

Розглянуто типи електронних схем керування (ЕСК) для світлодіодних джерел світла та їх можливе застосування в різних конструкціях ламп з цоколями E27 та E14. Здійснено порівняльний аналіз елементної бази різних типів ЕСК та розроблено вимоги до їх складових. Приводяться результати дослідження розробленого дослідного зразка ЕСК.

УДК 621.3.032

В. І. Корнага, асп.,
О. С. Олійник, науковий співробітник,
Є. М. Щербаков, інженер,
В. М. Сорокін, докт. техн. наук,
Р. Я. Зелінський, канд. фіз.- мат. наук
 Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАНУ

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ КЕРУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП З ЦОКОЛЕМ E27 ТА E24

Вступ

Створення освітлювальних пристроїв вимагає забезпечення параметрів по надійності, безпеці, довговічності та відповідності електричних параметрів існуючим стандартам. Ці задачі ускладнюються при створенні світлодіодних ламп з цоколем E27, E14 (ретрофітів), оскільки інтеграція елементів ведеться в малому об'ємі та на малих площах. Елементи, розташовані на малій відстані, мають можливість впливати на теплові та електричні режими сусідніх елементів[1]. При розробленні та створенні світлодіодних ламп необхідно вирішити наступні науково-прикладні та технічні задачі:

- Розроблення конструкції
- Відведення тепла від світлодіодів
- Вибір функціонального типу електронної схеми керування(ЕСК)
- Узгодження ЕСК з розмірами радіатора
- Забезпечення можливості роботи ЕСК при високих температурах оточуючого середовища при відсутності прямого її вентилявання
- Забезпечення відповідності параметрів і характеристик ЕСК діючим вимогам стандартів та відповідних норм та регламентів.

З усіх перерахованих задач найскладнішими являються задачі, пов'язані з ЕСК, оскільки вона повинна забезпечувати постійність параметрів живлення, мати високу енергетичну ефективність, щоб пристрій був дійсно енергозберігаючим, відповідати нормам стандартів та мати високу надійність [2].

Типи електронних схем керування

При проектуванні різних конструкцій світлодіодних ламп та інших освітлювальних пристроїв повинна враховуватися безпека використання даного пристрою. Тому існують вимоги до гальванічного розв'язання струмопровідних частин від мережі живлення. За цими вимогами ЕСК поділяються на гальванічно нерозв'язані та гальванічно розв'язані, блок схеми яких приведені на рис.1 та рис.2. Так, гальванічно нерозв'язані схеми керування застосовують в лампах, де гарантується відсутність прямого контакту людини з металевим (або неметалевим, але електропровідним) радіатором охолодження світлодіодів. Гальванічно розв'язані ЕСК можна застосовувати в різних конструкціях ламп, але це є економічно недоцільним, оскільки їх вартість більша ніж у гальванічно нерозв'язаних. Тому гальванічно

розв'язані ЕСК використовують у конструкціях де струмопровідний радіатор є безпосередньо доступний для контакту з людиною.

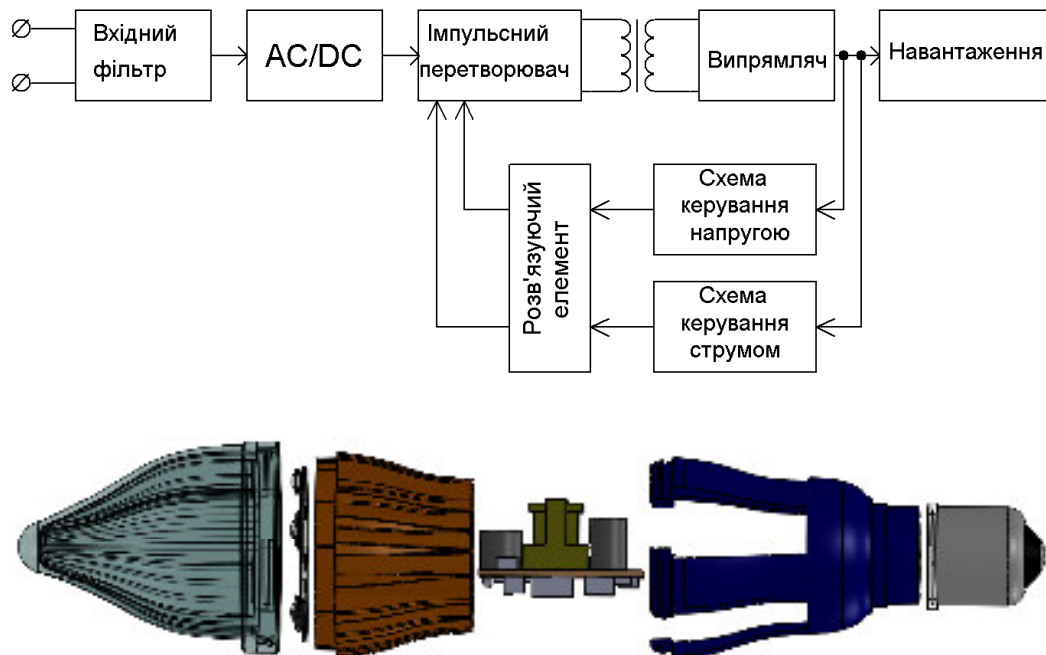


Рис. 1 – Блок схема гальванічно розв'язаної електронної схеми керування та її розміщення в корпусі відкритого радіатора лампи

