



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **110624**

(13) **C2**

(51) МПК

H05B 41/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2013 03436	(72) Винахідник(и):	Хуей Рон Шу Юйень (CN), Чень У (CN)
(22) Дата подання заявки:	20.08.2010	(73) Власник(и):	СІТІ ЮНІВЕРСІТІ ОФ ГОН КОНГ, Room 401 Office Tower Festival Walk, 80 Tat Chee Avenue, Kowloon SAR, Hong Kong, China (CN)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.01.2016	(74) Представник:	Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр. №184
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	12/544,545, 12/582,620, PCT/IB2010/000891	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	GU, LINLIN ET AL. 'Means of Eliminating Electrolytic Capacitor in AC/DC Power Supplies for LED Lightings. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS vol. 24, no. 5, May 2009, XP011257265 US 7486030 B1, 03.02.2009
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	20.08.2009, 20.10.2009, 21.04.2010		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US, US, IB		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.10.2013, Бюл.№ 19		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.01.2016, Бюл.№ 2		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/IB2010/002052, 20.08.2010		

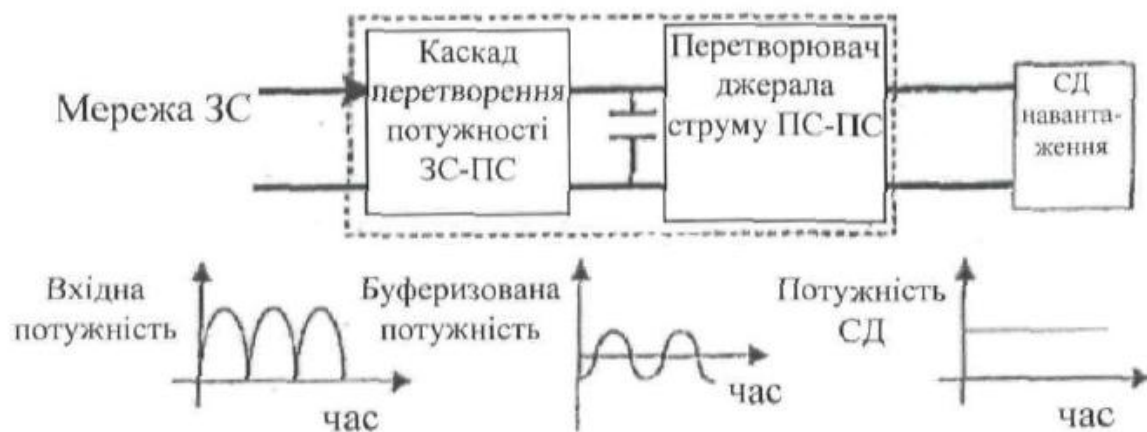
(54) СИСТЕМА ТА СПОСІБ РОБОТИ ПАСИВНОГО ТА АКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

(57) Реферат:

Даний винахід пов'язаний з управлінням та конструкцією пасивної або активної світлодіодної освітлювальної системи, що не потребує електролітичних конденсаторів та може генерувати світло на виході зі зменшеними коливаннями світлового потоку. Пропозиція особливо придатна, але не обмежена автономними застосуваннями, при яких освітлювальна система живиться від мережі ЗС. Шляхом виключення електролітичних конденсаторів, що мають обмежений термін служби, який становить зазвичай 15,000 годин, запропонована система може бути виконана з використання надійних електричних компонентів, таких як котушка індуктивності та діодні схеми, та її перевагами є великий термін служби, низькі витрати на технічне обслуговування, стійкість до змін температури та добрий коефіцієнт потужності. Запропоновані схеми можуть бути використані у системах з регульованою яскравістю, якщо вхідна напруга ЗС може бути змінена за допомогою зовнішніх засобів.

UA 110624 C2

Рівень техніки



ФІГ. 1

Область винаходу

Даний винахід відноситься до апаратури та способів роботи обладнання світлодіодного освітлення (СД), включаючи ті, що використовують пасивні та активні драйвери.

Передумови створення винаходу

5 Світлодіодна технологія була просунута у якості багатообіцяючої технології освітлення для заміни енергетично неефективних ламп розжарювання, та ртутних лінійних і компактних люмінесцентних ламп. Виробниками світлодіодного освітлення не раз зауважувалося, що світлодіодні пристрої мають великий термін служби, що перевищує 5 років. Однак електролітичні конденсатори, що використовуються у силовій схемі, та електронному управлінні
 10 світлодіодних систем мають обмежений термін служби, що становить зазвичай 15000 годин (або 1,7 роки) при робочій температурі 105 °С. Термін служби подвоюється, якщо знизити робочу температуру на 10 °С, або зменшується вдвічі, якщо підвищити робочу температуру на 10 °С. Тому короткий термін служби схем електронного управління (яке інколи називають пускорегулюючим пристроєм) світлодіодним освітленням є єдиною перешкодою використання
 15 світлодіодної технології [Chung, H. S.-H.; Ho, N.-M.; Yan, W.; Tam, P. W.; Hui, S. Y.; "Comparison of Dimmable Electromagnetic and Electronic Ballast Systems—An Assessment on Energy Efficiency and Lifetime", IEEE протоколи щодо промислової електроніки, том 54, випуск 6, грудень 2007, сторінка(сторінки):3145-3154; Hui S.Y.R. and Yan W., "Re-examination on Energy Saving & Environmental Issues in Lighting Applications", Праці 11го Міжнародного симпозіуму по науці та технології джерел освітлення, травень 2007, Шанхай, Китай (Презентація запрошеного
 20 Landmark), сторінки 373-374].

Зазвичай електролітичні конденсатори використовуються у схемах інвертуючого підсилювача потужності та у схемах електронного управління систем освітлення, оскільки вони надають необхідну високу ємність, що складає сотні або навіть тисячі мікрофарад, у той час як
 25 інші конденсатори з тривалим терміном служби, такі як керамічні, поліпропіленові та металізовані плівкові конденсатори мають відносно меншу ємність, що складає декілька десятків мікрофарад або менше. Висока ємність електролітичних конденсаторів зазвичай необхідна для забезпечення стабільної напруги ланки ПС (постійний струм) у схемі пускорегулюючого пристрою для забезпечення стабільної потужності (зі зменшеною зміною
 30 рівня потужності) на навантаження; стабільного джерела живлення ПС в електронному управлінні схемі інвертуючого підсилювача потужності.

Відомий рівень техніки

На фіг. 1 зображена схема звичайної автономної системи освітлення. Автономна система освітлення у данні заявці означає систему, яка здатна живитися від мережі ЗС (змінний струм).
 35 Схема перетворення енергії може застосовувати двокаскадний підхід, при якому каскад живлення ЗС-ПС з корекцією коефіцієнту потужності використовується у якості першого каскаду живлення, за яким слідує другий каскад перетворення ПС-ПС для управління струмом для світлодіодного навантаження. Альтернативою двокаскадному підходу є застосування
 40 однокаскадного підходу, який об'єднує два каскади живлення в один, та така техніка була описана у багатьох конструкціях автономного джерела живлення [Reis, F.S.D.; Lima, J.C.; Tonkoski, R., Jr.; Canalli, V.M.; Ramos, F.M.; Santos, A.; Toss, M.; Sarmanho, U.; Edar, F.; Lorenzoni, L.; "Single stage ballast for high pressure sodium lamps", IECON 2004, 30-та щорічна конференція IEEE асоціації промислової електроніки, 2004, том 3, 2-6 листопада, 2004 сторінка (сторінки): 2888-2893; Jinrong Qian; Lee, F.C.; "A high efficient single stage single switch high power
 45 factor AC/DC converter with universal input", Дванадцята щорічна конференція та експозиція по електроніці великих потужностей, 1997, APEC '97 матеріали конференції 1997, том 1, 23-27 лютого 1997, сторінка(сторінки):281-287; Qiao, C.; Smedley, K.M.; "A topology survey of single-stage power factor corrector with a boost type input-current-shaper", IEEE протоколи щодо силовій електроніки, том 16, випуск 3, травень 2001, сторінка(сторінки): 360-368; Tse, C.K.; Chow, M.H.L.;
 50 "Single stage high power factor converter using the Sheppard-Taylor topology", 27-ма щорічна IEEE спеціалізована конференція по електроніці великих потужностей, 1996, PESC '96 Record., том 2, 23-27 червня 1996, сторінка(сторінки): 1191-1197]. В обох підходах використовується електролітичні конденсатори для забезпечення функції зберігання енергії та енергетичного буферу, тому різниця між вхідною потужністю та вихідною потужністю, що споживається
 55 навантаженням, може бути збережена або доставлена конденсаторами.

Також було запропоновано використовувати випрямлений змінний струм на подвоєній частоті для управління світлодіодним навантаженням, щоб зменшити вимоги щодо зберігання енергії, та, таким чином виключити використання електролітичних конденсаторів та зберегти
 60 високий вхідний коефіцієнт потужності [L. Gu, X. Ruan, M. Xu and K. Yao, "Means of Eliminating Electrolytic Capacitor in AC/DC Power Supplies for LED Lightings", IEEE протоколи щодо

електроніки великих потужностей, том 24, номер 5, травень 2009, сторінки: 1399-1408; а також примітки по використанню ST Microelectronics AN2711, квітень 2009]. Однак такі пропозиції зазвичай фокусуються на експлуатаційних показниках EMC, що регулюються, електронних драйверів світлодіодів без належного розгляду фотометричних характеристик світлодіодних систем. Недоліками є те, що світлодіодні навантаження, що приводяться в дію випрямленим ЗС (або імпульсами струму) на подвоєній частоті мережі ЗС, не мають безперервного світлового потоку та страждають від серйозного ефекту мерехтіння через зміну потужності світлодіоду від максимальної потужності до нульової потужності на низькій частоті. Наприклад, ефект мерехтіння при 100Гц (частота у два рази вища за 50Гц) є неприйнятним.

Незважаючи на те, який підхід використовується, однокаскадний чи двокаскадний, більша ємність (що потребує використання електролітичних конденсаторів) необхідна у якості функції зберігання енергії для урахування різниці між вхідною потужністю, що споживається від мережі ЗС, та майже постійною потужністю світлодіодного навантаження. Вхідна потужність автономної системи освітлення зазвичай є періодичною пульсуючою функцією, як зображено на фіг. 1. Наприклад, якщо коефіцієнт потужності близький до одиниці, тоді вхідна напруга та струм знаходяться у фазі, та, таким чином вхідна потужність має пульсуючу форму коливань (схожу на випрямлену синусоїдальну форму коливань). Якщо освітлювальне навантаження постійної потужності, тоді конденсаторам необхідно поглинути або доставити різницю у потужності між мережею ЗС та освітлювальним навантаженням, як зображено на фіг. 1.

Була запропонована схема електронного пускорегулюючого пристрою без використання електролітичних конденсаторів. Але вимога до активного силового перемикачу в такій пропозиції означає, що необхідна електронна плата управління, що передає сигнали перемикачів активним силовим перемикачам, та даній електронній платі управління необхідне джерело живлення, що потребує використання електролітичних конденсаторів. Зазвичай електролітичні конденсатори необхідні джерелу живлення ПС для забезпечення часу утримання вихідної напруги (тобто для зберігання напруги ПС на короткий проміжок часу, якщо джерело вхідного живлення дає збій). Силовим електронним схемам, що використовують активні перемикачі, зазвичай необхідне джерело живлення ПС для схем управління затвором, які надають сигнали перемикачів активним електронним перемикачам. Таким чином, було б корисно, якщо б були розроблені пасивні та електронні схеми пускорегулюючої апаратури, що не потребують електролітичних конденсаторів, для забезпечення стабільного джерела струму для світлодіодного навантаження. Пасивна або електронна схема пускорегулюючої апаратури (відома також у якості активної схеми пускорегулюючого пристрою), що не потребує електролітичних конденсаторів, була б високофункціональним та надійним рішенням, яке б збільшило термін служби усієї світлодіодної системи. Невирішеною проблемою є визначення того, яким чином надати стабільне джерело струму для світлодіодного навантаження на основі схеми, що не потребує ніяких електролітичних конденсаторів.

Сутність винаходу

Відповідно до першого аспекту даного винаходу забезпечується система світлодіодного освітлення, що включає: драйвер для прийому вхідної потужності ЗС та генерування вихідної потужності, драйвер, що має елемент зберігання енергії для зберігання вхідної потужності ЗС у якості накопичуваної потужності, якщо вхідна потужність ЗС вища необхідної для генерування вихідної потужності, та для подачі накопичуваної потужності, якщо вхідна потужність ЗС нижче необхідної для генерування вихідної потужності; та принаймні один світлодіод, що споживає вихідну потужність. Драйвер дозволяє вихідній потужності змінюватися на попередньо визначену величину, тому принаймні один світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, та елемент зберігання енергії має знижені вимоги до ємності, оскільки попередньо визначена величина збільшується.

Переважно, що вихідна потужність має середню вихідну потужність та в одному варіанті попередньо визначена величина складає не більше приблизно $\pm 50\%$ середньої вихідної потужності. В іншому варіанті попередньо визначена величина складає не більше приблизно $\pm 40\%$ середньої вихідної потужності. У наступному варіанті максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю рівняється складає біля $\pm 50\%$ середньої вихідної потужності. В іншому варіанті максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля $\pm 60\%$ середньої вихідної потужності. Переважно, що вихідна потужність має значною мірою ту саму частоту, що й вхідна потужність ЗС.

Перший варіант драйверу включає: (а) схему випрямлення для випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування випрямленої потужності ПС; (b) першу схему для зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС; та (c) другу схему для генерування вихідної потужності у вигляді джерела струму. Принаймні один світлодіод приймає джерело струму у

вигляді вхідного.

Даний драйвер може бути використаний незалежно від першого аспекту, описаного вище. Відповідно, другий аспект даного винаходу представляє систему світлодіодного освітлення, що включає: (а) схему випрямлення для випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування випрямленої потужності ПС; (b) першу схему для зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС; (с) другу схему для генерування вихідної потужності; та (d) принаймні один світлодіод, що приймає джерело струму як вхід.

Наступні варіанти та переважні особливості можуть бути застосовані як до першого варіанту драйверу, так і до другого аспекту винаходу, описаного вище.

В одному варіанті перша схема для зменшення пульсації напруги є схемою коректора коефіцієнта потужності, що розташована між схемою випрямлення та другою схемою. Схема коректора коефіцієнта потужності може включати подвоювач напруги.

Переважно, що схема коректора коефіцієнта потужності включає перший конденсатор та другий конденсатор. Ємність першого та другого конденсаторів може бути однаковою або відмінною.

Переважно, що система включає паралельний конденсатор, підключений паралельно виходу схеми коректора коефіцієнта потужності.

Переважно, що друга схема включає котушку індуктивності. В одному варіанті конденсатор підключається паралельно котушці індуктивності. Друга схема може також використовуватися у якості схеми зменшення пульсації струму. Така схема зменшення пульсації струму може включати здвоєну котушку індуктивності з конденсатором.

Переважно, що засоби також надаються для управління або зменшення чутливості потужності світлодіоду до коливань у вхідному джерелі живлення ЗС. Цього можна досягнути, наприклад, шляхом послідовного розміщення вхідної котушки індуктивності між вхідним джерелом живлення ЗС та діодною схемою випрямлення. Конденсатор може також бути розміщений паралельно між цією вхідною котушкою індуктивності та діодною схемою випрямлення.

В іншому варіанті замість схеми коректора коефіцієнта потужності перша схема включає вихідний конденсатор, підключений паралельно вказаній схемі випрямлення між вказаною схемою випрямлення та вказаною другою схемою.

Вхідна котушка індуктивності, описана вище, може бути котушкою зі змінною індуктивністю, що регулюється, так що принаймні один світлодіод є світлодіодом з регульованою яскравістю. Котушка зі змінною індуктивністю може використовуватися для забезпечення функції регулювання яскравості або для зменшення чутливості потужності світлодіоду до коливань у вхідному джерелі живлення ЗС в поєднанні з функцією регулювання яскравості.

У другому варіанті драйверу вхідна потужність ЗС забезпечується вхідним джерелом живлення ЗС. Цей другий варіант драйверу містить: (а) схему випрямлення для випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування випрямленої потужності ПС; та (b) вхідну котушку індуктивності, розміщену послідовно між вхідним джерелом живлення ЗС та схемою випрямлення.

Використання вхідної котушки індуктивності, як описано вище, може також бути корисним незалежно від забезпечення зменшення пульсації напруги/струму та, таким чином відповідно до третього аспекту даного винаходу також забезпечується система світлодіодного освітлення, що містить: (а) вхідне джерело живлення ЗС, що забезпечує вхідну потужність ЗС; (b) схему випрямлення для випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування випрямленої потужності ПС; та (с) вхідну котушку індуктивності, розміщену послідовно між вхідним джерелом живлення ЗС та схемою випрямлення.

Наступні варіанти та переважні особливості можуть бути застосовані як до другого варіанту драйверу, так і до третього аспекту винаходу, описаного вище.

У цьому випадку конденсатор також може бути розміщений паралельно між котушкою індуктивності та діодною схемою випрямлення. Також вхідна котушка індуктивності може бути перемінним провідником, що регулюється, так що принаймні один світлодіод є світлодіодом з регульованою яскравістю.

У третьому варіанті драйверу замість вхідної котушки індуктивності, описаної вище, драйвер включає вхідний конденсатор, підключений послідовно між вхідним джерелом живлення ЗС та схемою випрямлення, для того, щоб зменшити розмір системи.

Переважно, що драйвер включає компонент проти сплесків, послідовно з'єднаний з вхідним конденсатором. Переважно, що компонент проти сплесків є котушкою індуктивності або залежним від температури резистором. Також переважно, що система включає конденсатор, підключений паралельно до котушки індуктивності другої схеми.

Незалежне використання такого вхідного конденсатору може бути також корисним, тому відповідно до четвертого аспекту винаходу також забезпечується система світлодіодного освітлення, що включає: (a) вхідне джерело живлення ЗС, що забезпечує вхідну потужність ЗС; (b) схему випрямлення для випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування випрямленої потужності ПС; та (c) вхідну котушку індуктивності, розміщену послідовно між вхідним джерелом живлення ЗС та схемою випрямлення.

