УДК 628.932.3 : 621.328

А.Г Литвинов[1,2], Л.А. Назаренко[2], С.Н. Литовченко[1,2], А.А Фомин[1], Е.В. Билык[1]

[1] *ООО «Светодиодные Технологии Украина»*

[2] *Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова*

СОЗДАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ В ВУЗах

В статье рассмотрены проблемы создания и оптимизации параметров автоматизированных систем управления для светодиодных осветительных систем. Выбраны и обоснованы параметры и их величины, влияющие на потребление электроэнергии. Предложены математические модели параметров и их реализация. Представлены практические рекомендации по проектированию систем управления осветительных светодиодных систем.

Ключевые слова: система управления, параметр, светодиод, светильник, мощность.

Постановка проблемы

Системы управления светодиодным освещением являются в высшей степени перспективными устройствами настоящего и будущего. Благодаря характеристикам светодиодов, такими системами возможно осуществление полного контроля над осветительными установками при решении задач освещения в части:

-получения высокостабильных параметров излучения светодиодов;

- регулируемого изменения светового потока;

- высокого КПД системы;

- контроля освещенности рабочих поверхностей;

- контроля и управления потреблением электроэнергии;

- контроля и управления цветовой температурой.

Прогнозы развития и основные направления светодиодного освещения до 2020 г.[1], сделанные в 2009 году показали на текущий момент свою состоятельность. Показателен примерный расчет экономии от применения эффективных источников света и систем их питания и управления.

Потенциал экономии электроэнергии в осветительных установках может быть достигнут:

- расширением производства эффективных источников света и области их применения – минимум 14%;

- увеличением световой отдачи источников света - 6%;

-повышением стабильности характеристик источников света - 3%;

- повышением КПД осветительных приборов - 6%;

- улучшением эксплуатационных свойств осветительных приборов - 3,5%;

- снижением энергопотребления осветительных приборов, в частности благодаря использованию электронной пускорегулирующей арматуры (ЭПРА) - 1,5 - 2%.

Совершенствованием способов освещения тоже можно достичь экономии электроэнергии:

· расширением области применения системы общего локализованного освещения - 6,5%;

· при применении систем регулирования общего освещения в зависимости от уровня естественной освещенности - 4,5 - 7,5%;

· расширением применения системы комбинированного освещения - 4%.

Суммарная возможная экономия составляет 45 - 50% от величины электроэнергии, которая сегодня расходуется на освещение [1].

Подтверждением этого является выполненная в рамках Государственной целевой научно-технической программы - НТР “Розроблення та впровадження комплексної світлодіодної системи освітлення Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова” , суть которой заключалась в замене существующей системы освещения учебных помещений, состоящей из светильников ЛВО 4*18, ЛВО 4*20 на светодиодные светильники СТУ-СМСГ-01-4-11. Сравнительная характеристика параметров светильников приведена в табл.1.

Результат сравнительного анализа потребления электроэнергии светильниками в одинаковых условиях эксплуатации подтвердил порядок прогноза [1] и составил 56%, и это без применения систем управления. Следует отметить тот факт, что цветовая температура и коэффициент цветопередачи

у сравниваемых светильников находятся на одном уровне и составляют CCT≈5700K, CRI≈71. Насколько еще возможно уменьшение потребления электроэнергии и за счет чего?

Изложение основного материала

Определим какие параметры влияют на потребление электроэнергии.

Согласно [4] IV. 1.19 во всех помещениях, которые после окончания работы закрываются и не контролируются дежурным персоналом, все электроустановки должны быть обесточены.

