

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.149>

АКТИВНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП С ЦОКОЛЕМ E27 ПУТЕМ ДОРАБОТКИ КЕРАМИЧЕСКОГО ПАТРОНА

Научная статья

Стерляжников С.С.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-5450-9177;

¹ Лысьвенский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета, Лысьва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (32morri[at]gmail.com)

Аннотация

Данная статья направлена на изучение причин выхода из строя светодиодных ламп, рассмотрен один из способов значительного продления их срока службы, выполнено сравнение температур светодиодных ламп нескольких производителей. Несмотря на заявленный производителями высокий срок службы светодиодных ламп (обычно около 50000 часов), данные изделия довольно часто выходят из строя раньше предусмотренного производителем срока, кроме того, для физических лиц разрешается выбрасывать светодиодные лампы в обычные контейнеры для мусора, и количество отходов увеличивается с каждым годом. В данной статье предложен метод доработки керамического патрона с цоколем E27, что позволит значительно снизить температуру светодиодных ламп и продлить их срок службы.

Ключевые слова: активное охлаждение светодиодных ламп, светодиодные лампы, перегрев светодиодов, тепловая деградация светодиодов, высыхание электролитических конденсаторов.

ACTIVE COOLING OF LED LAMPS WITH E27 SOCKET BY UPGRADING THE CERAMIC SOCKET

Research article

Sterlyazhnikov S.S.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-5450-9177;

¹ Lysva Branch of the Perm National Research Polytechnic University, Lysva, Russian Federation

* Corresponding author (32morri[at]gmail.com)

Abstract

This article is aimed at studying the causes of failure of LED lamps, one of the ways to significantly extend their service life is examined, a comparison of the temperatures of LED lamps from several manufacturers is made. Despite the claimed high lifespan of LED lamps (usually about 50,000 hours), these products quite often fail before the term provided by the manufacturer, in addition, individuals are allowed to dispose of LED lamps in conventional waste containers, and the amount of waste increases every year. This article proposes a method of modification of the ceramic socket with E27 base, which will significantly reduce the temperature of LED lamps and extend their service life.

Keywords: active cooling of LED lamps, LED lamps, overheating of LEDs, thermal degradation of LEDs, drying of electrolytic capacitors.

Введение

В последние годы светодиодные лампы практически полностью вытеснили с рынка лампы накаливания и люминесцентные лампы. Светодиодные лампы отличаются низким энергопотреблением, не имеют в своем составе опасных компонентов, обладают высоким сроком службы. Светодиодные лампы, а также светильники со светодиодными лампами в сборе, утратившие потребительские свойства, относятся к 4-ому классу опасности и запрещены к захоронению с 01.01.2018 года и подлежат дальнейшей утилизации, как и отработанные люминесцентные лампы [1]. Однако, заявленный срок службы зачастую сильно завышен, производители не всегда указывают эффективный срок службы изделия, и светодиодные лампы выходят из строя гораздо раньше, чем предусмотрено производителем. В своем исследовании срока службы светодиодных ламп Д. Рихтер, Л. Тяжкяме, К. Далхаммар [2] отметили, что реальный срок службы светодиодных ламп, как правило, не превышает 25 000 часов, при заявленных 50 000 часов. Большинство светодиодных ламп сильно подвержено перегреву.

Данная проблема актуальна, поскольку в результате перегрева светодиодных ламп значительно возрастает вероятность того, что свет от такой лампы может негативно повлиять на здоровье человека, также лампы могут выйти из строя в любой момент. Помимо этого, ввиду повсеместности использования светодиодных ламп, увеличивается количество отходов, так как не все люди утилизируют светодиодные лампы надлежащим образом [3].

Цель данной работы – изучить устройство светодиодных ламп, выяснить основные причины выхода ламп из строя, найти способы решения проблемы для максимального продления времени их работы.

