

УДК 628.9:004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Лихоткин В.С., Родин В.В., Губанов Д.В.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», Саранск, Россия (430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), e-mail: lvs06@mail.ru

В данной работе рассматриваются возможные пути повышения энергоэффективности применения осветительных установок в общественных зданиях на примере типовых учебных аудиторий высшего учебного заведения. Произведен анализ возможности энергосбережения в освещении помещения за счет более эффективного использования естественного освещения при соблюдении условия поддержания заданного норматива уровня освещенности. Исследована зависимость внутренней естественной освещенности помещения в различных его точках от наружной. Выявлена функциональная зависимость коэффициента естественной освещенности от наружной естественной освещенности из окна помещения. Определены основные недостатки существующих автоматизированных систем управления освещением. Предложена автоматизированная система управления освещением на базе программируемого логического контроллера. Предложена блок-схема алгоритма автоматизированного управления контроллером с поддержанием заданного норматива уровня освещенности помещения.

Ключевые слова: автоматизация, энергоэффективность, освещение, энергосбережение.

AUTOMATION AND CONTROL OF LIGHTING FOR PUBLIC BUILDINGS

Likhotkin V.S., Rodin V.V., Gubanov D.V.

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia (68, Bolshevistskaya st., Saransk, 68, 430005), e-mail: lvs06@mail.ru

This paper discusses ways to improve the energy efficiency of lighting systems in public buildings. The analysis of energy efficiency opportunities in the illumination space due to more efficient use of natural lighting, subject to conditions to maintain a given level of illumination. Investigated the dependence of the internal natural light at various points of the room from the outside natural light. Spotted functional dependence of the natural light from the outside natural light from the window. Described the main disadvantages of the existing automated lighting control systems. Proposed an automated lighting control system based on programmable logic controller. The block diagram of the controller algorithm for maintaining light levels is presented in this paper.

Keywords: automation, energy efficiency, lighting, energy saving.

Помещения организаций, офисов, вузов и школ строятся по типовым проектам, обладают схожими характеристиками по размеру помещения, цвету стен и потолков, размерам окон. Освещаются широко распространенным типом нерегулируемых осветительных установок (ОУ), образованных группами светильников с люминесцентными лампами. Например, аудитории вузов и классы имеют 2-3 оконных проема и 2-3 ряда потолочных светильников (рисунок 1). Для их освещения используется естественное, искусственное и совмещенное освещение. В таких помещениях общественного назначения с большим ежедневным потоком людей существует проблема организации контроля освещения.

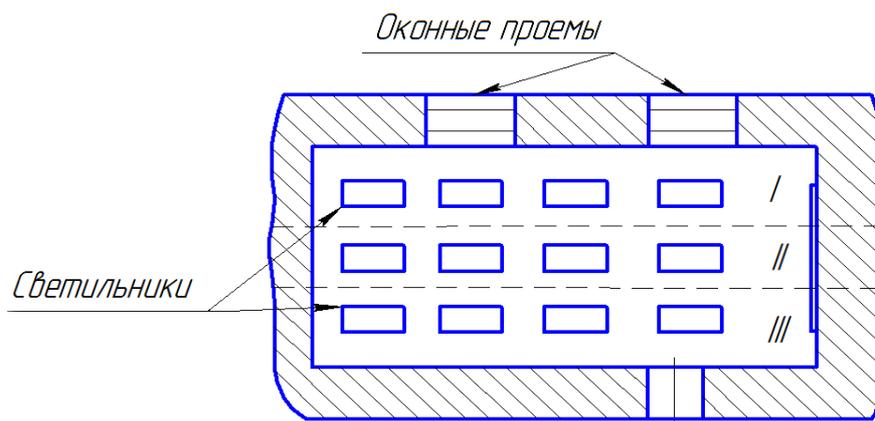


Рис. 1. План-схема типовой учебной аудитории.

Для экономии электроэнергии, необходимой для освещения помещений организаций, требуется разработка эффективной системы управления при минимальном участии человека в процессе ее работы. Система должна обеспечивать максимальную энергоэффективность при соблюдении установленных норм уровня освещенности.

С вступлением в силу Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» все большее распространение получают системы управления, использующие датчики освещенности и присутствия, устанавливаемые в помещениях [3]. Эти системы, имея высокую энергоэффективность, как правило, не поддерживают установленные нормы уровня освещенности [2].

