

УДК 628.9

Адаптация цифровых фликерметров к оценке дозы фликера альтернативных источников света

К.Е. Лисицкий^a, А.В. Струмеляк^b

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^acrafty05@mail.ru, ^bvolandis@mail.ru

Статья получена 13.04.2013, принята 22.08.2013

В современных анализаторах качества электрической энергии метод оценки дозы фликера базируется на исследованиях колебаний освещенности ламп накаливания 60 Вт как стандартного источника света. В свою очередь, для широко распространенных в настоящее время люминесцентных, светодиодных и прочих альтернативных источников света использование такого метода без поправки на тип источник света приводит к возникновению дополнительной методической погрешности оценки дозы фликера в электрических сетях общего назначения, что связано с принципиальным отличием нормативной частотной характеристики фликера альтернативных источников света от традиционной нормативной частотной характеристики фликера лампы накаливания 60 Вт. В связи с этим в работе выделяется проблема снижения методической погрешности действующих норм при определении дозы фликера источников света, альтернативных лампам накаливания 60 Вт. Согласно действующим нормативам, оценка дозы фликера, вызванной колебаниями напряжения произвольного вида в электрической сети общего назначения, может быть осуществлена путем непосредственных измерений с использованием анализатора качества электроэнергии, имеющего функцию фликерметра, стандартная модель которого не имеет поправки на тип источника света. Кроме того, в настоящее время практически отсутствуют формализованные методы реализации такой поправки. Для решения вышеизложенной проблемы в работе предложен метод усовершенствования стандартной модели фликерметра путем введения в модель дополнительного блока поправки на тип источника света.

Ключевые слова: фликер, доза фликера, источник света, аппаратно-программный комплекс.

Digital flickermeter adaptation to assess the flicker dose of alternative light sources

К.Е. Lisitsky^a, A.V. Strumelyak^b

Bratsk State University, 40 Makarenko st., Bratsk, Russia

^acrafty05@mail.ru, ^bvolandis@mail.ru

Received 13.04.2013, accepted 28.08.2013

In modern power quality analyzers, the technique for the flicker dose assessment is based on the light fluctuations studies of 60 W incandescent lamps as a standard light source. In turn, for fluorescent, LED and other alternative light sources widespread nowadays, the use of this technique without correction for the light source type results in a more systematic error in estimating the flicker dose in the general purpose electric networks. It occurs due to the fundamental difference in the normative frequency response of the alternative light sources flicker from the traditional normative frequency response of 60 W incandescent lamps flicker. In the paper, the problem of reducing the systematic error in the operating standards while determining the light sources flicker dose alternative to 60 W incandescent lamps is emphasized. According to the operating standards, the assessment of the flicker dose caused by any kind of voltage fluctuations in the general purpose electric network can be done by direct measurement using power quality analyzers having a function of a flickermeter, its standard model having no correction for the light source type. In addition, at the present there are no formal approaches to implement such a correction. To solve the above-mentioned problem, the paper proposes a method to improve a standard model of a flickermeter by introducing the additional block of correction for the light source type.

Keywords: flicker, flicker dose, light source, continuity studio.

В настоящее время применение фликерметра для оценки колебания напряжения (КН) и дозы фликера является эталонным методом, который используется на этапе эксплуатации электрических сетей [2, 3, 4]. Он основан на использовании нормализованной частотной характеристики лампы накаливания (ЛН) 60 Вт. В случае использования альтернативных ЛН источников света (ИС), например, люминесцентных или светодиодных, этот метод может привести к появлению допол-

нительной погрешности [2, 3], обусловленной тем, что кривые допустимых колебаний напряжения подобных источников значительно отличаются от кривой фликера ламп накаливания [2, 3]. Следовательно, применение такого метода при использовании нетрадиционных ИС без поправочных коэффициентов некорректно.

Для определения величины погрешности оценки фликера, не учитывающей тип ИС, необходимо получение передаточной функции H , определяющей связь

между КН и освещенностью альтернативных ИС:

$$L^*(f, V^*) = H(f, V^*), \quad (1)$$

где L^* – амплитуда изменений (АИ) освещенности, *о.е.*; V^* – АИ напряжения, *о.е.*; f – частота, Гц.