Основная часть

Рассмотрим устройство светодиодных ламп. Как правило, лампы состоят из пластикового рассеивателя, монтажной платы со светодиодами, драйвера светодиодной лампы, корпуса (также выполняющего роль радиатора), цоколя. Более подробно стоит рассмотреть работу платы со светодиодами и светодиодный драйвер. Срок службы smd

светодиодов закладываемый производителем, составляет 50 000 часов. Однако эффективный срок службы (период, в течение которого светодиод потускнеет на 30% своей первоначальной яркости) составляет лишь 10 000 часов [4]. В качестве основной причины потери яркости выделяют «тепловую деградацию» светодиода, которая вызвана недостаточным отведением тепла от светодиода, что приводит к длительной работе при повышенной температуре и дальнейшей потере яркости [5]. Следующим уязвимым компонентом светодиодных ламп является драйвер, который представляет из себя понижающий AC-DC преобразователь напряжения. Используется для питания платы со светодиодами, и напряжение на его выходе отличается в зависимости от мощности лампы, но обычно варьируется в диапазоне от 20 до 60 вольт, в зависимости от количества светодиодов на плате. Драйвер расположен внутри корпуса, который выполняет роль радиатора и отводит тепло от платы со светодиодами. Таким образом, температура внутри корпуса лампы постоянно повышена, и светодиодный драйвер постоянно подвергается воздействию повышенных температур. Одним из элементов драйвера являются электролитические конденсаторы, обычно, максимальная рабочая температура может достигать до +85°C, и при данной температуре имеют ресурс от 2000 до 5000 часов работы. В последнее время в светодиодные лампы начали устанавливаться электролитические конденсаторы с максимальной рабочей температурой +105°C, несмотря на это, внутри корпуса лампы температура зачастую превышает это значение. Высокая температура приводит к высыханию конденсаторов, изменению их свойств, что может привести к различным негативным последствиям, о чем свидетельствуют как российские (В. Гуревич) [6], так и зарубежные (C.S. Kulkarni, G. Biswas, K. Goebel) [7] исследования. К примеру, на некоторых драйверах от емкости электролитических конденсаторов напрямую зависит ток, проходящий через светодиоды. Изменение параметров конденсатора в результате нагрева приведет к ускоренному перегоранию светодиодов или выходу из строя драйвера. Также, электролитический конденсаторы в светодиодном драйвере могут быть использованы для получения приемлемого коэффициента пульсаций, что опять же, при снижении емкости при высыхании конденсатора негативно повлияет на работоспособность схемы.

Учитывая рассмотренные данные, можно сделать вывод, что основной причиной деградации светодиодов, а также выхода из строя драйвера является перегрев.

Было рассмотрено два способа решения данной проблемы.

В качестве первого способа была рассмотрена возможность установки и использования пассивного охлаждения (радиатора) на элементы ламп. В качестве преимуществ используемого метода можно отметить неограниченный срок службы радиатора, полную бесшумность. Однако, в результате проведенного исследования, было выявлено незначительное снижение температуры, значительное увеличение габаритов лампы, повышение ее веса, что может мешать ее использованию. Также, не на все исследуемые лампы удалось установить пассивное охлаждение. Это говорит о том, что данный способ не является универсальным, и неэффективен для решения проблемы с перегревом. Также о низкой эффективности данного метода говорит одно из исследований пассивного управления температурой светодиодного модуля (S. Gielen, H. Ye, 2011) [8].

В качестве более эффективного и подходящего решения можно использовать доработанные патроны ламп с цоколем E27 с установленным на них кулером для охлаждения корпуса лампы. Данный метод позволит эффективно отвести тепло от корпуса, и поможет избежать перегрева. Способ универсален, так как позволит использовать любую светодиодную лампу с аналогичным цоколем.

Доработка выполнялась на стандартном керамическом патроне LN02 с цоколем E27, внешний диаметр которого составляет 40мм. Был выбран кулер с размерами 25x25x10 мм для охлаждения радиокомпонентов. Необходимо использовать кулеры с низким уровнем шума, чтобы не было слышно их работы при использовании. Также для питания кулера используется понижающий преобразователь с 220 до 12 вольт, который подключается к патрону. Кулер с преобразователем устанавливаются с задней стороны патрона, компактные размеры которых позволяют устанавливать модифицированный патрон в осветительную технику, не меняя исходного крепежа.

Для исследования эффективности и возможности использования была собрана физическая модель, проведено сравнение температуры нагрева различных ламп без активного охлаждения и с охлаждением.