Таблица 1

Сравнение основных характеристик светильников

Наименование параметров	СМСГ	ЛВО 4*18
Активна потужність споживання (Р, Вт)	44,2	84,0
Коефіцієнт потужності (PF)	0,99	0,57
Повний коефіцієнт гармонічних спотворень струму (ITHD, %)	7,4	20,9
Коефіцієнт корисної дії електронного блоку живлення (ККД, %)	92,0	85,7
Світловий потік (F, лм)	3485	1756
Світлова віддача (E_v, лм/Вт)	78,8	20,9
Корельована колірна температура (CCT, K)	5787	5730
Індекс кольоропередачі (R_a)	73	71
Коефіцієнт пульсацій освітленості (Кп, %)	4,3	49

Таким образом имеем первый параметр – определение отсутствия людей в заданном объеме и как следствие отключение осветительной установки.

$$\left\{\begin{array}{l} a \in Z \\ Z = \varnothing \\ \sum_{n=1}^{k} P(n) \to 0 \end{array}\right\}, \qquad (1)$$

где a - человек, присутствующий в помещении;

Z - множество людей в помещении.

$P(n)$ - мощность n-го светильника ;

k - количество светильников в помещении.

Лингвистический критерий данного параметра звучит так: - ограничение мощности потребления до нуля осветительными установками расположенными в данном помещении, при отсутствии людей в этом помещении.

Согласно [5] производится нормирование освещенности на рабочей поверхности. Тогда второй параметр - нормирование освещенности рабочих поверхностей - имеет вид

$$\left\{\begin{array}{l} \sum_{n=1}^{j} E(n) \to E_{norm} \\ a \in Z \\ Z \neq \varnothing \end{array}\right\}, \qquad (2)$$

где E - освещенность на рабочем месте ;

E_{norm} - нормированная освещенность на рабочем месте;

j - количество рабочих мест в помещении;

a - человек, присутствующий в помещении;

Z - множество людей в помещении.

Лингвистический критерий данного параметра звучит так:- поддержание заданной освещенности рабочих поверхностей при наличии в помещении людей.

Третий параметр это скорость увеличения (уменьшения) светового потока светильника.

$$\frac{d\Phi}{dt}, \qquad (3)$$

где Φ - световой поток светильников ;

dt - промежуток времени изменения светового потока .

Согласно [3]

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \qquad (4)$$

а

$$\Phi = f(\sum_{n=1}^{k} P(n)), \qquad (5)$$

где E - освещенность рабочих местах ;

S - площадь рабочих мест.

Световой поток представляет собой нелинейную функцию от подаваемой на источник света светильника электрической мощности рис.1.

Характер этой функции зависит от многих параметров таких, как вольтамперная характеристика светодиодов, применяемых в светильнике, характеристик управляемого драйвера.

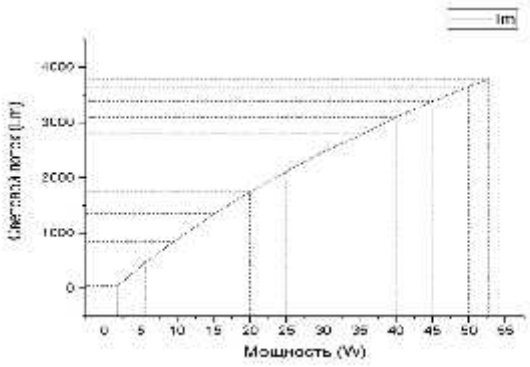

Рис.1. $\Phi = f(P)$ для светильника СТУ-СМСГ-Д-04-4-11

Согласно действующему в психофизике закону Фехнера [6] зрительное ощущение человека увеличивается медленнее, чем увеличение светового потока. И имеет следующий вид

$$F_{Veb} = K_{Veb} \log \Phi , \qquad (6)$$

где F_{Veb} - величина зрительного ощущения ;

K_{Veb} - константа Вебера для зрительной системы восприятия человека = 0.079.

