УДК 502.3:621.311.23

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Вагин Г.Я., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Терентьев П.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru

Эффективное использование света с помощью достижений современной светотехники – важнейший резерв повышения производительности труда и качества продукции, снижения травматизма и сохранения здоровья людей. Осветительные установки создают необходимые условия освещения на рабочих местах на производстве, транспорте, сельском хозяйстве и в жилых домах. В России в настоящее время в промышленности, сельском хозяйстве, в общественных и жилых зданиях и на улицах городов установлено более 1,0 млрд световых точек. Результаты исследований влияния качества питающего напряжения на лампы накаливания показывают, что наибольшее влияние на качественные характеристики источников света (ИС) оказывают отклонения и колебания напряжения. В данной статье приводятся результаты исследования влияния отклонений напряжения на основные качественные характеристики различных типов источников света и даются рекомендации по допустимым отклонениям напряжения. Установлено, что для поддержания нормируемой величины освещенности необходимо, чтобы питающее напряжение не опускалось ниже номинального значения; наибольшее влияние отклонения напряжения оказывают на лампы накаливания, а наименьшее – на люминесцентные лампы Т5 и светодиодные лампы; изменение напряжения ±15 % практически не оказывает влияния на величину коэффициента пульсаций для всех типов ламп.

Ключевые слова: питающее напряжение, колебания напряжения, источники света, пульсация светового потока, величина освещенности, производительность труда, снижение травматизма

INFLUENCE ON QUALITY SUPPLY OPTIONS ARTIFICIAL LIGHTING WORKPLACE

Vagin G.Y., Masleeva O.V., Pachurin G.V., Terentev P.V.

FGBOU VPO «Novgorod State Technical University R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod, e-mail: PachurinGV@mail.ru

Effective use of light through the achievements of modern lighting – the most important reserve for increasing productivity and product quality, reducing injuries and saving people's health. Lighting systems create the necessary lighting conditions at the workplace in the production, transport, agriculture and residential homes. In Russia, currently in industry, agriculture, public and residential buildings and on the streets has more than 1,0 billion light points. The results of studies of the effect on the quality of the supply voltage incandescent show that the greatest influence on the quality characteristics of the light sources (IS) and have a bias voltage fluctuations. This article presents the results of studies of the effect of voltage deviations on the main qualitative characteristics of different types of light sources and recommendations for voltage tolerances. Found that to maintain the rated value of the illumination necessary to the supply voltage drops below the nominal value, the greatest influence on the deflection voltage is incandescent, and the smallest at T5 fluorescent lamps and LED lamps, the voltage change of ±15 % have practically no influence on the coefficient pulsations for all lamp types.

Keywords: supply voltage, voltage fluctuations, light sources, light flux ripple, the illumination value, productivity, reducing injuries

Одним из необходимых условий комфортного существования современного человеческого общества является использование искусственных источников света. Осветительные установки создают необходимые условия освещения на рабочих местах на производстве, транспорте, сельском хозяйстве и в жилых домах. Эффективное использование света с помощью достижений современной светотехники – важнейший резерв повышения производительности труда и качества продукции, снижения травматизма и сохранения здоровья людей [1].

В России в настоящее время в промышленности, сельском хозяйстве, в общественных и жилых зданиях и на улицах городов установлено более 1,0 млрд световых точек. На освещение ежегодно расходуется свыше 110 млрд кВт·ч электроэнергии (ээ), т.е. примерно 14 % от всей вырабатываемой в стране [1, 11, 16].

Основными качественными характеристиками, которые должны выполняться на рабочих местах, являются: освещенность, пульсации светового потока и фликер (доза колебательности). Допустимые значения этих характеристик зависят от разрядов зрительный работы и приводятся в стандартах [4, 17].