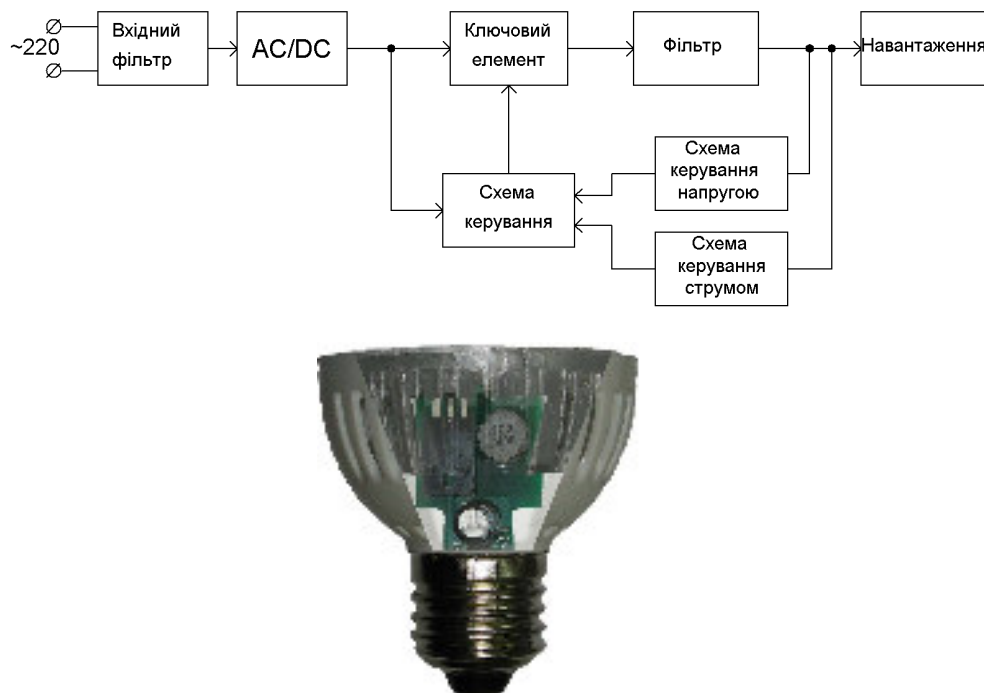


Рис.2 – Блок схема гальванічно нерозв'язаної електронної схеми керування та її розміщення в корпусі закритого радіатора лампи

Іншим важливим електричним параметром всіх ЕСК, який потрібно забезпечити, являється коефіцієнт потужності. Існують два типи ЕСК з пасивним коректором коефіцієнта потужності та активним [3]. Основною перевагою ЕСК з пасивним коректором коефіцієнта потужності є її простота реалізації, але значення

коефіцієнта потужності, якого можна досягнути при цьому, не більше 0,85. Більш прогресивною являється ЕСК з активним коректором коефіцієнта потужності. Вона може забезпечити коефіцієнт потужності до 0,99, але є більш складною у виконанні [4]. Діаграми вхідного струму, напруги та схемні рішення приведені на рис.3.