Схема, представленная на рисунке 1, позволяет определить два способа снижения энергопотребления осветительных установок за счет полного отключения некоторых из них при отсутствии необходимости и путем плавной регулировки светового потока отдельных ОУ с поддержанием установленных норм освещенности.

Учет естественной освещенности в помещениях со светопроемами обеспечивает заметное снижение потребления электроэнергии на освещение, зависящее от светоклиматического района и параметров световых проемов [1]. На рисунке 2 приведен пример суточного цикла уровня естественной освещенности помещения в весенне-летний период с 6 часов утра до 22 часов.

Колоколообразная кривая соответствует естественному освещению при идеальных условиях (отсутствие облачности, хорошие погодные условия). Согласно графику, с 9 до 17 часов (зона В) нет необходимости в искусственном освещении. С 7 до 9 часов и с 17 до 21 часа естественного освещения недостаточно (зоны А), необходимо дополнить его искусственным (области с вертикальной штриховкой), но нет необходимости включать освещение на полную мощность.

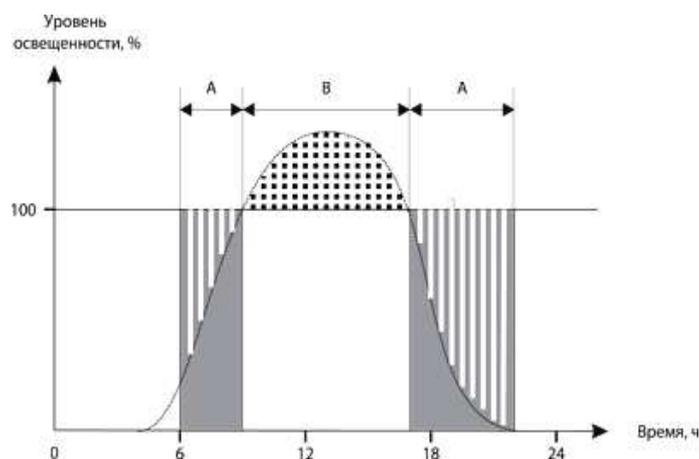


Рис. 2. Суточный цикл естественной освещенности помещения.

Величина освещенности в помещении от естественного света небосвода зависит от времени года, времени суток, наличия облачности, а также доли светового потока от небосвода, которая проникает в помещение. Эта доля зависит от размера световых проемов (окон, световых фонарей), светопрозрачности стекол (сильно зависит от загрязненности стекол), наличия напротив световых проемов зданий, растительности, коэффициентов отражения стен и потолка помещения (в помещениях с более светлой окраской естественная освещенность лучше).

Естественный свет качественнее по своему спектральному составу, чем искусственный свет, создаваемый любыми источниками. Кроме того, чем лучше естественное освещение в помещении, тем меньше времени приходится пользоваться искусственным светом, а это приводит к экономии электрической энергии. Для оценки использования естественного света существует понятие коэффициента естественной освещенности (КЕО) – это отношение освещенности внутри помещения (E_B) за счет естественного света к наружной освещенности от всей полусферы небосклона (E_H), выраженное в процентах [2]:

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \times 100\% \quad (1)$$

КЕО не зависит от времени года и суток, состояния небосвода, а определяется геометрией оконных проемов, загрязняемостью стекол, окраской стен помещений. Чем дальше от световых проемов, тем меньше значение КЕО. Минимально допустимая величина КЕО определяется разрядом выполняемых работ. Высокий разряд работы требует большего минимального допустимого значения КЕО.

В рамках проводимого исследования, с ноября 2013 г. по январь 2014 г., совершались периодические измерения уровня естественной освещенности в аудиториях учебного корпуса вуза люксметром «ТКА-Люкс». Для измерений были выбраны два ряда контрольных точек в сечениях А и Б, по 9 точек в каждом (рисунок 3). Сечение А – ряд непосредственно

напротив оконного проема, сечение Б – в простенке между оконными проемами. Измерения производились на рабочих поверхностях – учебных партах.

Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.

