

## РАЗРАБОТВАНЕ НА ЛАБОРАТОРЕН МАКЕТ С УЧЕБНО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ ЗА ПРАКТИЧЕСКО ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ПУЛСАЦИИТЕ НА СВЕТЛИННИЯ ПОТОК

Валентин Гюров<sup>1</sup>, Цветомир Димитров<sup>1</sup>, Илиян Илиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Технически университет-Варна, кат. „Електроснабдяване и електрообзавеждане”

## DEVELOPMENT OF A LABORATORY MODEL WITH EDUCATIONAL PURPOSE FOR PRACTICAL APPLICATION OF METHODS FOR EVALUATING LIGHT FLUX PULSATION

Valentin Gyurov<sup>1</sup>, Tsvetomir Dimitrov<sup>1</sup>, Iliyan Iliev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technical University of Varna, Department of Electric Power Supply and Electrical  
Equipment

### Abstract

The report presents the development of a low-cost solution of a laboratory setup for the practical application of methods for evaluating light flux pulsations. The research includes the development of a  $U=f(E)$  transducer sensor that is compatible with all types of oscilloscopes. Its use in combination with a digital oscilloscope with the option of recording the numerical values of the measured quantities allows the subsequent use of analytical methods for the evaluation of indices and coefficients for the calculation of light flux pulsation and illuminance fluctuation. The developed model has an educational purpose for improving the understanding of processes and phenomena, as well as obtaining practical experience in photometry.

**Keywords:** measuring of light flicker; light flux pulsation; light flux fluctuations; quality of lighting environment.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът свързан с възможността за поява на пулсации на светлинния поток при различни видове източници на светлина е добре известен. [1], [2], [3]. Настоящото изследване представя нискоценово решение за изработка на лабораторен макет с учебно предназначение, с който могат да бъдат визуализирани и анализирани пулсациите на светлинния поток и съответно осветеността, създавани от различни източници на светлина [4], [5]. Представени са експериментални изследвания за различни видове източници на светлина - нажежаеми лампи (ЛНЖ), лампи с халогенен цикъл (ХЛ), компактни луминесцентни лампи (КЛЛ) и светодиодни лампи (LED), чрез които се демонстрира работоспособността на разработения макет и начините за прилагане на методиките за анализ на пул-

сациите на светлинния поток и респективно осветеността. Представеното техническо решение се базира на специализиран преобразувател на осветеност към напрежение във функционална зависимост  $U=f(E)$ . Разработеният преобразувател е приложим за употреба с всички видове осцилоскопи, като за извършване на учебните демонстрации е необходимо да има възможност за запис на показанията във файл за извършване на последващи изчисления. Техническото решение се характеризира със своята компактност и безопасност и може да бъде използвано както при присъствена форма на обучение, така и за работа при провеждане на лабораторни упражнения в дигитална среда с мултимедия, т.к. конфигурацията му позволява експериментите да бъде провеждани пред мултимедийни камери.

## ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Пулсациите на светлинния поток са характерни за променливотокови източници на светлина. Честотата на пулсациите на светлинния поток следва честотата на електрическата мощност, която е удвоената честота на захранващото напрежение (100Hz). Формата и амплитудата на пулсациите зависи от инертността на системата. При LED източници на светлина са възможни пулсации на високи честоти.

За оценка на пулсациите се използват величините коефициент на пулсациите  $k_p$  и индекс на пулсациите  $I$ . Определянето им се извършва с Формула 1 и Формула 2. Тези показатели са добре известни в литературата, като идентична тяхна дефиниция е показана в стандарт IEEE 1789-2015 [5]

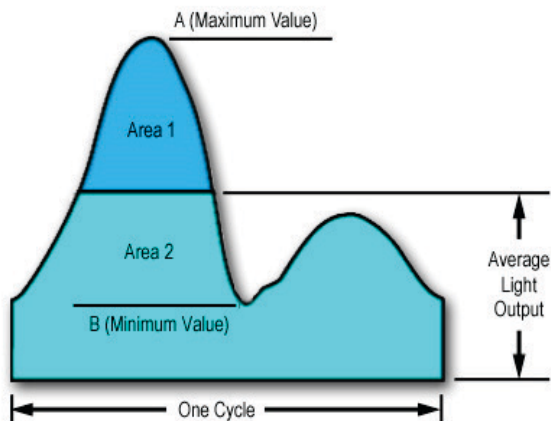
$$k_p = \frac{\Phi_{MAX} - \Phi_{MIN}}{2 \cdot \Phi_{AVG}} \quad (1)$$