У цьому випадку система може включати компонент проти сплесків, послідовно з'єднаний з вхідним конденсатором, компонент проти сплесків переважно може бути котушкою індуктивності або залежним від температури резистором.

Переважно, що, зважаючи на перший аспект винаходу, робочі і/або проектні параметри принаймні одного вказаного світлодіоду вибираються таким чином, що вказана попередньо визначена величина, за допомогою якою вказана вихідна потужність може змінюватися, може бути збільшена.

При огляді п'ятого аспекту даний винахід забезпечує спосіб роботи системи світлодіодного освітлення, що включає наступні етапи: етап забезпечення вхідної потужності ЗС; етап генерування вихідної потужності для передачі її принаймні до одного світлодіоду; етап зберігання вказаної вхідної потужності ЗС у якості накопичуваної потужності у елементі зберігання енергії, якщо вказана вхідна потужність ЗС вища необхідної для генерування вказаної вихідної потужності; етап подачі вказаної накопичуваної потужності від вказаного елемента зберігання енергії, якщо вказана вхідна потужність ЗС нижча необхідної для генерування вказаної вихідної потужності; та етап дозволу зміни вказаної вихідної потужності, так що принаймні один вказаний світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, та вказаний елемент зберігання енергії має зменшені вимоги до ємності, оскільки вказана попередньо визначена величина збільшується.

Переважно, що вихідна потужність має середню вихідну потужність та в одному варіанті попередньо визначена величина може змінюватися на не більше приблизно $\pm 50\%$ середньої вихідної потужності. В іншому варіанті попередньо визначена величина може змінюватися на не більше приблизно $\pm 40\%$ середньої вихідної потужності. У наступному варіанті вихідна потужність може змінюватися, тому максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля $\pm 50\%$ середньої вихідної потужності. В іншому варіанті вихідна потужність може змінюватися, тому максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля $\pm 60\%$ середньої вихідної потужності. Переважно, що вихідна потужність генерується на істотно тій же самій частоті, що й вхідна потужність ЗС.

У першому варіанті спосіб також включає наступні етапи: (a) етап випрямлення вхідної напруги ЗС для генерування випрямленої потужності ПС; (b) етап зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС; (c) етап генерування вихідної потужності у вигляді джерела струму з випрямленої потужності ПС зі зменшеною пульсацією напруги; та (d) етап подачі джерела струму у якості вхідного принаймні до одного світлодіоду.

Дані етапи способу можуть використовуватися незалежно від п'ятого аспекту винаходу. Відповідно, шостий аспект винаходу забезпечує спосіб роботи системи світлодіодного освітлення, який включає наступні етапи: (a) етап випрямлення вхідної напруги ЗС для генерування випрямленої потужності ПС; (b) етап зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС; (c) етап генерування вихідної потужності у вигляді джерела струму з випрямленої потужності ПС зі зменшеною пульсацією напруги; та (d) етап подачі джерела струму у якості вхідного принаймні до одного світлодіоду.

Наступні варіанти та переважні особливості можуть бути застосовані як до першого варіанту способу, так і до шостого аспекту винаходу, описаного вище.

Переважно, що робочі і/або проектні параметри принаймні одного вказаного світлодіоду вибираються таким чином, що величина, за допомогою якою вихідна потужність може змінюватися, може бути збільшена.

Переважно, що теплова характеристика принаймні одного світлодіоду вибирається таким чином, що величина, за допомогою якою вихідна потужність може змінюватися, може бути збільшена. Така теплова характеристика може включати конструкцію тепловідводу, та/або забезпечення примусового охолодження або природнього охолодження.

В одному варіанті схема коректора коефіцієнта потужності використовується для зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС. Схема коректора коефіцієнта потужності може включати подвоювач напруги.

Переважно, що схема коректора коефіцієнта потужності забезпечена першим конденсатором та другим конденсатором. Ємності першого та другого конденсаторів можуть бути однаковими або перший конденсатор може бути вибраний з ємністю, відмінною від ємності

другого конденсатора.

Переважно, що паралельний конденсатор підключається паралельно виходу схеми коректора коефіцієнта потужності для подальшого зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС.

5 У переважних варіантах спосіб також включає етап зменшення пульсації струму вказаного джерела струму. Цей етап може здійснюватися шляхом забезпечення схеми зменшення пульсації, що включає котушку індуктивності. Переважно, що конденсатор розміщується паралельно котушці індуктивності. В іншому варіанті така схема може включати здвоєну котушку індуктивності з конденсатором, яка використовується для зменшення пульсації струму.

10 Переважно, що чутливість потужності світлодіоду до коливань у напрузі вхідного джерела живлення ЗС також регулюється. В одному варіанті спосіб також включає забезпечення вхідної котушки індуктивності для зменшення чутливості потужності світлодіоду до коливань у напрузі у мережі ЗС перед випрямленням вхідної напруги ЗС.

15 В іншому варіанті замість використання схеми коректора коефіцієнта потужності використовується вихідний конденсатор, підключений паралельно виходу випрямленої потужності ПС, для зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС.

20 Переважно, що вхідна напруга ЗС може змінюватися, так що система світлодіодного освітлення має функцію регулювання яскравості. Це може бути виконано шляхом використання котушки зі змінною індуктивністю замість вхідної котушки індуктивності, описаної вище. Котушка зі змінною індуктивністю може використовуватися для забезпечення функції регулювання яскравості або для зменшення чутливості потужності світлодіодного освітлення до джерела живлення ЗС в поєднанні з забезпеченням функції регулювання яскравості.

25 Другий варіант способу включає наступні етапи: (а) етап забезпечення входу ЗС для забезпечення вхідної потужності ЗС; (b) етап зменшення чутливості вихідної потужності, що подається до принаймні одного світлодіоду, до коливань вхідної потужності ЗС; та (с) етап випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування вихідної потужності у формі випрямленої потужності ПС, що подається до принаймні одного світлодіоду.

30 Управління та зменшення чутливості потужності світлодіоду до коливань у напрузі вхідного джерела живлення ЗС також можуть бути корисними незалежно один від одного. Тому сьомий аспект винаходу забезпечує спосіб забезпечення потужності до системи світлодіодного освітлення, який включає наступні етапи: (а) етап забезпечення входу ЗС для забезпечення вхідної потужності ЗС; (b) етап зменшення чутливості потужності, що подається до системи світлодіодного освітлення, до коливань напруги вхідної потужності ЗС; та (с) етап випрямлення вхідної потужності ЗС та генерування потужності ПС, що подається до системи світлодіодного освітлення.

35 Як у другому варіанті способу, так і у сьомому аспекті винаходу переважно використовується вхідна котушка індуктивності для зменшення чутливості вихідної потужності або потужності світлодіоду до коливань у вхідній напрузі ЗС перед випрямленням вхідної напруги ЗС.

40 У третьому варіанті способу замість використання вхідної котушки індуктивності, як описано вище, спосіб включає забезпечення вхідного конденсатору, з'єднаного послідовно з входом ЗС перед випрямленням вхідної напруги ЗС, з метою зменшення розміру кінцевої системи.

45 Переважно, що спосіб включає забезпечення компоненту проти сплесків, підключеного послідовно з вхідним конденсатором. Компонент проти сплесків може бути котушкою індуктивності або залежним від температури резистором. Також переважно, що конденсатор, підключений паралельно котушці індуктивності, використовується для зменшення пульсації струму у схемі зменшення пульсації струму, описаному вище.

50 Незалежне використання такого вхідного конденсатору може також бути корисним, тому відповідно до восьмого аспекту винаходу забезпечується спосіб забезпечення потужності системі світлодіодного освітлення, що включає наступні етапи: (а) етап забезпечення входу ЗС для забезпечення вхідної потужності ЗС; (b) етап забезпечення вхідного конденсатору та генерування випрямленої потужності ПС, що подається до системи світлодіодного освітлення; та (с) етап випрямлення вхідної потужності ЗС з вхідного конденсатору та генерування випрямленої потужності ПС, що подається до системи світлодіодного освітлення.

55 У цьому випадку спосіб може включати забезпечення компоненту проти сплесків, підключеного послідовно з вхідним конденсатором, та компонент проти сплесків може бути котушкою індуктивності або залежним від температури резистором.

60 У всіх описаних вище аспектах винаходу система світлодіодного освітлення може бути пасивною або активною. В аспектах, що включають драйвер, драйвер може бути пасивним або активним. У варіантах з активними драйверами активні драйвери можуть включати

однокаскадний перетворювач потужності ЗС-ПС для перетворення вказаної вхідної потужності ЗС у вказану вихідну потужність або двокаскадний перетворювач потужності ЗС-ПС та перетворювач потужності ПС-ПС для перетворення вказаної вхідної потужності ЗС у вказану вихідну потужність.

5 Хоча, переважно, що схема коректора коефіцієнта потужності, описана вище, що використовується для освітлювального навантаження, може використовуватися в більш загальному плані для генерування вихідної напруги ПС для широкого спектру застосувань.

Тому, у дев'ятому широкому аспекті даного винаходу забезпечується схема коректора коефіцієнта потужності для генерування вихідної напруги ПС, яка включає перший конденсатор та другий конденсатор, де перший та другий конденсатори мають різну ємність, тому пульсація напруги вихідної напруги ПС зменшуються.

Десятий аспект даного винаходу забезпечує спосіб генерування вихідної напруги ПС, шляхом використання схеми коректора коефіцієнта потужності, яка включає перший конденсатор та другий конденсатор, де перший та другий конденсатори мають різну ємність, тому генерується вихідна напруга ПС зі зменшеною пульсацією напруги.

В одинадцятому аспекті винаходу забезпечується система, що включає схему коректора коефіцієнта потужності для генерування вихідної напруги ПС, вказана система включає паралельний конденсатор розміщений паралельно вказаній схемі коректора коефіцієнта потужності, тому пульсації напруги вихідної напруги ПС зменшуються.

20 У дванадцятому аспекті винаходу забезпечується спосіб генерування вихідної напруги ПС з використанням схеми коректора коефіцієнта потужності та паралельного конденсатору, що розташовується паралельно схемі коректора коефіцієнта потужності, тому вихідна напруга ПС генерується зі зменшеною пульсацією напруги.

Короткий опис графічних матеріалів

25 Деякі варіанти винаходу зараз будуть описані в якості прикладу та з посиланнями на супроводжуючі графічні матеріали, на яких:

На фіг. 1 зображена схема та профілі потужності звичайної автономної системи світлодіодного освітлювання відповідно до відомого рівня техніки

30 На фіг. 2(a) зображена схема та "модифіковані" профілі потужності автономної системи світлодіодного освітлення відповідно до варіанту винаходу.

На фіг. 2(b) зображена схема та "модифіковані" профілі потужності системи світлодіодного освітлення з активним драйвером відповідно до варіанту винаходу.

На фіг. 3(a) -(c) зображені варіанти потужності світлодіоду та світлового потоку у варіантах даного винаходу.

35 На фіг. 4 зображена узагальнена схема автономного пасивного або активного драйверу світлодіоду з виходом джерела струму відповідно до варіантів даного винаходу.

На фіг. 5(a) зображені профілі вхідної та вихідної потужності звичайної автономної системи світлодіодного освітлення відповідно до відомого рівня техніки.

40 На фіг. 5(b) зображено профіль вимог до зберігання потужності звичайної автономної системи світлодіодного освітлення відповідно до відомого рівня техніки.

На фіг. 6(a) зображені профілі вхідної та вихідної потужності автономної системи світлодіодного освітлення відповідно до даного винаходу.

На фіг. 6(b) зображено профіль вимог до зберігання потужності автономної системи світлодіодного освітлення відповідно до даного винаходу.

45 На фіг. 7(a), (b) та (c) зображена (a) принципова схема конструкції автономної схеми для світлодіодної системи, що використовує котушку індуктивності для зменшення пульсації струму, (b) та (c), що використовують здвоєну котушку індуктивності для зменшення пульсації струму.

50 На фіг. 8 зображена схема прикладу однієї можливої апаратної реалізації запропонованої схеми для автономної світлодіодної системи з використанням стандартної схеми коректора коефіцієнта потужності.

На фіг. 9 зображена модель, що використовується для симуляції схеми, зображеної на фіг. 8.

На фіг. 10 зображено приклад запропонованої схеми зі стандартною схемою коректора коефіцієнта потужності для декількох навантажень.

55 На фіг. 11 зображено приклад запропонованої схеми з використанням схеми коректора коефіцієнта потужності з подвоювачем напруги для декількох навантажень.

На фіг. 12 зображена світлодіодна система відповідно до варіанту винаходу при проведенні оцінки з використанням моделювання ($L=1$ Гн).

60 На фіг. 13(a) та (b) зображена (a) змодельована вхідна напруга та струм системи, зображеної на фіг. 12, та (b) змодельована вхідна потужність системи, зображеної на фіг. 12.

На фіг. 14(a)-(d) зображена (а) змодельована напруга та струм світлодіодного модуля для схеми, зображеного на фіг. 12, (b) змодельована загальна потужність для світлодіодного модуля та для окремого світлодіоду у модулі для системи, зображеної на фіг. 12, (c) та (d) два приклади взаємозв'язку між змінами у потужності світлодіоду та коливаннях світлового потоку для світлодіодної системи, що використовує 3Вт світлодіодні пристрої.

На фіг. 15 зображена світлодіодна система відповідно до варіанту винаходу при проведенні оцінки з використанням моделювання ($L=2$ Гн).

На фіг. 16(a) - (d) зображена (а) змодельована напруга та струм світлодіодного модуля для схеми, зображеної на фіг. 15, (b) змодельована загальна потужність для світлодіодного модуля та для окремого світлодіоду у модулі для системи, зображеної на фіг. 15, (c) та (d) два приклади взаємозв'язку між змінами у потужності світлодіоду та коливаннях світлового потоку для світлодіодної системи, що використовує 3Вт світлодіодні пристрої.

На фіг. 17 зображено варіант світлодіодної системи зі "здвоєною котушкою індуктивності", де $L=2$ Гн, при проведенні оцінки з використанням моделювання ($L=2$ Гн).

На фіг. 18(a) - (d) зображена (а) змодельована напруга та струм світлодіодного модуля для схеми, зображеної на фіг. 17, (b) змодельована загальна потужність для світлодіодного модуля та для окремого світлодіоду у модулі для системи, зображеної на фіг. 17, (c) та (d) два приклади взаємозв'язку між змінами у потужності світлодіоду та коливаннях світлового потоку для світлодіодної системи, що використовує 3Вт світлодіодні пристрої.

На фіг. 19 зображено діодний фіксатор рівня, що може бути доданий до кожного світлодіодного ланцюжка варіантах винаходу.

На фіг. 20 (a) та (b) зображене використання схеми коректора коефіцієнта потужності з метою зменшення пульсації напруги.

На фіг. 21 зображена схема відповідно до наступного варіанту винаходу.

На фіг. 22 (a)-(d) зображені ідеалізовані форми коливань у схемі, зображеної на фіг. 21.

На фіг. 23 зображено спрощений еквівалент схеми, зображеної на фіг. 21.

На фіг. 24 зображено векторний взаємозв'язок в еквіваленті схеми, зображеному на фіг. 21.

На фіг. 25 зображено схему відповідно до наступного варіанту винаходу.

На фіг. 26 зображено схему відповідно до наступного варіанту винаходу.

На фіг. 27 зображено схему відповідно до варіанту винаходу, в якому схема включає котушку зі змінною індуктивністю L_s .

На фіг. 28 зображено котушку зі змінною індуктивністю L_s , зображену на фіг. 27, основу на регулюванні відводами.

На фіг. 29 зображено котушку зі змінною індуктивністю L_s , зображену на фіг. 27, основу на насиченні осердя.

На фіг. 30 зображено графік, що відображає вихідну напругу тільки схеми з випрямним мостом.

На фіг. 31(a) зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 21, на якому $C1=C2=220\text{мкФ}$.

На фіг. 31 (b) зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 21, на якому $C1=C2=22\text{мкФ}$.

На фіг. 32 зображено послідовно з'єднані конденсатори $C1$ та $C2$.

На фіг. 33 зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 21, на якому $C1=6600\text{мкФ}$ та $C2=330\text{мкФ}$.

На фіг. 34 (a) зображено схему коректора коефіцієнта потужності відповідно до іншого варіанту винаходу.

На фіг. 34 (b) зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 34 (a).

На фіг. 35 (a) зображена схема коректора коефіцієнта потужності відповідно до іншого варіанту винаходу.

На фіг. 35 (b) зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 35 (a).

На фіг. 36 (a) зображено схему коректора коефіцієнта потужності відповідно до наступного варіанту винаходу.

На фіг. 36 (b) зображено графік, що відображає вихідну напругу схеми, зображеної на фіг. 36 (a).

На фіг. 37 зображено схему відповідно до іншого варіанту винаходу, в якому схема включає конденсатор, розміщений паралельно виходу схеми коректора коефіцієнта потужності.

На фіг. 38 зображено схему відповідно до наступного варіанту винаходу, в якому використовується схема коректора коефіцієнта потужності.

На фіг. 39 зображено схему відповідно до іншого варіанту винаходу, в якому схема включає вхідний конденсатор.

На фіг. 40 зображено варіант схеми, зображеної на фіг. 39, з конденсатором, розміщеним паралельно вихідній котушці індуктивності.

5 На фіг. 41 зображено схему відповідно до наступного варіанту винаходу, в якому схема включає конденсатор та обмотку для зменшення чутливості вхідної потужності.

На фіг. 42 зображено графік, що відображає різницю між I_{L_s} та $-I_{C_s}$ схеми, зображеної на фіг. 41.

На фіг. 43 зображено спрощений варіант схеми, зображеної на фіг. 41, та

10 на фіг. 44 зображено графік, що відображає вхідний струм I_{L_s} , що виникає у схемі, зображеній на фіг. 43.