Результаты исследований влияния качества питающего напряжения на лампы накаливания, приведенные в [7, 20], показывают, что наибольшее влияние на качественные характеристики источников света (ИС) оказывают отклонения и колебания напряжения. Как показано в работах [7, 20], при отклонении напряжения в пределах ±1 % от номинального световой поток изменяется на ±3,5 %, и световая отдача на ±1,8 %. Снижение освещенности рабочих

мест в 1,5–2 раза приводят к уменьшению производительности труда на 1–2 %. Колебания напряжения приводят к фликеру, который оказывает большое влияние на утомляемость зрения [8, 9].

В соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ [10] в России поставлена задача о замене ламп накаливания на энергоэкономичные газоразрядные (ГРЛ) и светодиодные (СДЛ) источники света. Такая замена позволит на 70–80 % снизить электропотребление системами освещения, увеличить производительность труда и снизить выбросы углекислого газа в атмосферу [11].

В настоящее время на российский рынок поступает большое количество ГРЛ и СДЛ различных производителей, данных о влиянии на них отклонений напряжения нет [2, 10, 19, 21]. Нет данных о допустимых отклонениях напряжения на зажимах ГРЛ и СДЛ и в новом стандарте на качество электроэнергии ГОСТ Р 54149-2010 [5]. В данной статье авторы приводят результаты исследования влияния отклонений напряжения на основные качественные характеристики различных типов ГРЛ и СДЛ и дают рекомендации по допустимым отклонениям напряжения.

Материалы и методы исследования

При исследовании отклонения напряжения изменялись в пределах ±15 % от номинального напряжения. Исследования проводились по методикам, приведенным в [16-21]. Для измерения освещенности следует использовать люксметры с измерительными преобразователями излучения, имеющими спектральную погрешность не более 10 % [3, 6, 12–15].

Исследование проводили с помощью следующих приборов:

– анализатора качества электрической энергии Fluke 434, использовался для анализа параметров электроэнергии в электрической сети;

– клещей Fluke 345 для анализа мощности, регистрации качества электроэнергии, тока и питающего напряжения;

– Testo 435 – многофункциональный измерительный прибор для оценки качества освещенности от источников света;

– Люксметр-пульсметр Аргус-07 для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и различными источниками искусственного освещения, и коэффициента пульсаций излучения искусственного освещения;

– лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) – для понижения или повышения напряжения.

Технические характеристики Testo 435:

Рабочая температура –20…+50 °C;

Диапазон измерений 0…100000 Лк;

Разрешение 1 Лк/0,1 Гц;

Погрешность измерений: 5 %.

Технические характеристики Аргус-07:

Диапазон измерения освещенности: 10 – 200000 Лк;

Коэффициент пульсации: 1–100 %;

Погрешность измерения: 8 %;

Спектральный диапазон: 0,38–0,8 мкм.

Схема измерительной установки показана на рис. 1.

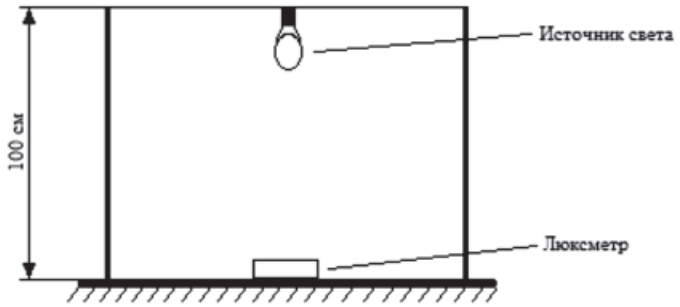

Рис. 1. Схема измерения освещенности

В табл. 1 приведены паспортные данные исследуемых источников света.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты замеров величин освещенности для различных типов ламп при изменении питающего напряжения приведены в табл. 2 и на рис. 2, коэффициента пульсаций – табл. 3 и на рис. 3. При обработке результатов измерений считали, что нормируемая освещенность на рабочем месте создается источниками света при номинальном напряжении 220 В.