където:  $\Phi_{MAX}$ ,  $\Phi_{MIN}$  и  $\Phi_{AVG}$  – максимална, минимална и средна стойност на светлинния поток за периода  $T=0.02$  s;

Средната стойност на светлинния поток се определя с Формула 3.

$$\Phi_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi(t) dt \quad (2)$$

Визуализация на величините е показана на Фигура 1.



Фиг. 1. Визуализация на величините за определяне пулсациите на  $\Phi$

При експериментални изследвания аналитичният вид на функцията  $\Phi(t)$  не е известен. Той може да бъде получен от дискретните експериментални данни с използване на числени методи.

Известна е класическа формулировка за изчисляване на  $k_p$  по опростена формула (Формула 3). По този начин е дефиниран коефициента  $k_p$  в стандарт IEEE 1789-2015.

$$k_p = \frac{\Phi_{MAX} - \Phi_{MIN}}{\Phi_{MAX} + \Phi_{MIN}} \quad (3)$$

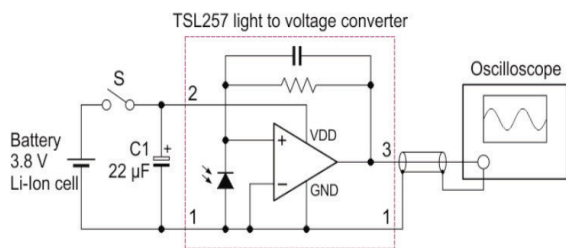
Индексът на пулсациите  $I$  се определя като интегрална характеристика с Формула 4. В дефиницията  $S_1$  и  $S_2$  са лицата на площта под графиката  $\Phi(t)$ , показани на Фигура 1.

$$I = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad (4)$$

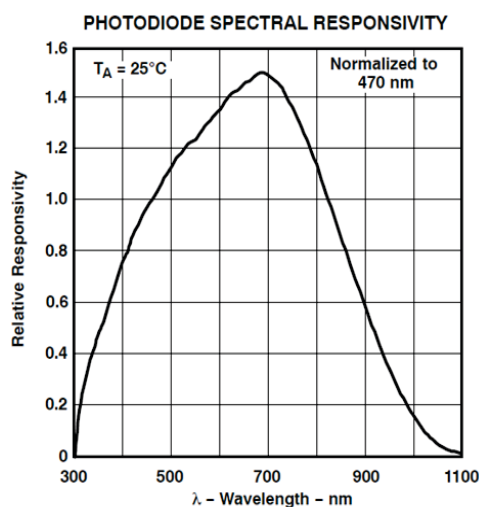
## ФИЗИЧЕСКИ МАКЕТ

Същността на разработената лабораторна постановка се състои в реализирането на специализиран сензор-преобразувател с изходен сигнал  $U=f(E)$ . Използвана е специализирана интегрална схема TSL257, като към нея са оразмерени параметризиращи елементи, захранване и стабилизатор на напрежение. Като практическо подходящо решение, осигуряващо висока степен на защита IP е използван корпус на миниатюрен LED прожектор. Принципната схема на сензора е показана на Фигура 3. На Фигура 4 е показана характеристиката на относителната спектрална чувствителност на сензора. Спектралната чувствителност на сензора е достатъчна за измерване на пулсациите на светлинния поток във видимата област. Максимумът на спектралната чувствителност е при различна дължина на вълната спрямо максимума на спектралната чувствителност на зрителния анализатор, но по отношение измерването на пулсации на светлинния поток

това няма да даде съществена грешка в измерванията, т.к. оценката на пулсациите е в относителни величини.