В свою очередь, АИ освещения L^* и АИ напряжения V^* (рис. 1) определяются по выражениям:

$$L^* = \frac{\Delta L}{L}; \quad (2)$$

$$V^* = \frac{\Delta V}{V}, \quad (3)$$

где ΔL – абсолютная величина изменения освещенности, *о.е.*; L – действующее значение освещенности, *о.е.*; ΔV – абсолютная величина изменения напряжения, *о.е.*; V – действующее значение напряжения, *о.е.*

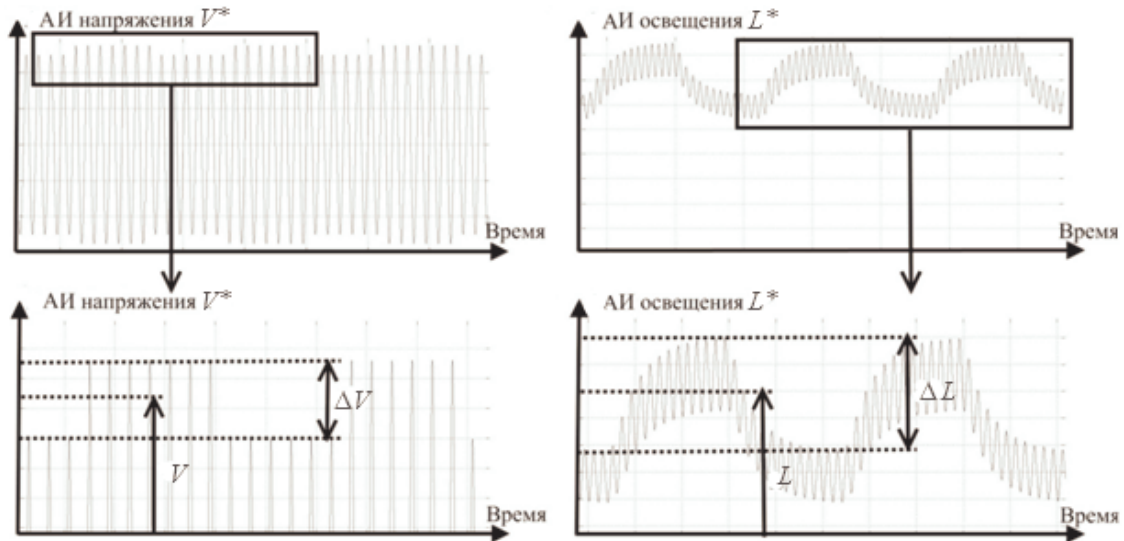


Рис. 1. Сигнал канала напряжения и освещенности

Как отмечается в работах [2, 3], функции вида (1) могут быть получены с помощью специализированного оборудования, реализованного с помощью пакета программ Matlab и программируемого источника питания.

Для определения зависимости входного и выходно-

го сигналов (рис. 2) произвольного ИС на кафедре ЭиЭ БрГУ разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) [1, 3], который позволяет оценить величину погрешности при оценке дозы фликера альтернативных лампам накаливания источников света.

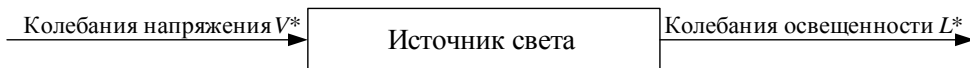


Рис. 2. Структура связи между колебанием напряжения и освещенности

АПК (рис. 3) состоит из ИС 8, выпрямителя 9 и фотоприемника с усилителем 10, заключенных в герметичный закрытый ящик 1, панели с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями платы ввода-вывода PCI L-783М 2, персонального компьютера 3, понижающего трансформатора 220В/40В 7, выпрямителя 6, усилителя мощности 5, повышающего трансформатора 40В/220В 4.

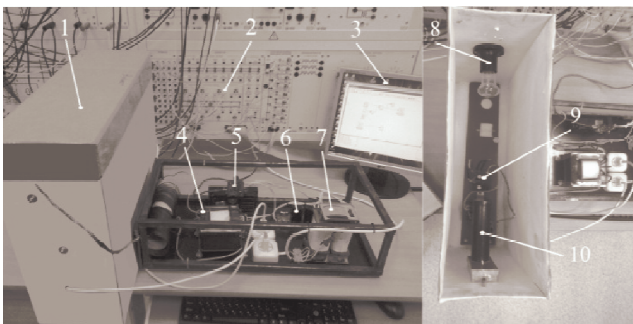


Рис. 3. Аппаратно-программный комплекс

С помощью разработанного АПК проведен ряд исследований передаточных функций различных ИС, что позволило оценить погрешности при измерении фликера стандартными методами и создало предпосылки для усовершенствования этих методов при использовании альтернативных лампам накаливания ИС.

