

УДК 628.9

## Разработка аппаратного обеспечения для определения передаточных функций альтернативных источников света при оценке дозы фликера

К.Е. Лисицкий<sup>1</sup>, А.В. Струмеляк<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
Статья поступила 15.11.2011, принята 12.02.2012

*Фликер, или колебание освещения, определяется как «субъективное ощущение колебания яркости». Это явление визуального физиологического неудобства, испытываемого пользователями ламп, питаемых источником, общим для осветительной и силовой нагрузки, вызывающей колебания напряжения электрической сети. В настоящее время величина дозы фликера, влияющая на зрение человека, регламентируется нормами, которые устанавливают допустимые уровни изменения напряжения и содержат рекомендации по методам оценки дозы фликера. Основным методом оценки дозы фликера является кривая допустимых колебаний напряжения, которая адаптирована к лампам накаливания. В случае использования энергосберегающих источников света, в частности, люминесцентных или светодиодных, этот метод приводит к появлению дополнительной погрешности, обусловленной тем, что кривые допустимых колебаний напряжения подобных источников значительно отличаются от кривой фликера лампы накаливания. В общем случае, оценка колебаний напряжения произвольного вида и соответствующей им дозы фликера может быть осуществлена путем непосредственных измерений с использованием фликерметра. В связи с отсутствием в современных фликерметрах поправки на тип источника света, проблема модернизации средств измерения фликера, входящих в состав современных анализаторов качества электрической энергии, сохраняет свою актуальность. Одним из путей решения этой проблемы является совершенствование нормативных методов измерения фликера при использовании альтернативных энергосберегающих источников света для снижения методической погрешности. Работа посвящена разработке и моделированию установки, позволяющей определять передаточную функцию альтернативного источника света при оценке дозы фликера энергосберегающих источников света. Полученные с помощью экспериментальной установки передаточные функции могут быть использованы для модернизации современных средств измерения фликера.*

**Ключевые слова:** фликер; доза фликера; искусственный источник света; передаточная функция; идентификация.

## Hardware development to determine transfer function of alternative light sources at flicker dose estimation

К. Е. Lisitsky<sup>1</sup>, А. V. Strumelyak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia  
Received 15.11.2011; Accepted 12.02.2012

*Flicker, or illumination fluctuation, is defined as “subjective sensation of brightness fluctuations”. This is a phenomenon of physiological visual discomfort experienced by users of lamps which are supplied by a source common both to the lighting and power loads causing power fluctuations of electrical networks. Currently, the flicker dose size influencing a person’s vision is regulated by the standards which set permissible levels of voltage changing and contain the guidance on the flicker dose assessment methods. One of the main flicker dose assessment methods is the flicker permissible voltage fluctuations curve which has been adapted for incandescent lamps. When using energy saving light sources, fluorescent or LED ones in particular, this method leads to additional error due to the fact that the permissible voltage fluctuations curve for such sources differ greatly from the incandescent lamp flicker curve. In general, the assessment of arbitrary-type voltage fluctuations and the corresponding flicker dose can be achieved by means of direct measurements using a flickermeter. Because of modern flickermeter’s lack of light sources type correction, the problem of modernization of flicker instrumentation being part of modern power quality analyzers preserves its urgency. One of the ways to solve this problem is to improve the standard methods for flicker measuring while using alternative energy saving light sources to reduce the methodological error. The paper is devoted to the design and simulation of an installation which allows determining the transfer function of an alternative light source at estimation of the energy saving light sources flicker dose. The transfer function obtained with the help of the experimental installation can be used to upgrade the modern means of flicker measuring.*

**Keywords:** flicker; flicker dose; artificial light sources; transfer function; identification.

Известно, что фликер, или колебание освещения, определяется как «субъективное ощущение колебания яркости» [1, 2, 5]. Это явление визуального физиологического

неудобства, испытываемого пользователями ламп, питаемых источником, общим для осветительной и силовой нагрузки, вызывающей колебания напряжения (КН) электрической сети.

\* E-mail address: volandis@mail.ru

В подавляющем большинстве случаев фликер обусловлен скачкообразными КН питания с амплитудой менее 10 % и периодом возникновения не более 1 часа, возникающими при коммутации или изменении потребления мощности различными приемниками, например, дугowymi электропечами, сварочными аппаратами, двигателями, конденсаторными батареями и т. д. [1, 2, 3].

В настоящее время величина дозы фликера, влияющая на зрение человека, регламентируется нормами [1, 2, 5], которые устанавливают допустимые уровни изменения напряжения и содержат рекомендации по методам оценки дозы фликера.