Фиг. 2. Схема на свързване на TSL257 “light to voltage” преобразувател



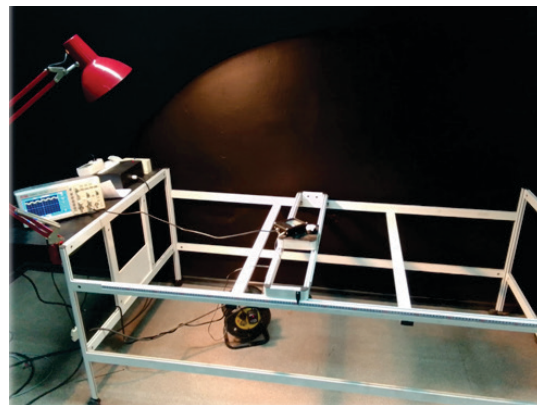
Фиг. 3. Спектрална чувствителност на преобразувателя TSL257



Фиг. 4. Изглед на разработения сензор

Изглед на сензора, компоновката и работата му с цифров осцилоскоп са показани на Фигура 4.

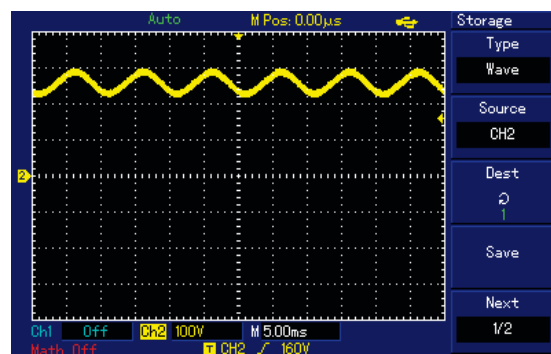
Работа на опитната постановка за измерване на пулсациите използвавана съвместно с фотометър за осветители за местно (локално) осветление с разработения макет е показана на Фигура 5.



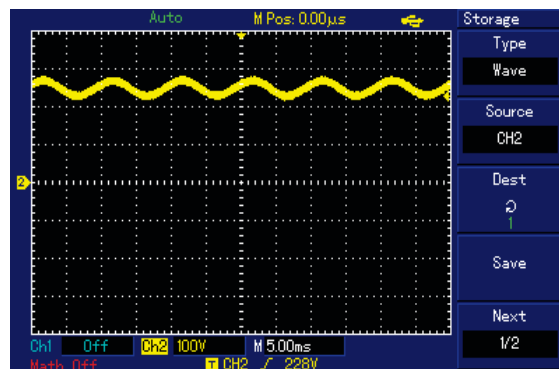
Фиг. 5. Работа на сензора на фотометър за осветители за местно осветление

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

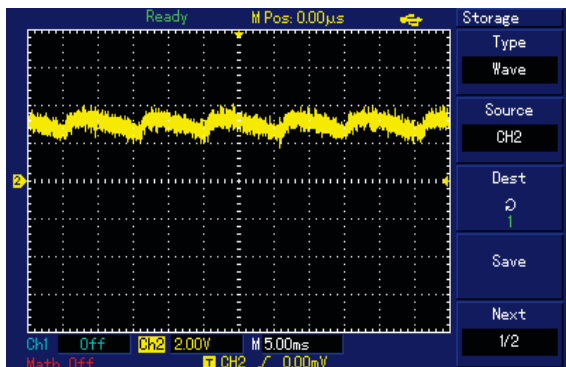
Представеният експеримент е подходящ за учебни цели, т.к. онагледява нивото на пулсации при четири типа източници на светлина за битово осветление (ЛНЖ, ХЛ, КЛЛ и LED), стандарт на монтаж E27. Осцилограмите за типични случаи със значими пулсации и без пулсации на светлинния поток са показани на Фигура 6, Фигура 7, Фигура 8, Фигура 9 и Фигура 10.