При воздействии одинаковых КН в электрической сети на альтернативные ИС и лампы накаливания 60 Вт уровень колебаний их светового потока будет отличаться. В свою очередь, используя амплитуду изменения освещенности альтернативного источника света L^*_{AL} , соответствующую амплитуде изменения напряжения V^* , можно определить эквивалентную АИ напряжения лампы накаливания 60 Вт V^{*equ}_{bulb} , которая, в свою очередь, соответствует АИ освещенности альтернативного ИС L^*_{AL} :

$$V^{*equ}_{bulb}(V^*, f) = \frac{H_{AL}(V^*, f) \cdot V^*_{bulb}(f)}{H_{bulb}(V^*, f)}. \quad (4)$$

Так как, согласно [5], при неизменной частоте увеличение колебаний напряжения V^* в n раз приведет к росту кратковременной дозы фликера P_{st} в n раз, поправочный коэффициент использования альтернативного ИС $p^{AL}(f)$ может быть определен по выражению:

$$p^{AL}(f) = \frac{V_{bulb}^*(f)}{V_{bulb}^{*equ}(f)}. \quad (5)$$

Следовательно, кратковременная доза фликера альтернативного лампы накаливания ИС P_{st}^{AL} с учетом поправки на его тип рассчитывается следующим образом:

$$P_{st}^{AL}(V^*, f) = p^{AL}(f) \cdot P_{st}^{bulb}(V^*, f). \quad (6)$$

Тогда АИ напряжения альтернативного лампы накаливания ИС рассчитывается следующим образом:

$$V_{Pst=1}^{*AL}(f) = \frac{V_{Pst=1}^{*bulb}(f)}{p^{AL}(f)}. \quad (7)$$

Анализ выражения (7) показал, что использование поправочного коэффициента, определенного в соответствии с выражением (5), позволяет внести корректировку в стандартный алгоритм оценки фликера.

Для получения поправочных коэффициентов (5) с помощью разработанного АПК были выполнены измерения АИ освещения L^* множества источников света, в частности: ЛН 60 Вт, люминесцентной лампы (ЛЛ) 40 Вт, компактной люминесцентной лампы (КЛЛ) 40 Вт и светодиодной LED лампы 11 Вт (рис. 4). При этом использовались различные комбинации АИ напряжения V^* и частоты появления этих изменений f в диапазоне 0,5÷24 Гц.