Докладний опис переважних варіантів

Посилаючись на фігури, даний винахід забезпечує систему світлодіодного освітлення, що містить; драйвер для прийому вхідної потужності ЗС та генерування вихідної потужності, що має елемент зберігання енергії для зберігання вхідної потужності ЗС у якості накопичуваної потужності, якщо вхідна потужність ЗС вище необхідної для генерування вихідної потужності; та для подачі накопичуваної потужності, якщо вхідна потужність ЗС нижче необхідної для генерування вихідної потужності; та принаймні один світлодіод, що споживає вихідну потужність. Драйвер дозволяє вихідній потужності змінюватися на попередньо визначену величину, тому принаймні один світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, та елемент зберігання енергії має знижені вимоги до ємності, оскільки попередньо визначена величина збільшується.

Даний винахід також забезпечує спосіб роботи системи світлодіодного освітлення, що включає наступні етапи: етап забезпечення вхідної потужності ЗС; етап генерування вихідної потужності для передачі її принаймні до одного світлодіоду; етап зберігання вказаної вхідної потужності ЗС у якості накопичуваної потужності у елементі зберігання енергії, якщо вказана вхідна потужність ЗС вища необхідної для генерування вказаної вихідної потужності; етап подачі вказаної накопичуваної потужності від вказаного елемента зберігання енергії, якщо вказана вхідна потужність ЗС нижче необхідної для генерування вказаної вихідної потужності; та етап дозволу зміни вказаної вихідної потужності, так що принаймні один вказаний світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, та вказаний елемент зберігання енергії має зменшені вимоги до ємності, оскільки вказане попередньо визначена величина збільшується.

Переважно, що вихідна потужність має середню вихідну потужність та в одному варіанті попередньо визначена величина складає не більше приблизно ± 50 % середньої вихідної потужності. В іншому варіанті попередньо визначена величина складає не більше приблизно ± 40 % середньої вихідної потужності. У наступному варіанті максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля ± 50 % середньої вихідної потужності. В іншому варіанті максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля ± 60 % середньої вихідної потужності. Переважно, що вихідна потужність має значною мірою ту саму частоту, що й вхідна потужність ЗС.

На фіг. 6 зображено профілі вхідної та вихідної потужності та профіль вимоги до зберігання енергії у варіантах, в яких попередньо визначена величина складає не більше приблизно ± 40 % середньої вихідної потужності, та максимальна різниця між вхідною потужністю ЗС та вихідною потужністю складає біля ± 60 % середньої вихідної потужності. Для порівняння, на фіг. 5 зображені еквівалентні профілі відомих систем, в яких вихідна потужність жорстко регульована за постійним значенням.

Одним з важливих аспектів даного винаходу, принаймні, у його переважних варіантах, є забезпечення способу зменшення розміру необхідних конденсаторів так, що інші типи конденсаторів, відмінні від електролітичних, можуть використовуватися. З виключенням електролітичних конденсаторів з освітлювальної системи, уся система стає більш надійною та має більший термін служби.

На фіг. 2 (а) та (b) зображені модифіковані версії варіантів, зображених на фіг. 1, та вони використовуються для ілюстрації даного аспекту винаходу. Якщо допускається коливання потужності світлодіоду, тоді величина буферу енергії, що вимагається у елементі зберігання енергії системи, стає меншою та, таким чином розмір ємності може бути зменшено до такого рівня, що з'явиться можливість використання неелектролітичних конденсаторів замість електролітичного конденсатора. Крім того, може бути виключено використання ускладненої схеми управління (яка може також потребувати електролітичні конденсатори). На фіг. 4

зображена узагальнена схема автономного пасивного або активного драйверу світлодіоду.

Крім того, для виключення електролітичних конденсаторів конструкція також пов'язується з вхідним коефіцієнтом потужності, тому що міжнародний стандарт IEC-61000 регулює вхідний коефіцієнт потужності. Пасивні схеми корекції рівня потужності, такі як схеми коректора

5 коефіцієнта потужності та їх варіації [K. Kit Sum, "Improved Valley-Fill Passive Current Shaper", Power System World, 1997, сторінки 1-8; Lam, J.; Praveen, K.; "A New Passive Valley Fill Dimming Electronic Ballast with Extended Line Current Conduction Angle", INTELEC '06. 28-а щорічна міжнародна конференція щодо енергії у телекомунікації, 2006. 10-14 вересня, 2006, сторінки: 1-7] можуть використовуватися у пасивних та активних схемах з пускорегулюючим пристроєм

10 (активні схеми з пускорегулюючим пристроєм також відомі у якості електронних схем з пускорегулюючим пристроєм) у варіантах даного винаходу, зображених на фіг. 2 (а) та (b).

Схеми коректора коефіцієнта потужності дозволяють згладжування вхідного струму, тому коефіцієнт спотворення струму та, таким чином, коефіцієнт вхідної потужності можуть бути покращені. Можна обрати які конденсатори використовувати у схемі коректора коефіцієнта

15 потужності, тому можуть бути використані неелектролітичні конденсатори. На відміну від попередніх застосовувань схема коректора коефіцієнта потужності використовується у варіантах даного винаходу для зменшення пульсації вихідної напруги, що у свою чергу зменшить пульсації струму на наступному каскаді живлення. Даний аспект застосування схеми коректора коефіцієнта потужності не розглядався раніше, тому що у відомому рівні техніки

20 схеми коректора коефіцієнта потужності зазвичай використовувалися у джерелах напруги та використовувалися у якості засобів корекції коефіцієнту потужності шляхом номінального підключення їх виходів безпосередньо до іншого перетворювача потужності або навантаження. Наприклад, у документі компанії National Semiconductor: LM3445 сімісторний автономний драйвер світлодіоду з регульованою яскравістю, березень 2009, два конденсатори C7 та C9, що

25 використовуються у схемі коректора коефіцієнта потужності, є електролітичними конденсаторами та схема коректора коефіцієнта потужності забезпечувала "джерело напруги" понижуючому перетворювачу, який у свою чергу управляв потужністю світлодіодного навантаження. Даний приклад застосування схеми коректора коефіцієнта потужності відображає традиційне використання "електролітичного конденсатора" у варіанті поглинання

30 великої потужності та природі джерела напруги на відомому рівні техніки.

У варіантах даного винаходу схеми коректора коефіцієнта потужності використовуються напроти для зменшення пульсації вихідної напруги. Як зображено на фіг. 20 (а) вихідна напруга діодного випрямляча має великі пульсації напруги. Однак вихідна напруга схеми коректора

35 коефіцієнта потужності значно зменшена, як зображено на фіг. 20 (b). У варіантах даного винаходу схема коректора коефіцієнта потужності не підключається безпосередньо до навантаження або іншого перетворювача потужності, як у відомому рівні техніки, але підключається безпосередньо до котушки індуктивності або до здвоєної котушки індуктивності на основі компенсаційної схеми пульсацій струму для забезпечення згладженого струму на світлодіодне навантаження.

У варіантах винаходу котушка індуктивності (фіг. 7 (а)) або здвоєна котушка індуктивності з компенсатором пульсацій (фіг. 7(b)) може використовуватися для обмеження пульсацій вихідного струму та, таким чином, змін у потужності для світлодіодного навантаження.

На фіг. 7 (а) та фіг. 7 (b) зображено схематичні діаграми схем відповідно до варіантів винаходу, що можуть забезпечити високу надійність, великий термін служби та низьку вартість. Кожна система включає діодний випрямляч, схему коректора коефіцієнта потужності для покращення коефіцієнту вхідної потужності, котушку індуктивності для перетворення джерела

45 напруги у джерело струму зі зменшеними пульсаціями струму (фіг. 7 (а)) та світлодіодне навантаження. Вони формують частину пасивних або активних схем драйвера. У випадку активних схем активні компоненти конкретно не вказані, але зазвичай включені.

50 Альтернативним варіантом, як зображено на фіг. 7 (b), є заміна котушки індуктивності, зображеної на фіг. 7 (а), здвоєною котушкою індуктивності та конденсатором, так щоб ці компоненти сформували здвоєну котушку індуктивності з функцією компенсації пульсацій струму. Буде вказано, що такий компенсатор пульсацій струму, що зазвичай використовується у високочастотних (понад 20 кГц) імпульсних джерелах живлення, може також бути ефективним

55 при роботі з низькими частотами. Світлодіодне навантаження може бути рядом світлодіодів або безліччю рядів світлодіодів у модулярних формах. Різні схеми коректора коефіцієнта потужності або їх вдосконалені варіації можуть використовуватися для покращення коефіцієнту вхідної потужності. У варіантах винаходу неелектролітичні конденсатори можуть використовуватися у схемі коректора коефіцієнта потужності та у схемі компенсації пульсацій струму. Крім

60 стандартної схеми коректора коефіцієнта потужності у даному винаході можуть

використовуватися схема коректора коефіцієнта потужності з подвоювачем напруги або інші варіації схеми коректора коефіцієнта потужності.

Розглянемо спочатку фіг. 7 (а), нехай вихідна напруга схеми коректора коефіцієнта потужності - V_{out} та повна напруга світлодіодного модулю (із з'єднаними послідовно світлодіодними пристроями) – V_{LED} . Індуктивність котушки індуктивності може бути змінена для обмеження струму, що проходить через світлодіодний модуль, тому що пульсація струму ΔI_{LED} можуть бути виражені у вигляді:

$$\Delta I_{LED} = \frac{(V_{out} - V_{LED})\Delta t}{L},$$

де Δt – період часу, під час якого виконується зміна струму.

З вищевказаного рівняння можна побачити, що величина L котушки індуктивності може бути використана для зменшення пульсації струму, яка в свою чергу може обмежити зміну загальної потужності світлодіоду, тому що:

$$\Delta P_{LED} = V_{LED}\Delta I_{LED}$$

Альтернативою, зображеній на фіг. 7 (b), є використання здвоєної котушки індуктивності з компенсатором пульсації струму, як описано у [Hamill, D.C.; Krein, P.T.; "A 'zero' ripple technique applicable to any DC converter", 30-та щорічна IEEE спеціалізована конференція по електроніці, 1999, PESC 99, том 2, 27 червня - 1 липня 1999, сторінка(сторінки):1165-1171; Schütten, M.J.; Steigerwald, R.L.; Sabate, J.A.; "Ripple current cancellation circuit", 18-та щорічна IEEE конференція та експозиція по електроніці великих потужностей, 2003. APEC '03. том 1, 9-13 лютого, 2003, сторінка(сторінки): 464-470; Cheng, D.K.W.; Liu, X.C.; Lee, Y.S.; "A new improved boost converter with ripple free input current using coupled inductors", 17-та щорічна міжнародна конференція щодо електроніки великих потужностей та приводів з регульованою швидкістю, 1998. (публ. конф. № 456) 21-23 вересня, 1998, сторінка(сторінки): 592-599]. Первинна обмотка здвоєної котушки індуктивності використовується у якості котушки індуктивності ПС, як у варіанті, зображеному на фіг. 7 (а). Вторинна обмотка з'єднується з первинною обмоткою та забезпечує змінний струм для зменшення пульсації у навантаженні. Якщо первинний струм у першій котушці індуктивності підвищується на виводі, що відмічений крапкою, вторинної обмотки (тобто змінюється у позитивному напрямку), тоді потік ЗС, викликаний підвищенням первинного струму, під'єднується до вторинної обмотки ЗС. Трансформаторний ефект змушує струм витікати з виводу, що відмічений крапкою, вторинної обмотки до конденсатора, що призводить до усунення потоку ЗС. Таким чином, загальна пульсація струму на виході здвоєної котушки індуктивності (включаючи первинну та вторинну обмотки) та навантаження зменшуються. Подібним чином, якщо вторинний струм, що протікає в вивід, що відмічений крапкою, вторинної обмотки, зменшується (тобто змінюється негативно), тоді потік ЗС, під'єднаний до вторинної обмотки буде змушувати струм текти в вивід, що відмічений крапкою, вторинної обмотки та, таким чином, зменшить загальну пульсацію струму здвоєної котушки індуктивності. Вплив здвоєної котушки індуктивності на зменшення пульсації струму зображено на фіг. 7 (с).

У варіантах даного винаходу спостерігається коливання потужності світлодіоду навантаження, але можливо отримати яскраве світло на виході світлодіодної системи з мінімальним коливанням світлового потоку навіть, якщо потужність світлодіоду навантаження буде коливатися. Це буде зрозуміло при розгляді взаємовідношення між світловим потоком Φ_v та потужністю світлодіоду P_d , як зображено на фігурах 3 (а) – (с). Нехай максимальна потужність та мінімальна потужність світлодіодного навантаження - P_{max} та P_{min} відповідно до фіг. 3 (а). Було доведено, що взаємовідношення світлового потоку та потужності світлодіодної системи відповідає асиметричній параболічній кривій, зображеній на фіг. 3 (b) [Hui S.Y.R. and Qin Y.X., "General photo-electro-thermal theory for light-emitting diodes (LED) systems", IEEE конференція щодо електроніки великих потужностей, лютий 2009, Вашингтон, Федеральний округ Колумбія, США, стаття 16.2; USSN12/370,101, зміст якої включено в дану заявку шляхом посилання]. Якщо світлодіодна система сконструйована таким чином, що P_{max} та P_{min} охоплюють область максимуму світлового потоку та крива потужності світлодіоду має мінімальний нахил, як зображено на фіг. 3(b), тоді значна зміна потужності світлодіоду (ΔP_{LED}) приведе тільки до відносно невеликої зміни у світловому потоці ($\Delta \Phi_v$). Альтернативою є конструкція, при якій P_{max} та P_{min} знаходяться у межах області світлового потоку та крива потужності світлодіоду має відносно невеликий нахил (тобто біля області максимуму), як зображено на фіг. 3 (с).

Як видно з вищеописаного зміна потужності світлодіоду на деякий рівень (як зображено на фіг. 3), так що коливання світлового потоку не сприймаються людським оком, дозволяється для зменшення різниці потужності між входом та виходом та наступного зниження вимог до

зберігання енергії та усунення необхідності використання електролітичних конденсаторів у системі.

Таким чином, схема управління може використовувати неелектролітичні конденсатори, не спричиняючи великих змін світла на виході світлодіодної системи. Даний концепт може бути реалізовано в існуючих електронних пускорегулюючих пристроях шляхом заміни електролітичних конденсаторів іншими конденсаторами з меншими показниками та реконструкції світлодіодної системи таким чином, щоб зміна потужності світлодіоду знаходилася в області максимуму світлового потоку

Інший аспект винаходу включає використання новітніх пасивних схем потужності, за допомогою яких можна досягнути вказаних вище переваг без використання активних електронних перемикачів. Варіанти, зображені на фіг. 7(a), 7(b) та 7(c) можуть також бути обладнані повністю пасивними схемами пускорегулюючих пристроїв з подібними характеристиками до тих, що зображені на фіг. 3 (a), (b) та 7 (c). Без використання активних електронних перемикачів ці схеми не потребують електронної схеми управління для перемикання та можуть бути більш надійними, мати більший термін служби та нижчу вартість, ніж їх активні електронні варіанти. Звісно, ці переваги є доповненням до вже відомих переваг, описаних вище, у використанні даного винаходу при його застосуванні там, де необхідні активні або електронні пускорегулюючі пристрої.

На фіг. 8 зображена принципова схема на основі стандартної схеми коректора коефіцієнта потужності. При фактичному моделюванні, як зображено на фіг. 9, маленька кількість світлодіодних пристроїв представлена у вигляді окремих світлодіодів та велика кількість світлодіодних пристроїв представлена у вигляді еквівалентного резистору, що має таке ж саме падіння напруги та споживає ту ж саму потужність, що й група світлодіодних пристроїв, коли номінальний струм протікає через ці послідовно з'єднані пристрої. Схема коректора коефіцієнта потужності з подвоювачем напруги, як зображено на фіг. 10, може бути також використано, якщо забажається. Якщо використовується безліч світлодіодних модулів, як зображено на фіг. 11, тоді можуть бути додані пристрої балансування струму для того, щоб переконатися, що кожен світлодіодний модуль живиться однаковим струмом.

В цілях ілюстрації даного аспекту даного винаходу використовується пасивна схема, зображена на фіг. 12, для живлення ряду 3Вт світлодіодів. При моделюванні використовується три діоди, в той час як інші діоди представлені у вигляді еквівалентного резистору, як описувалося раніше. На фіг. 13 (a) зображена модельована вхідна напруга та струм усієї системи. Форма коливань вхідного струму не має форми гострого імпульсу (як було б при випрямному мості з вихідним конденсатором) та коефіцієнт потужності таким чином покращується. На фіг. 13(b) зображено вхідну потужність системи. На фіг. 14 (a) зображена модельована напруга та струм світлодіодного модулю. Котушка індуктивності виконана таким чином, що номінальний струм світлодіоду 1А (для 3Вт світлодіодних пристроїв) не перевищується у цьому прикладі. Незважаючи на пульсацію вхідної потужності зменшення коливань напруги через використання схеми коректора коефіцієнта потужності та ефект фільтрації котушки індуктивності значною мірою згладили струм навантаження. На фіг. 14(b) зображена загальна потужність світлодіоду та потужність окремого світлодіоду. У цьому прикладі зміна потужності у межах від 1,2Вт до 3Вт (тобто 60 %). Це моделювання підтверджує, що може бути виконана пасивна схема без електролітичних конденсаторів для забезпечення джерела струму з пульсаціями струму, що регулюються, для світлодіодної системи з коректором коефіцієнту вхідної потужності. Схема, вказана вище, може бути включена в освітлювальні системи з повністю пасивним пускорегулюючим пристроєм. Схеми також можуть бути включені в освітлювальну систему з активним або електронним пускорегулюючим пристроєм, яка не зображена на фігурах, але може бути виконана відповідним способом.