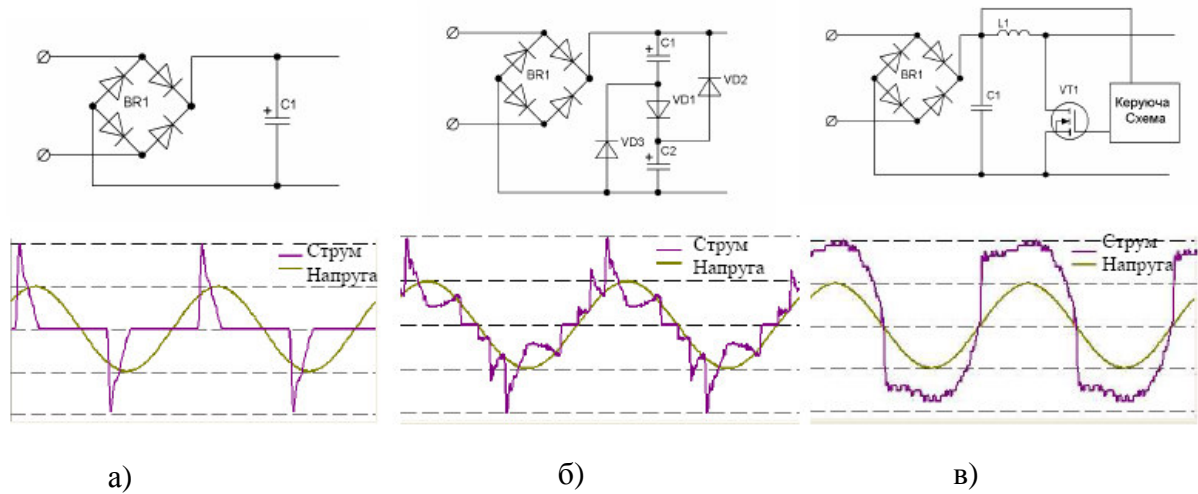
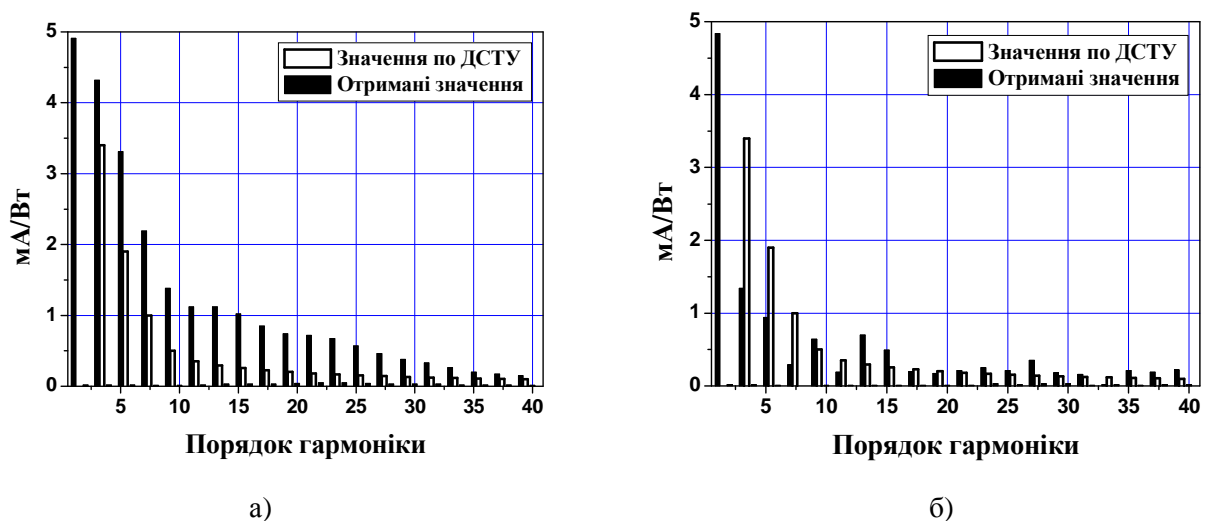


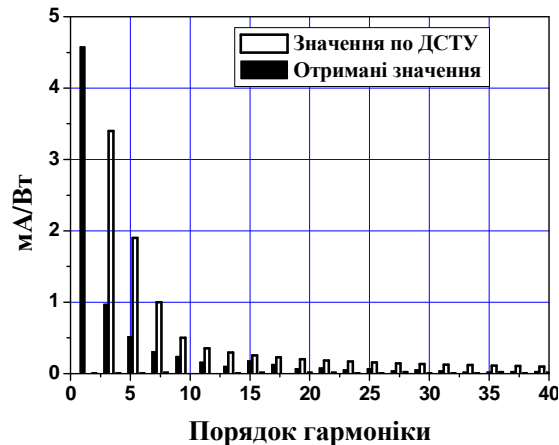
Рис. 3 – Епюри вхідної напруги та струму ЕСК

- а) без коректора коефіцієнта потужності; б) з пасивним коректором коефіцієнта потужності;
- в) з активним коректором коефіцієнта потужності та їх схемні реалізації

З отриманих епюр видно, що струм на вході ЕСК без коректора коефіцієнта потужності зовсім не описує форму вхідної напруги і містить вузькі піки. Форма струму ЕСК з пасивним коректором коефіцієнта потужності близька до форми напруги, але при цьому видно високі флуктуації струму. Найкраще вхідну напругу повторює вхідний струм ЕСК з активним коректором коефіцієнта потужності, що і забезпечує високий коефіцієнт потужності.

Високий коефіцієнт потужності дає змогу забезпечити низький рівень емісії струмових гармонік. Максимальне нормоване амплітудне значення кожної гармоніки обмежено на території України нормативним документом ДСТУ ІЕС61000-3-2:2004[5]. Відповідно освітлювальні прилади, які працюють в загальній мережі 220В повинні забезпечувати рівень гармонік нижче ніж зазначені в ДСТУ. Розглянемо гістограми гармонік для різних типів ЕСК (рис. 4).





