

УДК: 628.9

К. Е. Лисицкий., А. В. Струмемяк*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ НОРМАТИВНЫХ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ФЛИКЕРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Проблема оценки фликера сохраняет свою актуальность в связи с отсутствием широкомасштабных исследований по оценке влияния колебаний напряжения на величину фликера новых светодиодных источников света. В работе приведен обзор нормативных методов оценки кратковременной дозы фликера, адаптированных к лампам накаливания. Также предлагается разработка метода анализа погрешности нормативных способов измерения фликера при использовании альтернативных источников света.

Ключевые слова: фликер, доза фликера, светодиодный источник света.

Известно, что фликер, или колебание освещения, определяется как «субъективное ощущение колебания яркости» [1, 2, 5]. Это явление визуального физиологического неудобства, испытываемого пользователями ламп, питаемых общим для освещения и нагрузки источником, при колебаниях напряжения электрической сети. Наиболее часто колебания освещения отражаются на работе ламп низкого напряжения, однако нелинейные нагрузки могут оказывать влияние, будучи подключенными на любом уровне напряжения.

В подавляющем большинстве случаев фликер обусловлен скачкообразными колебаниями напряжения питания с амплитудой менее 10 % и периодом возникновения не более 1 часа, что обуславливается коммутацией или изменением потреб-

ления мощности, различными приемниками, например, дуговыми электропечами, сварочными аппаратами, двигателями, конденсаторными батареями и т. д.

Проблема фликера является темой многочисленных публикаций на протяжении более 50 лет [5] и в настоящее время хорошо исследована только для ламп накаливания, однако следует отметить, что количественный показатель мерцания – доза фликера [1, 2, 5] возникает также и у других источников света, например, люминесцентных и перспективных светодиодных ламп [4].

Величина дозы фликера, влияющая на зрение человека, регламентируется нормами ГОСТ 13.109-97. Этот стандарт устанавливает нормы изменений напряжения, которые могут быть созданы техническими средствами при испытаниях в

* - автор, с которым следует вести переписку.

регламентированных условиях, и содержит указания по методам оценки. Измерения колебаний напряжения и обусловленного ими фликера должны проводиться при нормируемом сопротивлении сети. Действующий стандарт [2] устанавливает следующий ряд величин для нормирования фликера и колебаний напряжения (табл. 1):

Таблица 1
Нормирование фликера и колебаний напряжения

№п/п	Показатель	Обозначение	Нормативная величина
1	Кратковременная доза фликера	P_{st}	1,0
2	Длительная доза фликера	P_{lt}	0,65
3	Установившееся относительное изменение напряжения	dU_c	3 %
4	Максимальное относительное изменение напряжения	dU_{max}	4 %
5	Характеристика относительного изменения напряжения	$dU(t)$	3 % для интервала времени изменения напряжения, большего 200 мс.

Если изменения напряжения вызваны редкими переключениями или частота их повторения менее одного в течение часа, то величины P_{st} и P_{lt} не нормируются, а оцениваются уровни dU_c , dU_{max} и $dU(t)$ [2].

В основе всех методов оценки фликера использован анализ формы кривой изменения напряжения на зажимах испытуемого технического средства, то есть разности напряжений ΔU между двумя последовательными значениями огибающей среднеквадратичных значений фазных напряжений $U(t_1)$ и $U(t_2)$ (рис. 1):

$$\Delta U = U(t_1) - U(t_2) \quad (1)$$

где $U(t_1)$ и $U(t_2)$ – среднеквадратичные значения напряжения в моменты времени t_1 и t_2 соответственно (рис. 1).

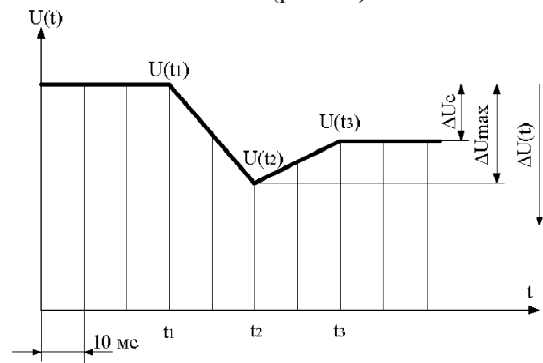


Рис. 1. Схема определения огибающей среднеквадратичных значений напряжения.

В свою очередь, значения огибающей среднеквадратичных значений напряжения $U(t_1)$ и $U(t_2)$ могут быть измерены или рассчитаны. При этом изменение напряжения ΔU обусловлено изменением потребляемого техническим средством комплексного тока основной частоты ΔI , который протекает по стандартному полному сопротивлению сети Z [1].

В общем случае относительное изменение напряжения вычисляется по выражению:

$$d = \frac{\Delta U}{U_n} \quad (2)$$

В большинстве практических расчетов величина кратковременной дозы фликера P_{st} определяются в соответствии с методикой, приведенной в [2]. Однако в настоящее время известны альтернативные методы оценки P_{st} [2], вызванной колебаниями напряжения различного вида (табл. 2).

Для колебаний напряжения произвольного вида оценка дозы фликера может быть осуществлена путем непосредственных измерений с использованием фликерметра, удовлетворяющего требованиям, установленным в ГОСТ 51317.4.15.