Цей поелементний результат потужності світлодіоду на фіг. 14 може бути інтерпретовано звичайними світлодіодними системами з різними тепловими розрахунками. Наприклад, було показано, що світловий потік – криві потужності світлодіоду залежать від теплового опору тепловідводів. На фіг. 14(c) та фіг 14(d) зображені звичайні криві для світлодіодних систем, що використовують два різних тепловідводи для восьми 3Вт світлодіодних пристроїв. Тепловідвід, що використовується на фіг. 14(c) має менший розмір, ніж той, що на фіг. 14(d). Наприклад, на фіг. 14(c) 60 % зміна потужності від 1,2Вт до 3 Вт для кожного пристрою призведе до приблизно 24 % зміни яскравості. Наприклад, на фіг. 14 (d) 60 % зміна потужності світлодіоду призведе до 30 % зміни яскравості.

Однак слід відзначити, що вибір індуктивності котушки індуктивності може впливати на пульсації струму та, таким чином, зміну потужності світлодіоду. Якщо індуктивність L збільшується від 1 Гн до 2 Гн (фіг. 15), тоді форми коливань модельованої світлодіодної

напруги та струму будуть мати наступний вигляд, зображений на фіг. 16 (а). Відповідні загальні потужність світлодіоду та потужність окремого світлодіоду включені у графік на фіг. 16(b).

Можна побачити, що при збільшенні L до 2 Гн, зміна потужності (від 1,6 Вт до 2,5 Вт) складає 36 %. Якщо така сама зміна потужності застосовується для двох прикладів, які наведені в посиланні на Hui та ін... [Hui S.Y.R. and Qin Y.X., "General photo-electro-thermal theory for light-emitting diodes (LED) systems", IEEE конференція щодо електроніки великих потужностей, лютий 2009, Вашингтон, Федеральний округ Колумбія, США, стаття 16.2], фіг. 16(c) і фіг. 16(d) показують, що зміна світлового потоку складає, відповідно, близько 7 % і 12 %. Вважається, що очі людини не чутливі до таких малих змін світлового потоку.

Можна побачити, що велика індуктивність може зменшувати пульсацію струму і зміну потужності світлодіоду. Вибір L залежить також від втрат в осерді і втрат в міді в котушці індуктивності. Загальний задум, таким чином, покладається на тепловий розрахунок, як пояснено в Hui та ін..., і вибір L , так щоб робочий діапазон можна було обмежити до області кривої світлового потіку – потужності світлодіоду, де нахил кривої є малим.

Ефективний спосіб, щоб ще зменшити пульсацію струму, а відтак і зміну потужності світлодіоду, полягає в тому, щоб замінити котушка індуктивності, представлену на фіг. 12 і фіг. 15, засобом компенсації пульсації струму в вигляді здвоєної котушки індуктивності і конденсатора, як показано на фіг. 17. Фіг. 18(a) і фіг. 18(b) демонструють електричні виміри системи. Можна побачити, що зміни в пульсації струму і потужності світлодіоду були суттєво зменшені. Зміна потужності знаходиться в межах лише 0,2 Вт (від 1,9 Вт до 2,1 Вт). Ця 9 % зміна потужності призведе до менше ніж 4 % зміни яскравості в двох прикладах, які показані на фіг. 18(c) і 18(d).

Також варто відзначити, що може бути бажано надати діодно-конденсаторний фіксатор рівня, який може бути доданий до кожного світлодіодного ланцюжка, щоб забезпечувати шлях струму для струму котушки індуктивності на випадок, якщо деякі зі світлодіодних пристроїв вийдуть з ладу. Приклад такої можливості представлено на фіг. 19.

Фіг. 34(a), 34(b), 35(a), 35(b), 36(a) і 36(b) представляють собою зображення інших варіантів здійснення схеми коректора коефіцієнта потужності, які використовуються в даному винаході. Ці варіанти здійснення уможливають подальші зменшення пульсації напруги вихідної напруги V_3 , щоб зменшити величину L вхідної котушки індуктивності.

З вищевказаного буде зрозуміло, що в переважних варіантах здійснення даного винаходу пропонується використання пасивної схеми корекції потужності, такої як схема коректора коефіцієнта потужності, щоб зменшувати пульсацію напруги, яка живить котушку індуктивності (або здвоєну котушку індуктивності з конденсатором у вигляді схеми компенсації пульсації струму) і світлодіодні модулі, для того, щоб (i) зменшувати пульсацію струму, а відтак зміну потужності в світлодіодах, і (ii) покращувати вхідний коефіцієнт потужності. Допущення деякої зміни току і потужності в світлодіодах в межах області кривої світлового потіку – потужності світлодіоду, де нахил кривої є малим, призведе лише до малих змін світлового потоку від світлодіодної системи. Індуктивність котушки індуктивності або здвоєної котушки індуктивності в формі схеми компенсації пульсації струму може використовуватись, щоб додатково обмежувати зміну потужності світлодіодної системи. Всі ці ознаки можуть стосуватись освітлювальних систем з активними або електронними пускорегулюючими пристроями, або повністю пасивними пускорегулюючими пристроями.

Шляхом використання належного теплового розрахунку діапазон зміни потужності світлодіодного навантаження може бути спроектований так, щоб потрапляти в область кривої світлового потіку – потужності світлодіоду, де нахил кривої є малим, і світловий потік є максимальним або близьким до максимуму.

Внаслідок вимоги лише малої ємності в запропонованій системі, електролітичні конденсатори з цієї конструкції можна усунути. Оскільки схема складається з більш пасивних і надійних компонентів (таких як силові діоди, неелектролітичні конденсатори і котушки індуктивності), вона характеризується низькою вартістю, високою стійкістю і надійністю.

Один можливий недолік, втім, полягає в тому, що вищеописані схеми приймають досить постійну вхідну напругу, що не обов'язково може мати місце. В країнах, де мережі живлення ЗС ненадійні або в будь-якій іншій ситуації, коли з будь-якої причини можуть мати місце коливання напруги мережі ЗС, для даної номінальної вхідної напруги ЗС може спостерігатись значна зміна потужності світлодіоду. Відтак, в переважних варіантах здійснення винаходу може бути переважним надавати пристрій для контролю чутливості потужності навантаження в залежності від коливань напруги ЗС.

Фіг. 21 представляє собою один приклад схеми, забезпеченої засобом для контролю чутливості потужності навантаження в залежності від коливань напруги ЗС. В цьому прикладі

пускорегулюючий пристрій для світлодіодної системи показаний як такий, що забезпечений діодним випрямлячем, схемою коректора коефіцієнта потужності для зменшення пульсації напруги випрямленої потужності ПС і фільтруючою котушкою індуктивності L для генерації джерела струму, яке забезпечується для світлодіодного навантаження. Буде зрозуміло, що, як описано вище, котушка індуктивності L могла би бути заміщена схемою зменшення пульсації струму, яка містить здвоєну котушку індуктивності з конденсатором. В цій схемі вхідна котушка індуктивності L_S забезпечується послідовно між джерелом ЗС V_S і діодним випрямлячем, яка, як буде пояснено нижче, забезпечує необхідний контроль чутливості потужності. І знову, схема може бути включена до складу повністю пасивних систем, або активних систем, в цьому випадку активні компоненти на графічних матеріалах явно не показані, але включаються у звичний спосіб.

Фіг. 22(a)-(d) показують ідеалізовані форми сигналів запропонованої схеми джерела струму ЗС-ПС для світлодіодних навантажень. А саме: фіг. 22(a) представляє ідеалізовані форми сигналів вхідної напруги мережі ЗС і току (зі зсувом по фазі (ϕ) між V_S і I_S); фіг. 22(b) представляє ідеалізовані форми сигналів вхідної напруги V_2 і току I_S діодного випрямляча (де V_2 і I_S знаходяться в фазі); фіг. 22(c) представляє ідеалізовані форми сигналів вихідної напруги V_3 і току I_o схеми коректора коефіцієнта потужності (де V_3 є випрямленою версією V_2); і фіг. 22(d) представляє ідеалізовані форми сигналів напруги на світлодіодному навантаженні (V_o), вихідного струму (I_o) навантаження і вихідної потужності (P_o) навантаження.

Аналіз схеми можна почати з боку навантаження шляхом розгляду еквівалентної схеми, представленої на фіг. 23, де опір обмотки котушки індуктивності показаний як R , а загальне падіння напруги V_o світлодіодного навантаження вважається постійним.

З фіг. 23, середній вихідний струм \bar{I}_o можна виразити як:

$$\bar{I}_o = \frac{\bar{V}_3 - V_o}{R} \quad (1)$$

де \bar{V}_3 представляє собою середню напругу V_3 .

З форми сигналу V_3 , представленої на фіг. 22(c),

$$\bar{V}_3 = \frac{3}{4} V_{dc} \quad (2)$$

$$V_{dc} = \frac{4}{3} \bar{V}_3 = \frac{4}{3} (V_o + \bar{I}_o R) \quad (3)$$

Варто відзначити, що загальне падіння напруги світлодіодного навантаження приблизно описується константою V_o . Відтак, V_{dc} суттєво не змінюється, якщо \bar{I}_o суттєво не змінюється. Загалом, V_o значно більше, ніж $\bar{I}_o R$. Отже, V_{dc} є близькою до $1,33V_o$. Наступним питанням є знайти спосіб зменшити зміну I_o внаслідок коливань напруги вхідної мережі.

За законом зберігання енергії, вхідна потужність дорівнює потужності, яка входить в діодний міст, за умови, що вхідна котушка індуктивності L_S має незначний опір. Також варто відзначити, що V_{21} і I_S знаходяться в фазі, як показано на фіг. 22(b).

$$V_S I_S \cos \phi = V_{21} I_S \quad (4)$$

де V_{21} є основною гармонікою V_2 .

Аналогічно, вхідна потужність також дорівнює вихідній потужності схеми коректора коефіцієнта потужності, за умови, що втрата потужності в діодному випрямлячі і схемі коректора коефіцієнта потужності є незначною.

$$V_S I_S \cos \phi = \bar{V}_3 \bar{I}_o = \frac{3}{4} V_{dc} \bar{I}_o = \bar{I}_o^2 R + \bar{I}_o V_o \quad (5)$$

Якщо опір обмотки котушки індуктивності є незначним, $R=0$, це дає:

$$V_o = \frac{3}{4} V_{dc} \quad (6)$$

Використовуючи аналіз Фур'є на формі сигналу V_2 , основна гармоніка V_{21} сигналу V_2 може бути визначена як:

$$V_{21} = \frac{(2 + \sqrt{2})V_{dc}}{\pi} \sin(\omega t - \phi) = 1,086 \cdot V_{dc} \sin(\omega t - \phi) \quad (7a)$$

5

Отже, середньоквадратичне значення V_{21} складає

$$V_{21_rms} = \frac{1,086}{\sqrt{2}} \cdot V_{dc} = 0,77 \cdot V_{dc} \quad (7b)$$

10

Шляхом ділення (4) на (5), щоб пов'язати V_{21} і V_{dc} , і використовуючи (7b), можна пов'язати I_S і \bar{I}_0 :

$$\begin{aligned} 0,77V_{dc}I_S &= 0,75V_{dc}\bar{I}_0 \\ \Rightarrow I_S &= 0,974\bar{I}_0 \end{aligned} \quad (8)$$

15

Тепер розглянемо еквівалентну схему і векторний зв'язок між V_S і V_{21} , як показано на фіг. 24. Відповідно до фіг. 24,

$$V_S^2 = V_{21}^2 + (\omega L_S I_S)^2 \quad (9)$$

i

$$\bar{I}_S = \frac{\bar{V}_S - \bar{V}_{21}}{j\omega L_S} \quad (10)$$

20

З (7a) можна побачити, що V_{21} залежить від V_{dc} , яка приблизно дорівнює $1,33V_0$, (апроксимується як постійна величина). За допомогою (8),

$$\bar{I}_0 = \frac{V_S - V_{21}}{0,974 \cdot \omega L_S} \quad (11)$$

Диференціювання (11) дасть:

$$\Delta \bar{I}_0 = \frac{\Delta V_S}{0,974 \cdot \omega L_S} \quad (12)$$

25

Рівняння (12) є важливим рівнянням, яке показує, що вхідна індуктивність L_S може використовуватись, щоб зменшувати зміну середнього вихідного струму $\Delta \bar{I}_0$ навантаження для даної зміни у вхідній напрузі ΔV_S мережі ЗС. Розглянемо приклад. Для 50 Гц мережі ЗС кутова частота ω дорівнює 100π , тобто 314,16. Для $L_S=1$ Гн вплив коливання вхідної напруги на вихідний середній струм буде зменшений в 314,16 разів, як показано в (12). Для $L_S=2$ Гн зменшення складатиме 618 разів. Для того, щоб цей контроль чутливості був ефективним, індуктивність вхідної котушки індуктивності L_S має бути помірковано великою (як правило, біля Генрі або такого порядку).

30

Для того, щоб забезпечити струмопровідний шлях для струму в L_S в разі, якщо існує якась проблема в іншій частині схеми, яка може створювати припинення струму, конденсатор C_S може розміщуватись на другому кінці вхідної котушки індуктивності, як показано на фіг. 25. Це розташування L_S та C_S також гратиме додаткову роль вхідного фільтра. Але головний сенс використання "великої" L_S тут полягає в тому, щоб зменшувати чутливість вихідного струму навантаження (і, таким чином, - вихідної потужності навантаження) пропонованої схеми до коливань вхідної напруги.

40

Для того, щоб пов'язати \bar{I}_0 з V_S , починаємо з модифікації (9) за допомогою (7b) і (8), що дає:

$$V_S^2 = (0,77V_{dc})^2 + [\omega L_S(0,974\bar{I}_b)]^2 \quad (13)$$

Використовуючи (6), (13), отримуємо:

$$V_S^2 = \left[(0,77) \left(\frac{4}{3} \right) V_0 \right]^2 + [\omega L_S(0,974\bar{I}_b)]^2 \quad (14)$$

5

Розв'язання (14) дає:

$$\bar{I}_b = \frac{\sqrt{V_S^2 - (1,072 \cdot V_0)^2}}{0,974 \cdot \omega L_S} \quad (15)$$

10 Варто відзначити, що V_0 можна визначити з кількості світлодіодних пристроїв в світлодіодних ланцюжках. Якщо L_S обирається, то (15) забезпечує зв'язок між середнім вихідним струмом і вхідною напругою мережі ЗС:

Отже, потужність світлодіодного навантаження складає:

$$\bar{P}_0 = V_0 \cdot \frac{\sqrt{V_S^2 - (1,072 \cdot V_0)^2}}{0,974 \cdot \omega L_S}$$

15 З вищенаведеного можна побачити, що шляхом забезпечення вхідної котушки індуктивності послідовно між напругою джерела ЗС і діодним випрямлячем чутливість потужності світлодіодів до коливань напруги джерела ЗС можна зменшити.

І дійсно, забезпечення вхідної котушки індуктивності послідовно між напругою джерела ЗС і діодним випрямлячем може мати корисні застосування в якості приладу для обмеження змін потужності світлодіодного навантаження в схемах, які не містять зменшення пульсації напруги. Фіг. 26 представляє приклад такої схеми, де вхідна котушка індуктивності L_S забезпечується послідовно між напругою V_S джерела ЗС і діодним випрямлячем, вихід якого подається безпосередньо на навантаження. Як і з схемою, представленою на фіг. 25, конденсатор C_S може забезпечуватись паралельно між вхідною котушкою індуктивності і діодним випрямлячем, щоб надавати струмопровідний шлях у випадку будь-якого замикання або іншої проблеми в іншій частині схеми, а також щоб забезпечувати фільтруючу функцію.

В іншому варіанті освітлювальна система, описана вище, може ставати системою з регульованою яскравістю за допомогою котушки зі змінною індуктивністю L_S , як показано на фіг. 27. Як пояснювалось раніше, використання вхідної котушки індуктивності помірковано великої індуктивності застосовується, щоб зменшувати чутливість потужності світлодіодів до зміни вхідної напруги. Взаємозв'язок зміни вихідного струму (який впливає на потужність світлодіоду) зі змінною вхідною напругою був описаний як:

$$\Delta \bar{I}_b = \frac{\Delta V_S}{0,974 \cdot \omega L_S}$$

Вихідний струм ПС можна виразити як:

$$35 \quad \bar{I}_b = \frac{V_S - V_{21}}{0,974 \cdot \omega L_S}$$

40 Це рівняння означає, що індуктивність вхідної котушки індуктивності може впливати на потужність світлодіодного навантаження. Якщо індуктивність вхідної котушки індуктивності L_S можна змінити, уможливорюється функція регуляції яскравості. Шляхом використання котушки зі змінною індуктивністю L_S , як показано на фіг. 27, можна отримати контроль потужності світлодіодного навантаження.

45 Котушка зі змінною індуктивністю може бути реалізована в різних формах. Наприклад, фіг. 28 представляє зображення котушки індуктивності з регулюванням відводами. Контролюючи перемикач або перемикачі, позначені в даному варіанті здійснення як S1 і S2, щоб визначати кількість витків в котушці індуктивності, можна регулювати величину індуктивності. Фіг. 29 представляє іншу реалізацію котушки зі змінною індуктивністю, яка використовує постійний струм в допоміжній обмотці, щоб змінювати магнітні властивості (такі як рівень насиченості) осердя, щоб змінювати величину індуктивності.

Ще один аспект винаходу стосується загалом схем коректора коефіцієнта потужності, які використовуються в зменшенні пульсації вихідної напруги ПС і/або пульсації струму в перетворенні потужності ЗС-ПС. На основі співвідношення конденсаторів, які використовуються в схемах коректора коефіцієнта потужності, пульсацію вихідної напруги можна ще більше контролювати і зменшувати. Отже, її можна використовувати, щоб надавати джерело напруги ПС з ще більш зменшеною зміною напруги ніж, наприклад, описана вище. Також, якщо котушка індуктивності підключена до виходу схеми коректора коефіцієнта потужності, щоб перетворювати джерело напруги в джерело струму, також можна створити джерело струму з ще більш зменшеною пульсацією струму.