Согласно закону Стивенса [6]

$$F_{St} = K_{Veb} \Phi^{0.33} \qquad (7)$$

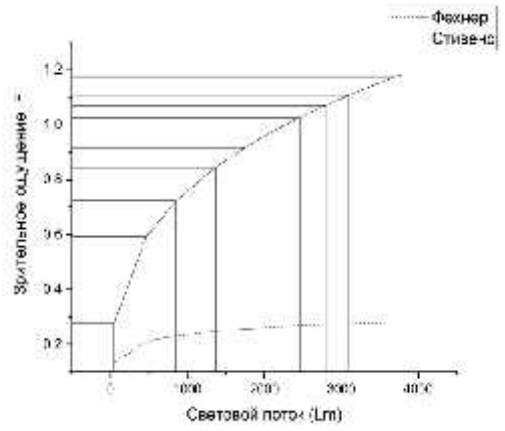

Рис.2. $F = K_{Veb} \log \Phi$ и $F = K_{Veb} \Phi^{0.33}$ для светильника СТУ-СМСГ-Д-04-4-11

Зрительное ощущение в свою очередь должно работать под действием световой и темновой адаптации зрительной системы [6]. Таким образом, время выхода светильника на полную мощность с нулевой должно быть не менее 1.5-2 сек, а при обратном действии не менее 4-6 сек. для комфортного режима зрения[7]. Также такой режим включения и отключения снимает вопрос о пиковых нагрузках при включении и отключении потребителей электроэнергии.

Лингвистический критерий данного параметра звучит так:- вывод светильника СТУ-СМСГ-Д-04-4-11 на заданную мощность должен производится со скоростью не менее скорости световой или темновой адаптации зрительной системы человека. Это означает, что (3) приобретает такой вид

$$\frac{f(F_{Veb})}{(t_2 - t_1)} \le \frac{f(\sum_{n=1}^{k} P(n))}{t_2 - t_1} \le \frac{f(F_{St})}{(t_2 - t_1)}, \qquad (8)$$

где t_2 - время выхода светильника на требуемую мощность;

t_1 - время включения;

Для включения светильника это не более 25 Вт/сек. Для отключения не более 7 Вт/сек.

Эти три основных параметра составляют основу для любой автоматизированной системы управления освещением в помещениях ВУЗов.

Есть еще один немаловажный параметр. Это время жизни всей системы целиком т.е. время жизни светильников и время жизни системы управления. Идеальными условиями эксплуатации можно считать те, при которых сроки эксплуатации осветительных установок (имеется ввиду светодиодных) и систем управления сопоставимы. И они составляют не менее срока до одного капитального ремонта помещения.

Опишем словесно то, что мы хотим от автоматизированной системы.

Согласно [8] система автоматизированная: АС - организационно-техническая система, состоящая из средств автоматизации определенного вида (или нескольких видов) деятельности людей и персонала, обеспечивающая эту деятельность.

Архитектура автоматизированной системы: архитектура АС - концепция взаимосвязи компонентов, охватывающая логическую, физическую и программную структуры АС и принципы ее функционирования.

Автоматизация – внедрение автоматических средств, для реализации процессов.

В таком случае необходимо создать систему управления освещением аудиторного фонда высшего учебного заведения, которая бы выполняла следующие задачи:

-контроль количественных и качественных характеристик освещения в различных зонах помещения;

- контроль наличия людей в помещении;

- контроль состояния органов ручного управления освещением;

- контроль исправности светильников и режима их работы;
- контроль энергопотребления осветительной установки;
- автоматизированное и ручное управление;
- полное отключение освещения в помещении;
- плавную регулировку светового потока каждого светильника или отдельных групп светильников;
- возможность передачи контролируемой информации на общий диспетчерский пункт;
- возможность обслуживания системы штатным обслуживающим персоналом.

Строение такой системы предполагает многоуровневые схемы построения.

Первый - уровень управляемых светильников.

Второй - уровень датчиков съема информации

Третий - уровень обработки информации датчиков.

Четвертый - уровень принятия решений управления.

Пятый - уровень обмена информацией с глобальной системой.

Шестой - уровень глобальной (в свою очередь многоуровневой) системы управления зданием.

