

УДК 681.511.22, 535.66

Модернизированный осветитель для колориметрических исследований на основе светодиодов

Арапова С. П.*, Арапов С.Ю., Суворова Ю.Л., Тоноян А.М., Молдагалиева К.Б.,
Алмабеков Д.Б.

*Уральский федеральный университет,
ул. Мира, 32, R041, Екатеринбург, Россия, 620002*

Аннотация. В статье описана экспериментальная осветительная установка с использованием стандартных светоизлучающих диодов. Управление яркостью светодиодных компонентов осуществляется при помощи автоматизированной системы, представляющей собой комплекс драйверов с широтно-импульсной модуляцией. Исследуемая экспериментальная осветительная установка предназначена для регулирования значения индекса цветопередачи при фиксированных цветности и общей яркости, что позволяет управлять визуально-воспринимаемой насыщенностью зелёных и красных цветов отражающих объектов.

Ключевые слова: светоизлучающий диод, индекс цветопередачи, насыщенность цвета, кларификация, автоматизированное управление.

Upgraded LED illuminator for colorimetric research

Arapova S. P. *, Arapov S. Yu., Suvorova J. L., Tonoyan A. M., Moldagalieva K. B.,
Almabeckov D. B.

Ural Federal University, Mira, 32, R041, Ekaterinburg, Russia, 620002

Abstract. The article describes an experimental lighting system using standard light-emitting diodes. Brightness of light-emitting diodes components are managed using an automated system, which is a set of drivers with pulse width modulation. The researched experimental lighting system designed to regulate the value of the color rendering index at fixed

chromaticity and brightness that makes possible to control visually perceived saturation of green and red colors reflecting objects.

Keywords: light-emitting diode, color rendering index, color saturation, clarification, automated management.

Введение

В настоящее время светотехнические устройства на основе светоизлучающих диодов (СИД) получают широкое распространение, чем вызывают интерес к исследованию данных устройств и способов управления ими. Данные устройства воздействуют на зрительную систему человека, формируя яркостную и хроматическую адаптацию, на которую влияет изменение параметров освещения. Естественным параметром управления освещением является его яркость, а также коррелированная цветовая температура (Ткц), которая соотносится с ощущением «холодного» или «тёплого» света и определяет его цветность. Индекс цветопередачи Ra, характеризующий степень увеличения насыщенности цветов освещаемых объектов, также относится к параметрам управления освещением.

В связи с растущим интересом к устройствам на основе СИД, стало актуальным изучение потребительских свойств светодиодного освещения. В частности, изучение визуально-воспринимаемой насыщенности цветов объектов, освещаемых СИД, т. н. эффекта кларификации (ЭК).

В предыдущих работах по изучению эффекта кларификации нами был разработан и экспериментально опробован метод управления ЭК с помощью индекса цветопередачи. В процессе работы над методом были обнаружены визуально различимые цветовые искажения полученного освещения, возникающие при регулировке Ra. При этом расчёт величины хроматического сдвига по измеренным спектрам в равноконтрастной системе координат $u'v'$ показал, что сдвиг не превышает порог визуального восприятия. Для устранения цветовых искажений была предпринята попытка линейной коррекции. После проведения коррекции сдвиг визуально стал менее заметен, но по расчётным значениям $u'v'$ практически не изменился и всё так же был неразличим [2].

В связи с полученным в процессе эксперимента несоответствием стала вызывать интерес природа цветовых искажений освещения. Для выявления причин расхождения визуальной оценки освещения и измеренных значений хроматического сдвига был выбран метод непосредственного дифференциального сравнения, позволяющий точно визуально оценивать характеристики освещения [3].

Таким образом, цель работы состоит в модернизации ранее сконструированного светодиодного осветителя [1]. С одной стороны, модернизированный осветитель должен позволять проводить визуальное сравнение освещаемых объектов в просмотровых зонах, с другой стороны, необходимо сохранить возможность проведения тех же колориметрических экспериментов, что и раньше.

1. Конструкция светодиодного осветителя

Первый этап в процессе модернизации осветительной установки заключается в усовершенствовании конструкции корпуса (рис. 1). Конструкция осветителя представляет из себя светонепроницаемый бокс из ахроматического зернёного алюминия с коэффициентом отражения около 50 %, габаритами примерно 30×30×70 см. Для проведения непосредственного дифференциального сравнения внутреннее пространство бокса может разделяться на 2 части перегородкой из того же материала, что и стенки корпуса.

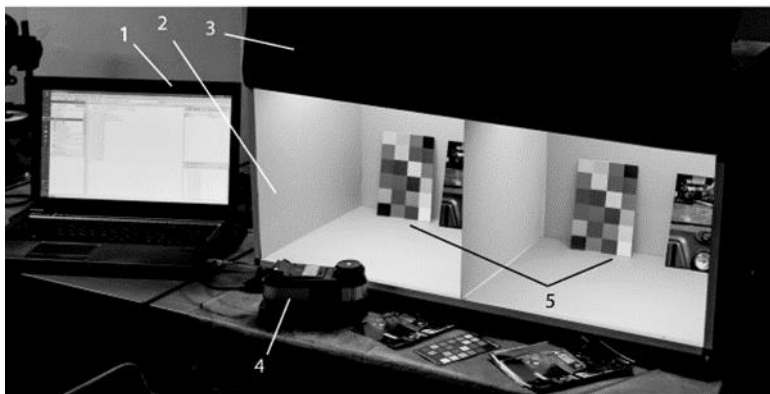


Рис. 1. Экспериментальный стенд: 1 — управляющий компьютер; 2 — светонепроницаемый бокс; 3 — светонепроницаемый полог; 4 — спектрофотометр; 5 — стандартный полиграфический оттиск

Изменение осветительного комплекса является вторым этапом. Осветительный комплекс, состоящий из двенадцати отрезков СИД RGB и W, «тёплого» белого свечения, разделяется на 2 части, каждая часть помещается на верхнюю стенку корпуса в соответствующую половину конструкции (рис. 2). Обе половины комплекса идентичны по составу.