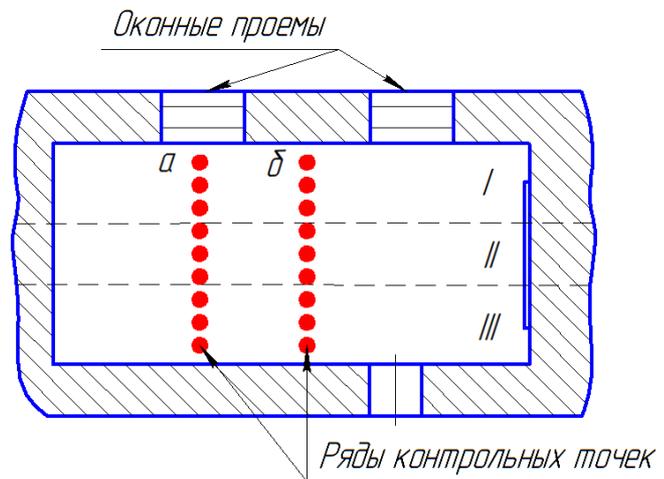


Рис. 3. Ряды контрольных точек измерения уровня естественной освещенности.

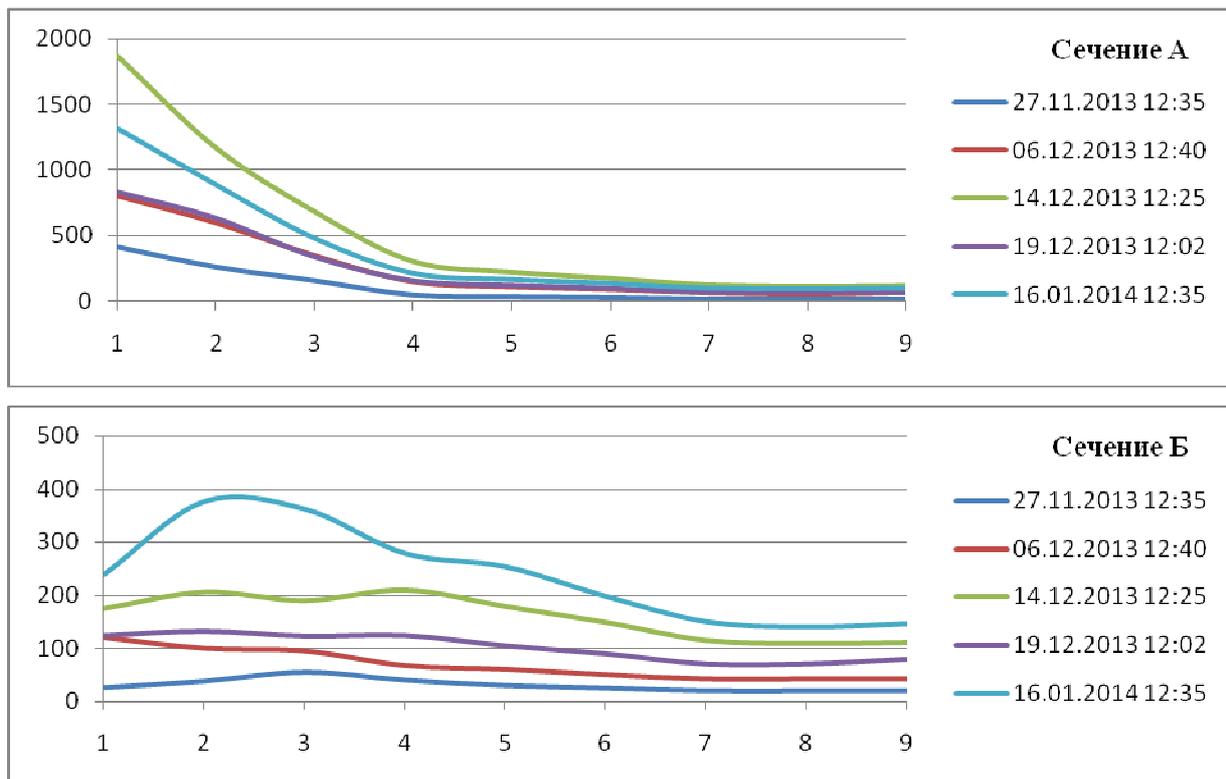
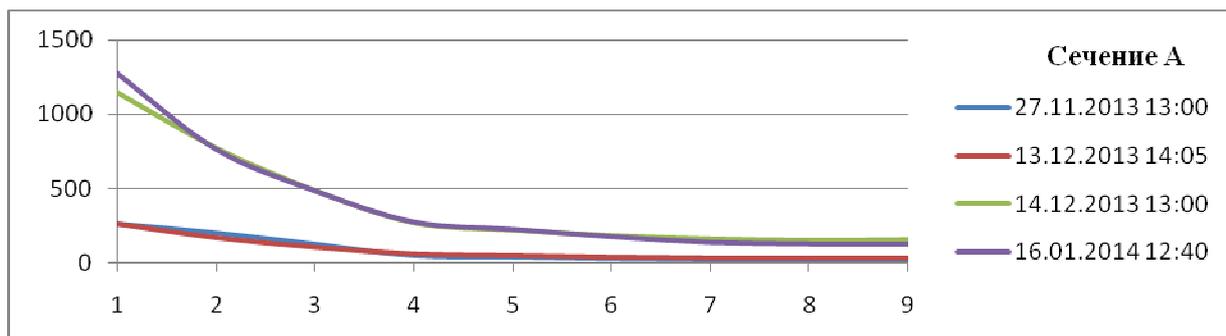