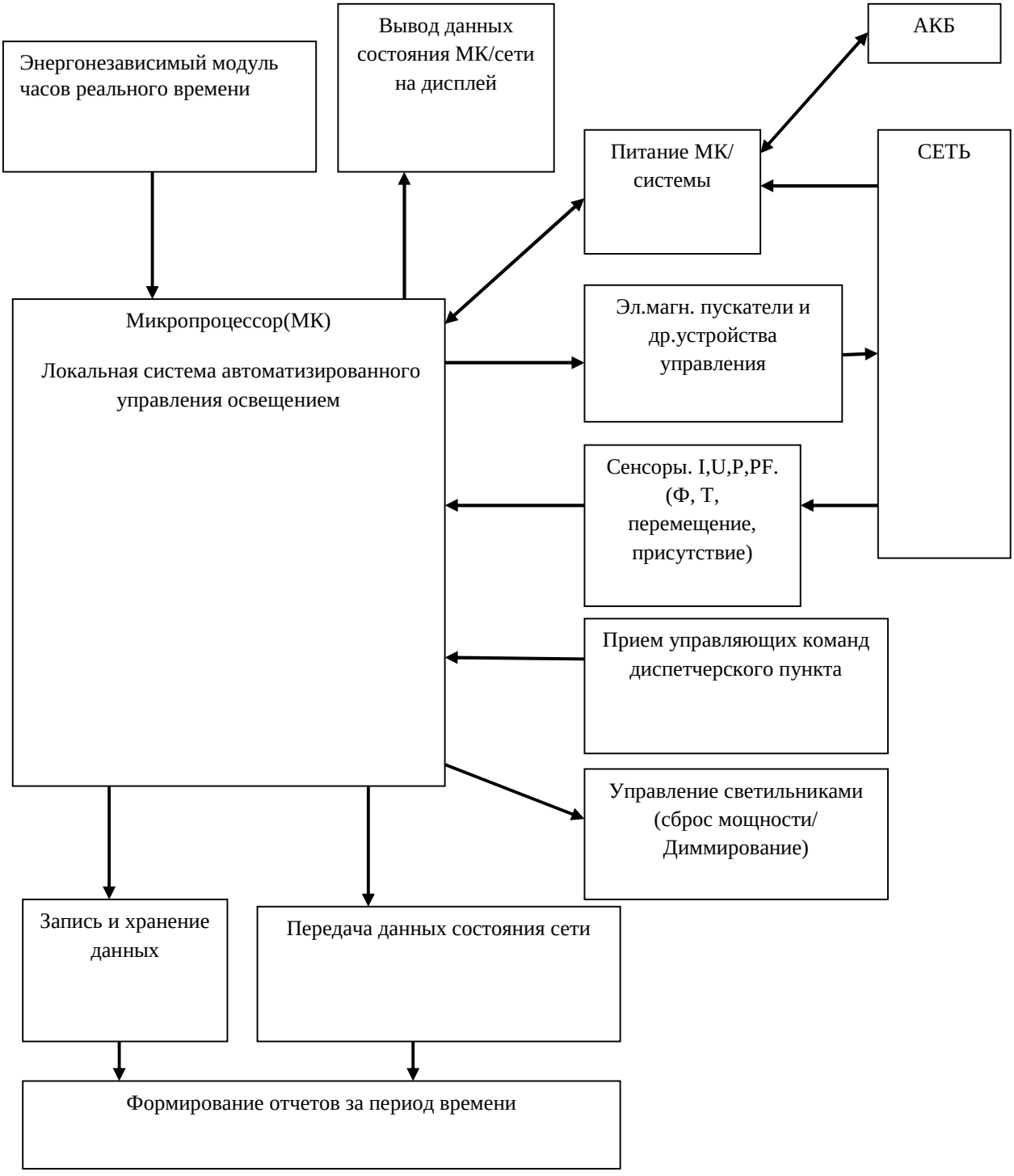

Рис.3 Блок-схема пятиуровневой системы управления освещением

На рис. 3 представлена примерная блок –схема пятиуровневой системы управления освещением.

Теперь рассмотрим реализацию параметров в техническом плане.

