ÚČINNOST SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Radek Solowski
Katedra fyziky
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita v Ostravě
30. dubna 22
701 03 Ostrava

Abstrakt

V článku se zabývám světelnými zdroji a měřením jejich účinností. Rozebírám zde konstrukci jednotlivých zdrojů a výsledky porovnávám s údaji uvedenými výrobci. Článek je zaměřen i na použité luxmetry.

Klíčová slova: *světlo, světelné zdroje, luxmetr, fotometrie*

Úvod

Bez umělého osvětlení se už téměř neobejdeme. Svítíme si jimi doma, na ulicích, v práci, ve škole a na spoustě jiných míst. Umělé osvětlení potřebujeme hlavně tehdy, kdy nám nestačí sluneční svit, nebo tehdy, kdy sluneční svit úplně chybí, tedy v noci.

Na trhu je nepřeberné množství světelných zdrojů, v bakalářské práci jsem se zabýval pouze zdroji používanými v domácnostech nejčastěji. Tedy klasickou žárovkou, jejíž výrobu EU začíná omezovat, úspornou zářivkou, nejméně ekologickým zdrojem v této práci, z důvodu obsahu rtuti. A dále také novodobými zdroji LED, které zažívají v posledních letech velký rozmach.

K měření jsem využil tyto čidla: luxmetr, spektrometr, sonar, termokameru a wattmetr. Těmito čidly jsem měřil osvětlení, spektrum viditelného světla, vzdálenost od zdroje, povrchovou teplotu a spotřebu elektrické energie.

Materiál a metody

K měření byly využity následující zdroje světla, klasická žárovka s příkony 25W, 40W, 60W, 75W a 100W. Úsporná zářivka s příkony 11W, 13W, 15W a 20W. LED žárovka o příkonech 4W, 6,3W, 7W a 10W.

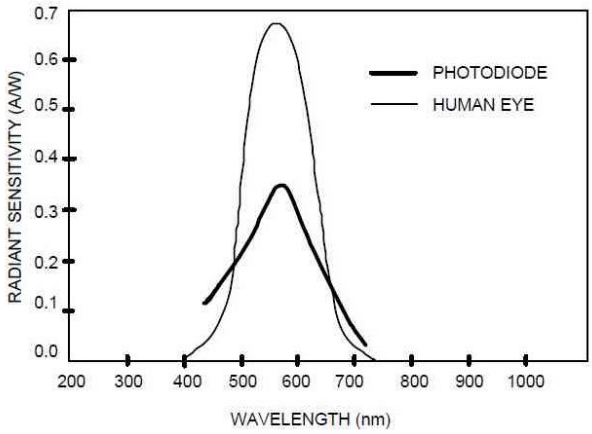
Klasická žárovka patří mezi nejstarší elektrické zdroje světla. V literatuře SEVEn, je konstrukce popsána následovně: v prvních žárovkách, zkonstruovaných Ladyginem a Edisonem, svítilo uhlíkové vlákno, rozžhavené proudem. Uhlíkové vlákno dosahovalo teploty okolo 1830°C, v moderních žárovkách je uhlíkové vlákno nahrazeno wolframovým a to dosahuje teploty zhruba 2430°C.

Dále literatura SEVEn popisuje i konstrukci úsporných zářivek: úsporné zářivky se většinou skládají z trubice plněné rtuťovými párami a inertním plynem (argonem). Další součástí úsporných zářivek je elektronický předřadník, který je nutný k omezení průchodu proudu a jeho stabilizaci. Rtuťové páry průchodem proudu vyzařují ultrafialové záření, které excituje luminofor nanesený na vnitřní stranu trubice.

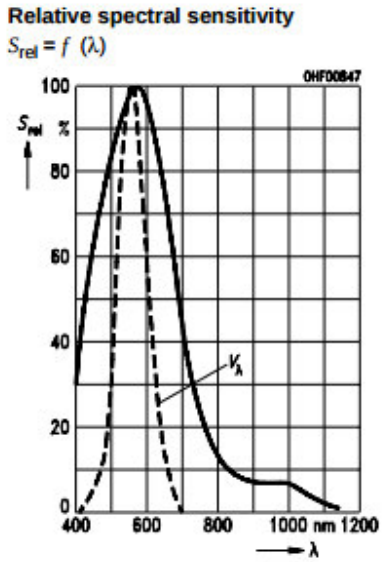
LED žárovky tvoří jedna nebo více LED (light emitting diode) diod v závislosti na výkonu a napájecího zdroje. Halliday ve své knize popisuje funkci LED diody takto: výchozím

polotovarem pro zhotovení světlo emitující diody je deska polovodivého materiálu (GaAs, GaAsP). Dioda se skládá z polovodiče typu P a typu N. Volné elektrony, které se pohybují přes diodu, mohou spadnout do volných děr v polovodiči typu P.
To vyvolá přeskok z vodivostního pásu na nižší orbital, takže elektrony uvolní energii ve formě fotonu. Aby LED dioda emitovala dostatečné množství světla, musí docházet k přiměřeně velkému počtu přechodů mezi elektrony a děrami. Tato situace nastane, jestliže na diodu připojíme velké napětí v propustném směru, na vysoce dotovaný přechod P-N.