Цей додатковий аспект даного винаходу є зокрема підходящим для великої кількості застосувань, в яких вимагається джерело достатньо постійного вихідного струму. Отже, хоча цей аспект винаходу буде описаний з посиланням на драйвери для світлодіодних навантажень для загальних освітлювальних застосувань, такі як описані вище, цей аспект винаходу може застосовуватись більш широко.

Схеми коректора коефіцієнта потужності були запропоновані в якості пасивних способів (без активних перемикачів живлення) для корекції вхідного коефіцієнта потужності в схемах перетворення потужності ЗС-ПС і були пристосовані в недорогих застосуваннях, таких як електронні пускорегулюючі пристрої і перетворювачі ЗС-ПС. Модифіковані версії схем коректора коефіцієнта потужності також були запропоновані для корекції коефіцієнта потужності. Двома загальними ознаками, які поділяють ці застосування коректора коефіцієнта потужності, є те, що (i) схеми коректора коефіцієнта потужності використовуються в першу чергу для забезпечення форми вхідному струму в схемі перетворення потужності ЗС-ПС для покращення коефіцієнта потужності і (ii) використовують конденсатори з рівною величиною ємності в окремих схемах.

Як описано вище, схеми коректора коефіцієнта потужності використовуються для зменшення пульсації або змін вихідної напруги ПС, так що можна створити джерело достатньо постійного струму за допомогою фільтруючої котушки індуктивності. Один переважний варіант здійснення такої схеми показаний на фіг. 21, який, як зазначено вище, може бути включений до складу освітлювальних систем з активними або пасивними пускорегулюючими пристроями. В традиційних застосуваннях схем коректора коефіцієнта потужності два конденсатори C1 і C2 мають однакову величину ємності. Це дозволить вихідній напрузі бути меншою, ніж вихідна напруга діодного моста, тобто пульсацію вихідної напруги можна зменшити на приблизно 50 %.

Якщо схема коректора коефіцієнта потужності на фіг. 21 не використовується, діодний випрямляч на передньому кінці забезпечує випрямлену вихідну напругу, як показано на фіг. 30. Можна побачити, що випрямлена напруга ПС досягає максимального значення на максимальному значенні вхідної синусоїдальної напруги, а потім падає до нуля. Проте, коли забезпечується схема коректора коефіцієнта потужності з $C1=C2=220\text{ мкФ}$, вихідна напруга ПС, яка живить фільтруючу котушку індуктивності L і світлодіодне навантаження, має набагато зменшену пульсацію напруги, як показано на фіг. 31(a). В цьому випадку максимальна напруга наближається до 180 В, а мінімальна напруга наближається до 90 В.

Слід відзначити, що менші конденсатори, такі як $C1=C2=22\text{ мкФ}$, також можуть використовуватись. Для ємності такої малої величини електролітичні конденсатори, які мають короткі строки експлуатації, не потрібні. Фіг. 31(b) показує вихідну напругу ПС схеми коректора коефіцієнта потужності з цими меншими конденсаторами. Також стає очевидною зарядка і розрядка напруги в конденсаторах, як показано на фіг. 31(b), але середня напруга близька до показаної на фіг. 31(a).

В випадках, представлених на фіг. 31(a) і 31(b), пульсація вихідної напруги ПС складає біля 50 % від максимальної величини. Це є звичайною ознакою схем коректора коефіцієнта потужності, в яких C1 і C2 є ідентичними. Коли напруга V_2 знаходиться в найвищій точці, вихідна напруга схеми коректора коефіцієнта потужності, яка фіксується напругою на світлодіодному навантаженні, досягне свого максимального значення. Випрямлений вхідний струм заряджає два ідентичні конденсатори C1 і C2 через діод D_2 однаково, а отже напруги двох конденсаторів в цей момент є рівними. Варто відзначити, що ця напруга для C2 (половина максимальної напруги ПС) є максимальною напругою для C2. Відтак, лише рівні повної максимальної напруги або половини максимальної напруги з'являються в вихідній напрузі схеми коректора коефіцієнта потужності, якщо C1 і C2 достатньо великі і мають однакову ємність. Варто відзначити, що нижча напруга ПС є насправді напругою на C2. Зі зменшенням пульсації напруги до 50 % індуктивність фільтруючої котушки індуктивності L також може бути зменшена.

Втім, вихідна напруга ПС схеми коректора коефіцієнта потужності може бути зменшена ще більше, щоб ще більше зменшити вихідну пульсацію ПС і/або розмір фільтруючої котушки

індуктивності. Добре відомо, що для конденсаторів, з'єднаних послідовно, напруга на кожному конденсаторі залежить від величини ємності. Фіг. 32 показує один приклад двох конденсаторів, з'єднаних послідовно. Варто зазначити, що потік струму в цю послідовну гілку схеми є однаковим в двох конденсаторах, незалежно від їх ємності. Тобто, конденсатори мають

однакову величину заряду для даного послідовного потоку струму. Напруга на кожному конденсаторі зворотно пропорційна об'єму конденсатора.

Для того, щоб збільшити нижчий рівень напруги ПС (тобто напругу на C2), можна обрати ємність C2 меншою за ємність C1 (тобто $C1 > C2$). Це правило гарантує, що напруга на C2 вища за 50 % максимальної напруги ПС. Для того, щоб підтвердити цю концепцію, C1 і C2 змінюються, відповідно, на 6600 мкФ і 330 мкФ. Фіг. 33 показує отриману в результаті напругу ПС схеми коректора коефіцієнта потужності, якщо це зроблено. Можна побачити, що пульсація напруги тепер зменшується до біля 30 %.

Отже, визначення $C1 > C2$ ще більше зменшує пульсацію вихідної напруги в схемі коректора коефіцієнта потужності, щоб зменшувати пульсацію струму вихідної котушки індуктивності і/або індуктивність фільтруючої котушки індуктивності.

Буде відзначено, що можуть використовуватись будь-які конденсатори, включаючи електролітичні конденсатори. Проте неелектролітичні конденсатори є переважними, бо дають довші строки експлуатації і вищу надійність.

Подальшого зменшення пульсації напруги вихідної напруги V_3 можна досягти, маючи паралельний конденсатор C_3 паралельно з виходом схеми коректора коефіцієнта потужності. Це забезпечує подальше зменшення величини L вхідної котушки індуктивності, що, в свою чергу, зменшує вартість. Один варіант здійснення винаходу, який використовує такий паралельний конденсатор C_3 , представлений на фіг. 37.

Посилаючись конкретно на фіг. 37, L_S - це котушка індуктивності, яка використовується, щоб контролювати потік потужності в світлодіодну схему. Вона може бути лінійною котушкою індуктивності або котушкою зі змінною індуктивністю. Діодний міст і схема коректора коефіцієнта потужності випрямляють вхідну напругу V_S ЗС в напругу ПС зі зменшеною пульсацією напруги (V_3). Вихідна фільтруюча котушка індуктивності L (з опором R своєї обмотки) використовується, щоб зменшувати пульсацію вихідного струму I_o .

Хоча паралельний конденсатор C_3 був описаний як такий, що підключається паралельно виходу схеми коректора коефіцієнта потужності, показаний на фіг. 37, конденсатор C_3 може аналогічно застосовуватись до інших варіантів схеми коректора коефіцієнта потужності. Крім того, хоча C_3 може бути електролітичного типу, переважно C_3 є неелектролітичного типу, який зазвичай має довший строк експлуатації.

Замість використання схеми коректора коефіцієнта потужності, як описано вище, може використовуватись простіша схема, яка має схему випрямлення с вихідним конденсатором. В цьому варіанті схема коректора коефіцієнта потужності не вимагається. Оскільки вхідна котушка індуктивності L_S достатньо велика, щоб забезпечувати фільтрацію вхідного струму, вхідний струм головним чином є синусоїдальним і має низький вміст гармонік струму. Вхідний коефіцієнт потужності може бути покращений шляхом використання стандартних способів, таких як використання паралельного конденсатора паралельно до мережі ЗС.

Приклад цього варіанта показаний на фіг. 38, який знову може бути включений до складу освітлювальних систем з активними або пасивними пускорегулюючими пристроями. А саме, фіг. 38 показує схему зі схемою випрямлення в формі простого діодного моста і вихідного конденсатора C_3 , підключеного паралельно до виходу діодного моста. Фільтруюча котушка індуктивності L вихідного струму все ще потрібна. R представляє опір обмотки L. Схема, представлена на фіг. 38, не вимагає схеми коректора коефіцієнта потужності.

Проте, як і раніше описані варіанти здійснення, схема даного варіанта здійснення вимагає вхідну котушку індуктивності L_S , щоб регулювати потік потужності в світлодіодне навантаження. Частина аналізу, докладно розписана вище для вхідної котушки індуктивності L_S стосовно інших вищеописаних варіантів, залишається незмінною. Крім того, L_S може бути або лінійною котушкою індуктивності, або котушкою зі змінною індуктивністю.

Аналіз, наданий вище стосовно інших варіантів здійснення, повторюється нижче в контексті варіанта здійснення, описуваного зараз.

По-перше, розглядаються еквівалентна схема і векторний взаємозв'язок між V_S і V_{21} , як показано на фіг. 24.

Відповідно до фіг. 24, маємо

$$V_S^2 = V_{21}^2 + (\omega L_S I_S)^2 \quad (9)$$

$$\bar{I}_s = \frac{\bar{V}_s - \bar{V}_{21}}{j\omega L_s} \quad (10)$$

З (6) можна побачити, що V_{21} залежить від V_{dc} , яка приблизно близька до V_0 (апроксимована як постійна величина). За допомогою (8),

$$\bar{I}_b = \frac{V_s - V_{21}}{0,974 \cdot \omega L_s} \quad (11)$$

Диференціювання (11) дасть

$$\Delta \bar{I}_b = \frac{\Delta V_s}{0,974 \cdot \omega L_s} \quad (12)$$

5

Рівняння (12) є важливим рівнянням, яке показує, що вхідну індуктивність L_s можна використовувати, щоб зменшувати зміну середнього вихідного струму $\Delta \bar{I}_0$ навантаження для даної зміни вхідної напруги ΔV_s мережі ЗС. Розглянемо приклад. Для 50 Гц мережі ЗС кутова частота ω дорівнює 100п, тобто 314,16. Для $L_s=1$ Гн вплив коливання вхідної напруги на вихідний середній струм буде зменшений в 314,16 разів, як показано на (12). Для $L_s=2$ Гн зменшення складатиме 618 разів. Для того, щоб цей контроль чутливості був ефективним, індуктивність вхідної котушки індуктивності L_s має бути помірковано великою (як правило, біля Генрі або такого порядку).

10

Для того, щоб забезпечити струмопровідний шлях для струму котушки індуктивності в L_s в разі, якщо існує якась проблема в іншій частині схеми, яка може створювати припинення струму, конденсатор C_s може розміщуватись на другому кінці вхідної котушки індуктивності, подібно до розташування, показаного на фіг. 25. Це розташування L_s та C_s також гратиме додаткову роль вхідного фільтра. Але головний сенс використання "великої" L_s тут полягає в тому, щоб зменшувати чутливість вихідного струму навантаження (і, таким чином, - вихідної потужності навантаження) пропонованої схеми до коливань вхідної напруги.

15

20

Схема, представлена на фіг. 41, є ще одним прикладом того, як зменшити чутливість потужності. В цій схемі, яка може бути включена до складу систем з активними або пасивними пускорегулюючими пристроями, вводяться конденсатор C_s і обмотка. Як показано на фіг. 42, різниця фаз між I_{L_s} і $-I_{C_s}$ є відносно малою (що також можна зрозуміти з експериментальних існуючих форм сигналів), і, в якості приближення, два струми можуть вважатися такими, що знаходяться в фазі один з одним.

25

Коли вхідна напруга V_s збільшується, струм I_{C_s} збільшується відповідно, як і індукований потік ϕ_2 . Оскільки ϕ_1 і ϕ_2 знаходяться в фазі, еквівалентна котушка індуктивності L_s збільшується, призводячи до зменшеної чутливості потужності.

30

Вищенаведену теорію можна перевірити простою схемою, представленою на фіг. 43, експериментальні результати для якої представлені на фіг. 44. Можна побачити, що під однаковою вхідною напругою, коли перемикач включений, вхідний струм I_{L_s} зменшується (тобто, подвійна амплітуда зменшується з 4,12 А до 3,88 А), що еквівалентно збільшенню котушки індуктивності L_s . Буде зрозуміло, що існують інші варіанти, які можуть використовувати ознаки, представлені на фіг. 41, як ті, що також містять схему коректора коефіцієнта потужності або в яких вихідний конденсатор C_1 , підключений паралельно виходу діодного моста, замінюється схемою коректора коефіцієнта потужності, які обидві були описані вище.

35

В деяких варіантах здійснення, описаних вище, вхідна котушка індуктивності L_s використовується, щоб обмежувати потік потужності в світлодіодне навантаження і фільтрувати вхідний струм. Використання вхідної котушки індуктивності L_s забезпечує стійкість драйвера світлодіоду до викидів, таких як блискавка і великі стрибки напруги в мережах ЗС, бо котушка індуктивності є добрим низькочастотним фільтром. Отже використання вхідної котушки індуктивності в драйвері світлодіоду, описаному вище, є особливо підходящим для зовнішніх застосувань. Однак для деяких внутрішніх застосувань розмір драйвера світлодіоду може бути проблемою.

45

Один спосіб зменшити розмір драйвера світлодіоду – це замінити вхідну котушку індуктивності L_s вхідним конденсатором C_s , як показано на фіг. 39. Для того щоб зменшити пусковий струм, коли драйвер світлодіоду вмикається, компонент (X) проти сплесків струму може бути підключений послідовно з C_s , як показано на фіг. 39. Драйвер світлодіоду підходить для застосувань, в яких напруга мережі ЗС є доволі стабільною, таких як внутрішні застосування. Компонент (X) проти сплесків струму може бути невеликою котушкою індуктивності або залежним від температури резистором (наприклад, залежним від температури

50

резистором з від'ємним температурним коефіцієнтом з високим опором в холодному стані, і низьким опором в гарячому стані).

Другий спосіб додатково зменшити розмір системи, представленої на фіг. 39, – це додати конденсатор C паралельно до вхідної котушки індуктивності L , як показано на фіг. 40. Шляхом регулювання LC величин як резонансного фільтра на частоті пульсацій, яка складає 100 Гц для 50 Гц мережі ЗС і 120 Гц для 60 Гц мережі ЗС, величину L вхідної котушки індуктивності можна зменшити.

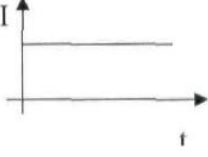
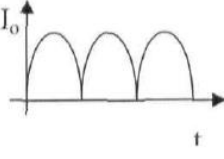
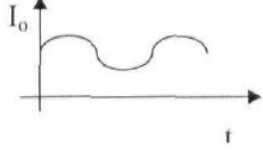
Буде легко зрозуміти, що обидва ці вищевказані способи додаткового зменшення розміру системи стосуються окремо або разом варіантів, описаних вище, і інших варіантів. Наприклад, буде легко зрозуміти, що схема коректора коефіцієнта потужності, представлена на фіг. 39, може бути замінена іншими варіантами схеми коректора коефіцієнта потужності, з вихідним конденсатором C_3 або без нього. Схема коректора коефіцієнта потужності, представлена на фіг. 39, також може бути замінена простішими схемами, такими як схема лише з вихідним конденсатором C_3 . І справді, варіант здійснення, представлений на фіг. 40, включає вихідний конденсатор C_3 замість схеми коректора коефіцієнта потужності, але буде легко зрозуміти, що різновиди варіанта здійснення, представленого на фіг. 40, також можуть включати схему коректора коефіцієнта потужності замість або на додачу до вихідного конденсатора C_3 . Проте варто зазначити, що в деяких варіантах здійснення, таких як той, що особливо представлений на фіг. 40, включення схеми коректора коефіцієнта потужності на додачу до вихідного конденсатора C_3 зробило б схему коректора коефіцієнта потужності надлишковою, а отже і зайвою для включення.

Як зазначено, вищеописані схеми можуть стосуватись як пасивних, так і активних систем. Проте, що стосується зокрема активних систем, варіанти здійснення включають однокаскадний ЗС-ПС перетворювач потужності або двокаскадний ЗС-ПС і ПС-ПС перетворювач потужності, щоб перетворювати джерело потужності ЗС в джерело потужності ПС для приведення в дію світлодіодного навантаження. Відповідно до переважних варіантів здійснення винаходу, потужності світлодіоду дозволяється змінюватись, щоб зменшувати вимогу до накопичення енергії перетворювача потужності ЗС-ПС, так щоб усунути використання електролітичних конденсаторів високої ємності. Перетворювачі потужності ЗС-ПС могли б бути підвищувального типу (такі як підвищувальний перетворювач), знижувального типу (такі як прямий перетворювач) або підвищувально/знижувального типу (такі як перетворювач зворотного ходу, перетворювач Чука і несиметричний перетворювач постійної напруги на котушках індуктивності (SEPIC)). Варто зазначити, що пропонується послаблення контролю вихідної потужності, щоб надати конкретний діапазон зміни потужності, в цьому винаході уможливорює існування перетворювачів потужності з перемиканням режимів, де зазвичай щільне регулювання вихідної потужності має легко змінюватись без суттєвого процесу перепроектування. Просто шляхом послаблення контуру контролю вихідної потужності, щоб дозволити вихідній потужності коливатись в межах конкретного діапазону, вимога до накопичення енергії може бути послаблена, а відтак можна усунути потребу в електролітичному конденсаторі.

В якості прикладу, якщо вихідна потужність щільно контролюється, щоб бути постійною (тобто зміна вихідної потужності = 0 %), зміна потужності від піку до піку в буфері зберігання енергії становить ± 100 % середньої потужності (див. фіг. 5(b)), а отже потрібен великий конденсатор. Якщо вихідної потужності дозволяється змінюватись на ± 40 % середньої вихідної потужності (фіг. 6(a)), вимогу до накопичення енергії, а отже розмір зберігаючої ємності можна зменшити на 40 % (фіг. 6(b)), і все одно мінімальна вихідна потужність складає 60 % середньої вихідної потужності, що означає, що ефект мерехтіння не буде помітним через відносно великий і безперервний вихід світлового потоку. На практиці зміна вихідної потужності до ± 50 % середньої вихідної потужності є прийнятною без помітного мерехтіння навіть за частоти мережі 50 Гц.

