

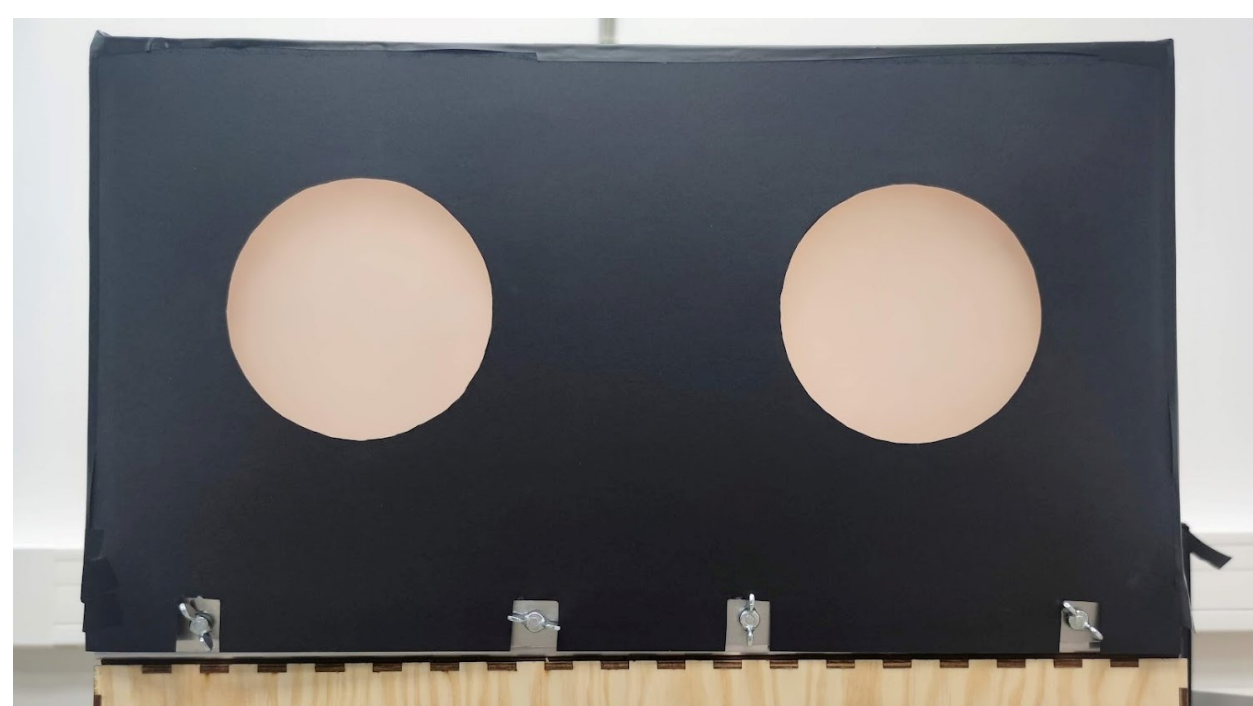
Realizace experimentů pro měření vjemu flikru u žárovek