Одним из основных является метод оценки дозы фликера при помощи кривой допустимых колебаний напряжения (кривой фликера) [2, 3], который адаптирован прежде всего к лампам накаливания (ЛН). В случае использования альтернативных источников света, например, люминесцентных или светодиодных, этот метод может привести к появлению дополнительной погрешности [4, 6], обусловленной тем, что кривые допустимых колебаний напряжения подобных источников значительно отличаются от кривой фликера ЛН [2].

В общем случае оценка колебаний напряжения произвольного вида и соответствующей им дозы фликера может быть осуществлена путем непосредственных измерений с использованием фликерметра, удовлетворяющего требованиям, установленным в [2]. Стандартная передаточная функция взвешивающего фильтра фликерметра выглядит следующим образом [2, 3, 4, 6]:

$$W_{lamp-eye-brain}(S) = \frac{k\omega_1 S}{S^2 + 2\lambda S + \omega_1^2} \frac{1 + \frac{S}{\omega_2}}{\left(1 + \frac{S}{\omega_3}\right)\left(1 + \frac{S}{\omega_4}\right)}, \quad (1)$$

где  $k = 1,74802$ ;  $\lambda = 2\pi 4,05981$ ;  $\omega_1 = 2\pi 9,15494$ ;  $\omega_2 = 2\pi 2,27979$ ;  $\omega_3 = 2\pi 1,22535$ ;  $\omega_4 = 2\pi 21,9$ .

Это выражение и его частотная характеристика справедливы исключительно для стандартной лампы накаливания напряжением 230 В и мощностью 60 Вт. При этом, как отмечается в [6], для широко распространенных в настоящее время люминесцентных, светодиодных и прочих альтернативных источников света следует использовать другие передаточные функции, а использование выражения (1) в традиционных фликерметрах без поправки на тип источника света является некорректным [6] и обуславливает дополнительную методическую погрешность при оценке фликера по КН в электрических сетях. В связи с этим проблема снижения методической погрешности действующих норм [1, 2, 5] при определении фликера источников света, альтернативных лампам накаливания, сохраняет свою актуальность.

Одним из путей решения этой проблемы является совершенствование нормативных методов измерения фликера при использовании альтернативных источников света, например, светодиодных ламп или ламп дневного света, для снижения методической погрешности.

Для реализации усовершенствованного метода смоделирована и разработана установка (рис. 1), которая позволяет в реальном времени оценивать уровни колебаний напряжения в электрической сети и степень мерцания источников света.

Установка представляет собой исследуемый источник света (блок 1), подключенный к программируемому источнику питания (блок 4), имеющему связь с электрической сетью (блок 6). Блок 4 управляется сигналом с канала управления цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) платы ввода-вывода PCI L-783M (блок 9), который, в свою очередь, управляется моделью электрической сети с фликером (блок 13). Уровень светоотдачи исследуемого источника света анализируется фотоприемником (блок 2) и далее усиливается в блоке 3. После этого усиленный сигнал поступает на канал освещенности аналого-цифрового преобразователя (АЦП) платы ввода-вывода PCI L-783M (блок 8). Одновременно сигнал с блока 4 проходит через входной преобразователь напряжения (блок 7) и поступает на канал напряжения сети АЦП платы ввода-вывода PCI L-783M (блок 10). Далее цифровой сигнал канала напряжения поступает на вход модели фликерметра.

Также в цепи, питающей исследуемый источник света (блок 1), имеется входной преобразователь тока (блок 5), сигнал с которого поступает на канал тока АЦП платы ввода-вывода PCI L-783M (блок 11) для регистрации.

В общем виде для искусственного источника освещения связь между колебанием напряжения  $\Delta V$  и колебанием освещенности  $\Delta L$  имеет вид [4]:

$$\Delta L = W_{lamp}(S) \cdot \Delta V, \quad (2)$$

где  $W_{lamp}(S)$  – передаточная функция искусственного источника освещения.

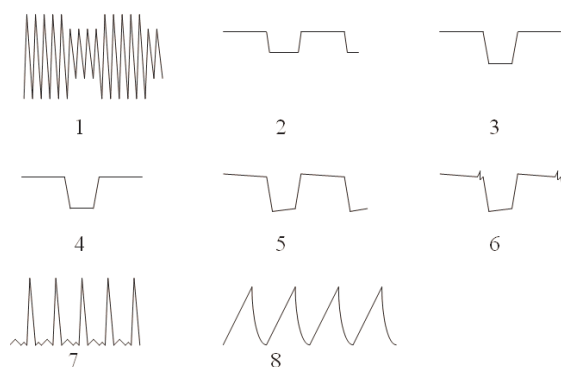


Рис. 2. Формы сигналов на выходе блоков модели фликерметра.