Даний винахід в своїх переважних формах забезпечує узагальнений спосіб виключення використання електролітичних конденсаторів як в пасивних (тобто без активно керованих напівпровідникових перемикачів), так і активних (тобто з використанням активно керованих напівпровідникових перемикачів) драйверів світлодіоду шляхом обмеженої зміни потужності світлодіодного навантаження в межах обумовленого діапазону як засіб зменшення вимог до накопичення енергії в процесі перетворення енергії і підтримки компонента безперервного ПС світлового потоку для уникнення помітного ефекту мерехтіння.

Наступна таблиця забезпечує зведення переваг даного винаходу в порівнянні з системами, відомими з рівня техніки.

	Існуючий спосіб 1 (постійна вихідна потужність)	Існуючий спосіб 2 (пульсуюча вихідна потужність)	Запропонований спосіб (вихідний струм з обмеженою змінною)
Вихідний струм	Постійний 	Велика зміна потужності з точками нульової потужності 	Обмежена зміна потужності з безперервним ненульовим мінімальним струмом 
Вимога до накопичення енергії	Велика Потрібен електролітичний конденсатор	Мала Електролітичний конденсатор не потрібен	Мала Електролітичний конденсатор не потрібен
Ефекти мерехтіння	Ні (нема зміни потужності)	Так (велика зміна потужності з точками нульової потужності)	Ні (обмежена зміна потужності з високою мінімальною потужністю)

- Загалом, хоча винахід було описано з посиланням на конкретні приклади, спеціалістам в даній галузі техніки буде зрозуміло, що винахід може бути втілений в багатьох інших формах. Також спеціалістам в даній галузі техніки буде зрозуміло, що ознаки різних описаних прикладів можна комбінувати в інших сполученнях.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Світлодіодна освітлювальна система, яка містить:
драйвер для отримання вхідної потужності ЗС (змінний струм) і генерування вихідної потужності, причому драйвер має елемент зберігання енергії для зберігання вказаної вхідної потужності ЗС як накопичуваної потужності, коли вказана вхідна потужність ЗС вища, ніж потрібно, щоб генерувати вказану вихідну потужність, і для подачі вказаної накопичуваної потужності, коли вказана вхідна потужність ЗС нижча, ніж потрібно, щоб генерувати вказану вихідну потужність; і
принаймні один світлодіод, який отримує вказану вихідну потужність;
де вказаний драйвер дозволяє вказаній вихідній потужності змінюватися на попередньо визначену величину, так що вказаний принаймні один світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, і вказаний елемент зберігання енергії має зменшену вимогу до ємності, оскільки вказана попередньо визначена величина збільшена, причому вказаний драйвер містить схему випрямлення для випрямлення вказаної вхідної потужності ЗС і генерування випрямленої потужності ПС (постійний струм), та вихідний конденсатор, підключений паралельно вказаній схемі випрямлення.

2. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що вказана вихідна потужність має середню вихідну потужність, і вказана попередньо визначена величина складає не більше приблизно $\pm 50\%$ вказаної середньої вихідної потужності.

3. Система за пп. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що вказаний драйвер містить:

- 5 першу схему для зменшення пульсації напруги вказаної випрямленої потужності ПС; і
- другу схему для генерування вказаної вихідної потужності в формі джерела струму;

4. Система за п. 3, яка **відрізняється** тим, що вказана перша схема містить вказаний вихідний конденсатор, підключений паралельно вказаній схемі випрямлення між вказаною схемою

10 випрямлення і вказаною другою схемою.

5. Система за будь-яким з пп. 3-4, яка **відрізняється** тим, що вказана друга схема являє собою схему зменшення пульсації струму.

6. Система за будь-яким з пп. 3-4, яка **відрізняється** тим, що вказана друга схема містить котушку індуктивності.

15 7. Система за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що вхідна потужність ЗС забезпечується джерелом вхідної потужності ЗС, і вказаний драйвер містить:

засоби для зменшення чутливості вказаної вихідної потужності, що подається до вказаного принаймні одного світлодіода до коливань в напрузі вхідної потужності ЗС.

20 8. Система за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що вхідна потужність ЗС забезпечується джерелом вхідної потужності ЗС, і вказаний драйвер містить:

вхідну котушку індуктивності, забезпечену послідовно між вказаним джерелом вхідної потужності ЗС і вказаною схемою випрямлення.

9. Система за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що вказана вхідна потужність ЗС забезпечена джерелом вхідної потужності ЗС, і вказаний драйвер містить:

25 вхідний конденсатор, забезпечений послідовно між вказаним джерелом вхідної потужності ЗС і вказаною схемою випрямлення.

10. Система за будь-яким з пп. 1-9, яка **відрізняється** тим, що робочі і/або проектні параметри вказаного принаймні одного світлодіода вибрані так, що вказана величина, на яку дозволено змінюватись вихідній потужності, може бути збільшена.

30 11. Система за будь-яким з пп. 1-10, яка **відрізняється** тим, що теплові характеристики вказаного принаймні одного світлодіода вибрані так, що вказана попередньо визначена величина, на яку дозволено змінюватись вказаній вихідній потужності, може бути збільшена.

12. Спосіб експлуатації світлодіодної освітлювальної системи, який включає етапи: забезпечення вхідної потужності ЗС;

35 випрямлення вказаної вхідної напруги ЗС для генерування випрямленої потужності ПС; генерування вихідної потужності для подачі на принаймні один світлодіод;

зберігання вказаної вхідної потужності ЗС як накопичуваної потужності в елементі зберігання енергії, коли вказана вхідна потужність ЗС вища, ніж потрібно, для генерування вказаної вихідної потужності;

40 подача вказаної накопичуваної потужності з вказаного елемента зберігання енергії, коли вказана вхідна потужність ЗС нижча, ніж потрібно, для генерування вказаної вихідної потужності;

забезпечення вихідного конденсатора для прийому вказаної випрямленої потужності ПС, та

45 забезпечення можливості вказаній вихідній потужності змінюватись так, що вказаний принаймні один світлодіод забезпечує безперервний потік, помітний людському оку, і вказаний елемент зберігання енергії має зменшену вимогу до ємності, оскільки вказана попередньо визначена величина збільшена.

13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що включає етапи: зменшення пульсації напруги вказаної випрямленої потужності ПС;

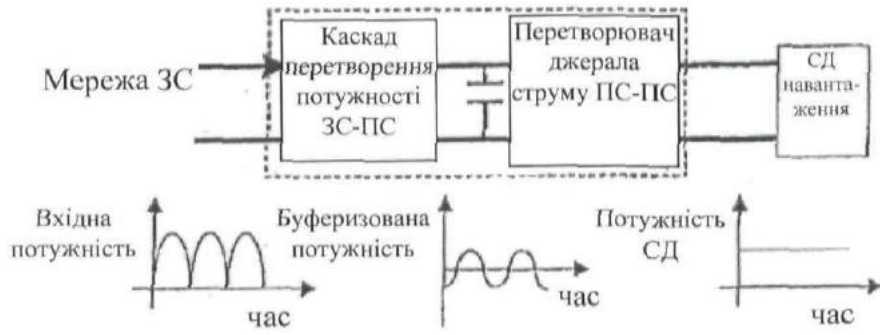
50 генерування вказаної вихідної потужності в формі джерела струму з вказаної випрямленої потужності ПС зі зменшеною пульсацією напруги; і

подача вказаного джерела струму як входу на вказаний принаймні один світлодіод.

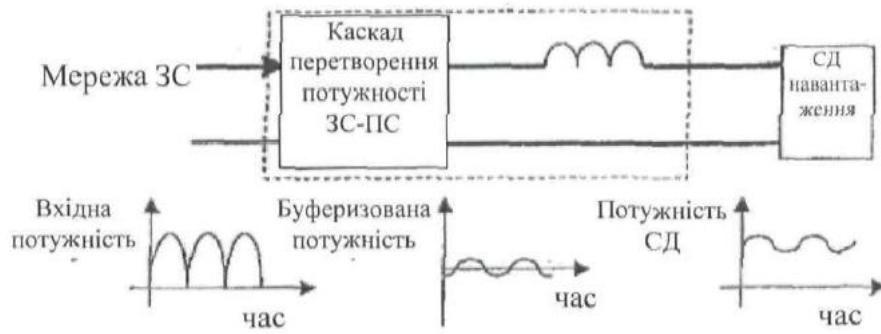
14. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що включає етапи: забезпечення входу ЗС для забезпечення вказаної вхідної потужності ЗС, та

55 зменшення чутливості вказаної вихідної потужності, яку подають на вказаний принаймні один світлодіод, до коливань напруги вказаної вхідної потужності ЗС.

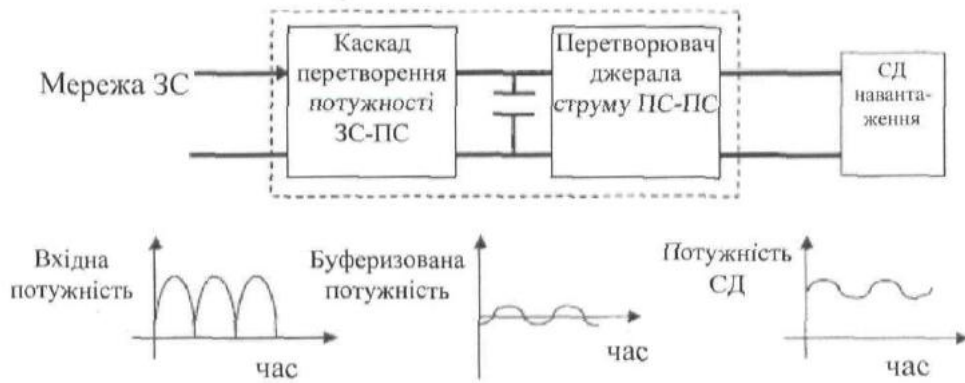
Рівень техніки



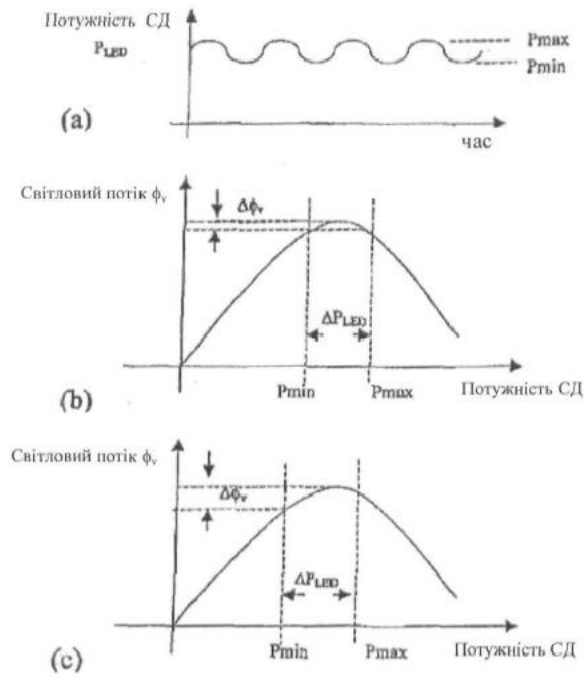
ФІГ. 1



ФІГ. 2(а)



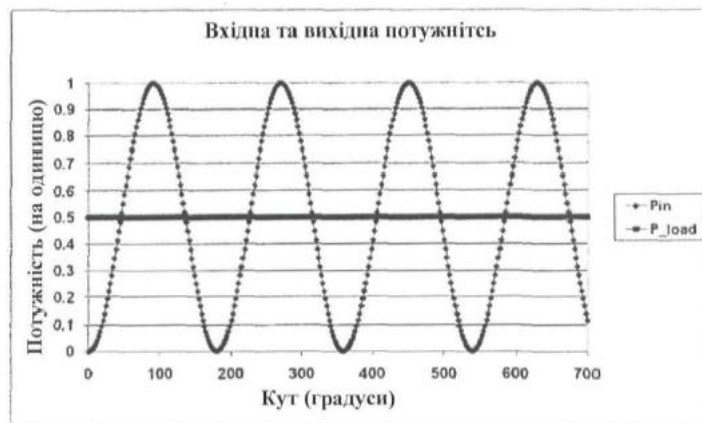
ФІГ. 2(б)



ФІГ. 3



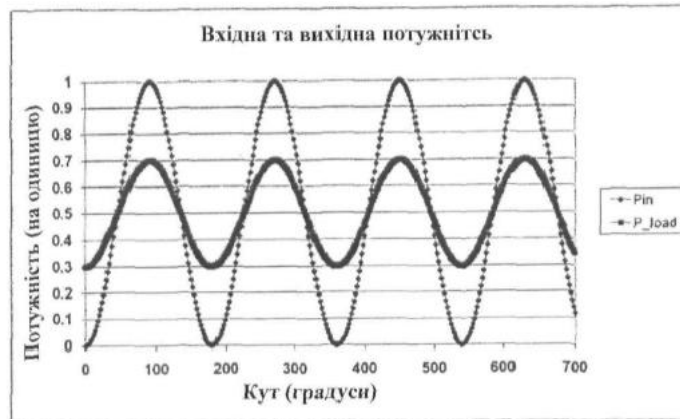
ФІГ. 4



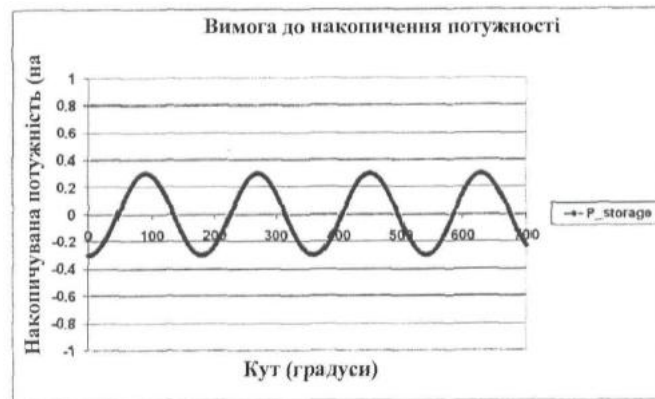
ФІГ. 5(a)



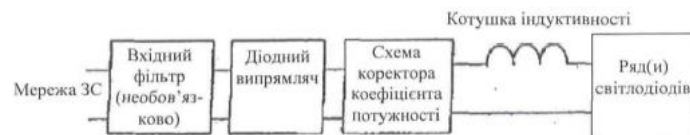
ФІГ. 5(b)



ФІГ. 6(a)



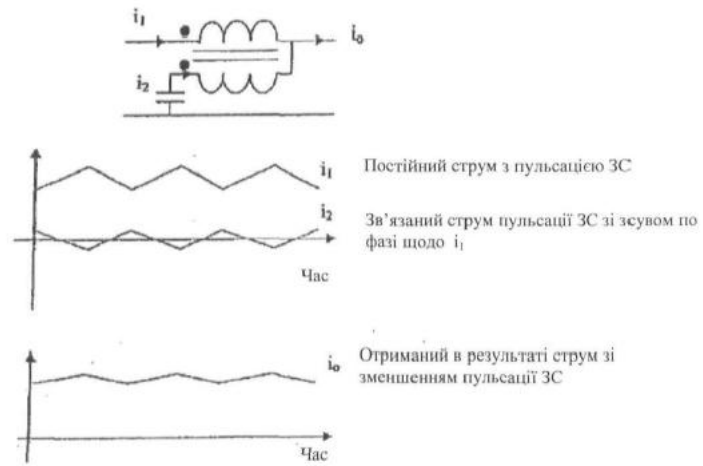
ФІГ. 6(b)



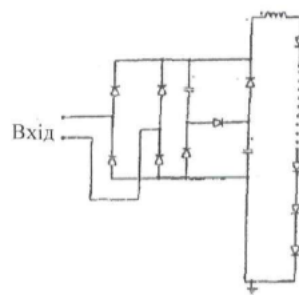
ФІГ. 7(a)



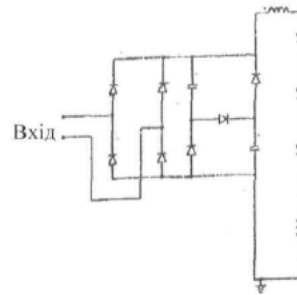
ФІГ. 7(b)



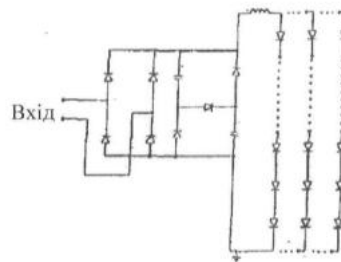
ФІГ. 7(с)