в)

Рис. 4 – Величина струмових гармонік схеми керування:
а) без коректора коефіцієнта потужності; б) з пасивним коректором коефіцієнта потужності; в) з активним коректором коефіцієнта потужності та їх порівняння з ДСТУ

В ЕСК без коректора коефіцієнта потужності амплітудні значення всіх гармонік перевищують допустимі значення, а в ЕСК з пасивним коректором частково перевищують, тому дані ЕСК не відповідають нормам по емісії гармонік. Єдина ЕСК, яка відповідає цим нормам є ЕСК з активним коректором коефіцієнта потужності, оскільки всі отримані значення гармонік нижчі допустимих.

Електронні схеми керування з активним коректором коефіцієнта потужності в свою чергу поділяються на три типи [6], які приведені в табл. 1

Таблиця 1.

Типи ЕСК з активними коректорами коефіцієнта потужності

№	Тип схеми	Переваги	Недоліки
1	Двокаскадні ЕСК (коректор коефіцієнта потужності та перетворювач з стабілізацією по струму)	<ul style="list-style-type: none"> Працюють в широкому діапазоні вхідних напруг Низький рівень НЧ пульсацій на виході 	<ul style="list-style-type: none"> Висока вартість Великі втрати при використанні на потужностях менше 30Вт
2	Однокаскадні ЕСК з суміщеним коректором коефіцієнта потужності	<ul style="list-style-type: none"> Невисока вартість Невеликі габарити, що дає можливість використання у лампах з цоколем Е24 та Е14 	<ul style="list-style-type: none"> Високий рівень НЧ пульсацій, що залежить від вихідного конденсатора Високі значення пульсації струму, що веде до передчасного виходу з ладу вихідного електролітичного конденсатора
3	Однокаскадні ЕСК з суміщеним коректором коефіцієнта потужності та додатковим активним фільтром на виході	<ul style="list-style-type: none"> Низький рівень НЧ пульсацій Нижча вартість відносно двокаскадної схеми 	<ul style="list-style-type: none"> Низький рівень коефіцієнту корисної дії Більші габарити відносно однокаскадної схеми керування

