

РЕГУЛЮВАННЯ ЯСКРАВСТІ СВІТІННЯ LED ЛАМП: ПРОБЛЕМИ ТА ПІДХОДИ ДО ЇХ ВИРІШЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовані особливості регулювання яскравості світіння світлодіодних ламп з робочою напругою ~220 В, розглянуті проблеми, що виникають при цьому, проаналізовано їх основні причини. Для забезпечення рівномірної зміни яскравості та широкого діапазону регулювання запропоновано мікроконтролерний димер, що управляє діючою напругою на вході драйвера лампи за допомогою ШІМ сигналу пилоподібної форми, що може змінюватися за амплітудою від 0 до 220 В.

Ключові слова: світлодіодна лампа, димер, регулювання яскравості

Вступ

Управління освітленням застосовується для зменшення енергоспоживання та створення комфортної освітленості приміщення або робочого місця. Сучасні підходи до управління освітленням засновані на регулюванні яскравості світіння джерел світла, що дозволяє не лише змінювати інтенсивність штучного освітлення, а й управляти його колірною температурою, отримувати потрібний художній ефект тощо [1].

У теперішній час в системах освітлення найбільш широко використовуються світлодіодні джерела світла. Світлодіод є напівпровідниковим приладом, що розрахований на використання у низьковольтних електричних колах постійної напруги. Тому підключення світлодіодів до мережі ~220 В здійснюється через спеціальний пристрій – драйвер світлодіодів. Саме від нього залежить можливість управляти яскравістю світіння світлодіодного джерела.

Проблеми регулювання яскравості світлодіодних ламп з робочою напругою ~220 В

Управління яскравістю джерела світла здійснюється так званими димерами (від англ. dimmer – затемнювач). У випадку світлодіодного джерела димер вмикається між мережею ~220 В та драйвером світлодіодів. Сьогодні основними способами димування світлодіодного освітлення є [2]: фазове, ШІМ, аналогове 0-10 В та цифрове за протоколом DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Серед цих методів лише фазове димування, що засноване на відсіканні частини мережевої синусоїди, не потребує використання окремих сигнальних ліній між димером та драйвером світлодіодів. Це надає можливість безпосередньо застосовувати його у вже існуючих системах освітлення, в яких звичайні лампи розжарювання замінюються на світлодіодні. Слід зазначити, що можливість регулювання яскравості підтримується лише спеціальними LED лампами з функцією димування, оскільки драйвер звичайної світлодіодної лампи з робочою напругою ~220 В реалізується або на базі баластного (конденсаторного) блоку живлення, або за схемою імпульсного DC-DC перетворювача, що підтримує постійну напругу на світлодіодах [3].

Проте і лампи, що підтримують димування, працюють не завжди так, як очікується: повільний запуск, нерівномірне світіння та мерехтіння, обмежений діапазон регулювання яскравості, гудіння лампи. Поряд із цим, різні моделі ламп можуть по різному працювати з тим самим димером. Усе це пов'язано з тим, що у найпоширеніших фазових димерах як елемент управління використовується симистор. Такі димери відсікають передню частину напівхвилі. Оскільки для димера драйвер лампи є реактивним навантаженням, в момент вмикання симистора утворюються значні стрибки струму або напруги. Крім того, у завершальній фазі напівхвилі, коли мережева напруга наближається до нуля, струм світлодіодів виявляється недостатнім для утримання симистора в увімкненому стані. Це викликає передчасне закривання симистора. У результаті при малих яскравостях можуть спостерігатися мерехтіння, а мінімально можливий рівень яскравості виявляється занадто великим. Тому для світлодіодних ламп краще підходять фазові димери, в

яких замість симистора використовується один або два транзистори. Такі димери відсікають задню частину напівхвилі, що краще підходить для реактивного навантаження. Але і у цьому випадку проблема сумісності димера та лампи залишається не до кінця вирішеною. Найкращі параметри регулювання забезпечуються лише для ламп високого цінового діапазону.

ШИМ димер для світлодіодної лампи

Для забезпечення можливості плавного регулювання яскравості світлодіодної лампи у широкому діапазоні пропонується використовувати ШИМ сигнал пилоподібної форми. На рис. 1 наведена структурна схема такого димера.