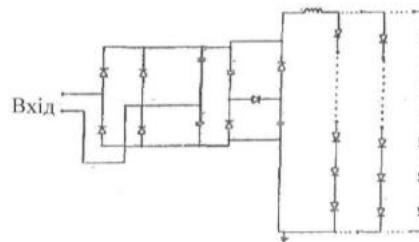
ФІГ. 8



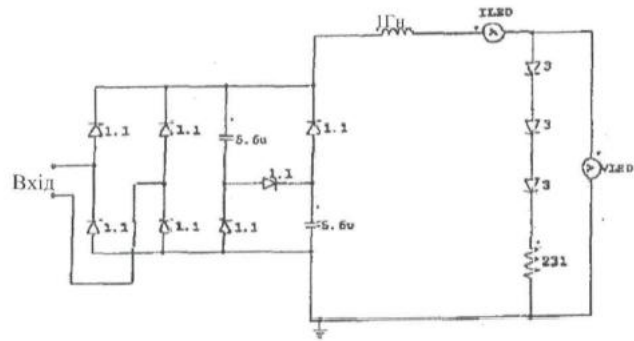
ФІГ. 9



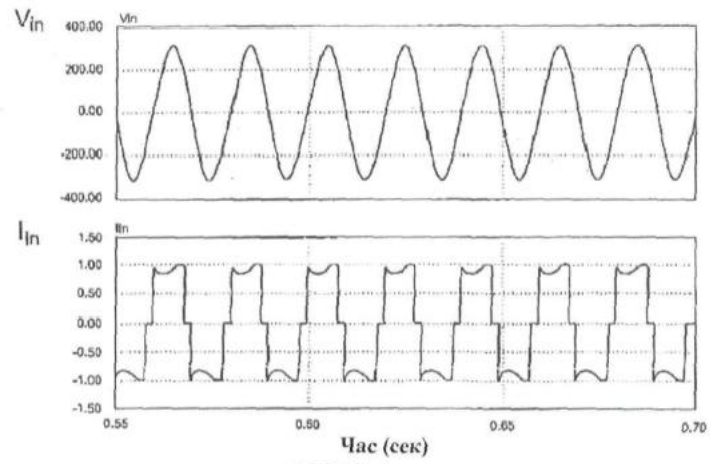
ФІГ. 10



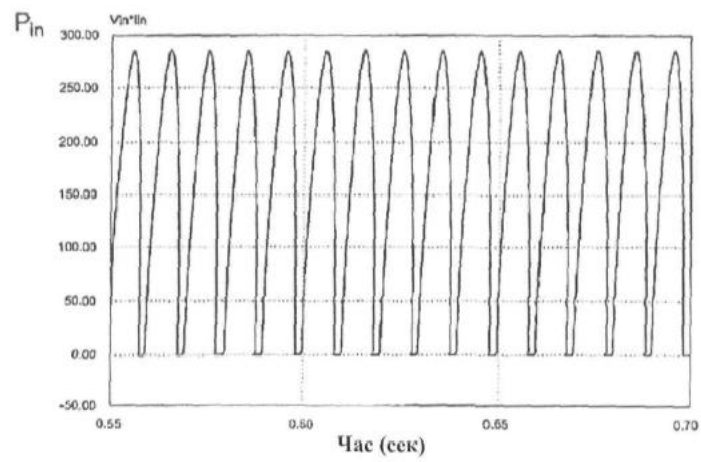
ФІГ. 11



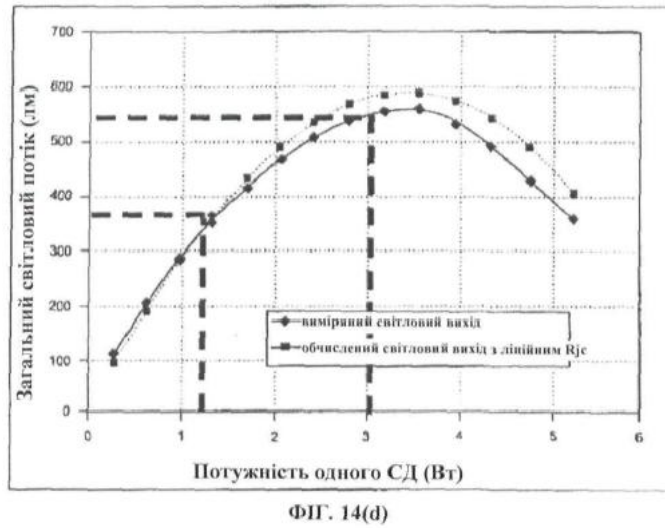
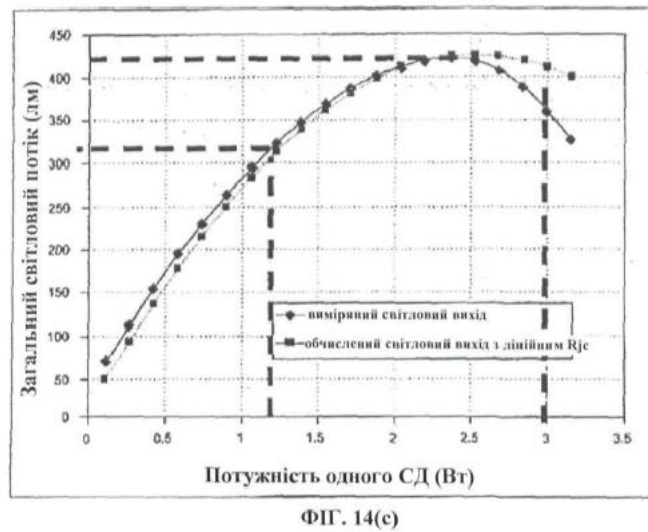
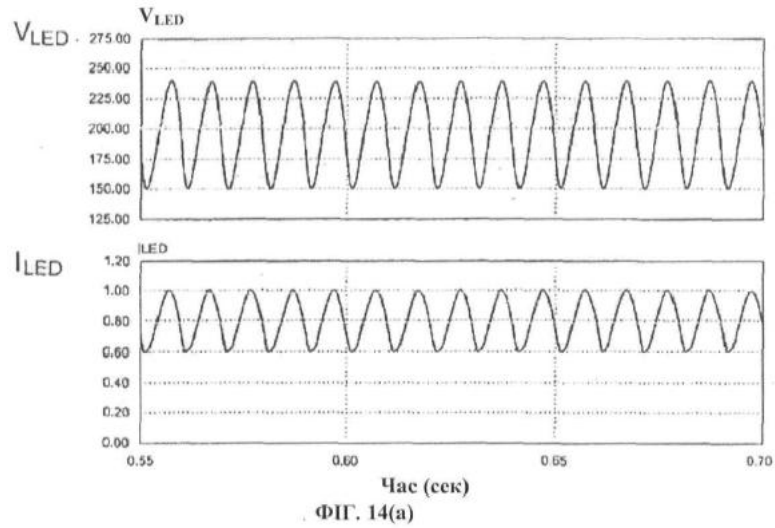
ФІГ. 12

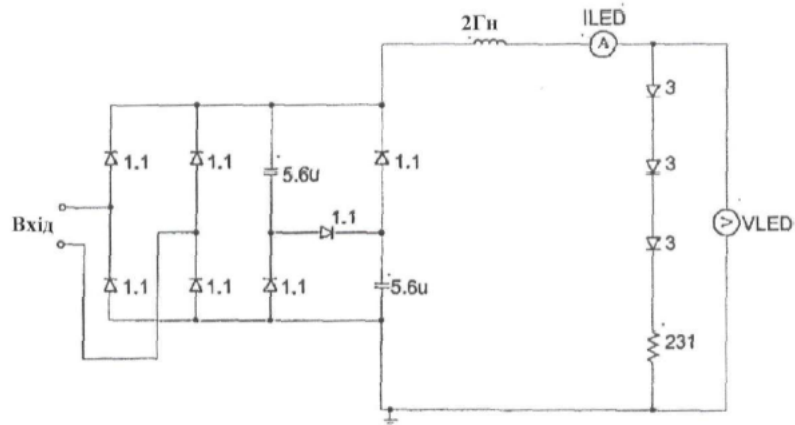


ФІГ. 13(a)

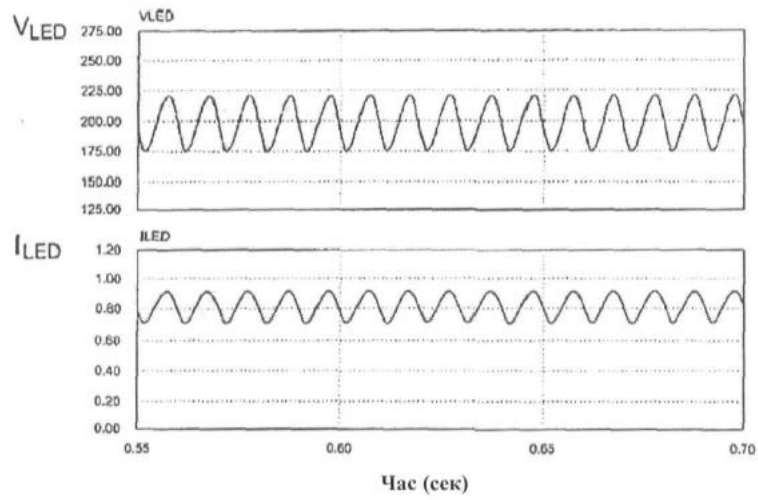


ФІГ. 13(b)

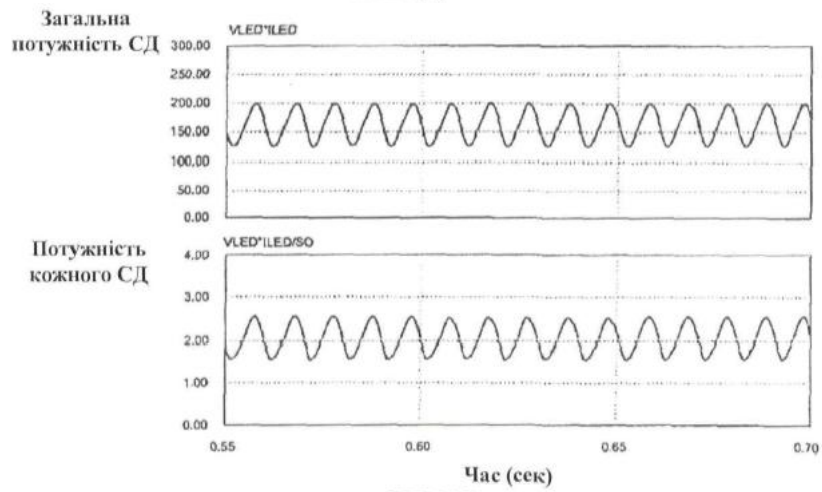




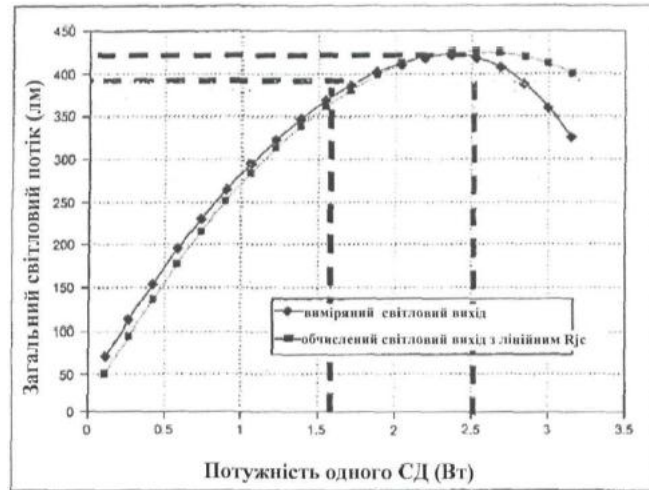
ФІГ. 15



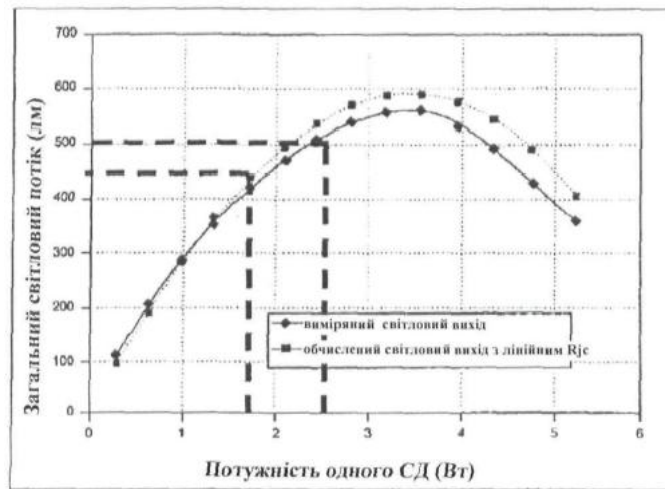
ФІГ. 16(a)



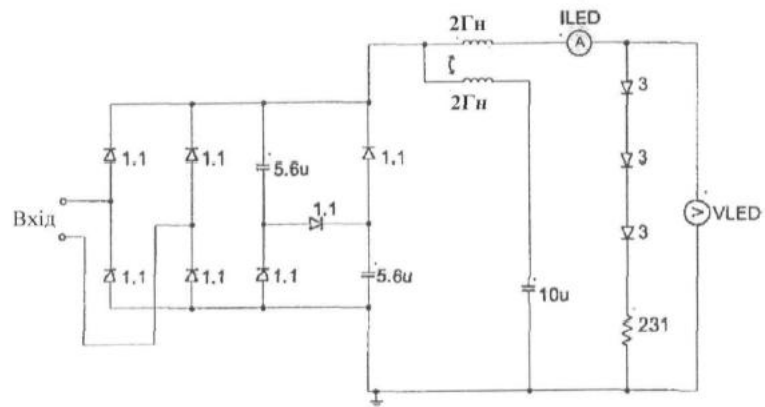
ФІГ. 16(b)



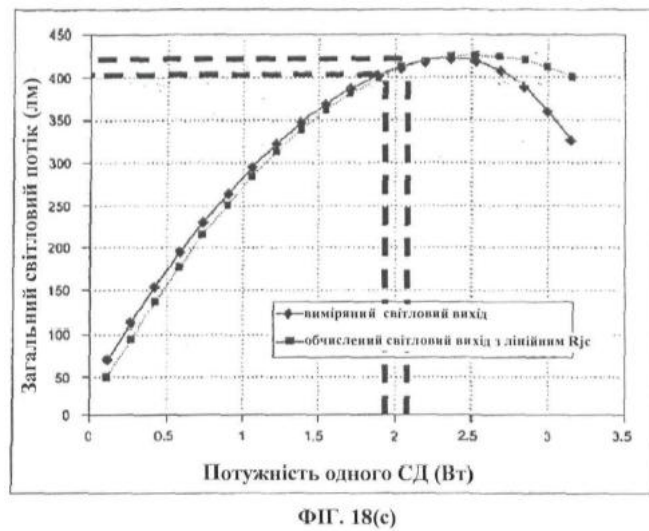
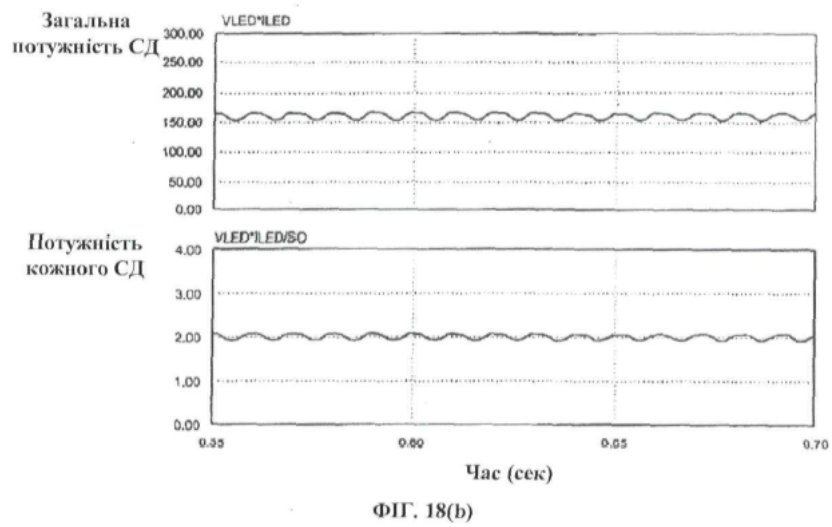
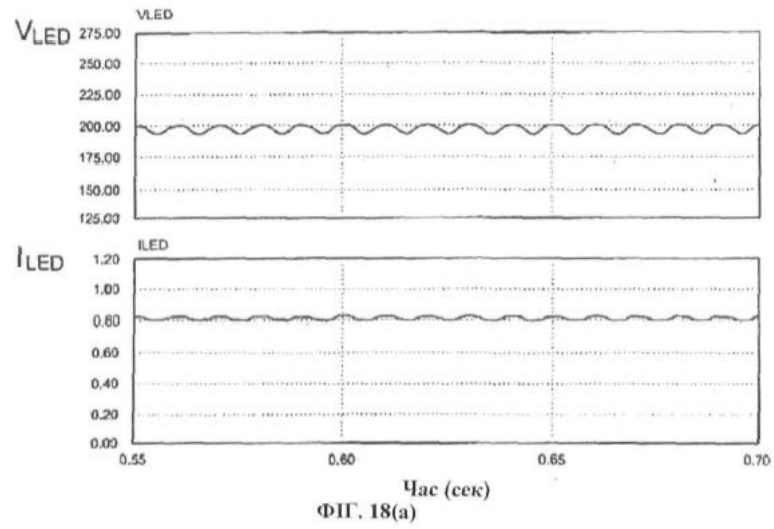
ФІГ. 16(c)

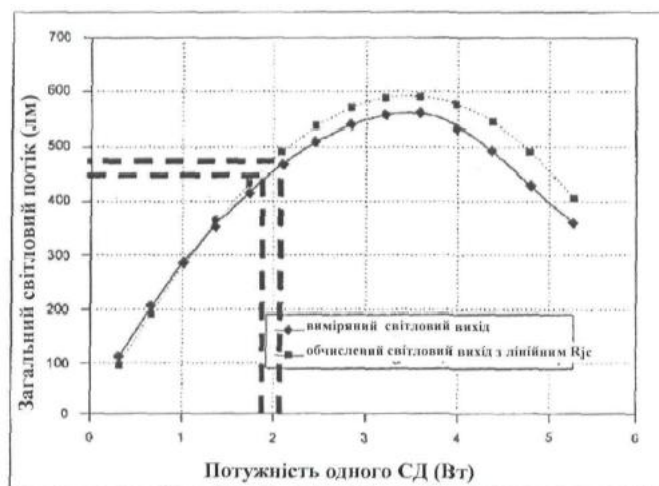


ФІГ. 16(d)