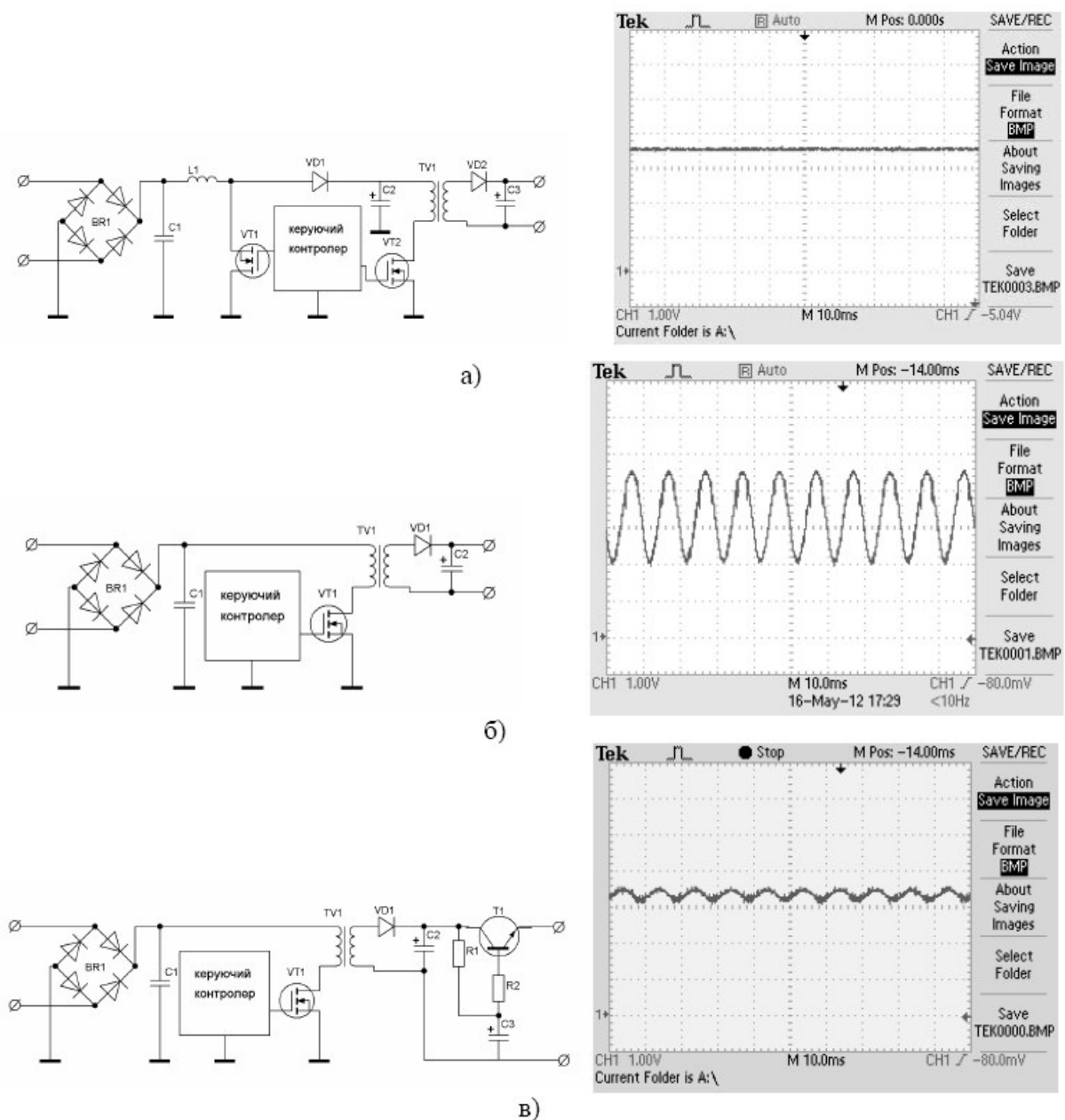


Рис. 5 – Осцилограми струму, що протікає через світлодіоди для двокаскадної (а), однокаскадної (б) та однокаскадної з активним фільтром на виході ЕСК (в) та їх схемні реалізації

З трьох типів ЕСК з активним коректором коефіцієнта потужності тільки однокаскадні ЕСК можуть використовуватися в лампах з цоколем Е27 та Е14. Використання двокаскадних ЕСК недоцільне при потужності ламп менше 30Вт, оскільки це обумовлює високі втрати. Також з осцилограм видно, що недоліком однокаскадних ЕСК є пульсації вихідного струму, які можна зменшувати за рахунок використання вихідного конденсатора з великою ємністю або активного фільтра.

Вибір правильного типу ЕСК ще не гарантує стабільність її роботи та довговічність. Потрібно провести правильний вибір типів електронних компонентів. Так в кожній з приведених схем є електролітичні конденсатори, які мають властивість з часом втрачати свою ємність, що пов'язане з випаровуванням електроліту. Оскільки електронна схема керування працює зазвичай у порожнині радіатора, що розсіює тепло

від світлодіодів, то вона піддається додатковому нагріванню з боку радіатора. Це ще більше погіршує ситуацію з довговічністю та напрацюванням годин на відказ.

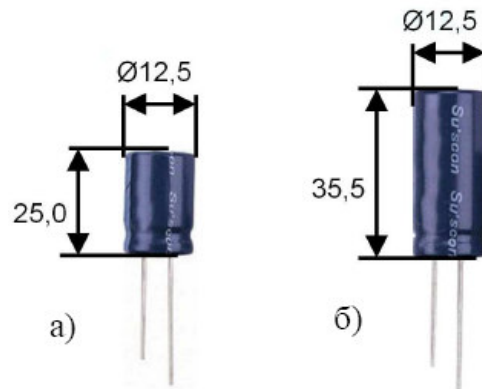


Рис.6 – Габаритні розміри конденсаторів з ємністю 2200мкф і максимальною напругою 25В на а) 1000 год. Та б) 10000 год. напрацювання на відказ при температурі навколишнього середовища 105°C.

Як бачимо з рис.6 габаритні розміри конденсаторів з однаковими параметрами, але різним часом напрацювання на відказ суттєво відрізняються, що ускладнює використання електролітичних конденсаторів з великим часом напрацювання на відказ.

Створення та дослідження дослідного зразка ЕСК

За основу конструкції майбутньої світлодіодної лампи, з навантаженням 4÷6 світлодіодів потужністю 1Вт, було взято відкритий струмопровідний алюмінієвий радіатор. В зв'язку з цим для забезпечення вимогам норм електробезпеки вибрана розв'язана ЕСК. Оскільки ЕСК повинна відповідати нормам ДСТУ по коефіцієнту гармонік та коефіцієнту потужності використано ЕСК з активним коректором коефіцієнта потужності і вона є однокаскадною з збільшеним вихідним фільтруючим електролітичним конденсатором.

В результаті моделювання та розроблення було отримано дослідний зразок ЕСК, який зображена на рис.7.