Рис. 4. Графики изменения естественной освещенности Е (северная сторона), люкс.



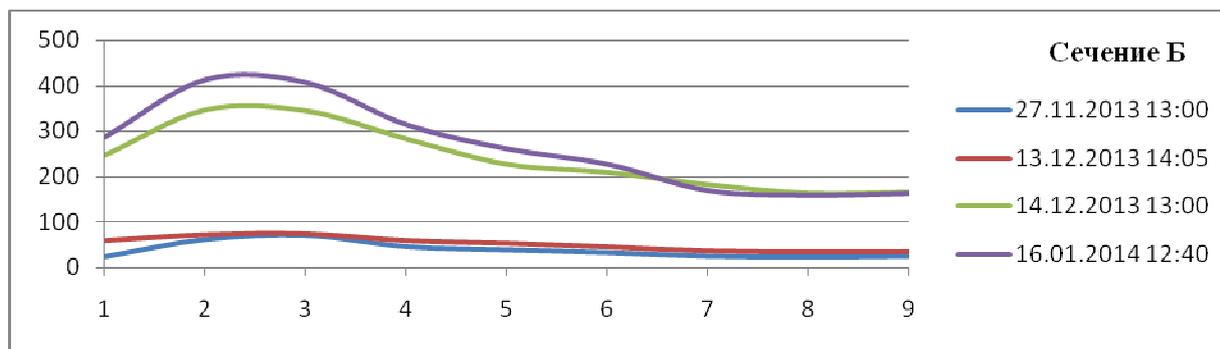


Рис. 5. Графики изменения естественной освещенности Е (южная сторона), люкс.

В данное время года во всех точках начиная с четвертой наблюдается недостаточный уровень естественной освещенности (менее 400 люкс). Также наблюдается заметный недостаток в простенках окон. Из представленных графиков следует, что ряд парт, расположенных вдоль окон, получает достаточный по нормам уровень освещенности (400 люкс), тогда как второй и третий – недостаточный. Разделив управление ОУ по рядам I-III, обозначенным на рисунке 1, можно сократить затраты электроэнергии примерно на треть.

При измерениях был зарегистрирован существенный перепад уровня естественной освещенности за относительно короткий промежуток времени (рисунок 6), что говорит о необходимости постоянного контроля уровня освещенности.

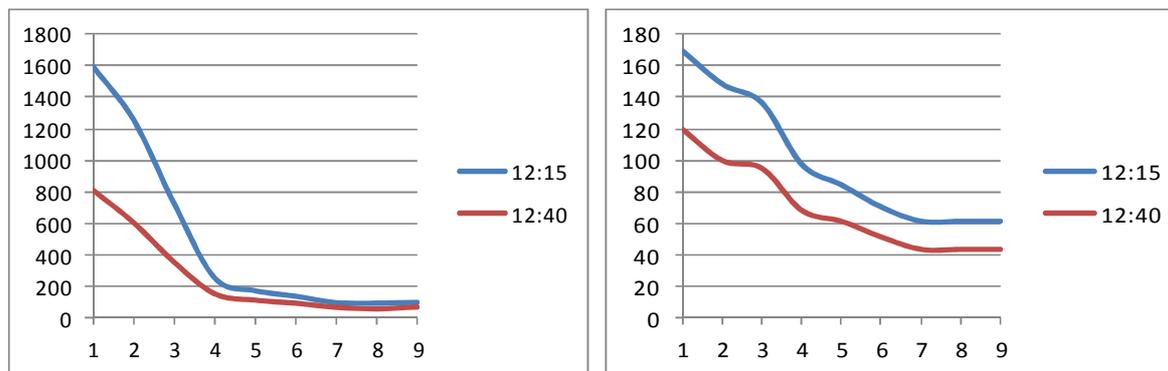


Рис. 6. Перепад уровня естественной освещенности.