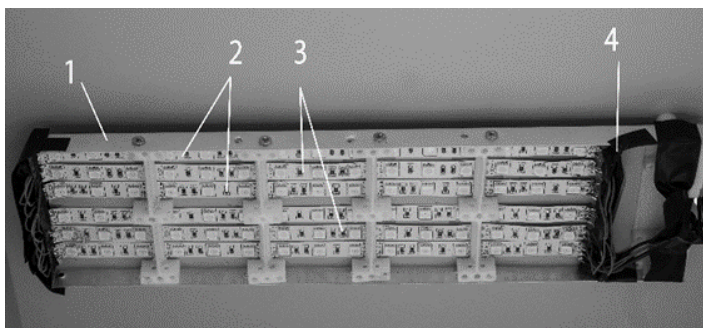


Рис. 2. Осветительный комплекс: 1 — металлический каркас; 2 — СИД RGB; 3 — СИД W; 4 — изолирующий материал

Третий этап — модернизация системы управления осветителем (рис. 3). Контроллер ATmega 328P был заменён на более мощный ATmega 2560 с 16-ю ШИМ каналами. Увеличение количества каналов позволяет при необходимости подключить дополнительный источник излучения, а также управлять каждой половиной осветителя независимо или совместно. Питание на RGBW-каналы осветителя подаётся через высокочастотные n-канальные полевые транзисторы IRLML2502, управляемые от ШИМ выходов контроллера. Частота ШИМ около 500 Гц, шаг регулировки скважности — $1/256$, соответствующий 8-разрядной шкале квантования. Управление работой контроллера через программу-монитор из программного пакета ArduinoIO позволяет взаимодействовать с ШИМ-выходами контроллера из среды MATLAB, установленной на управляющем компьютере. Стабильность работы блока питания обеспечивают 2 нагрузочных резистора, создающих начальный уровень нагрузки блока.

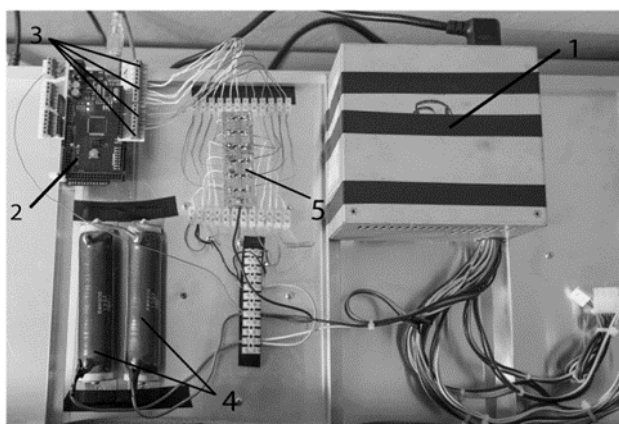


Рис. 3. Элементы системы управления: 1 — источник питания; 2 — контроллер; 3 — ШИМ выходы; 4 — нагрузочные резисторы; 5 — плата с полевыми транзисторами

Метод непосредственного дифференциального сравнения позволяет сравнивать исследуемые объекты «здесь и сейчас», исключая влияние хроматической адаптации глаза наблюдателя. В нашем случае этот метод даёт возможность сравнить визуальные оценки освещений в каждом отсеке осветителя наиболее точным образом. Например, помещая ахроматический образец в каждый отсек, можно визуально оценить и сравнить между собой цветовые искажения освещений, не отвлекаясь на визуальное изменение насыщенности освещаемых образцов.

Выводы

Проведена модернизация ранее сконструированного светодиодного осветителя на основе стандартных хроматических и белых светодиодов. Модернизированная установка позволяет проводить эксперименты по непосредственному дифференциальному сравнению, сохраняя возможность проведения колориметрических экспериментов по управлению визуальной воспринимаемой насыщенностью освещаемых объектов.

Список литературы

1. Арапова С. П., Арапов С. Ю., Суворова Ю. Л. Метод управления индексом цветопередачи для светодиодных модулей RGBW // Информация: передача, обработка, восприятие: материалы международной научно-практической конференции (Екатеринбург, УрФУ, 12–13 января 2016 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 91–103.
2. Автоматизированное управление индексом цветопередачи в промышленном освещении на светодиодных модулях RGBW / Ю. Л. Суворова [и др.] // 3-я Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Информационные технологии, телекоммуникации и системы управления» в рамках Форума молодых ученых «ИТ: глобальные вызовы и новые решения» (Екатеринбург, УрФУ, 8–10 декабря 2016 г.): Сборник докладов. М.: Эдитус, 2017. С. 235–244.
3. Автоматизированный лабораторный источник света для исследований цветопередачи при колориметрическом освещении / С. П. Арапова [и др.] // Передача, обработка, восприятие текстовой и графической информации: материалы международной научно-практической конференции. (Екатеринбург, 2015). Екатеринбург: УрФУ, 2015. С. 34–46.