Сигналы  $\Delta L$  канала освещенности (блок 8) и  $\Delta V$  канала напряжения (блок 10) платы ввода-вывода PCI L-783M поступают на блок идентификации (блок 12), который предназначен для получения передаточной функции исследуемого искусственного источника света  $W_{lamp}$  по входным  $\Delta V$  и выходным  $\Delta L$  характеристикам (рис. 3)

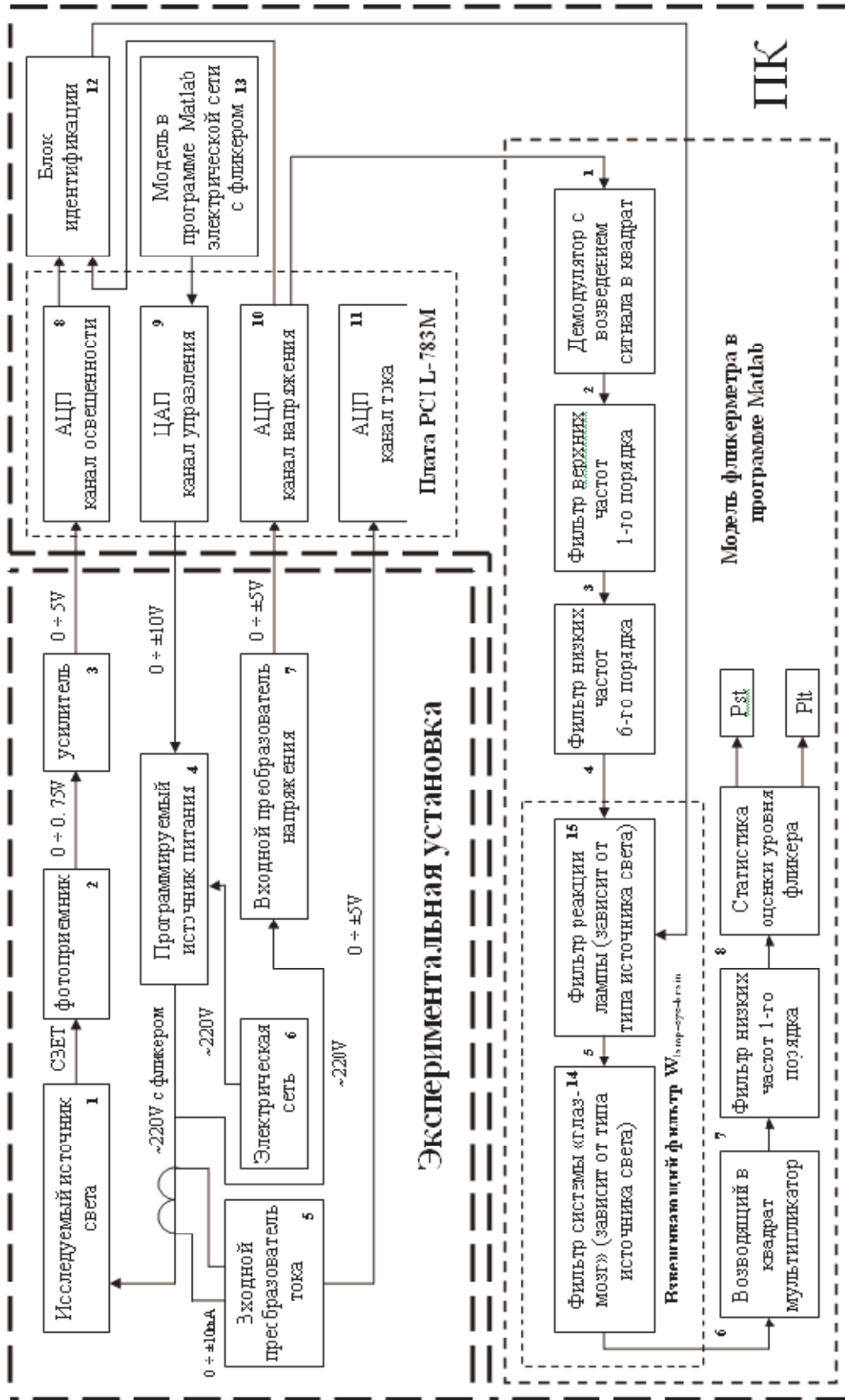


Рис. 1. Блок-схема установки для анализа уровней колебаний напряжения и степени мерцания искусственных источников света.

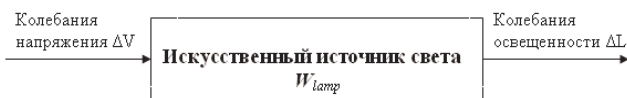


Рис. 3. Структура связи между колебанием напряжения и освещенности.