Рассмотрим один из примеров измерения рабочих температур светодиодной лампы одного из популярных производителей. Все измерения проводились при помощи двух мультиметров DT838 в помещении, при температуре +23°C. Температура внутри ламп была измерена путем просверливания отверстия в корпусе лампы, в которое помещалась термопара, после чего отверстие герметизировалось с помощью холодной сварки. Температура лампы снаружи корпуса составила +87°C, внутри корпуса лампы +120°C. На плате светодиодного драйвера использован электролитический конденсатор CD110 3,3 мкФ 400В с диапазоном рабочих температур -40-85°C, данный конденсатор постоянно подвергается перегреву, что приведет к более раннему выходу лампы из строя [9]. После установки данной лампы в модифицированный патрон с активным охлаждением температура снизилась до 63°C снаружи и 89°C внутри корпуса лампы. Такое снижение температуры позволит лампе проработать длительное время без «тепловой деградации» светодиодов и без ухудшения работы светодиодного драйвера. Аналогичная ситуация наблюдается и с лампами других производителей, и измеренная температура практически не зависит от мощности лампы (проводилось сравнение ламп мощностью 9 Вт, 12 Вт, 15 Вт). Во всех случаях, после установки лампы в доработанный патрон было отмечено снижение температуры в среднем на 25-35°C.

Одним из недостатков данного метода можно отметить возможное повышение шума в помещении, где используются доработанные патроны для ламп после длительного использования кулера и его естественном износе. Данную проблему можно решить путем использования более качественных, долговечных кулеров, периодической смазки подшипника в кулере, удалении скопившейся пыли [10].

Заключение

В данной статье было показано, что существует способ значительно снизить нагрев светодиодных ламп. Приведенное в статье решение не способно продлить полный срок службы лампы на срок, превышающий тот, что

заявлен производителем, но может помочь максимально приблизить эффективный срок службы к полному. Многие керамические патроны для ламп с цоколем E27 могут быть доработаны и использованы в той же осветительной технике без переделки стандартного крепежа. Остальные патроны также могут быть доработаны при содействии производителей осветительного оборудования. В перспективе, многие светодиодные лампы смогут значительно продлить свой реальный срок службы, так как будет исключена вероятность тепловой деградации светодиодов и выхода светодиодного драйвера из строя из-за перегрева.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.149.1>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.149.1>