Выводы

1. Анализ результатов исследования отклонения напряжения на освещенность показал:

– для поддержания нормируемой величины освещенности необходимо, чтобы питающее напряжение не опускалось ниже номинального значения;

– наибольшее влияние отклонения напряжения оказывают на лампы накаливания, а наименьшее на люминесцентные лампы Т5 и светодиодные лампы;

– изменения напряжения ±15 % не оказывают влияния на величину освещенности для люминесцентных ламп Т5 и светодиодных ламп;

Таблица 1

Паспортные данные источников света

Тип источников света	Маркировка	Светоотдача, лм/Вт	Индекс цветопередачи, R_a	Цветовая температура $T_{цб}$, К	Срок службы, ч
Лампы накаливания	ЛН	10–15	100	2400–2700	1000
Стандартные люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т12)	ЛЛ	60-80	65	2700–6000	8000
Люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т8)	ЭЛЛ	80–95	85	2700–6000	16000
Сверхтонкие люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т5)	ТЛЛ	95–105	≥ 85	2700–6000	16000
Компактные люминесцентные лампы низкого давления	КЛЛ	60–70	80	2700–6400	9000
Светодиодные лампы	СД	До 200	80	2700–4000	до 50 000

Таблица 2

Освещенность для различных типов ламп при изменении питающего напряжения

Напряжение, В	Освещенность для различных типов ламп, лк				
	ЛН 75	КЛЛ 20	ЛЛ Т8 4*18	ЛЛ Т5 4*54	СДЛ 9
187	96	106	816	6866	313
190	102	108	892	6865	312
193	108	110	928	6867	311
196	114	110	963	6870	311
199	122	114	998	6869	310
202	131	115	1030	6868	310
205	133,5	116	1058	6867	309
208	145	119	1094	6868	310
211	150	120	1116	6867	310
214	162	122	1136	6864	309
217	165	123	1162	6864	310
220	176	124	1177	6863	309
223	182	126	1198	6863	309
226	197	127	1215	6862	309
229	200	129	1242	6853	309
232	210	130	1258	6853	308
235	222	134	1267	6854	308
238	232	134	1281	6854	309
241	247	135	1296	6855	309
244	253	136	1315	6855	309
247	257	137	1316	6856	308
250	267	138	1320	6855	308
253	288	140	1325	6855	307

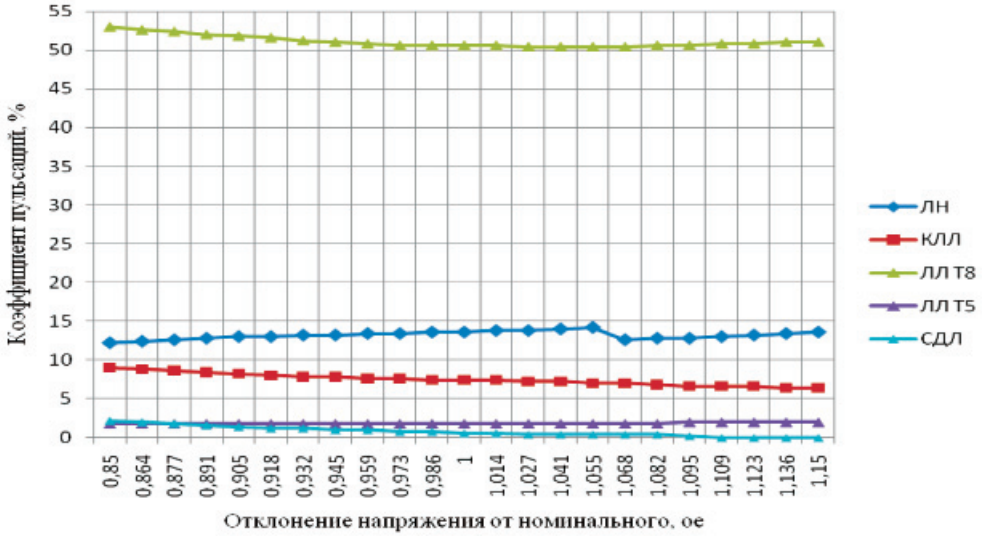

Рис. 2. Изменение освещенности для различных типов ламп при изменении питающего напряжения

Таблица 3

Коэффициенты пульсаций для различных типов ламп при изменении питающего напряжения