Jan Hergesel <jan.hergesel@tul.cz>, Jakub Nečásek, Petr Bílek, Leoš Kukačka

ÚVOD

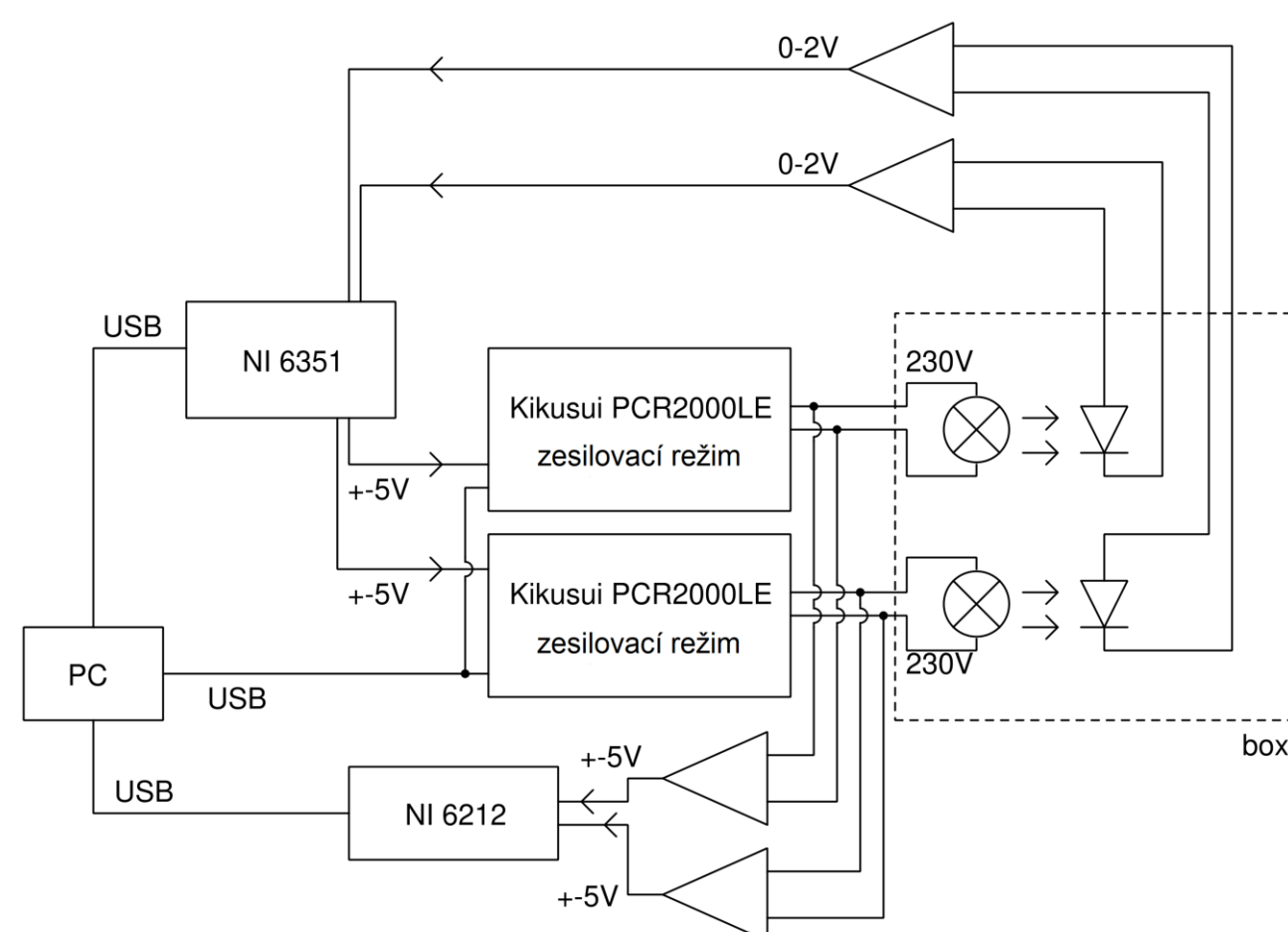
Tato práce byla vytvořena v rámci projektu s cílem aktualizovat algoritmus flikrmetru na LED [1]. Světelný flikrmetr měří problikávání přímo ze světelného toku a neexistuje tak závislost na druhu světelného zdroje. Nese v sobě ale řadu zjednodušení a je většinou vhodný jen pro srovnávací účely [2, 3]. Cílem práce je připravit experiment pro měření prahu viditelnosti flikru a řídicí programy pro laboratorní vybavení včetně kalibrací a vyhodnocení výsledků.

HARDWARE



Obrázek 1: Světelný box

Experiment je realizován ve speciálně vytvořeném světelném boxu se dvěma žárovkami. Průběhy jsou přiváděny pomocí dvou Kikusui PCR2000LE v režimu zesilovače průběhů z multifunkčního zařízení NI USB-6351. Box obsahuje také fotodiody a chlazení vzduchem, aby nedocházelo k přehřívání.