V bakalářské práci jsem použil pro měření osvětlení luxmetr od firmy Vernier. Jedná se o čidlo intenzity světla, plocha na kterou dopadá světlo je 9mm2. *„Je možné jej přepnout do několika rozsahů 0lx až 600lx, 0lx až 6000lx a 0lx až 150000lx. Se zvyšujícím se rozsahem se mění i citlivost a to 0,2lx, 2lx a 50lx. Senzor využívá křemíkovou fotodiodu, která vytváří napětí úměrné intenzitě dopadajícího světla.“* viz [6.]



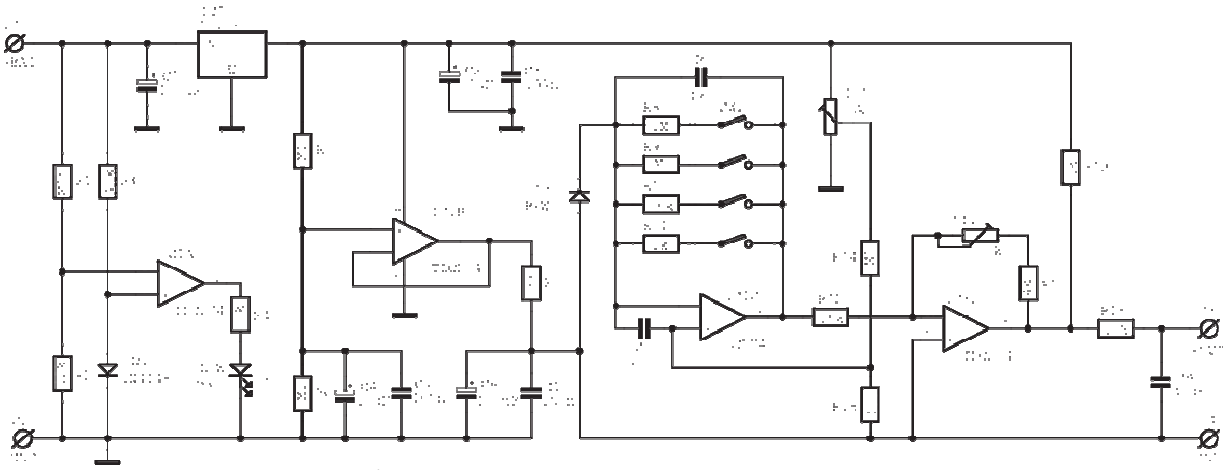
Obrázek 1. (Spektrální citlivost luxmetru Vernier, viz [6.])



Obrázek 2. (Spektrální citlivost diody BPW21, viz [5.])

Pro nové měření použiji fotodiodu BPW21, která má velmi podobnou citlivost na spektrum viditelného světla, stejně jako lidské oko. *„Jde o fotoelektrický snímač generátorového typu. Působením světelného toku na citlivou plochu snímače vzniká na jeho výstupu napětí, jehož hodnota je úměrná osvětlení.“* viz [2.] na straně 337. Fotodioda je vhodná pro měření vlnových délek v rozmezí od 350nm do 820nm.

Tato dioda poslouží jako senzor v novém luxmetru. P. Meca ve svém článku popisuje schéma takto: Pro luxmetr je použit čtyřnásobný OZ v CMOS provedení typ TLC274. Obvod IC1A je zapojen jako detektor napětí baterie. Poklesne-li napětí pod 7V rozsvítí se kontrolní dioda. Obvod IC1B je zapojen jako sledovač napětí z odporového děliče R5 a R6. Tyto odpory tvoří dělič napětí 1:2. Na výstupu IC1B je tedy také poloviční napájecí napětí. Obvod IC1C zesiluje proud ze snímací diody D3. Zesílení je nastavitelné odpory ve zpětné vazbě R8 až R11. Rozsah měření je od 0 do 200000Lux. Obvod IC1D je zapojen jako invertující zesilovač. Ten má zapojen ve zpětné vazbě trimr TP2, kterým se luxmetr nastavuje. Na výstup luxmetru je ještě jednoduchý filtr typu dolní propust. Ten odstraní nestabilitu údaje na displeji v případné rychlých výkyvů světla, které nejsou pro měření důležité.