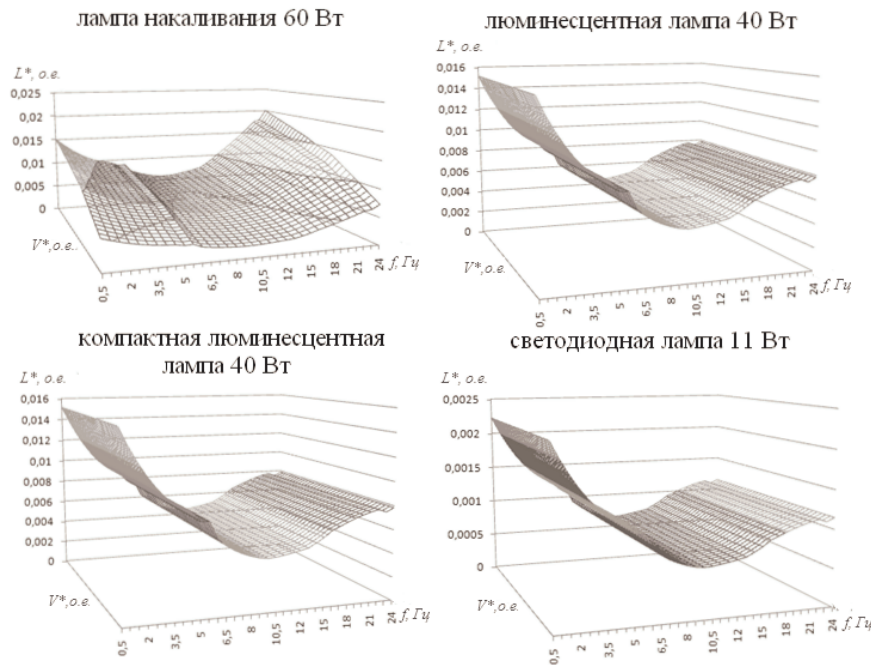


Рис. 4. Диаграммы единичного фликера в пространстве f, V^*, L^*

Полученные массивы данных могут быть использованы для реализации численного алгоритма корректировки стандартного метода измерения фликера с помощью недорогого микроконтроллера.

В ходе анализа экспериментальных данных получены и подтверждены следующие основные результаты:

- ЛН обладают тепловой инерцией, так как принцип их действия заключается в нагревании нити накала электрическим током, в связи с чем АИ освещения L^* зависит от частоты f ;

- амплитуда относительных изменений освещения подавляющего большинства альтернативных лампам накаливания ИС L^* , имеющих иной принцип действия, не зависит от частоты появления изменения напряжения f и имеет вид:

$$L_{AL}^*(V_{AL}^*) = H_{AL}(V_{AL}^*). \quad (8)$$

По результатам измерений были получены упрощенные функции колебания освещенности ИС вида (8), аппроксимированные к экспериментальным данным (таблица 1).

Таблица 1

Функции колебания освещенности ИС

Тип ИС	АИ освещенности $L^*(f, V^*) = H(f, V^*)$
Лампа накаливания 60 Вт	$(0,03 - 0,0008 \cdot f) \cdot V^*$
Люминесцентная лампа 40 Вт	$0,0592 \cdot V^*$
Компактная люминесцентная	$0,0109 \cdot V^*$

лампа 40 Вт	
Светодиодная лампа 11 Вт	$0,0016 \cdot V^*$

Таким образом, полученные трехмерные зависимости $L^*(f, V^*) = H(f, V^*)$ могут быть использованы для корректировки стандартной модели фликерметра путем введения поправочного коэффициента вида (7). Такая корректировка позволяет качественно повысить уровень точности при оценке дозы фликера альтернативных источников света.

Литература

1. Лисицкий Е.К., Струмяк А.В. Аппаратный комплекс для определения передаточных функций искусственных источников света при оценке дозы фликера: пат. 119892 Рос. Федерация. № 2011149905; заявл. 07.12.11, опубл. 27.08.12. . Бюл. № 24.
2. Лисицкий К.Е., Струмяк А.В. Усовершенствованная модель фликерметра // Энергетика глазами молодежи: сб. науч. тр. III междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2012. Т. 2. С. 393-397.
3. Лисицкий К.Е., Струмяк А.В. Аппаратное решение проблемы определения передаточных функций искусственных источников света при оценке дозы фликера // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. 2011. Т.2. С. 31-35.

4. ГОСТ Р 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2012.

5. ГОСТ 51317.4.15-99. (МЭК 61000-4-15-97). Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Технические требования и методы испытаний. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

References

1. Lisitsky K.E., Strumelyak A.V. The hardware system to determine the transfer function of the artificial light sources when assessing flicker dose: pat. 119892 Ros. Federatsiya. № 2011149905; yayavl 07.12.11, opubl. 27.08.12. Byul. № 24.
2. Lisitsky K.E., Strumelyak A.V. The improved flickermeter model // Energtika glazami molodezhi: sb. nauch. tr. III mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ekaterinburg, 2012. S. 393-397.
3. Lisitsky K.E., Strumelyak A.V. The hardware solution to the problem for determining the transfer function of the artificial light sources when assessing flicker dose // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki – razvitiyu regionov Sibiri. 2011. T. 2. S. 31-35.
4. The State Standard (GOST) R 54149-2010. Quality norms for electric power in the general purpose power supply networks. M.: Standardinform, 2012.
5. The State Standard (GOST) 51317.4.15-99. (IEC 61000-4-15-97). Electromagnetic computability of hardware components. Flickermeter. Functional and design specifications. M.: IPK Izd-vo standartov, 2000.