РАЗДЕЛ IV. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

doi:10.18411/spub-4-2018-05

idsp: 000001: spub-4-2018-05

АШРЯТОВ А.А., ЧАТКИН П.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДОВ АНТИВАНДАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

им. Н. П. Огарёва

(Россия, Саранск)

АННОТАЦИЯ

В статье исследуется влияние схемы включения светодиодов на работоспособность и долговечность антивандального светильника. Осуществлен выбор и расчет компонентной база антивандального светильника. Проведено моделирование схемы последовательного соединения параллельных цепочек и схемы параллельного соединения последовательных цепочек светодиодов в программе NI Multisim. Определена динамика снижения светового потока светильника при выходе из строя светодиодов в исследованных схемах их включения.

Ключевые слова: антивандальный осветительный прибор, моделирование работоспособности светильника, светодиод, драйвер, схема включения светодиодов.

ASHRYATOV A.A., CHATKIN P.N.

INVESTIGATION OF POWER SUPPLY CIRCUITS FOR LEDS OF ANTI-VANDAL LUMINAIRE

National Research OgarevMordovia State University

(Russia, Saransk)

ABSTRACT

In the article, the influence of the LED switching circuit on the operability and longevity of the anti-vandal luminaire is investigated. The component base of the anti-vandal luminaire has been selected and calculated. The simulation of the parallel connection of parallel circuits and the scheme of parallel connection of successive LED strings in the NI Multisim program are simulated. The dynamics of the decrease in the luminous flux of the luminaire is determined upon the failure of the LEDs in the investigated circuits for their inclusion.

Keywords: vandal-proof lighting, simulation of the luminaire, LED, driver, LED switching circuit.

ВВЕДЕНИЕ

Исходя из того, что оптическое излучение вообще и, видимый свет, в частности, человек широко использует в своей жизнедеятельности, номенклатура осветительных приборов очень широка [1]. Однако, в ряде случаев, тем или иным типам осветительных приборов, возникает необходимость в придании каких-либо особых свойств, не присущих им при их эксплуатации в обычных условиях [2, 3]. К одному из таких свойств можно отнести вандалоустойчивость [4]

В общественных местах чаще всего возникает потребность в осветительных приборах, которые имеют надежную защиту от физических ударов, вскрытия и хищения. Такие светильники часто называют антивандальными. Они имеют специальные крепления, которые защищают светильник от вскрытия, а корпус сделан из прочных материалов [5].

Главным отличием антивандального светильника является термо- и ударостойкость его светорассеивателя, что в совокупности с энергоэкономичностью и долговечностью светодиодов позволяет сократить затраты на содержание осветительной установки [6].

В настоящее время выпускаются антивандальные светильники с металлическими корпусами и светорассеивателями из ударопрочного поликарбоната, который обладает низкой термостойкостью и плавиться при воздействии пламени обычной зажигалки. Более эффективным вариантом антивандального светильника является использование светорассеивателя из ударопрочного термостойкого неорганического стекла [7].

Следуя европейским стандартам, степень прочности корпуса антивандального светильника определяется индексом IK, который варьируется в пределах 0 - 10 ед. [4, таблица 1.8].

Важную роль в конструкции антивандального светильника играет ее источник света, от вибро- и ударопрочности которого зависит стойкость светильника в целом. В этом плане наиболее стойкими являются твердотельные источники света, то есть светодиоды [8]. Кроме того, при использовании в конструкции светильника не единичного светодиодного модуля, а массива дискретных светодиодов позволяет еще более повысить надежность антивандального светильника. Причем, в данном случае, большую роль играет схема включения светодиодов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является определение оптимального варианта схемы питания светодиодов антивандального светильника позволяющего обеспечить его функционирование при механическом повреждении в схеме максимального количества единичных светодиодов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из поставленной цели, было проведено исследование параметров схем путем моделирования способов включения светодиодов, для определения наилучшего варианта при котором работоспособность и световые характеристики будут наиболее эффективными.

Для моделирования использовался популярный программный пакет NI Multisim [9], в котором были промоделированы схемы последовательного соединения параллельных цепочек и параллельного соединения последовательных цепочек светодиодов.

На начальном этапе работы была определена компонентная база антивандального светильника. В качестве прототипа был выбран существующий антивандальный светодиодный светильник ЭРА SPB-7-12-О [10]. Данный светодиодный светильник является пылевлагозащищенным со степенью защиты IP65 и вандало-стойкий со степенью ударопрочности IK08 (энергия удара 5 Дж). По характеристикам светильника, приведенным в [10], пользуясь методикой, описанной в [11], был выбран драйвер ZF0406-2-5B с выходным током 450 мА и определено требуемое количество светодиодов JE2835 3-V компании Cree [12]. Следует отметить, при расчете количества светодиодов ток в схеме задавался ниже номинального.