Напряжение, В	Коэффициенты пульсаций для различных типов ламп, %				
	ЛН 75	КЛЛ 20	ЛЛ Т8 4*18	ЛЛ Т5 4*54	СДЛ 9
187	12,2	9	53	1,8	2,2
190	12,4	8,8	52,6	1,8	2
193	12,6	8,6	52,4	1,8	1,8
196	12,8	8,4	52	1,8	1,6
199	13	8,2	51,8	1,8	1,4
202	13	8	51,6	1,8	1,2
205	13,2	7,8	51,2	1,8	1,2
208	13,2	7,8	51	1,8	1
211	13,4	7,6	50,8	1,8	1
214	13,4	7,6	50,6	1,8	0,8
217	13,6	7,4	50,6	1,8	0,8
220	13,6	7,4	50,6	1,8	0,6
223	13,8	7,4	50,6	1,8	0,6
226	13,8	7,2	50,4	1,8	0,4
229	14	7,2	50,4	1,8	0,4
232	14,2	7	50,4	1,8	0,4
235	12,6	7	50,4	1,8	0,4
238	12,8	6,8	50,6	1,8	0,4
241	12,8	6,6	50,6	2	0,2
244	13	6,6	50,8	2	0
247	13,2	6,6	50,8	2	0
250	13,4	6,4	51	2	0
253	13,6	6,4	51	2	0

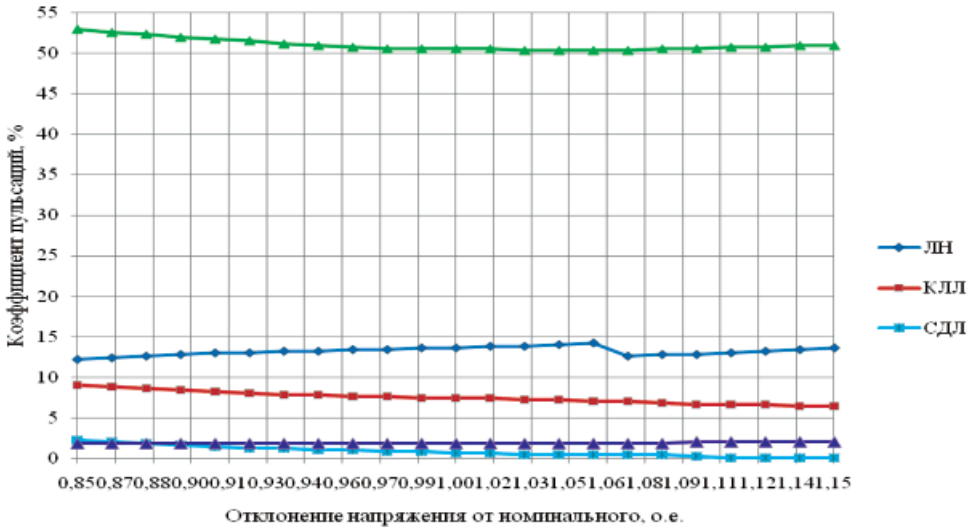

Рис. 3. Изменение коэффициента пульсации для различных типов ламп при изменении питающего напряжения

– уменьшение напряжения на 2.5% приводит к уменьшению освещенности на рабочем месте для ламп накаливания – на 10%, люминесцентных ламп Т8 – на 3% и ламп КЛЛ – на 2%.

2. Результаты исследования отклонения напряжения на величину коэффициента пульсаций выявили:

– изменения напряжения ±15% практически не оказывают влияния на величину коэффициента пульсаций для всех типов ламп;

– наименьший коэффициент пульсаций имеют люминесцентные лампы Т5 и светодиодные лампы за счет применения ЭПРА.

Список литературы

1. Айзенберг Ю.Б., Современные проблемы энергоэффективного освещения // Энергосбережение. – 2009. – № 1.

2. Бегеман Т. Светоизлучающие диоды – тенденции развития и влияние на освещение // Светотехника. – 2001. – № 5.

3. ГОСТ 24940-96. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. – М.: ГУП ЦЦП, 1997.

