

- добавлением к нейтрально белому осветителю светодиодов синего и желтого цветов;
- добавлением к нейтрально белым RGB-светодиодов.

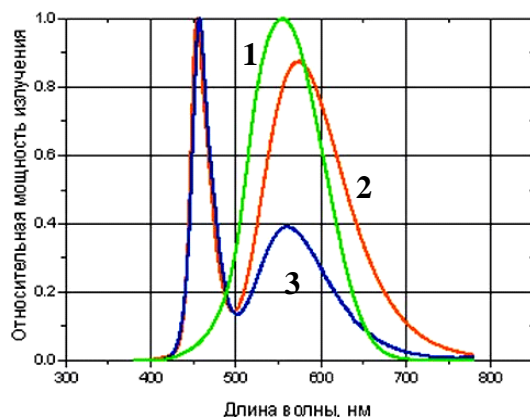


Рис. 1. Спектральные характеристики «белых» светодиодов: 1 – кривая чувствительности глаза, 2 – спектр излучения «белого» светодиода при CCT = 4000 K, 3 – при CCT = 6500 K

Как показали экспериментальные исследования, для коррекции температуры цвета в диапазоне 3000–6000 K мощность желтых светодиодов должна быть не менее, чем в 2 раза больше синих. Поэтому оптимальным является вариант, где желтый цвет формируется одновременным излучением красных и зеленых светодиодов. При этом компенсируется провал (рисунок 1) спектральной характеристики белых светодиодов в зеленой и желтой областях спектра.

Зависимость светового потока от тока через светодиод нелинейна, имеет большой технологический разброс, и изменяется также от температуры самого диода, вызванного саморазогревом светодиода. Поэтому наилучшим способом регулирования светового потока светодиодов будет широтно-импульсная модуляция (ШИМ) [1] с оптической обратной связью. Так как ШИМ подразумевает изменение интенсивности в диапазоне 0–100 %, то частота модуляции для исключения физиологического влияния на человека должна быть не менее 3 кГц [2].

Схема управления адаптивным светильником выполнена на основе микроконтроллера STM32. С помощью четырех каналов ШИМ и MOSFET ключей осуществляется управление светодиодами (белый, красный, зеленый, синий). Оптическая обратная связь выполнена на основе фоторезистора, расположенного на корпусе светильника и реагирующего на отраженное излучение. Дистанционное управление светильником осуществляется при помощи модуля NRF24L01. Каждый светильник имеет уникальный адрес.

#### Литература

1. Микитевич, В.А. Методы реализации модуляции светового излучения для фотостимулированной зондовой электродетекции / В.А. Микитевич, А.Л. Жарин // Новые направления развития приборостроения: материалы 14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 14–16 апреля 2021 г. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 41–42.
2. Lehman, B. Designing to mitigate effects of flicker in LED lighting: Reducing risks to health and safety / Lehman B., Wilkins A.J. // IEEE Power Electronics Magazine. – 2014. – Т. 1. – №. 3. – С. 18–26.

УДК 004.384

### АДАПТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В «УМНОЙ» АУДИТОРИИ

Студент гр. 11312120 Сороко Ю.Д., ассистент Микитевич В.А.

Кандидат техн. наук, доцент Свистун А.И., кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К.Л.  
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Свет оказывает большое влияние на биоритмы человека. Качество освещения оказывает сильное влияние на утомляемость и эффективность трудовой деятельности. При правильной организации освещения можно не только создать комфортные условия, но и улучшить самочувствие и продуктивность учебной деятельности [1]. В темное время суток преобладает искусственное освещение. При проектировании искусственного освещения необходимо учитывать следующие

параметры: интенсивность светового излучения, цветовую температуру, цветопередача (охват цветового пространства), пульсации светового излучения. Оптимальная интенсивность светового излучения оказывает большое влияние на утомляемость зрения.

Цветовая температура света влияет на настроение человека, влияет на внимание и утомляемость, позволяет ощущать себя бодро или наоборот – клонить в сон. Также различная цветовая температура ассоциируется с разным временем суток: теплый белый свет ассоциируется с рассветом или закатом; холодный белый – с пасмурной погодой [2]. При коррекции цветовой температуры осветителей для достижения комфортных условий необходимо учитывать интенсивность излучения (кривая Круитофа) [3].

В последнее время в осветителях в основном используется светодиодное освещение. Главный недостаток белых светодиодов – малые значения интенсивности излучения в зеленой и желтой областях спектра [4]. Применение дополнительных светодиодов красного и зеленого излучения позволяют скорректировать спектр излучения.

Пульсации света также оказывают большое значение на состояние здоровья и утомляемость человека. Даже небольшие значения пульсаций, уже чуть более 3 % на частоте 100 Гц, ощущаются человеком и являются опасными для зрения [5].

С учетом изложенных обстоятельств и нормативных требований к освещению предложены основные требования к разрабатываемому адаптивному освещению: регулировка освещенности на рабочем месте в диапазоне 250–400 Лк в (в зависимости от вида деятельности); автоматизированная регулировка интенсивности излучения в диапазоне 0–100 % (при наличии естественного освещения); коррекция цветовой температуры излучения в диапазоне 3000–6000 К (в соответствии с кривыми Круитофа); пульсации светового излучения амплитудой 100 % (широотно-импульсная модуляция) должны быть с частотой не менее 3 кГц [5].

На основании требований к адаптивному освещению предложена следующая конструкция. В качестве светильника наилучшим образом подходит промышленно изготовленный светодиодный светильник с нейтрально-белыми светодиодами и матовым рассеивателем. Этот светильник дополняется светодиодной RGB-лентой и разработанным самостоятельно контроллером управления яркостью белых и RGB-светодиодов, датчиком освещенности. Для регулирования цветовой температуры применяется дополнительный датчик и изменяется алгоритм работы контроллера управления яркостью RGB-светодиодов.

#### Литература

1. Иоффе, К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека / К.И. Иоффе // *Lighting Engineering & Power Engineering*. – 2008. – № 3. – С. 21–29.
2. Еланская, К.В. Оценка влияния светодиодных лампочек (LED) на умственную работоспособность и утомляемость студентов / К.В. Еланская, А.О. Лобач // *Актуальные проблемы гигиены и экологической медицины : сборник материалов III межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Гродно, 20 декабря 2017 года. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2018. – С. 26–29.*
3. Veitch, J.A. Judging the scientific quality of applied lighting research / J.A. Veitch, S.A. Fotios, K.W. Houser // *Leukos*. – 2019. – Т. 15. – №. 2–3. – С. 97–114.
4. Рудаков, А.И. Влияние качества освещения на здоровье людей / А.И. Рудаков, Р.И. Шафиков // *Problems and prospects of development of science and education in the XXI century*. – 2019. – С. 52–57.
5. Lehman, B. Designing to mitigate effects of flicker in LED lighting: Reducing risks to health and safety / B. Lehman, A.J. Wilkins // *IEEE Power Electronics Magazine*. – 2014. – Т. 1. – №. 3. – С. 18–26.

УДК 620.621

#### **АСТУЭ КАК ЧАСТЬ КРІ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ**

Студент гр. 10607120 Стасевич А.С.

Кандидат экон. наук, доцент Манцерова Т.Ф.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Энергомеджмент является достаточно сложным и трудоемким процессом, требующим тщательного анализа и умений для принятия решений с целью эффективного энергосбережения на