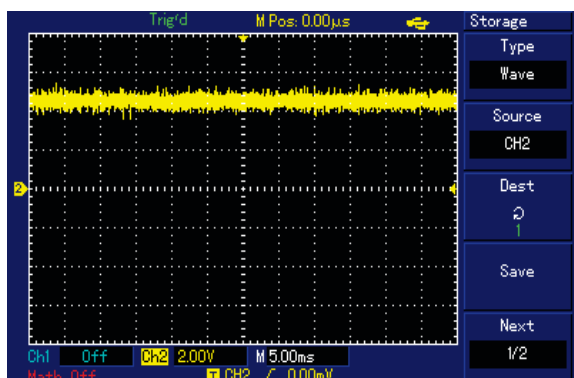
Фиг. 6. Осцилограма за ЛНЖ 70W



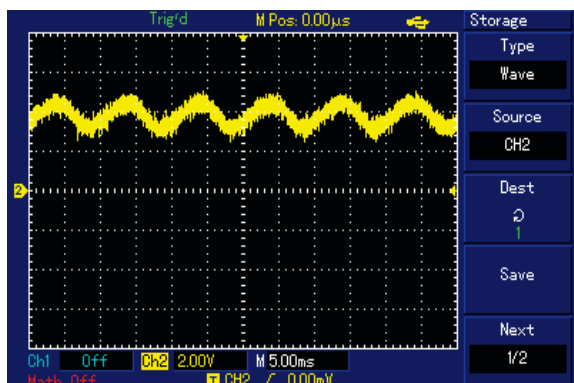
Фиг. 7. Осцилограма за ХЛ 77W



Фиг. 8. Осцилограма за КЛЛ 20W Philips SE



Фиг. 9. Осцилограма за LED 9W Voltolux



Фиг. 10. Осцилограма за LED 14W GE dim

По изчислителен път с Формула 3 и Формула 4 се определят коефициента на пулсациите  $k_p$  и индекса на пулсациите  $I$  (Таблица 1).

Експерименталните данни доказват работоспособността на разработения физически макет за изследване на пулсациите на светлинния поток. Чрез подходящ избор на източници на светлина се демонстрират типичните разлики в пулсациите между ЛНЖ, ХЛ, КЛЛ и LED. Избраните модели LED демонстрират възможностите за наличие на различен

$k_p$  в зависимост от технологията и начина им на управление.

Табл. 1. Експериментални данни за различни източници на светлина и резултати за  $k_p$

Източник на светлина	I [A]	P [W]	S [VA]	PF	$k_p$
ЛНЖ 70W	0,34	79	79	1	0,20
ХЛ 77W	0,34	79,1	79,1	1	0,12
КЛЛ 20W Philips SE	0,17	19,2	37,6	0,51	0,333
LED 9W Voltolux	0,08	8,6	17,4	0,49	0,071
LED 14W GE dim	0,08	17,3	18,9	0,92	0,29

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Докладът представя практически-приложна разработка с учебни цели за реализацията на стенд за визуализация, измерване и анализиране на пулсациите на светлинния поток. Методиката е съвместима с дефинициите на стандарт IEEE 1789-2015.

The paper is part of the project for PhD support PD3/2023 titled “Comparative Analysis of Methods for Optimization of Lighting and Electrical Characteristics of LED Lighting Systems”, supported by the Fund for Science and Research at the Technical University of Varna.

## REFERENCE

- [1] Tetervenoks O, Galkin I. Assessment of Light Fluctuations of LED Lamp at Different Pulse Mode Regulation Methods, Journal of Elektronika ir elektrotechnika, vol. 20, no. 6, 2014.
- [2] Tarasenko G, Kozak M, Koval P., Dynamic of Coefficient Luminous Flux Pulsation of Thermal and Fluorescent, Svetotehnika ta Elektroenergetika, vol. 1 (41). 2015.
- [3] Gallo D., Landi C., Pasquino N., An Instrument for the Objective Measurement of Light Flicker,

- in Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf., (IMTC 2005), vol. 3, pp. 1942–1947, 2005.
- [4] Weinold M., A Long Overdue End to Flicker: The 2020 EU Lighting Efficiency Regulations, Cambridge Journal of Science and Policy, vol 1., Issue 1, pp. 1-8, 2020.
- [5] IEEE 1789-2015 Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.