4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

5. ГОСТ Р 54149–2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

6. ГОСТ Р 54350 – 2011. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2011.

7. Карпов Ф.Ф., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электросетях промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1970.

8. Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992.

9. Кроль Ц.И., Мясоедова Е.И., Терешкевич С.Г. Качество промышленного освещения. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 225 с.

10. Кулаков И.А., Рожкова Н.В. Компактные люминесцентные лампы и светильники (обзор) // Светотехника. – 1984. – № 3.

11. Кухтин Н., Тюхова Ю. Энергоэффективное освещение // Энергосбережение. 2009. № 1.

12. Методические указания МУ 2.24.706-98 ОМ/МУ ОТ РМ 01-98. Оценка освещения рабочих мест. Минздрав РФ, 1998.

13. Рекомендации МКО 84:1989. Измерение светового потока.

14. Рекомендации МКО 127:2007. Измерения светодиодов.

15. СП 31-110-2003. Свод правил. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

16. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006.

17. СП 52.13330.2011. Свод правил. «Естественное и искусственное освещение».

18. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ.

19. Шуберт Ф. Светодиоды: пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. – М.: Физматгиз, 2008.

20. Электротехнический справочник: ВЧ, ТЧ / под ред. В.Г. Герасимова и др. – М.: Издательство МЭИ, 2008.

21. Юнович А.Э. Светодиоды как основа освещения будущего // Светотехника. – 2003. – № 3.

References

1. Eisenberg J.B. Modern problems of energy-efficient lighting // Power Saver. 2009. no. 1.

2. Begeman T. Light Emitting Diodes – trends and impact on the lighting // Light engineering. 2001. no. 5.

3. GOST 24940-96. Buildings and facilities. Methods for measuring light. M. SUE CCP, 1997.

4. GOST 13109-97. Electrical energy. Compatibility of technical equipment. Quality standards of electrical energy in power systems for general use.

5. GOST R 54149-2010. Quality standards of electrical energy in power systems for general use.

6. GOST R 54350 – 2011. Lighting devices. Lighting requirements and test methods. M.: Standartinform, 2011.

7. Karpov F.F., Soldatkina L.A. Voltage regulation in electric industry. Moscow: Energiya, 1970.

8. Knorring G.M., Fadin I.M., Sidorov V. Reference book for the design of electric lighting. St. Petersburg. Energoatomizdat. St. Petersburg Department, 1992.

9. Krol TS.I., Myasoedova E.I., Tereshkevich S.G. Quality industrial lighting. Energoatomizdat, 1991. 225.

10. Fists I.A., Rozhkov N.V. Compact fluorescent lamps and fixtures (review) // Light engineering. 1984. no. 3.

11. Kuhtin N. Tyuhova Yu. Energy Efficient Lighting // Power Saver. 2009. no. 1.

12. Guidelines M.U. 2.24.706-98 MP / ME FROM RM 01-98. Rating lighting jobs. RF Ministry of Health, 1998.

13. CIE 84:1989 recommendations. Measurement of luminous flux.

14. CIE 127:2007 recommendations. Measurement of LEDs.

15. SP 31-110-2003. Rulebook. Design and installation of electrical installations in residential and public buildings.

16. Handbook on Illumination / Ed. Y.B. Eisenberg. M.: Zodiac 2006 .

17. SP 52.13330.2011. Rulebook. «Natural and artificial lighting».

18. Federal Law of November 23, 2009 no. 261 –FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation».

19. Schubert F. LEDs: Per. from English. Ed. AE Yunovich. – Moscow: Fizmatgiz, 2008.

20. Electrical Engineering Handbook: RF, PM / Edited by V.G. Gerasimov and others M.: Publishing MEI 2008.

21. Yunovich A.E. LED lighting as a basis for future // Light engineering. 2003. no. 3.

Рецензенты:

Лоскутов А.Б., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроснабжение и электроэнергетика», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Кузьмин Н.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автомобильный транспорт», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.

Работа поступила в редакцию 07.02.2014.