Первый параметр отсутствия / присутствия людей в заданном объеме (помещении). Рассмотрим, как обнаруживает человек присутствие или отсутствие другого человека в помещении:

- зрительной системой;
- слуховой системой;
- системой обоняния;
- системой осязания.

Приведем этим система в соответствие датчики которые возможно использовать.

Зрительная система. Видеокамеры с датчиками определения движения с широким углом обзора оптики до 110 градусов и хорошей глубиной резкости до нескольких десятков метров. Чувствительность камер (0.01-1.0 Лк) и их разрешающая способность (640 х 480 точек) на текущий момент позволяет применять самые простые камеры в качестве сенсоров. При этом обработка сигнала перекладывается на микроконтроллер. Для устойчивого создания образа помещения необходимо как минимум две камеры для удаления мертвых зон. Процент обнаружения до 80%.

Слуховая система. Даже при отсутствии в поле зрения человека другого человека слуховая система в состоянии определить источник звука или шума а также квалифицировать происхождение этого звука. Реализация такой системы возможна в качестве датчиков присутствия но на очень ограниченном уровне. Направленные микрофоны плюс система обработки человеческой речи и особенностей создаваемых им звуков. Процент обнаружения людей до 15%.

Система обоняния. К большому сожалению, применение всевозможных датчиков наличия газов в помещении не даст в достаточной степени приемлемый процент точности определения людей и длительного срока эксплуатации, в связи с применяемой для их изготовления технологией. При этом использование таких датчиков даст возможность предупреждения персонала о необходимости проветривании или кондиционировании помещений.

Система осязания. К этой системе можно отнести всевозможные датчики движения (присутствия), датчики вибрации, датчики температуры. Хотя весьма чувствительные инфракрасные датчики присутствия имеют цену в несколько сот евро. Процент обнаружения в поле действия датчиков до 80%.

Таким образом применение трех систем (зрительной, слуховой, осязания) даст практически 90-95% определение значения нашего первого параметра – определение отсутствия человека в заданном объеме.

Теперь рассмотрим второй параметр. Предположим, что освещенность на одном рабочем месте определяется таким выражением

$$E_{norm} = E_0 + E_{св}, \qquad (9)$$

где E_0 - естественная освещенность,

$E_{св}$ - искусственная освещенность рабочего места, создаваемая одним светильником определяемая следующей зависимостью рис.1

$$E_{св} = \frac{\Phi_{св}}{S} = \frac{f(P_{св})}{S}, \qquad (10)$$

где $\Phi_{св}$ световой поток светильников ;

$P_{св}$ - мощность светильника установленного над рабочим местом площадью S .

Таким образом

$$E_{norm} = E_0 + \frac{f(P_{св})}{S}, \qquad (11)$$

Определим освещенность в типовой лаборатории аудиторного фонда Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, к примеру 202. Трехрядная схема расположения светильников (6 х 4 х 6). Тогда выражение 10 для ряда перпендикулярного оконным проемам 1(1)х2(1)х3(1) примет вид

$$(E_{011} + \frac{f(f_{11}(P_{11}))}{S_{11}} = E_{021} + \frac{f(f_{21}(P_{21}))}{S_{21}} =$$

$$= E_{031} + \frac{f(f_{31}(P_{31}))}{S_{31}}) \to E_{norm}, \qquad (12)$$

где E_{0xx} - естественная освещенность на рабочих местах ;

P_{xx} - мощность светильника установленного над соответствующим рабочим местом;

S_{xx} - площадь соответствующего рабочего места.

Поскольку E_{0xx} подчиняется закону обратных квадратов[3]

То можно сказать, что освещенность на втором вором ряду будет следующей:

$$E_{021} = \frac{E_{011}}{R^2_{1-2}}, \qquad (13)$$

где R^2_{1-2} - квадрат расстояния от точки измерения освещенности первого рабочего места до точки измерения освещенность второго рабочего места в соответствующем ряду.