Исследовалось два варианта включения светодиодов: - последовательное соединение параллельно включенных светодиодов и параллельное соединение последовательно включенных светодиодов [13].

На рисунке 1 представлена модель схемы первого варианта включения светодиодов. Известно, что даже в пределах одного бина, характеристики светодиодов незначительно, но отличаются. При моделировании схем включения светодиодов принимается, что светодиоды имеют совершенно одинаковые характеристики. При включении реальных светодиодов по данной схеме, значения их токов будут отличаться друг от друга.

Рисунок 1. Модель последовательного соединения параллельно включенных светодиодов в программе Multisim

На рисунках 2 – 4 представлены промоделированные схемы первого варианта включения светодиодов при различных вариантах "выбитых" светодиодов. Под выбитыми светодиодами подразумеваются не только вышедшие из строя светодиоды при внешнем механическом воздействии, но и разрушение проводников схемы, соединяющих светодиоды.

Рисунок 2. Изменение токов в светодиодах включенных параллельно с выбитым светодиодом

Рисунок 3. Изменение токов в светодиодах включенных параллельно с выбитыми светодиодами в различных параллельных цепях

Рисунок 4. Изменение токов в светодиодах включенных параллельно с различным количеством выбитых светодиодов в одной параллельной цепи

Результаты моделирования представлены в виде гистограммы зависимости светового потока от количества рабочих светодиодов при различных последовательных соединениях параллельных цепочек.

Рисунок 5. Изменение светового потока светильника при уменьшении количества рабочих светодиодов вследствие выхода из строя светодиодов в различных параллельных цепях

Из рисунка 5 видно, что при четырех выбитых светодиодах в схеме представленной на рисунке 3, световой поток практически не изменяется, так как ток распределен равномерно в узлах и, что важно, светодиоды остались не перегружены, прямой ток (I_f) равен 150 мА (номинальное значение по документации на светодиоды). Из рисунка 4 видно, что при выбивании светодиодов в параллельной цепи ток в исправных светодиодах возрастает. При двух выбитых светодиодах через оставшиеся светодиоды начинает протекать ток превышающий на 40% от номинального тока светодиода, а при выходе из строя еще одного светодиода, через оставшийся светодиод будет протекать ток в 4 раза больше номинального, что приведет к выходу из строя всей схемы.

продолжает работать в стабильном состоянии. Но при двух выбитых светодиодах в разных параллельных цепях световой поток снизится $\sim 5\%$, но при этом оставшиеся светодиоды будут работать на грани максимального режима работы данного светодиода. В случае выхода из строя следующего светодиода в другой параллельной цепи схема выйдет из строя из-за четырехкратного превышения номинального тока.

Рисунок 8. Изменение светового потока светильника от количества рабочих светодиодов при параллельном соединении последовательно включенных светодиодов

В реальных условиях эксплуатации светильника возможны ситуации, когда из схемы выбивается сразу группа из нескольких светодиодов. На рисунках 9 – 10 представлены модели таких схем включения светодиодов, а на рисунке 11 приведено изменение светового потока светильника от количества рабочих светодиодов при различных схемах их включения.

Рисунок 9. Изменение токов в светодиодах включенных параллельно с различным количеством выбитых светодиодов в одной параллельной цепи

Рисунок 10. Изменение токов в светодиодах включенных последовательно при наличии одного или двух выбитых светодиодов в соседних параллельных цепях

Рисунок 11. Изменение светового потока светильника от количества рабочих светодиодов при различных схемах их включения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате моделирования различных способов включения светодиодов, определено, что схема последовательного соединения параллельно включенных светодиодов позволяет светильнику сохранять работоспособность при выходе из строя большего числа светодиодов, чем в случае схемы с параллельным соединением последовательно включенных светодиодов.

1. Справочная книга по светотехнике. / Под ред. Ю.Б. Айзенберга 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Знак, 2006. - 972 с.
2. Светильники. Виды и классификация. Типы и маркировка [Электронный ресурс]. – URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobu-strojstvo/osveshhenie/svetilniki/> – Загл. с экрана.
3. Классификация осветительных приборов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ledfixtures.ru/information.html> – Загл. с экрана.
4. ГОСТ ИЕС 62262 – 2015. Степени защиты электрического оборудования, обеспечиваемые оболочками, защищающими от внешних механических ударов (код IK). – Введен 2016 – 10 – 01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 6 с.
5. Антивандальный светильники: особенности, область применения [Электронный ресурс]. – URL: <https://upper.com.ua/antivandaln-yiy-svetilniki-osobennosti-oblast-ispolzovaniya/> – Загл. с экрана.
6. Антивандальные светильники [Электронный ресурс]. – URL: <https://svet-h.by/journal/2015/11/antivandalnye-svetilniki/> – Загл. с экрана.