Obrázek 2: Schéma zapojení světelného boxu

ŘÍDICÍ PROGRAM

Na jednu žárovku je přiveden modulovaný průběh, na druhou stálé napětí. Figurant vybírá, který segment vidí problikávat. Podle odpovědi je navržena další úroveň modulace pomocí algoritmu Quest implementovaného pro MATLAB v Psychtoolboxu. Signál vychází z rovnice modulace jasu

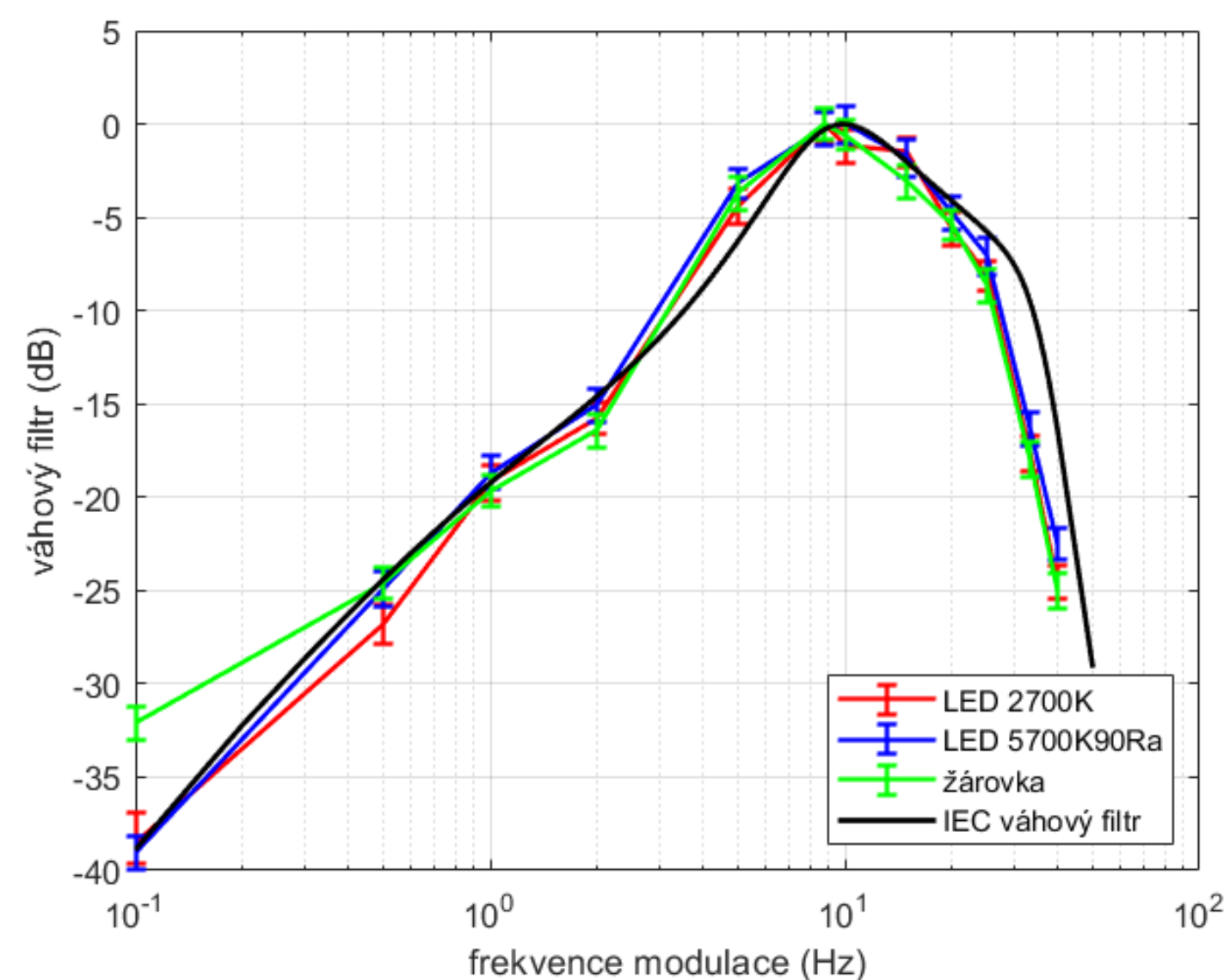
$$L(t) = L_0(1 + a_m \sin(2\pi f_m t)), \quad (1)$$