Рис.7 – Розроблений дослідний зразок ЕСК

Під час досліджень перевірено зміну вихідного струму, коефіцієнту корисної дії, коефіцієнту гармонік, коефіцієнту потужності від змінної вхідної напруги частотою 50Гц при навантаженні на 4, 5 та 6 світлодіодів (рис.рис.8, 9, 10 та 11).

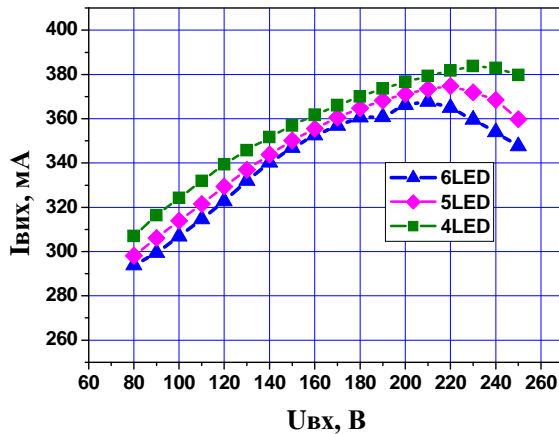


Рис. 8 – Залежність вихідного струму від вхідної напруги

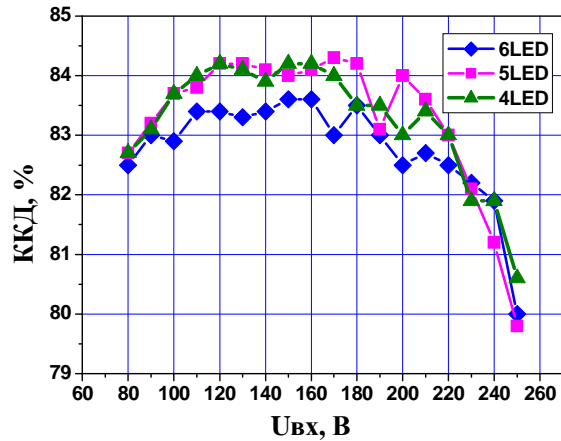


Рис. 9 – Залежність коефіцієнту корисної дії (ККД) від вхідної напруги

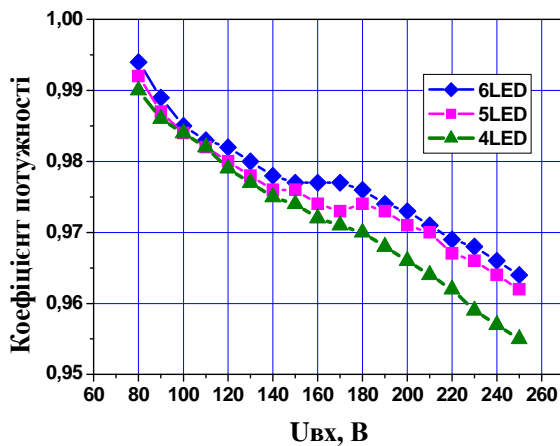


Рис. 10 – Залежність коефіцієнту потужності від вхідної напруги

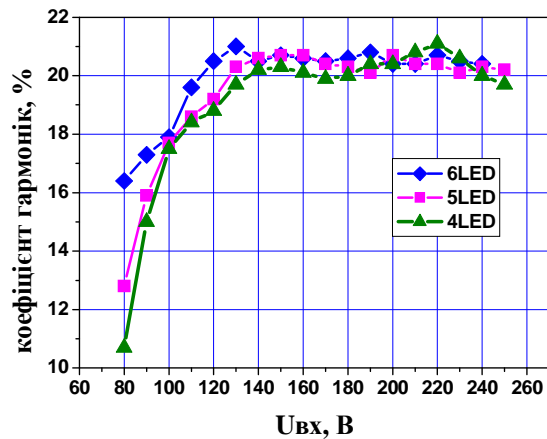


Рис. 11 – Залежність коефіцієнту гармонік по струму від вхідної напруги

Отримані результати показали, що ЕСК здатна працювати в широкому діапазоні вхідної напруги 80÷250В, при цьому зміна вихідного струму складає 18%, а якщо врахувати роботу ЕСК в загальній мережі (220В/50Гц), то отримаємо 2,5%. ЕСК забезпечує значення коефіцієнту потужності більше 0,95, коефіцієнту гармонік менше 22% та ККД більше 80%.

При проектуванні потрібно врахувати охолодження елементів, що нагріваються, таких як: ключовий транзистор, вихідний випрямляючий діод, трансформатор, діоди в колі захисту транзистора, та інші. Тому під час трасування необхідно передбачати додаткові охолоджувальні полігони та розташовувати елементи з врахуванням їх нагріву, щоб зменшити тепловий вплив на інші елементи, для яких небажаний додатковий нагрів.

Для перевірки теплового режиму роботи елементів ЕСК та динаміки розповсюдження тепла по друкованій платі використовувався тепловізор FLIR-SC305. Тепловізійні картини нижньої та верхньої сторони друкованої плати подано на рис.12.