В результате получаем при естественной освещенности рабочего места первого ряда в 500 Лк. освещенность рабочего места второго ряда удаленного на 1.2 м будет 347 Лк. т.е в 1.44 раза

ниже. Это означает, что первый ряд светильников можно не включать вообще. Потребляемая мощность, при таких условиях, будет составлять примерно 3/5 от номинальной потребляемой. Это говорит о том, что мы можем уменьшить потребление электроэнергии еще на 10-30% от потребляемой. Таким образом, к 50% экономии при применении новых светодиодных систем освещения добавляется еще 10% как минимум и 30% как максимум. Такой большой разброс объясняется тем, что этот параметр очень сильно зависит от помещения, его расположения относительно сторон Света, этажности, систем естественного освещения.

Реализация этого параметра достигается применением в системе управления освещением с обратной связью несколькими датчиками освещенности и правильной математической обработкой, а также согласовании первичных данных освещенности на рабочих местах и косвенным определением освещения таковых.

Третий параметр (3) - скорость вывода системы управления на заданную мощность, может быть заложен в программу изначально в качестве расчетной переменной от потребляемой мощности.

Выводы

В результате проведенной работы определены и оптимизированы наиболее важные параметры систем освещения помещений ВУЗов для использования в автоматизированных системах светодиодного освещения при разработке и внедрении. Определены временные интервалы вывода на требуемую мощность при включении и отключении осветительных установок. Проведенный анализ применения этих параметров в системах управления показал дополнительную экономию потребляемой электроэнергии на 10-30% .

Литература

1. Айзенберг Ю.Б. Современные проблемы энергоэффективного освещения. «Энергосбережение». 2009. №1, С.42-47.

2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні Наказ №1417 30.12.2014р. МВСУ; МінЮст №252/26697 05.03.2015р. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/page

3. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 972 с.

3. ДБН В.2.5-28-2006 Природне та штучне освітлення.

4. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні Наказ №1417 30.12.2014р. МВСУ; МінЮст №252/26697 05.03.2015р. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/page

5. ДБН В.2.5-28:20ХХ Природне і штучне освітлення проект редакція друга.

6. H.R. Schifman SENSATION AND PERCEPTION An Integrated Approach (5 Ed.) / Ощущение и восприятие Х.Р Шиффман 5-е изд.-СПб.:Питер. 2003.-928с.:ил.

7. Peter H. Lindsay and Donald A. Norman Human Information Processing: Introduction to Psychology : (2 Ed.) Academic Press Inc.. 1977.- 800 p.

8. ДСТУ 2226-93 Автоматизированные системы термины и определения.

References

1. Ajzenberg Ju.B. Sovremennye problemy jenergojeffektivnogo osveshhenija. «Jenergosberezhenie». 2009. №1, s.42-47.

2. Pro zatverdzhennja Pravyl pozhezhnoi' bezpeky v Ukrai'ni Nakaz №1417 30.12.2014r. MVSU; MinJust №252/26697 05.03.2015r. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/page

3. Ajzenberg Ju.B. Spravochnaja kniga po svetotehnike / Pod red. Ju.B. Ajzenberga. – M.: Znak, 2006. – 972 s.

3. State Standart budivel'ni normi DBN V.2.5-28-2006 Pryrodne ta shtuchne osvitlennja.

4. Pro zatverdzhennja Pravyl pozhezhnoi' bezpeky v Ukrai'ni Nakaz №1417 30.12.2014r. MVSU; MinJust №252/26697 05.03.2015r. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15/page

5. State Standart budivel'ni normi DBN V.2.5-28:20XX Pryrodne i shtuchne osvitlennja proekt redakcija druga.

6. H.R. Schifman SENSATION AND PERCEPTION An Integrated Approach (5 Ed.) / Oshhushhenie i vosprijatie H.R Shiffman 5-e izd.-SPb.:Piter. 2003.-928s.:il.

7. Peter H. Lindsay and Donald A. Norman Human Information Processing: Introduction to Psychology : (2 Ed.) Academic Press Inc.. 1977.- 800 p.