Проведя процедуру идентификации лампы накаливания, можно получить дискретную передаточную функцию  $W_{inclamp}(Z)$ , которая затем с помощью функции «d2c» системы MatLab может быть представлена в непрерывном виде  $W_{inclamp}(S)$ .

Аналогичным способом могут быть получены передаточные функции для альтернативных источников света  $W_{alterlamp}(S)$ .

В общем случае передаточную функцию взвешивающего фильтра фликерметра (1) можно представить двумя составляющими (рис. 4), одна из которых  $W_{lamp}(S)$  зависит от типа источника света и определяется экспериментальным путем на установке (рис. 1). Вторая составляющая не зависит от типа источника света и может быть получена согласно выражению:

$$W_{eye-brain} = \frac{W_{lamp-eye-brain}(S)}{W_{inclamp}(S)}, \quad (3)$$

где  $W_{inclamp}(S)$  – передаточная функция стандартной лампы накаливания, полученная в результате идентификации на установке.

### Литература

- ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. 37 с.
- ГОСТ Р 51317.3.3-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения. Нормы и методы испытаний. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 20 с.
- Лисицкий К.Е., Струмеляк А.В. Моделирование цифрового комплекса для оценки дозы фликера в сетях общего назначения // Материалы VIII (XXX) Всерос. науч.-техн. конф. Братск, 2010. 78 с.
- The Case for a National Research Program on Semiconductor Lighting / R. Haitz, F. Kish, J. Nelson, J. Tsao // Proceedings of Washington D.C., Optoelectronics Industry Development Association Forum, October 6, 1999.
- IEC 61000-4-15: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques. Section 15: Flicker meter – Functional and design specifications, 1997.
- Лисицкий К.Е., Струмеляк А.В. Разработка метода оценки погрешности нормативных способов фликера при использовании альтернативных источников света // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 3. С.91-94.

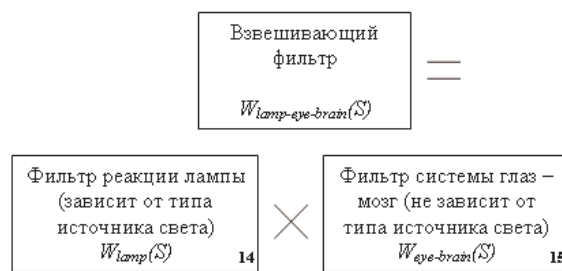


Рис. 4. Блок-схема взвешивающего фильтра фликерметра.

Зная, что передаточная функция системы «глаз – мозг»  $W_{eye-brain}(S)$  не зависит от вида искусственного источника освещения, можно определить передаточные функции взвешивающего фильтра фликерметра  $W_{lamp-eye-brain}(S)$  для любых альтернативных источников света.

Таким образом, с помощью передаточной функции альтернативного источника света  $W_{alterlamp}(S)$  можно получить адаптированную к этому источнику передаточную функцию взвешивающего фильтра фликерметра  $W_{alterlamp-eye-brain}(S)$ :

$$W_{alterlamp-eye-brain}(S) = W_{alterlamp}(S) \cdot W_{eye-brain}(S) \cdot (4)$$

Полученные согласно (4) передаточные функции можно использовать для адаптации стандартных цифровых фликерметров при оценке дозы фликера любого альтернативного источника освещения. При этом методическая погрешность такой оценки существенно снижается.

### References

- GOST (the State Standard) 13109-97. Quality norms for electric power in general-purpose power-supply systems. M.: IPK Izd-vo standartov, 1998. 37 s.
- GOST(the State Standard) P 51317.3.3-99. Electromagnetic compatibility technology. Bounce and flicker caused by the equipment consumption current not more than 16A (for one phase) pluggable to low-voltage power-supply systems. The norms and methods of tests. M.: IPK Izd-vo standartov, 2002. 20 s.
- Lisitsky K.E., Strumelyak A.V. The digital package modeling to estimate the flicker dose in general-purpose power-supply systems: Materialy VIII (XXX) Vseross. nauch.-tekhn. konf. Bratsk, 2010. 178 s.
- Haitz R., Kish F., Nelson J., Tsao J. The Case for a National Research Program on Semiconductor Lighting. Proceedings of Washington D.C., Optoelectronics Industry Development Association Forum, October 6, 1999.
- IEC 61000-4-15: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques. Section 15: Flicker meter – Functional and design specifications, 1997.
- Lisitsky K.E., Strumelyak A.V. The development of the procedure for error estimate of the flicker normative methods when using alternative light sources // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2010. № 3. S.91-94.