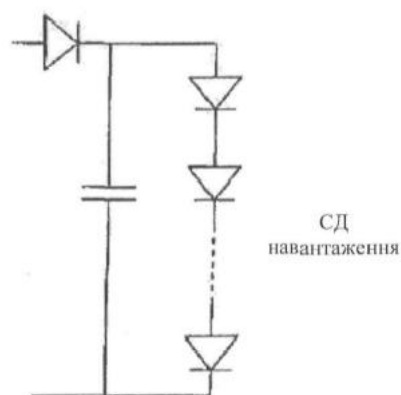


ФІГ. 17

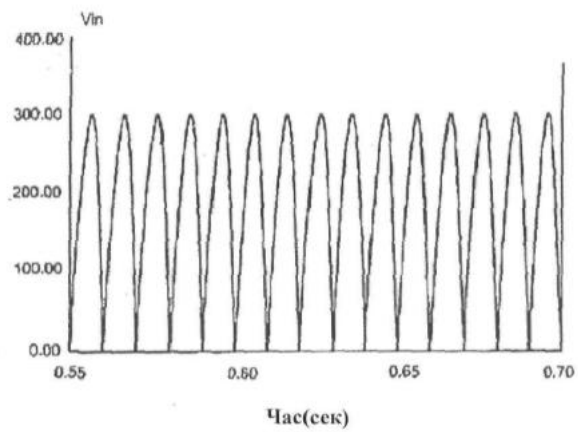




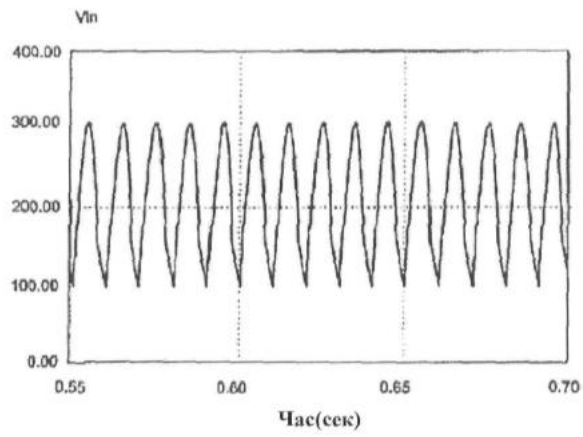
ФІГ. 18(d)



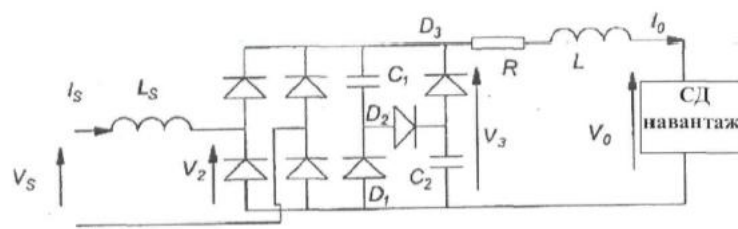
ФІГ. 19



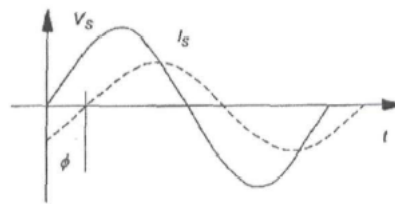
ФІГ. 20(a)



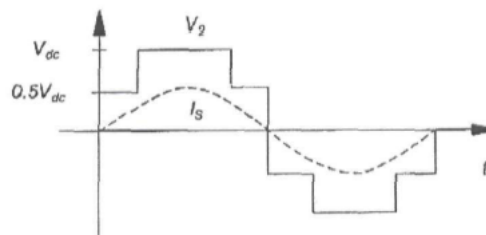
Фиг. 20(b)



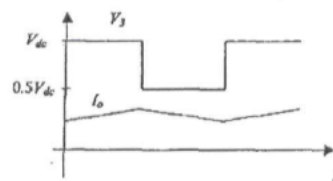
Фиг. 21



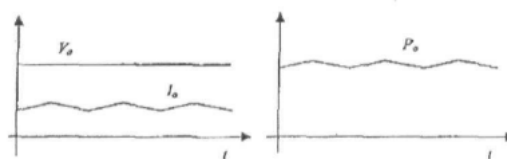
Фиг. 22(a)



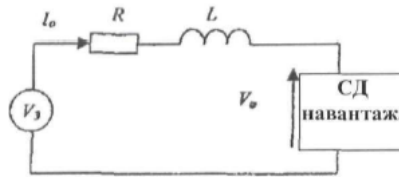
Фиг. 22(b)



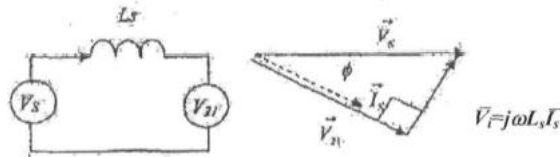
Фиг. 22(c)



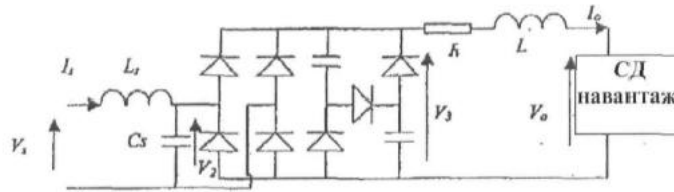
Фиг. 22(d)



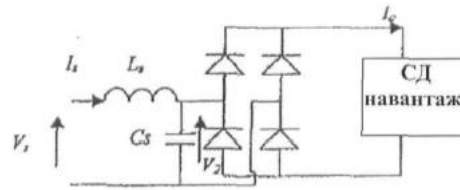
ФІГ. 23



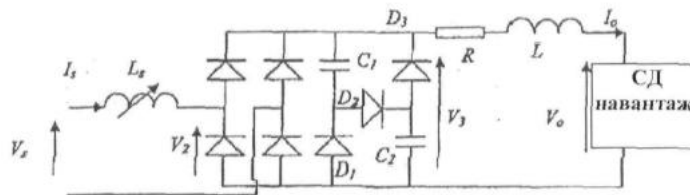
ФІГ. 24



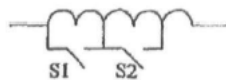
ФІГ. 25



ФІГ. 26

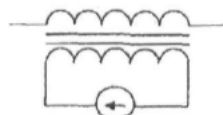


ФІГ. 27



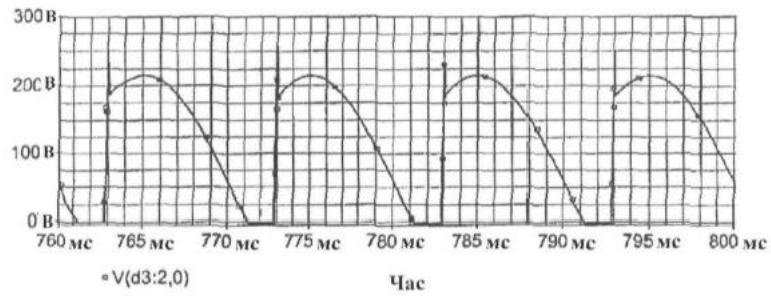
Перемикачі для регулювання відводами

ФІГ. 28

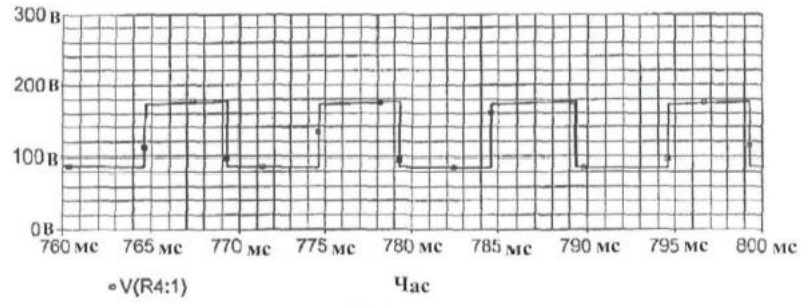


Регулюєме джерело струму

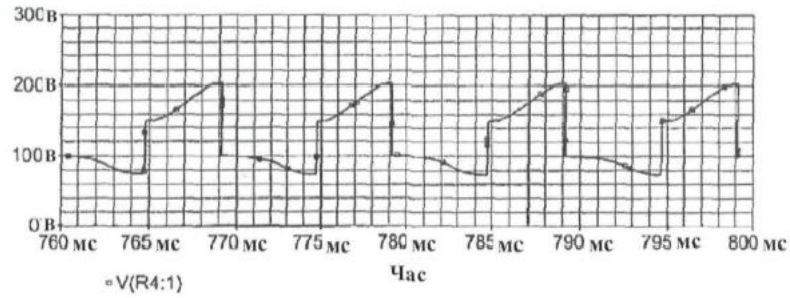
ФІГ. 29



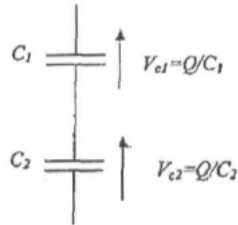
Фиг. 30



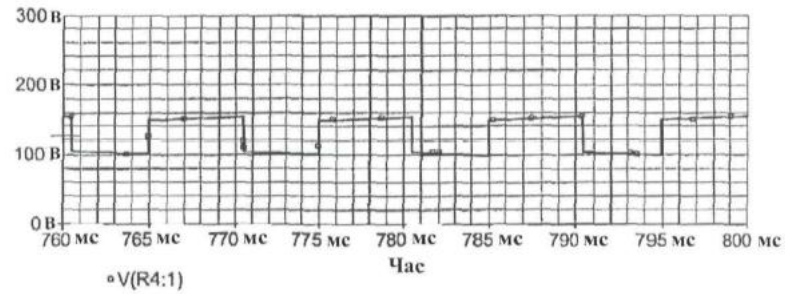
Фиг. 31(a)



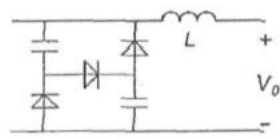
Фиг. 31(b)



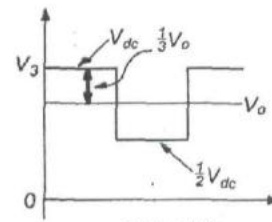
Фиг. 32



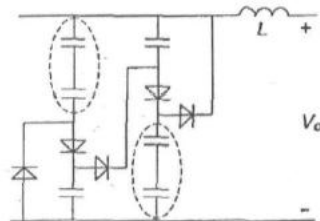
Фиг. 33



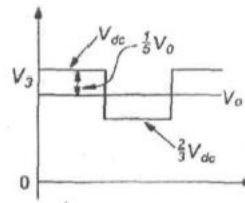
Фиг. 34(а)



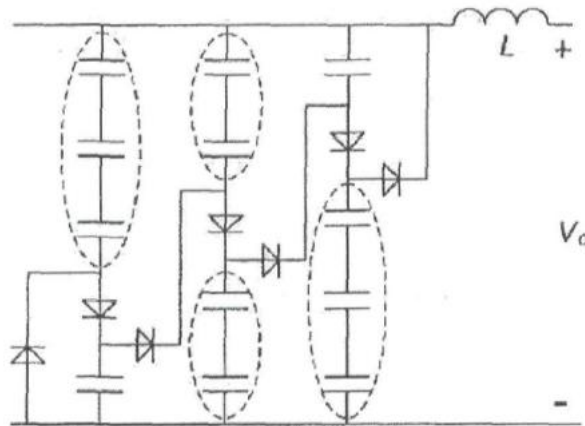
Фиг. 34(б)



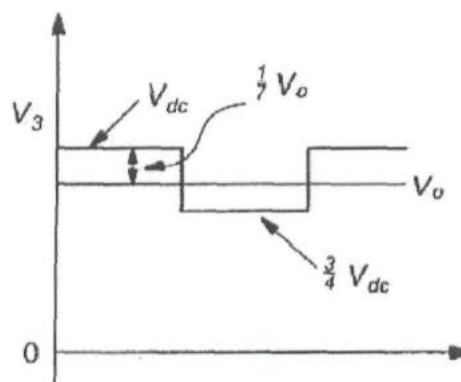
Фиг. 35(а)



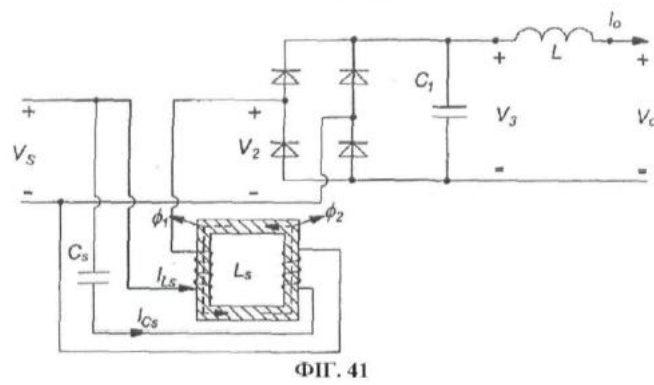
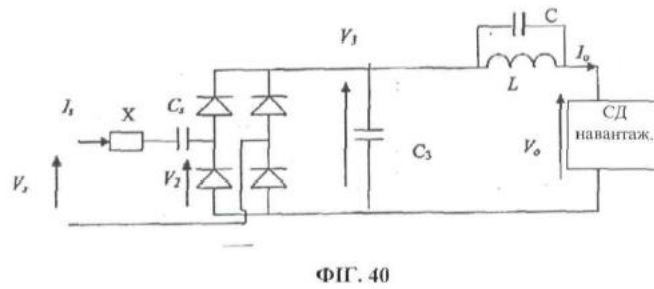
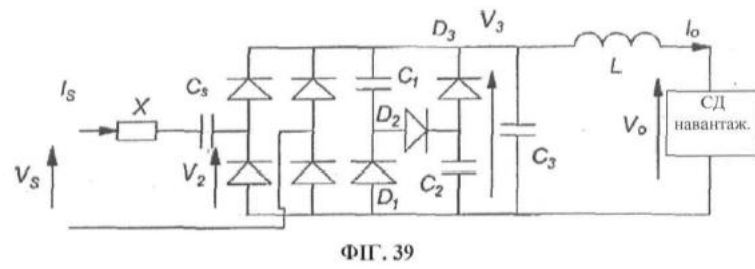
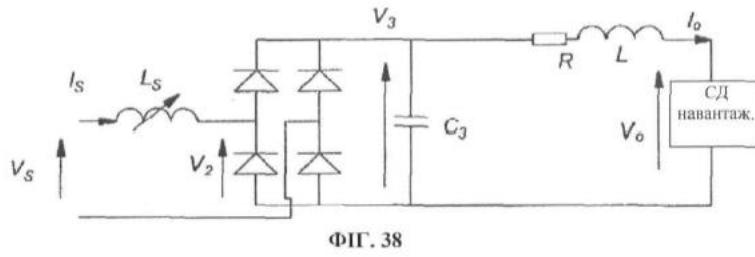
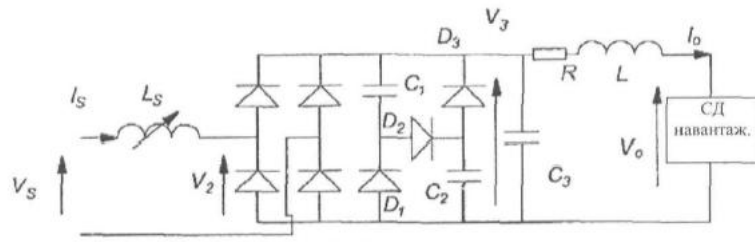
Фиг. 35(б)

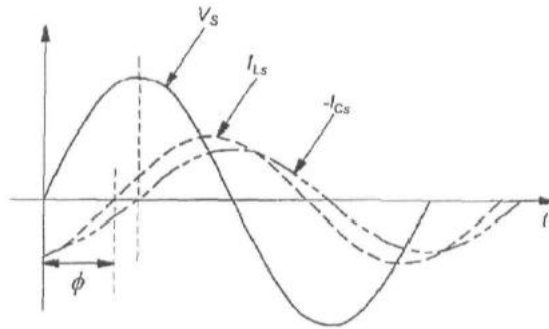


Фиг. 36(а)

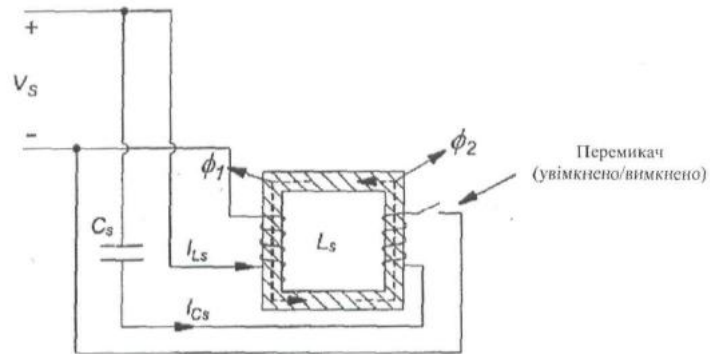


Фиг. 36(б)

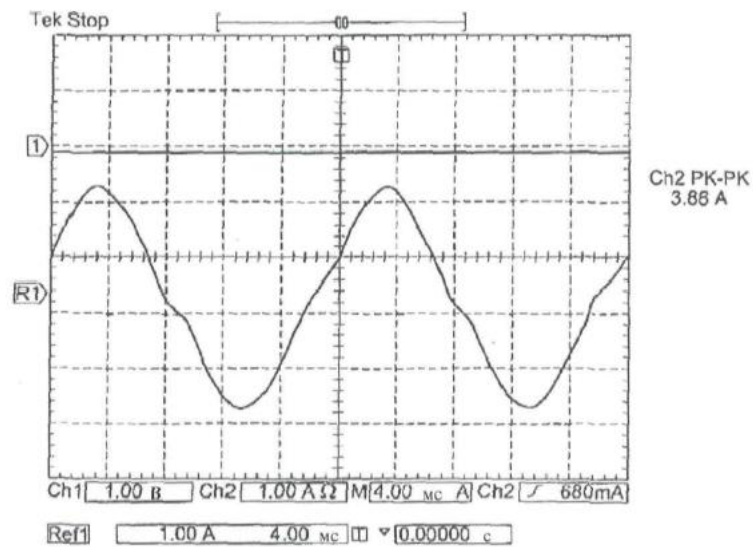




ФІГ. 42



ФІГ. 43



ФІГ. 44

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601