje dlouhodobé měření ve vodě, nebo dokonce v kyselinách a zásadách. Také jsou díky své tepelné kapacitě méně náchylná k fluktuacím při měření teploty. Zcela nevhodným pro tato měření bylo čidlo ISES, které začalo oxidovat již při dlouhodobém ponoření do vody a ještě více při ponoření do směsi soli a ledové tříště v dalších fázích testování.

Poděkování

Zde bych velice rád poděkoval panu Doc. RNDr. Liboru Koníčkovi, Ph.D. za metodologickou pomoc a cenné rady při sepisování mé bakalářské práce, ze které vychází tento článek. Dále bych rád poděkoval RNDr. Libuši Švecové, Ph.D. za neméně důležité rady při vypracování tohoto článku.

Literatura

[1] HALLIDAY, D., RESNICK, R. WALKER, J. Fyzika. Část 2. Mechanika - Termodynamika. Praha: Prometheus, 2000. ISBN 81-7196-214-7.

[2] RANOCHA, Tomáš. Komparativní měření elektronických čidel teploty. Ostrava, 2014. 74 s. Bakalářská práce. Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky. Libor Koníček.

[3] VERNIER. Thermocouple: TCA-BTA. 2.1.2008. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: http://www.vernier.cz/katalog/manualy/en/tca-bta.pdf

[4] VERNIER. Surface Temperature Sensor: STS-BTA. 16.5.2012. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.vernier.com/files/manuals/sts-bta.pdf

[5] Teploměr. Školní experimentální systém ISES. [online]. 22.7.2014 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.ises.info/old-site/index.php?s=m&f=m1

[6] VERNIER. Wide-Range Temperature Probe: WRT-BTA. 5.6.2012. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.vernier.com/files/manuals/wrt-bta.pdf

Abstract

This article aims to compare different kinds of electronic temperature sensors and to conclude it in the form of recommendations for correct use of these sensors. The comparison is performed by laboratory measurements and clearly presented by a chart and measured values. Specifically, it deals mainly with their relaxation times, but also with it's mechanical properties. The article is based on measurements made in the practical part of my bachelor thesis. It is also a partial description of the process of one of the measurements.