Список литературы / References

1. Russian Federation. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон №89-ФЗ, статья 12, пункт 8. : [принят Государственной Думой 1998-05-22 : одобрен Советом Федерации 1998-06-10]. 1998.
2. Dalhammar C. Trade-offs with longer lifetimes? The case of LED lamps considering product development and energy contexts. / C. Dalhammar, J.L. Richter // Journal of Clean Production. — 2019. — 226. — p. 195-209. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619310479> (accessed: 24.11.22).
3. Cenci M.P. Assessment of LED lamps components and materials for a recycling perspective. / M.P. Cenci, E.L. Schneider, H.M. Veita // Waste management. — 2020. — 107. — p. 285-293. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20301914> (accessed: 24.11.22).
4. Гончарова Ю.С. Тепловой режим полупроводниковых источников света при ускоренных испытаниях на надежность и долговечность дис. ...канд. null: 05.11.07 : защищена 2016-11-24 : утв. 2016-11-24 / Ю.С. Гончарова — Томск: 2016. — 145 с.
5. Cai M. Thermal degradation kinetics of LED lamps in step-up-stress and step-down-stress accelerated degradation testing. / M. Cai, D. Yang, J. Zheng // Applied heat engineering. — 2016. — 107. — p. 918-926. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116311966> (accessed: 24.11.22).
6. Гуревич В. Электролитические конденсаторы: особенности конструкции и проблемы выбора. / В. Гуревич // Компоненты и технологии. — 2012. — 5. — с. 17-24. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektroliticheskie-kondensatory-osobennosti-konstruktsii-i-problemy-vybora/viewer> (дата обращения: 24.11.22).
7. Kulkarni C.S. Physics Based Degradation Models for Capacitor Prognostics under Thermal Overstress Conditions / C.S. Kulkarni, G. Biswas, K. Goebel et al. // International Journal of Prognostics and Health Management. — 2013. — Vol. 4. — 1. — URL: https://www.researchgate.net/publication/266557518_Physics_Based_Degradation_Models_for_Capacitor_Prognostics_under_Thermal_Overstress_Conditions (accessed: 24.11.22). — DOI: 10.36001/ijphm.2013.v4i1.1448
8. Gielen S. A review of passive thermal management of LED module. / S. Gielen, H. Ye // Journal of Semiconductors. — 2011. — 32(1). — URL: https://www.researchgate.net/publication/230985727_A_review_of_passive_thermal_management_of_LED_module (accessed: 24.11.22). — DOI: 10.1088/1674-4926/32/1/014008
9. CD110 серия [Электронный ресурс] // ELZET. — 2014. — URL: <http://elzet.ru/image/catalog/products/pdf/cd110.pdf>. (дата обращения: 24.11.22)
10. Караджи С.В. Способы снижения шума осевых вентиляторов. / С.В. Караджи, Ю.Г. Московко // АВОК. — 2013. — 1. — URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5436 (дата обращения: 24.11.22).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Russian Federation. Ob otvodax proizvodstva i potrebleniya [On production and consumption waste] : Federal Law №89-ФЗ, section 12, пункт 8. : [accepted by The State Duma 1998-05-22 : approved by Council of the Federation 1998-06-10]. 1998. [in Russian]
2. Dalhammar C. Trade-offs with longer lifetimes? The case of LED lamps considering product development and energy contexts. / C. Dalhammar, J.L. Richter // Journal of Clean Production. — 2019. — 226. — p. 195-209. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619310479> (accessed: 24.11.22).
3. Cenci M.P. Assessment of LED lamps components and materials for a recycling perspective. / M.P. Cenci, E.L. Schneider, H.M. Veita // Waste management. — 2020. — 107. — p. 285-293. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20301914> (accessed: 24.11.22).
4. Goncharova Yu.S. Teplovoj rezhim poluprovodnikovyx istochnikov sveta pri uskorenyx ispy'taniyax na nadezhnost' i dolgovечnost' [Thermal regime of semiconductor light sources during accelerated tests for reliability and durability] dis...of PhD in Engineering: 05.11.07 : defense of the thesis 2016-11-24 : approved 2016-11-24 / Ю.С. Гончарова — Томск: 2016. — 145 p. [in Russian]
5. Cai M. Thermal degradation kinetics of LED lamps in step-up-stress and step-down-stress accelerated degradation testing. / M. Cai, D. Yang, J. Zheng // Applied heat engineering. — 2016. — 107. — p. 918-926. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116311966> (accessed: 24.11.22).

6. Gurevich V. E'lektroliticheskie kondensatory': osobennosti konstrukcii i problemy' vy'bora [Electrolytic capacitors: design features and selection problems]. / V. Gurevich // Komponenty' i tehnologii [Components and technologies]. — 2012. — 5. — p. 17-24. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektroliticheskie-kondensatory-osobennosti-konstruktsii-i-problemy-vybora/viewer> (accessed: 24.11.22). [in Russian]
7. Kulkarni C.S. Physics Based Degradation Models for Capacitor Prognostics under Thermal Overstress Conditions / C.S. Kulkarni, G. Biswas, K. Goebel et al. // International Journal of Prognostics and Health Management. — 2013. — Vol. 4. — 1. — URL: https://www.researchgate.net/publication/266557518_Physics_Based_Degradation_Models_for_Capacitor_Prognostics_under_Thermal_Overstress_Conditions (accessed: 24.11.22). — DOI: 10.36001/ijphm.2013.v4i1.1448
8. Gielen S. A review of passive thermal management of LED module. / S. Gielen, H. Ye // Journal of Semiconductors. — 2011. — 32(1). — URL: https://www.researchgate.net/publication/230985727_A_review_of_passive_thermal_management_of_LED_module (accessed: 24.11.22). — DOI: 10.1088/1674-4926/32/1/014008
9. CD110 seriya [CD110 series] [Electronic source] // ELZET. — 2014. — URL: <http://elzet.ru/image/catalog/products/pdf/cd110.pdf>. (accessed: 24.11.22) [in Russian]
10. Karadzhi S.V. Sposoby' snizheniya shuma osevy'x ventilyatorov [Noise Reduction Methods for Axial Fans]. / S.V. Karadzhi, Yu.G. Moskovko // AVOK [ABOK]. — 2013. — 1. — URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5436 (accessed: 24.11.22). [in Russian]