











бесконтактного подхода для контроля температурного режима светодиодных модулей, в том числе на базе технологии Интернета вещей.

В ходе эксперимента коррелированная цветовая температура модуля выросла примерно на  $\Delta SST = 60$  К. Это объясняется тем, что при повышении температуры происходит деградация люминофора и увеличение мощности спектра излучения в области синего цвета.

Несмотря на соответствие значений температуры, измеренных с использованием термопары и тепловизора, предложенный подход обладает рядом недостатков. В частности, с исследуемого светодиодного модуля изначально была демонтирована колба. Ее наличие на штатном месте приведет к повышению температуры элементов светодиодного модуля из-за отсутствия дополнительного отвода тепла за счет конвекции в области первого канала теплопередачи и на стыке соединения «кристалл – корпус светодиода», а также к усложнению процесса измерения температуры светодиодов и поверхности модуля с использованием тепловизора. Кроме того, на данном этапе исследований подход применим в том случае, когда все светодиоды на плате обладают одинаковыми значениями теплопроводности и теплового сопротивления.

В качестве направлений дальнейших исследований следует отметить:

- проведение лабораторных экспериментов по бесконтактному контролю температурного режима светодиодного модуля со штатной колбой;
- разработка тепловых моделей для отдельных полупроводниковых источников света для повышения универсальности используемого подхода;
- учет различий в значениях теплопроводности и теплового сопротивления светодиодов, установленных на одной плате;
- проведение испытаний на реальных системах светодиодного освещения в системах Интернета вещей;
- разработка концепции оперативного бесконтактного мониторинга тепловых параметров систем светодиодного освещения на базе технологии Интернета вещей.

## Литература

1. *Chincherо H.F., Alonso J.M., Hugo O.T.* A Review on Smart LED Lighting Systems // 2020 IEEE Green Energy and Smart Systems Conference (IGESSC). 2020. – P.1-6.
2. *Chincherо H.F., Alonso J.M.* A Review on Energy Management Methodologies for LED Lighting Systems in Smart Buildings // 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe). 2020. – P.1-6.
3. *Kalani M.J., Naderi M.S., Gharehpetian G.B.* Power consumption control of LEDs considering their specific characteristics and ambient temperature variations // Computers & Electrical Engineering. Vol. 77. 2019. – P. 191-204.
4. *Никифоров С.Г.* Почему светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители?. – Компоненты и технологии. 2005. – № 7. – С.16-24.
5. *Абрамов В.С., Никифоров С.Г., Сушков В.П., Шишов А.В.* Особенности конструирования мощных белых светодиодов. – Светодиоды и лазеры. 2003. – № 1–2. – С.10-12.
6. *Савельев А.И., Кавенский В.В.* Эффективные решения для теплоотвода в светодиодной технике. – Информационный бюллетень «Поверхностный монтаж». 2011. – № 1. – С.32-35.
7. *Горюнов Н.Н.* Конструкции корпусов и тепловые свойства полупроводниковых приборов. – М.: Энергия, 1972. – 155с.
8. *Мальцев А.А., Мальцев И.А.* Контроль качества и надежности светодиодов по тепловому сопротивлению р-п-переход – корпус. – Полупроводниковая светотехника. 2010. – № 2. – С.40-41.
9. *Константинов В.И., Вставская Е.В., Барбасова Т.А., Волков В.О.* Выбор оптимального режима работы светодиодных излучателей. – Вестник ЮУрГУ. 2010. – № 2. – С.48-51.
10. *Бородин С.М.* Обеспечение тепловых режимов в конструкциях радиоэлектронных средств. – Ульяновск: Ул. ГТУ, 2008. – 52с.
11. *Yung K.C., Liem H., Choy H.S.* Heat transfer analysis of a high-brightness LED array on PCB under different placement configurations // International Communications in Heat and Mass Transfer. Vol. 53. 2014. – P. 79-86.
12. LUXEON 5050. [Электронный ресурс]. 2022. URL: <https://lumileds.com/wp-content/uploads/DS174-luxeon-5050-datasheet.pdf> (дата обращения: 10.06.2022).
13. *Сулейманов С.Р.* Нагревание люминофора в светодиоде. – Высокие технологии в современной науке и технике. 2016. – С.243-244.