kde L_0 je střední hodnota jasu, a_m relativní modulace, f_m frekvence modulace a t čas. Aby modulace světelného toku byla co nejblíže sinusovému průběhu, je signál upravován gainfactorem a speciální transformací (Vzorec 1) získanou regresí dat z měření. Výsledný signál je nakonec po částech poslán do NI 6351. U každého pokusu je pomocí DTFT ze signálu vypočtena reálně dosažená modulace, která se může lišit až o jednotky procent.

PODĚKOVÁNÍ

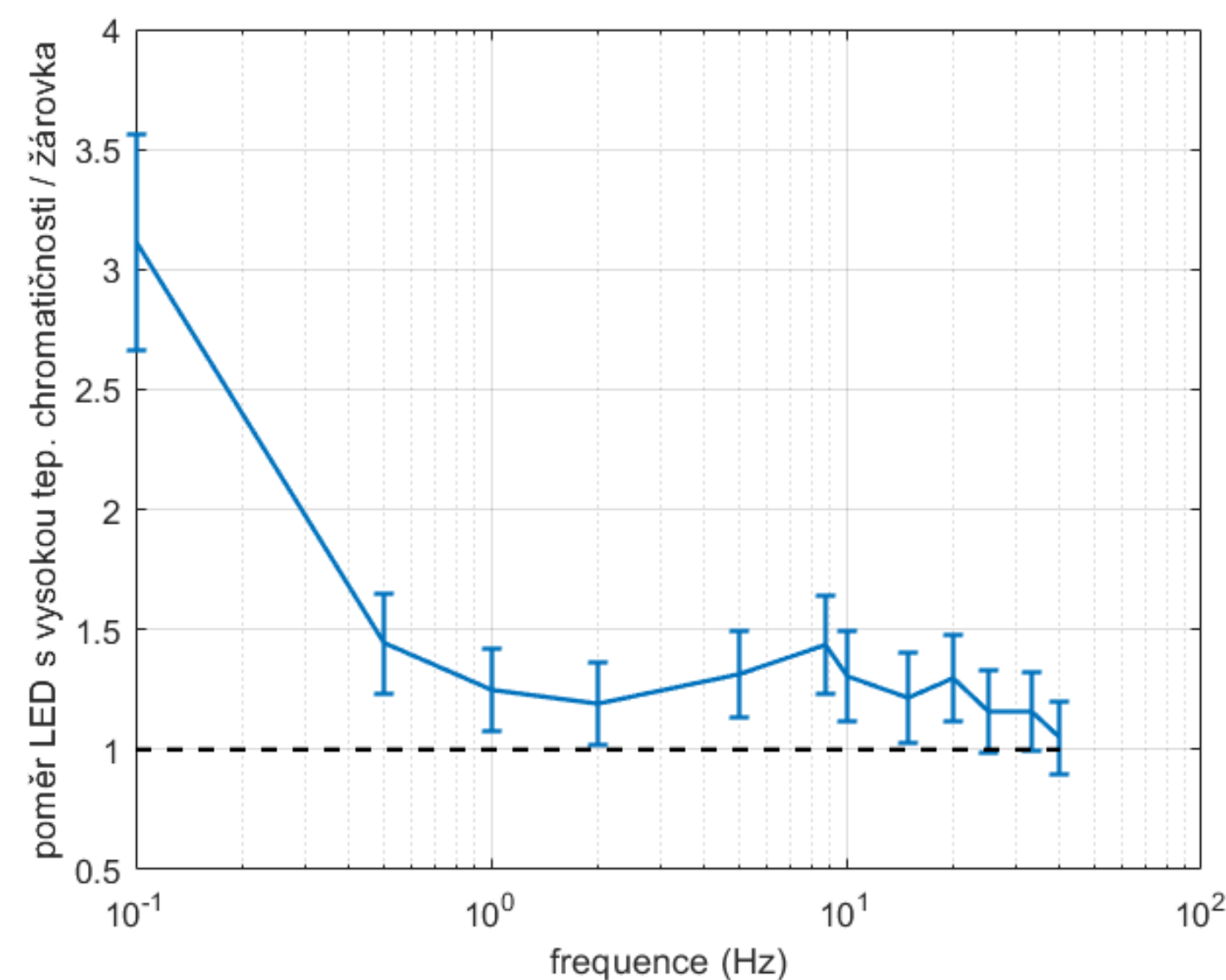
Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2023. Velké poděkování za podporu patří projektu Weave č. 22-10074K (GACR) a ME 5391 (DFG) „New Algorithms for the Evaluation of Flicker in the Context of Modern Electricity Grids“. Čtěl bych dále poděkovat panu Ing. Leoši Kukačkoví, Ph.D. za možnost pracovat na této práci, za jeho vedení, cenné rady a možnosti konzultace. Velmi pak děkuji všem figurantům, kteří byli ochotni se měření zúčastnit a bez kterých by celá práce nebyla uskutečnitelná.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ



Obrázek 3: Výsledky měření porovnané s LED a IEC flikrmetrem

Bylo testováno 32 figurantů. Z grafu (Obrázek 3) je patrné, že tvar křivky vytvořené z prahů viditelnosti flikru se u žárovek liší od starších dat naměřených s využitím LED. Rozdíl lze pozorovat u nízkých frekvencí, konkrétně u 0,1 a 0,5 Hz. Z výsledků lze usuzovat, že při těchto frekvencích lidský mozek vnímá flikr lépe u žárovek než u LED diod, a je pro něj tak u žárovek rušivější. Dále je v porovnání s LED s vysokou teplotou chromatičnosti (Obrázek 4) vidět významný rozdíl i u ostatních frekvencí menších než 40 Hz.



Obrázek 4: Rozdíl mezi LED s vysokou teplotou chromatičnosti a žárovkou

ZÁVĚR

Výsledkem práce je experiment pro měření vjemu flikru u žárovek na speciálně vytvořeném světelném boxu. Data naměřená na figurantech byla srovnána s daty z identického experimentu s LED diodami a se světelným flikrmetrem. Bylo zjištěno, že u frekvencí menších než 1 Hz je výrazný rozdíl mezi vjemem flikru žárovek a LED. U LED s vysokou teplotou chromatičnosti byl nalezen rozdíl i u ostatních frekvencí menších než 40 Hz. Objev rozšiřuje důvody, proč je využití LED výhodnější oproti žárovkám. Největší problém byl v rámci práce v nalezení dvou stejných žárovek. I přes stejné parametry od výrobce se jednotlivé žárovky často lišily ve výkonu či teplotě chromatičnosti. Podařilo se ale najít vhodnou kombinaci žárovek a materiálů takovou, že výsledek splňuje očekávání.

REFERENCE

- [1] KUKAČKA, Leoš, Jan HERGESEL, Jakub NEČÁSEK, Petr BÍLEK, Michal VIK, Jan MEYER, Robert STIEGLER a Jiří DRÁPELA. Comparison of Procedures for Measuring the Temporal Contrast Sensitivity Function. In: 2023 IEEE Sustainable Smart Lighting World Conference & Expo (LS18) [online]. 2023, s. 1–6 [vid. 2023-08-21]. ISBN 979-8-3503-4699-2. Dostupné z: doi:10.1109/LS1858153.2023.10170649
- [2] DRÁPELA, Jiri a Jan SLEZINGR. A Light-flickermeter—Part I: Design. In: Proceedings of the 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010, EPE 2010. 2010.
- [3] Equipment for general lighting purposes--EMC immunity requirements. Part 1, An objective voltage fluctuation immunity test method. Edition 1.0. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2015. ISBN 978-2-8322-2649-0.