7. Ашрятов А.А. Антивандальный светильник на светодиодах. Патент на полезную модель №79322. МПК F21S 8/00. Заявл. 04.05.2008. № 2008117885/22. Оpubл. 27.12.2008. Бюл. №36.
8. Макарова Н.В. Светодиодные источники света в бытовом освещении, преимущества и недостатки / Н.В. Макарова, А.А. Ашрятов // Научные исследования и разработки 2018 года. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции 6.04.2018. - Новосибирск: изд-во ЦРНС. - 2018. - С. 59-64.
9. Введение в Multisim. Трехчасовой курс. National Instruments Россия, СНГ, Балтия [Электронный ресурс]. – URL: http://of.bsu.ru/e-book/mikroprochess/Manual_multisim_rus.pdf – Загл. с экрана.
10. Каталог продукции «ЭРА» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.eraworld.ru/catalog/62021> – Загл. с экрана.
11. Ашрятов А.А. Методические указания к практическим занятиям по программе дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) «Светодиоды, светодиодные лампы и конструирование энергоэффективных световых приборов на их основе»./ А.А. Ашрятов, О.Е. Железникова, А.Ю. Осичкин. - Саранск, ООО «13 РУС», - 2013. - 12 с. URL: <https://www.mrsu.ru/ru/getfile.php?ID=42423>
12. Каталог продукции «Cree» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cree.com/led-components/products/> – Загл. с экрана.
13. Параллельное и последовательное соединение светодиодов. Энергоэффективные технологии освещения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://altenergy.org.ua/parallelnoe-i-posledovatelnoe-soedinenie-svetodiodov.html> – Загл. с экрана.

1. Reference book on lighting equipment. Ed. Yu.B. Eisenberg 3rd ed. recycled and additional. - M.: Sign, 2006. - 972 p.
2. Fixtures. Types and classification. Types and markings [Electronic resource]. - URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobu-strojstvo/osveshhenie/svetilniki/> - Title from the screen.
3. Classification of lighting devices [Electronic resource]. - URL: <http://www.ledfixtures.ru/information.html> - Title from the screen.
4. GOST IEC 62262 - 2015. Degrees of protection of electrical equipment provided by enclosures that protect against external mechanical shocks (IK code). - Introduced 2016 - 10 - 01. - Moscow: Standardinform, 2016. - 6 p.
5. Antivandal lamps: features, scope [Electronic resource]. - URL: <https://upper.com.ua/antivandaln-yy-svetilniki-osobennosti-oblast-ispolzovaniya/> - Title from the screen.
6. Antivandal lamps [Electronic resource]. - URL: <https://svet-x.by/journal/2015/11/antivandalnye-svetilniki/> - Title from the screen.
7. Ashryatov A.A. Vandal-proof luminaire on LEDs. Patent for utility model number 79322. IPC F21S 8/00. Declared. 04/05/2008. No. 2008117885/22. Published on 27.12.2008. Bul. №36.
8. Makarova N.V. LED light sources in household lighting, advantages and disadvantages / N.V. Makarova, A.A. Ashryatov // Scientific Research and Development of 2018. Collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference 6.04.2018. - Novosibirsk: Publishing house of the CRNS. - 2018. - P. 59-64.
9. Introduction to Multisim. A three-hour course. National Instruments Russia, CIS, Baltic [Electronic resource]. - URL: http://of.bsu.ru/e-book/mikroprochess/Manual_multisim_rus.pdf - Title from the screen.
10. 10 Product catalog "ERA" [Electronic resource]. - URL: <http://www.eraworld.ru/catalog/62021> - Title from the screen.
11. Ashryatov A.A. Methodical instructions for practical lessons on the program of additional professional education (advanced training) "LEDs, LED lamps and the design of energy-efficient light devices based on them." / A.A. Ashryatov, O.E. Zheleznikova, A.Yu. Osichkin. - Saransk, LLC "13 RUS", - 2013. - 12 p. - URL: <https://www.mrsu.ru/en/getfile.php?ID=42423>
12. Product catalog "Cree" [Electronic resource]. - URL: <http://www.cree.com/led-components/products/> - Title from the screen.
13. Parallel and serial connection of LEDs. Energy-efficient lighting technologies. [Electronic resource]. - URL: <http://altenergy.org.ua/parallelnoe-i-posledovatelnoe-soedinenie-svetodiodov.html> - Title from the screen.

Ашрятов А.А., *Заведующий кафедрой, ashryatov@rambler.ru*
Ashryatov A.A., *Head of the department, ashryatov@rambler.ru*

Чаткин П.Н., *Бакалавр, wwiny@mail.ru*
Chatkin P.N., *Bachelor, wwiny@mail.ru*