Таблица 2
Альтернативные методы оценки кратковременной дозы фликера P_{st}

Вид колебаний напряжения	Метод оценки P_{st}
Колбания напряжния произвольного вида	Неспосредственныс измерения
Колбания напряжения произвольного вида, для которых определяется значение $U(t)$	Моделирование. Непосредственное измерение.
Огибающая среднеквадратичных изменений напряжения соответствует частоте повторения колебаний менее одного в секунду	Аналитический метод. Моделирование. Непосредственные измерения.
Огибающая изменений напряжения имеет форму меандра	Использование кривой $P_{st}=1$ на рис. 4. Моделирование.

В случае, когда известна характеристика относительного изменения напряжения $d(t)$, для оценки P_{st} могут быть применены методы цифрового моделирования [3].

Длительную дозу фликера P_{lt} также определяют в соответствии с методикой, установленной в ГОСТ 13.109-97 для интервала наблюдения, равного 2 ч. Определение значения P_{lt} актуально для технических средств, имеющих в нормальных условиях длительность рабочего цикла более 30 мин.

Таким образом, известные методы оценки колебаний напряжения и дозы фликера можно разделить на две группы:

- измерение (использование фликерметра);
- моделирование и расчет (методы ГОСТ13.109-97 и метод кривой $P_{st}=1$).

В настоящее время использование фликерметра для оценки колебания напряжения и дозы фликера является эталонным методом. Однако в большинстве

случаев использование этого метода невозможно на этапе проектирования.

Следует также отметить, что в настоящее время в связи с внедрением новых светодиодных источников света проблема оценки фликера в электрических сетях сохраняет свою актуальность. Тем более, что широкомасштабных исследований по оценке влияния колебаний напряжения на величину фликера таких ламп не проводилось.

Кроме того, известные методики оценки фликера как воздействия на зрение человека адаптированы, прежде всего, к лампам накаливания, однако использование таких методов для светодиодных источников может привести к возникновению дополнительных погрешностей, уровни которых могут превышать нормируемые стандартами [1, 2] величины, $\pm 5\%$ для методов измерения и $\pm 10\%$ для расчетных методов соответственно. Следует отметить, что светодиодные источники света, в отличие от ламп накаливания, являются безынерционными, и степень их светоотдачи напрямую зависит от напряжения, так как рабочий диапазон их вольтамперной характеристики близок к линейному. Одним из путей решения поставленной выше проблемы является разработка метода оценки погрешности нормативных способов измерения фликера при использовании альтернативных источников света, светодиодных ламп или ламп дневного света.

Для реализации такого метода предлагается разработка установки (рис. 2), которая позволит оценивать уровни колебаний напряжения в электрической сети и степень вызванного этим мерцания источников света.

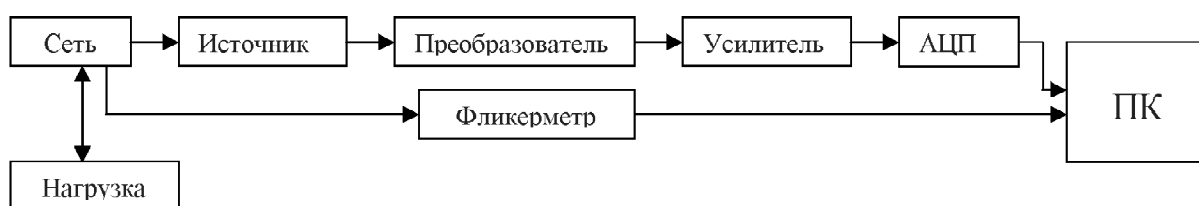


Рис. 2. Блок-схема установки для оценки точности нормативных методов измерения дозы фликера.

Установка представляет собой модель электрической сети с подключенной нагрузкой. Напряжение сети анализируется фликерметром, а уровень освещенности регистрируется фотоприемником. Включение-выключение нагрузки вызывает в сети искажения напряжения, в результате чего возникает колебание светового потока источника света, который преобразуется фотоэлементом, усиливается и передается на вход аналогового цифрового преобразователя. С выхода преобразователя сигнал поступает на персональный компьютер. Параллельно с этим процессом происходит анализ уровня фликера при помощи фликерметра. Персональный компьютер также позволяет осуществлять коммутацию нагрузки и обрабатывать данные измерений уровней колебания напряжения и освещенности.

Для непосредственной оценки величины погрешности необходима также разработка метода сопоставления колебаний освещенности источника света с уровнями и частотой колебаний напряжения сети.

Таким образом, практическая реализация подобной установки позволит оценивать адекватность и точность нормативных методов оценки фликера [1, 2] для новых перспективных источников света [4].

Литература:

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : ИПК Изд-во стандартов, 1998.
2. 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.
3. Лисицкий К. Е., Струмяляк А. В. Моделирование цифрового комплекса для оценки дозы фликера в сетях общего назначения : материалы VIII (XXX) Всероссий. науч. техн. конф. Братск : БрГУ, 2010. 178 с.
4. The Case for a National Research Program on Semiconductor Lighting / R. Haitz [etc.] // Proceedings of Washington D.C., Optoelectronics Industry Development Association Forum, October 6, 1999.
5. IEC 61000-4-15: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques. Section 15: Flicker meter – Functional and design specifications, 1997.