Obrázek 3. (Schéma nového luxmetru, viz [4.])

Schéma zapojení jsem zvolil z důvodu více měřících rozsahů, ve kterých si snadno zvolím rozsah vyhovující pro dané měření. Důležitá je ovšem kalibrace podle jiného kalibrovaného luxmetru.

Po sestavení zkušebního zapojení na nepájivém poli, bylo nutné vyzkoušet funkčnost čidla a jeho kalibrace s ocejchováním. Na řadu nyní přijde osazení plošného spoje a naletování součástek. Zdálo by se, že už nic nebrání vlastnímu měření. Ale není tomu tak, v dalším kroku mě čeká návrh a realizace zařízení mechanismu, na kterém bude upevněno čidlo a které s ním bude pohybovat v prostoru kolem světelného zdroje.

Výsledky a diskuse

Klasické žárovky dopadly v původním měření, co se týká uvedených údajů na obalu, velice dobře. Souhlasila spotřeba elektrické energie i celkový světelný tok. Úsporné zářivky spotřebou elektrické energie souhlasily s údajem uvedeným, ale některé měly do celkového světelného toku daleko. Nejlépe dopadly 13W zářivky od firmy hadex. Uvedený světelný tok na obale souhlasil s výsledky. Zato ostatní zdroje ne. Je to způsobeno konstrukcí zářivky. Čidlo luxmetru bylo namířeno proti vrcholu zdroje, jehož plocha je však hodně malá oproti zbytku zářivky, která má protáhlý tvar, zhruba tvar válce. Celkový světelný tok byl tedy nižší, než údaj uvedený výrobcem. LED žárovky měly ze všech měřených zdrojů největší účinnost (téměř 20krát vyšší než klasické žárovky). Opět je to způsobeno konstrukcí zdroje. LED diody jsou napájeny na plošném spoji v jedné rovině, která byla kolmá na osu luxmetru. Proto veškerý světelný tok byl směřován jedním směrem a ne všemi, jak je tomu u klasických žárovek a úsporných zářivek. Výjimku však tvořila LED žárovka s průhledným krytem, která měla více plošných spojů, uložených do tvaru válce.

Nevýhodou předchozího měření je fakt, že probíhalo proti vrcholu světelného zdroje. U klasických žárovek je světelný tok do všech směrů téměř stejný (až na část žárovky kde se nachází závit), ale u dalších dvou zdrojů je světelný tok různý. Je to dáno konstrukcí zdroje. Hlavně u led žárovek je světelný tok převážně směřován jedním směrem, tento fakt ovlivnil jejich celkovou účinnost, proto dopadly nejlépe.

Tabulka 1. (Výsledky předchozího měření)

	Intenzita osvětlení	*Světelný tok*	*účinnost*
	E[lx]	Φ[lm]	μ[lm/W]
Klasická 75W	92,2	1158,9	14,9
Úsporná 13W	56,4	709,2	56,3
LED 10W	195,5	2444,3	177,1

Závěr

S pomocí nového luxmetru a mechanismu na prostorové měření jistě dosáhnu lepších výsledků než v předchozím měření. Proměřením v prostoru totiž získám 3D grafy.

Za cíl jsem si ještě stanovil online zpřístupnění pokusu pomocí internetu. Takže pokus bude přístupný všem.

Poděkování

Článek vznikl za podpory projektu SGS10/PřF/2015 Mobilní technologie ve vzdělávání fyziky.

Literatura

[1.] HALLIDAY, D., J. WALKER, R. RESNICK. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky.* Vyd. 1. Překlad Jan Obdržálek, Bohumila Lencová, Petr Dub. V Brně: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1868-0.

[2.] ZEHNULA, K. *Snímače neelektrických veličin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983.

[3.] SEVEn. *Energeticky úsporné osvětlování v domácnostech - přehled technologií a legislativy*. Praha: Zastoupení Evropské komise v České republice, 2010, 37 s.

[4.] MECA, P. *Luxmetr jako doplněk pro digitální multimetr.* [online]. 2002 [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: http://www.elektronovinky.cz/konstrukce/luxmetr-jako-doplnek-pro-digitalni-multimetr

[5.] *Electronic Components Datasheet Search* [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: http://html.alldatasheet.com/html-pdf/44651/SIEMENS/BPW21/991/4/BPW21.html

[6.] EDUFOR S.R.O. *Vernier* [online]. [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/ls-bta/

Abstract

The article deals with light sources and measuring their effectiveness. I analyze the construction of individual sources and compare the results with the information given manufacturers. The article is focused also on luxmeters used.