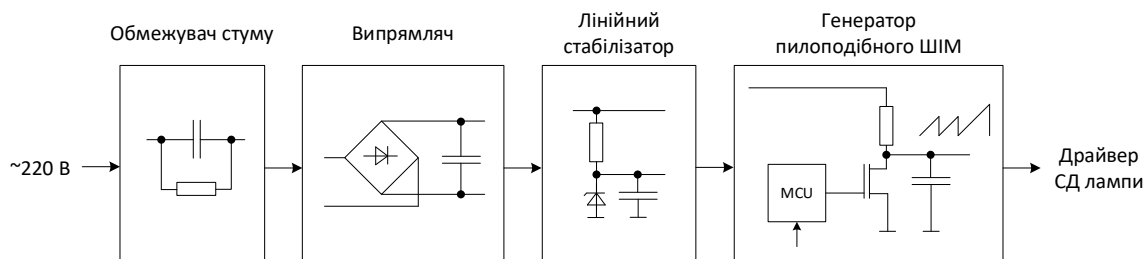


Рисунок 1 – Структурна схема димера світлодіодної лампи

Димер будується на основі мікроконтролера, який за допомогою високовольтного польового транзистора та конденсатора забезпечує формування пилоподібного ШИМ сигналу з амплітудою від 0 до 220 В. За допомогою останнього задається значення діючої напруги на вході драйвера світлодіодної лампи. Параметри ШИМ змінюються мікроконтролером відповідно до сигналу управління, який може формуватися за допомогою обертового або клавійного регулятора. Живлення мікроконтролера відбувається від простого лінійного стабілізатора.

Результати моделювання показали, що пилоподібний ШИМ сигнал надає можливість у широких межах змінювати вихідну напругу баластного драйвера, що використовується у світлодіодних лампах низького цінового діапазону. Тому запропонований димер можна використовувати для регулювання яскравості не лише світлодіодних ламп, що підтримують функцію димування, а й звичайних нерегульованих ламп з простим конденсаторним драйвером.

Висновки

Звичайні фазові димери не дозволяють забезпечити гарні параметри регулювання яскравості світлодіодних ламп, розрахованих на пряме підключення до мережі ~220 В. Запропонований димер при простій схемотехнічній реалізації забезпечує рівномірну зміну яскравості світіння світлодіодних ламп у широкому діапазоні та надає можливість реалізовувати практично будь-який алгоритм регулювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vadym Kovala, Serhii Martsenko and Myroslav Zin Designing and Implementing Intelligent Lighting Control System // 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0, June 14–16, 2023, Ternopil, Ukraine.
2. LED Lights Dimming Explained: Which Method is Right for You? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/python-peak-signal-to-noise-ratio-psnr/>
3. Gaetano Belverde Right Technology for Lighting Dimmers, Feb 04, 2022, [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://eepower.com/technical-articles/right-technology-for-lighting-dimmers/#>.

Тарновський Микола Геннадійович – доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ntarn@vntu.edu.ua

Богомолов Сергій Віталійович – доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, sergeyivanoff18@gmail.com

Савицька Людмила Анатоліївна – доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, savytska.liudmyla@vntu.edu.ua

BRIGHTNESS CONTROL OF LED LAMPS: PROBLEMS AND APPROACHES TO THEIR SOLUTION

Abstract

This paper analyzes the features of brightness control in LED lamps operating at ~220 V. It considers the issues that arise during this process and examines their main causes. To ensure smooth brightness adjustment and a wide control range, a microcontroller-based dimmer is proposed. This dimmer controls the effective voltage at the lamp driver input using a PWM signal with a sawtooth waveform, which can vary in amplitude from 0 to 220 V.

Keywords: LED lamp, dimmer, brightness control

Tarnovskyi Mykola H. – Ph.D., associate professor of computing engineering department, Vinnytsia National Technical University, ntarn@vntu.edu.ua

Bogomolov Serhii V. – Ph.D., associate professor of computing engineering department, Vinnytsia National Technical University, sergeyivanoff18@gmail.com

Savytska Liudmyla A. – Ph.D., associate professor of computing engineering department, Vinnytsia National Technical University, savytska.liudmyla@vntu.edu.ua