Представленные на рынке системы автоматизированного управления освещением позволяют осуществлять плавную регулировку светового потока нескольких групп светильников по сигналам от одного или нескольких фотодатчиков. Имеются системы, использующие единственный фотодатчик, предназначенный для измерения яркости окна в помещении, по сигналу которого осуществляется управление тремя рядами светильников в зависимости от естественного света (рисунок 7). При этом регулировка осуществляется дискретно, по предварительно заданным пороговым значениям естественной освещенности и соответствующей степени использования ряда ОУ [4].

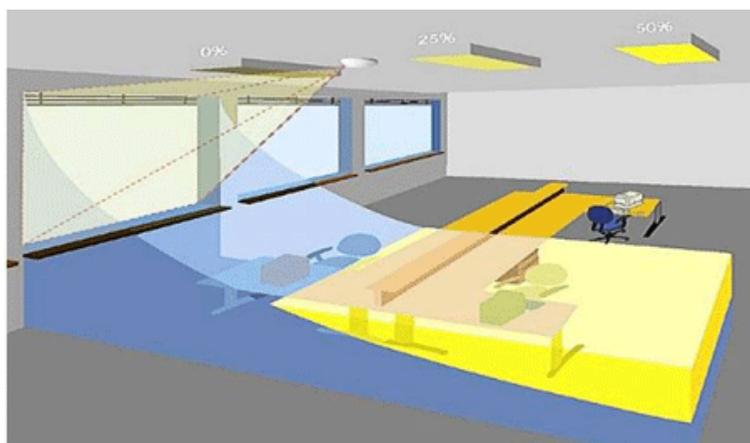


Рис. 7. Управление осветительными установками по рядам.

Выявленная функциональная зависимость КЕО помещения от его размеров, световых проемов, коэффициентов отражения стен и потолка, светоклиматического района позволит использовать величину КЕО в алгоритме системы управления освещением для плавной регулировки ОУ и достижения большей экономии электроэнергии.

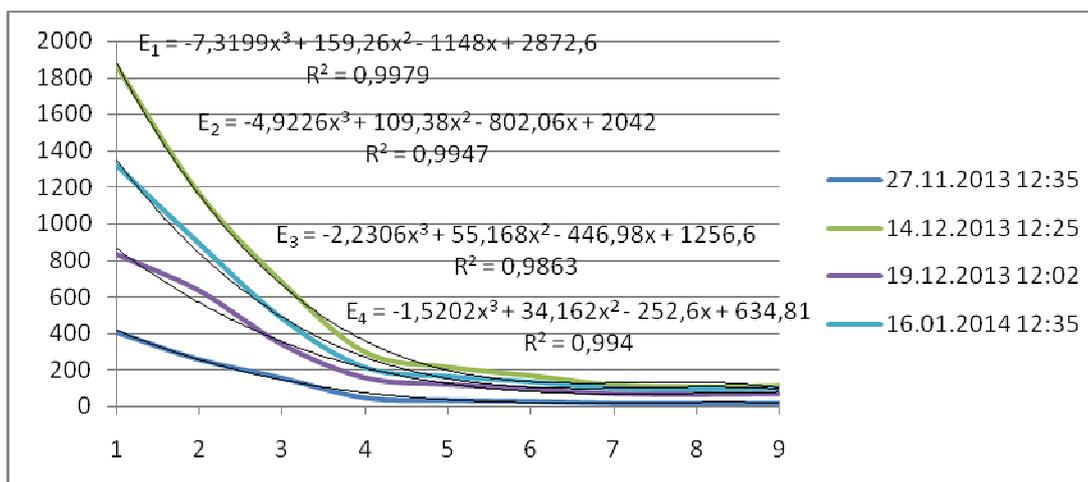


Рис. 8. Линии тренда графика уровня естественной освещенности.