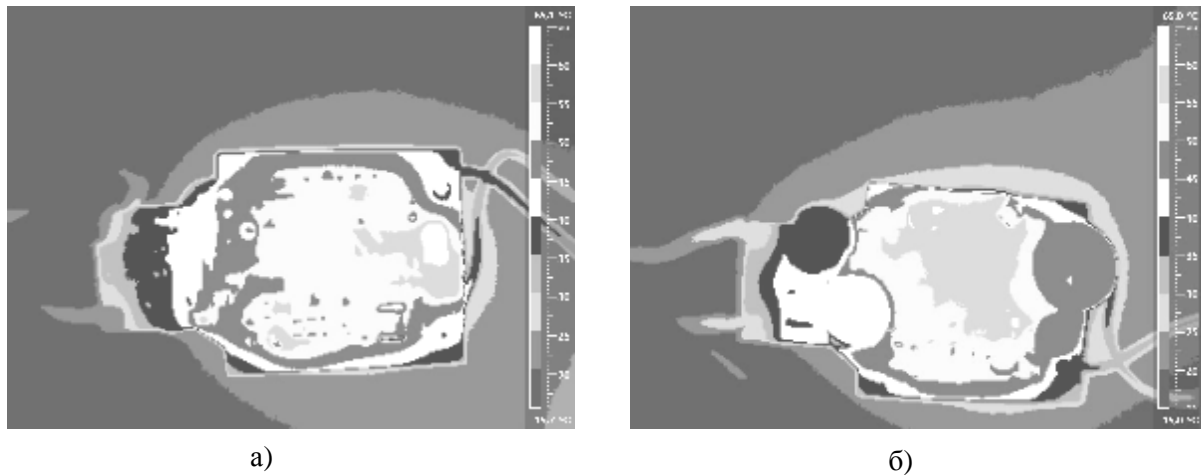


Рис.12 – Тепловізійні картини нижньої *а* та верхньої *б* сторони друкованої плати ЕСК

З рівномірності розповсюдження тепла верхньої та нижньої сторони плати ЕСК і малої кількості локальних максимумів можна зробити висновок, що відведення тепла виконано правильно.

Окрім отриманої картини розповсюдження тепла було проконтрольовано динаміку розігріву елементів ЕСК (рис.13, рис.14), які найбільш нагріваються або піддаються додатковому нагріванню. Отримавши ці дані можна вважати, що розігрів елементів проходить з однаковою швидкістю та загальний час їх прогріву складає 26 хвилин.

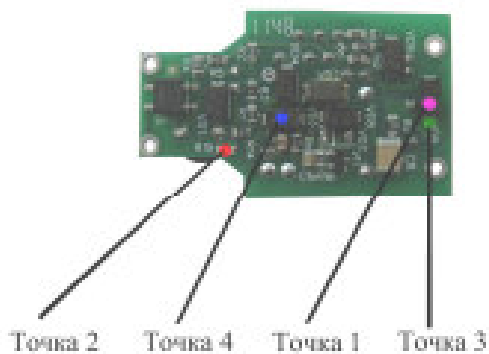


Рис. 13 – Друкована плата з вибраними елементами (точками) контролю температури

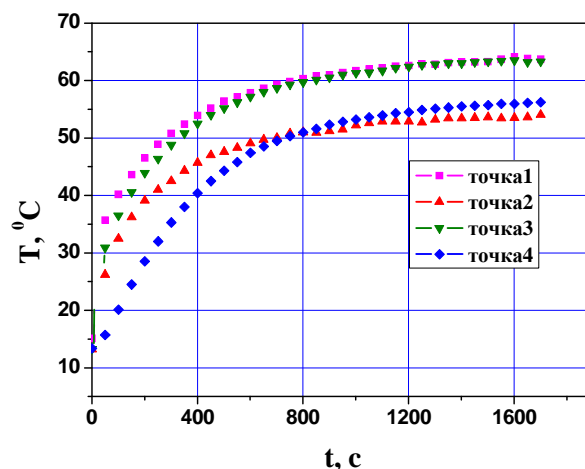


Рис. 14 – Зміна температури вибраних елементів (точок) на друкованій платі з моменту ввімкнення до повного прогріву

Оскільки ЕСК має працювати в конструктиві лампи та піддаватися додатковому нагріванню від радіатора, було проведено додаткове дослідження стабільності вихідного струму від температури навколишнього середовища, яка задавалася в термокамері BINDER MK53. Відповідні експериментальні дані подані на рис.15.

З рис.15 видно, що зміна струму при зміні температури від 20°C до 70°C складає менше 1%. Подальше збільшення температури ЕСК приводить до повільного зменшення струму та вимикання по захисту від перегрівання.

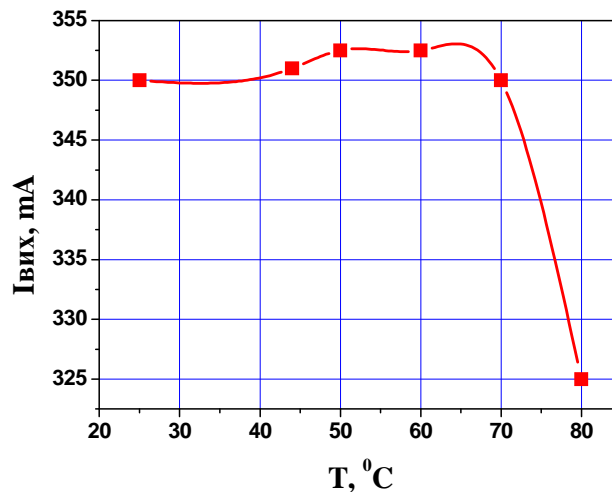


Рис.15 – Зміна вихідного струму ЕСК від температури навколишнього середовища лампи.

Висновки

Дослідження параметрів розроблених електронних схем керування показали, що при малих габаритних розмірах (загальний об'єм порожнини радіатора, де вони встановлюються, складає до 30 см³) схеми можуть забезпечити коефіцієнт потужності більше 0,95, коефіцієнт гармонік по струму менше 22% при діапазоні вхідної напруги від 80 до 250В, що дає змогу використання їх в різних мережах змінного струму.

Оптимальне трасування друкованої плати забезпечило рівномірний розподіл тепла від її тепловиділяючих елементів і дало можливість встановлення електронної схеми керування в порожнині радіатора світлодіодної лампи. Важливою перевагою розробленої схеми керування є можливість її роботи в широкому діапазоні температур оточуючого середовища (до 70°C). При цьому зміна вихідного струму складає 1%.

Суттєвими перевагами розробленої схеми керування від аналогів є універсальність, яка виражається в стабільній роботі при різних ступенях навантаженнях (від 4-х до 6 Вт) при забезпеченні захисту від електричних та теплових перевантажень.

Література:

1. Рибалочка А.В., Сорокін В.М. Порівняльний аналіз та шляхи покращення фотометричних та світлотехнічних параметрів ламп з цоколем E27 та E14// Світло люкс-2012-№2-С.30-34
2. Сорокін В.М. Организационно-экономические механизмы внедрения светодиодных систем в масштабах национальной экономики// Світло люкс – 2012-№1-С.11
3. Источники питания — Раздел 16 Импульсные источники питания — Первичный источник питания — Компенсация коэффициента мощности [Электронный ресурс] / issh.ru – 2009 - Стр. 149 - Режим доступа до стр.: <http://issh.ru/content/impulsnye-istochniki-pitanija/pervichnyjj-istochnik-pitanija/kompensatsija-koeffitsienta-moshhnosti/149/>
4. Букарос А.Ю. Коректор коефіцієнту потужності для частотно-регульованого електроприводу// Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2012-№3/8(57)-С.6-7
5. Національний стандарт України. Електромагнітна сумісність. Частина 3-2. Норми на емісію гармонік струму(для сили вхідного струму обладнання не більше 16А на фазу) ДСТУ ІЕС61000-3-2:2004// Київ – 2007 - С.10-11
6. Корнага В.І., Сорокін В.М., Олійник О.С. Забезпечення відповідності параметрів електронних схем керування світлодіодними лампами з цоколями E27 та E14 вимогам діючих стандартів.//В.кн. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка і електроенергетика: Історія, проблеми, перспективи».- Тернопіль.-2012.с.104-105.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП С ЦОКОЛЬОМ E27 ТА E24

В. И. Корнага, А. С. Олейник, Е. Н. Щербаков, В. М. Сорокин, Р. Я. Зелинский

Рассмотрены типы электронных схем управления (ЭСУ) для светодиодных источников света и их возможное применение в различных конструкциях ламп с цоколями E27 и E14. Осуществлен сравнительный анализ элементной базы различных типов ЭСК и разработаны требования к их составляющих. Приводятся результаты исследования разработанного опытного образца ЭСУ.

OPTIMIZATION OF DRIVER PARAMETERS AT DESIGN OF LED LAMPs FOR
SOCKETS E27 AND E24

V. I. Kornaga, O. S. Oliinyk, V. M. Sorokin, Y. M. Shcherbakov, R. Y. Zelinsky

The different types of driver for LED light sources with sockets E27 and E14 and its possible application for different lamp designs are presented. Comparing of different types of drivers allowed to develop requirements to it's electrical component. Result of testing of developed prototype of driver for LED lamp is shown.