8. State Standart DSTU 2226-93 Avtomatizirovannye sistemy terminy i opredelenija.

Автор: Литвинов Александр Григорьевич
технический директорООО «Светодиодные технологии Украина»,
аспирант кафедры СИС Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н. Бекетова
E-mail - alex7185047@gmail.com

Автор: Назаренко Леонид Андреевич
доктор технических наук, профессор зав.кафедры СИС Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н. Бекетова

Автор: Литовченко Сергей Николаевич
аспирант кафедры СИС Харьковского национального университета городского хозяйства им. А.Н.Бекетова, главный инженер ООО «Светодиодные технологии Украина»

Автор: Фомин Александр Александрович
Инженер ООО «Светодиодные технологии Украина»
E-mail - fominaa0488@gmail.com

Автор: Билык Елена Викторовна
инженер ООО «Светодиодные технологии Украина»
E-mail – helen219002@ukr.net

СТВОРЕННЯ Й ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ У ВУЗах

О.Г Литвинов, Л.А. Назаренко, С.М. Літовченко, О.О Фомін, О.В. Білик

У статті розглянуто проблеми створення й оптимізації параметрів автоматизованих систем керування для світлодіодних освітлювальних систем. Обрано та обґрунтовано параметри та їх величини, що впливають на споживання електроенергії. Запропоновано математичні моделі параметрів і їх реалізація. Представлено практичні рекомендації із проектування систем керування освітлювальних світлодіодних систем.

Ключові слова: система керування, параметр, світлодіод , світильник, потужність.

IMPLEMENTATION AND THE PARAMETER OPTIMIZATION OF THE AUTOMATIC SYSTEMS OF CONTROL BY LUMINANCE APPARATUSES IN UNIVERSITIES

O. Lytvynov, L. Nazarenko, S. Litovchenko, O. Fomin, O. Bilyk

Control systems LED illumination are in higher grade promising apparatuses real and future. Owing to the behaviors of emitting diodes, by such systems possibly actualize of entire inspection over luminance apparatuses in the decision of the objectives of illumination in frequent :

-Obtaining of highly steady the performance of the ray of emitting diodes ;

- The controlled changeover of luminous flux ;

- The high EFFICIENCY of system ;

- The inspection of the illumination of acting surfaces ;

- Inspection and controls by the demand of electricity ;

- Inspection and controls by colored temperature.

The forecasts of evolution and the basic directions of LED illumination till 2020 г. [1] made in 2009 year showed on current derived average the correctness. The exponent approximate calculation of saving from the application of effective illuminants and the systems of their feed and controls.

The pair potential of saving of electricity in luminance apparatuses maybe achieve :

- By expansion the productions of effective illuminants and the areas of their application - minimum 14 %;

- By the gain of the luminosity factor of illuminants - 6 %;

- By the boost of the stability of the behaviors of illuminants - 3 %;

- By boost the efficiency of luminance devices - 6 %;

- By the improvement of operating behaviors of luminance devices - 3.5 %;

- By the decline of power luminance devices, in particular owing to the utilization of electron start-controlling stiffener (EPRA) - 1.5 - 2%.

By improving of the means of illumination too can be achieved electricity saving :

by the expansion of the range of application of the system of general local illumination - 6.5 %;

· in the application of the systems of the regulation of general illumination depending on the level of natural illumination - 4.5 - 7.5 %;

· by the expansion of the application of the system of combine illumination - 4%.

Total possible saving compiles 45 - 50% from the size of electricity which today is spent on illumination [1].

What else possibly decline of the demand of electricity, and due to what?

Are determined basic performance affecting the power of LED illuminants and the meanses of their implementation in control systems. As a result of operation are determined and optimized the most basilar performance of the systems of the illumination of the rooms of universities for use in the automatic systems of LED illumination in development and infusion. Are determined the time intervals of lead-out on required power in inclusion and the turned-off of luminance apparatuses. The analysis of the application of these performance in control systems showed the additional saving of consumed electricity on 10-30%.

Key words: Control system, parameter, emitting diode, illuminant, power.