По построенным линиям тренда (рисунок 8) на графике рисунка 4 сечения А видно, что наиболее точно данную зависимость описывает полиномиальная функция 3 степени:

$$E_{ест} = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (2)$$

Зависимость коэффициентов от уровня естественной освещенности из окна представлена в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость коэффициентов от уровня естественной освещенности из окна

Естественная освещенность из окна $E_{ест}$, люкс	Значения коэффициентов			
	A	b	c	d
3000	-7,320	159,260	-1148,000	2872,600
2450	-4,923	109,380	-802,060	2042,000
1900	-2,231	55,168	-446,980	1256,600
890	-1,520	34,162	-252,600	634,810

Организацию автоматизированного управления освещением предлагается осуществлять на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), например производства фирмы «ОВЕН», позволяющего выполнять цифровую обработку сигналов на входах по запрограммированному алгоритму и выработать программно определенное воздействие на выходах. ПЛК позволяет разрабатывать сложные программы, использующие арифметические операции, в том числе операции над переменными, которые представляют значения аналоговых входных сигналов, позволяя реализовать разрабатываемый алгоритм на практике [5].

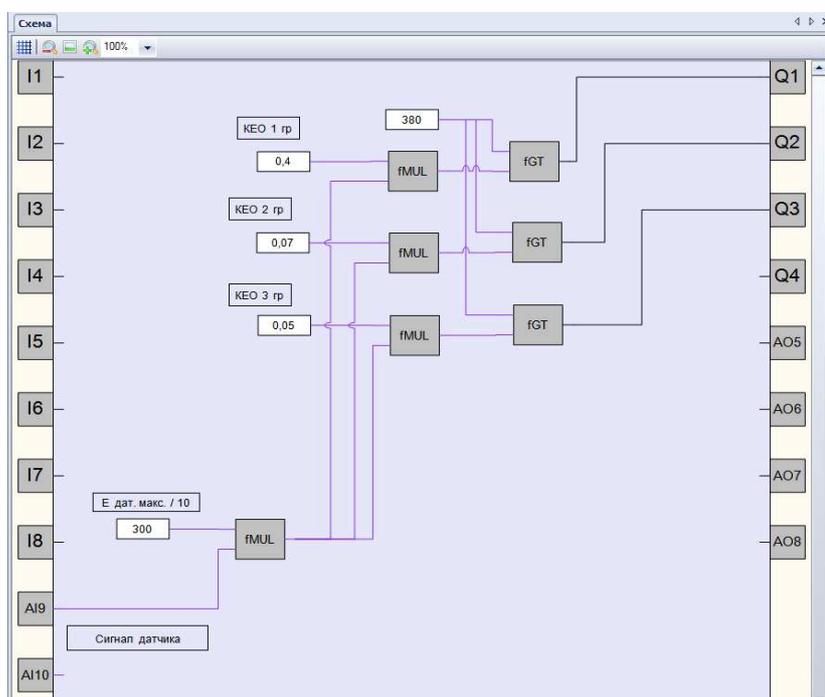


Рис. 9. Блок-схема программы управления освещением для ПЛК.

На рисунке 9 представлена разработанная программа автоматизированного управления освещением на ПЛК с учетом предварительно полученных значений КЕО для каждого ряда осветительных установок помещения. В качестве источника входного сигнала естественной освещенности из окна предусмотрен датчик освещенности с аналоговым интерфейсом от 1 до 10 В, значение которого приводится к абсолютной величине после поступления в программу. Далее вычисляется текущий уровень естественной освещенности для каждого ряда ОУ на основе их КЕО и сравнивается с минимально допустимым уровнем. Если условие соблюдения минимально допустимого уровня освещенности не соблюдается, принимается решение о включении соответствующего ряда ОУ и подаче управляющего сигнала на соответствующий выход контроллера.

Как показали результаты исследования, учет уровня естественной освещенности при проектировании автоматизированной системы управления освещением позволяет достичь значительной экономии электроэнергии.

Список литературы

1. Гладштейн М. Интеллектуальные системы автоматического управления электрическим освещением // Электронные компоненты. – 2009. – № 3.
2. Свод правил СП 52.13350.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95».
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
4. Фомин А.Г. Системы автоматизированного управления освещением общественных зданий // Энергосбережение в освещении / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М. : Дом Света, 1999. – 264 с.
5. Шишов О.В. Программирование релейных контроллеров. – Саранск, 2014. – 147 с.

Рецензенты:

Коваленко О.Ю., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск.

Панфилов С.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск.