

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Імпульсний стабілізатор струму для світлодіодних
світлодіодів

Виконав: студент II курсу, групи 8.1710

спеціальності 171 «Електроніка»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Електроніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Шмак С.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник зав. каф. дін. проф. Крицька Т.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


Рецензент заст. каф. Шершов С.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 171 «Електроніка»
(код і назва)
Освітня програма Електроніка
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Критська Т.В.
“ _____ ”  2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Штак Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Імпульсний стабілізатор струму для світлодіодних світлодіодів

керівник роботи зав. каф. ел. прог. Критська Т.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від “ _____ ” 20 _____ року № _____

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи напряга мережі живлення 220В, вихідна напруга 12В, імпульсний стабілізатор струму, частота мережі живлення 50Гц

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Світлодіодні джерела світла. Основні характеристики світлодіодів 2. Імпульсний стабілізатор струму. Типи й характеристики стабілізаторів струму. 3. Інтегральні драйвери для світлодіодного освітлення. 4. Розрахункові частоти. 5. Конструкторська технологія технологія. 6. Техніко-експериментальне обґрунтування

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Моделі вітлодіючих ламп
2. Принципова схема димосеки напруги
3. Блок-схема імпульсного димосеки розв'язки
4. Модельовані
5. Деталізація
6. Технічне креслення
7. Літварний зразок з структурою праці за з'ясуванням

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
2	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
3	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
4	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
5	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
6	зав. каф. етп, проф. Крицька Т.В.	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділ 1	1.06.21	
	Розділ 2	15.06.21	
	Розділ 3	20.06.21	
	Розділ 4	30.06.21	
	Розділ 5	20.11.21	
	Розділ 6	30.11.21	

Студент *[підпис]* Шош С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) *[підпис]* Крицька Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[підпис]* Гришук К.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1 СВІТЛОДІОДНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

Світлодіодні джерела світла (Light-emitting diode, LED) або LED - тип джерел світла, в яких використовуються світлодіоди - напівпровідникові прилади, що випромінюють світло під дією електричного струму, що проходить через кристали або фотодіоди - поглинаючі світло, які під дією променів світла накопичують електрони створюючи електричний потенціал.

Потужні напівпровідникові світлодіоди, включаючи органічні або полімерні (OLED) були створені в кінці XX століття для заміни традиційних джерел світла: ламп розжарювання, дугових і газорозрядних ламп, або джерел світла полум'я (факел, калільна лампа).

1.1 Введення

Випускає світло (ВІДОМИЙ) діод є джерелом світла напівпровідника. LEDs використовуються як лампи індикатора в багатьох пристроях і дедалі більше стали використовуватися для освітлення. Введений в якості практичного електронного компонента в 1962, на початку LEDs випускав червоне світло низької інтенсивності, але зараз сучасні версії доступні для видимих, ультрафіолетових та інфрачервоних довжин хвиль, причому з дуже високою яскравістю.

Цей ВІДОМИЙ випромінюючий світло заснований на діод напівпровідника. Зазвичай у будь-якому напівпровідниковому діоді, у світлодіоді є р-n перехід. При пропусканні електричного струму в прямому напрямку носії заряду - електрони та дірки - трансформуються (рекомбінують) з випромінюванням фотонів (через перехід електронів з одного енергетичного рівня на інший).

Але не всі напівпровідникові матеріали ефективно випромінюють світло при рекомбінації. Найкращі випромінювачі відносяться до прямозонних напівпровідників (до таких, у яких дозволені прямі оптичні переходи зона-зона), типу АІІВV (наприклад, GaAs або InP) та АІІВVI (наприклад, ZnSe або

CdTe). Варіюючи склади напівпровідників, можна створювати світлодіоди для великого діапазону довжин хвиль (спектру) від ультрафіолету (GaN) до середнього УФ-інфрачервоного діапазону (PbS).

Діоди, що виготовляються з непрямозонних напівпровідників (як кремнію, германію або карбїду кремнію), світло практично не випромінюють.

Однак, у зв'язку з розвитком кремнієвої технології, ведуться роботи зі створення світлодіодів на основі кремнію. Крім того, останнім часом розробляються технології на базі квантових точок і фотонних кристалів. При повторному включенні діода електрони можуть повторно об'єднатися з дірками в межах пристрою, випускаючи енергію у формі фотонів. Цей ефект називають електролюмінесценцією, і колір світла (відповідно до енергії фотона (довжиною хвилі)) і визначений енергетичним станом напівпровідника. ВЕДОМІЙ (діод) є зазвичай маленьким за площею (менше ніж 1 мм²), і інтегровані оптичні компоненти використовуються, щоб сформувати його променевий зразок та допомогти у відображенні. LEDs мають багато переваг перед гострими джерелами світла, включаючи більш низьке споживання енергії, більш довге ціле життя, покращену надійність, менший розмір, більш швидке перемикавання, та більшу тривалість та надійність у роботі. Однак вони відносно дорогі і вимагають більш точного потоку та управління високою температурою, ніж традиційні джерела світла. Продукти LED для загального освітлення більш дорогі, ніж флуоресцентні джерела, лампи порівнянної продукції.

Вони також приємніші при використанні у настільки ж різноманітних умовах після заміни традиційних джерел світла у освітленні авіації, автомобільного транспорту та освітленні (особливо індикатори) та у транспортних сигналах. Компактний розмір LEDs дозволив отримати новий текст, відео покази і застосувати як більш датчики, що розвиваються, одночасно маючи високі норми перемикавання вони корисні в передовій технології комунікацій.

1.2 Технологія

Як нормальний діод, ВІДОМИЙ складається з чіпа напівпровідникового матеріалу, що лакується з домішками, щоб створити р-п з'єднання. Як в інших діодах, потік тече легко від р-сторони, або анода, до п-сторони, або катода, але не у зворотному напрямку. Електрони кур'єрів-звинувачення та потік отворів у з'єднання рухаються від електродів з різною напругою. Коли електрон зустрічає отвір, він падає як би в яму з нижчим рівнем енергії і віддає енергію у формі фотона.

Довжина хвилі світла, що випускається, визначає його колір, і залежить від енергії проміжку смуги матеріалів, що формують р-п з'єднання. У кремнії або діодах германію, електрони та отвори повторно поєднуються невидимим переходом, який не виробляє жодної оптичної емісії, тому що вони - непрямі матеріали проміжку смуги. Матеріали, що використовуються світло ВІДОМОГО, мають прямий проміжок смуги з енергіями, що відповідають майже інфрачервоному, видимому або ультрафіолетовому світлу, кольору.

ВІДОМИЙ розвиток почався з інфрачервоних і червоних пристроїв, зроблених з арсенідом галію. Аванси в науці матеріалознавства уможливили виробництво пристроїв з будь-коли-короткими довжинами хвилі, виробляючи світло з різноманітністю кольорів.

LEDs зазвичай ґрунтуються на підставі п-типу, з електродом, прикладеним до шару р-типу, депонованого (що базується) на його поверхні. Основа Р-типу, у той час менш загальні основи використовуються також. Багато комерційних LEDs, особливо GaN/InGaN, також використовують основу сапфіру. Більшість матеріалів, що використовуються для ВІДОМОГО виробництва, мають дуже високі заломлюючі показники. Це означає, що стільки світла буде відображено назад у матеріал у матеріальному/повітряному поверхневому інтерфейсі, скільки на нього падає. Тому Легке вилучення світла

в LEDs — важливий аспект ВІДОМОГО виробництва, що обумовлює велику кількість наукових досліджень.

1.3 Ефективність та експлуатаційний характер

Типовий індикатор LEDs розроблений для режиму експлуатації не більше ніж при напрузі 30-60 мВт електроенергії. Приблизно у 1999, Philips Lumileds вводив роботу LEDs, здатний до безперервного використання з одним ватом. Використовуваний набагато більший напівпровідник цих LED-зумованих розмірів, щоб можна було поводитися з більшою потужністю, що підводиться. Крім того, елементи напівпровідника були встановлені на металевих слимаках, щоб було видалення високої температури від ВІДОМОГО.

Одна з ключових переваг ВІДОМОГО на основі освітлення - його висока ефективність, що було виміряно його легкої продукції при потужності енергії, що підводиться. Білий LEDs швидко став відповідати і наздогнав ефективність стандартних систем освітлення. У 2002, Lumileds зробив LEDs доступним у п'ять ват з люмінесцентною ефективністю 18-22 люменів/ват [lm/W]. Для порівняння, звичайні 60-100 розжарювальних лампочок виробляють приблизно 15 lm/W, а стандартні флуоресцентні вогні виробляють до 100 lm/W! Повертаючись слід, що у тому, що ефективність падає драматично зі збільшенням потоку випромінювання. Цей ефект відомий як звисання і ефективно обмежує легку продукцію даного ВІДОМОГО випромінювача за рахунок збільшення нагрівання і воно більше, ніж для легкої продукції зі збільшенням потоку в люменах. [16]

У вересні 2003, новий тип синіх ВІДОМИХ демонструвався компанією Cree, Inc, щоб забезпечити 24 мВт у 20 milliamperes [mA]. Це виробило комерційно упаковане біле світло, що дає 65 lm/W в 20 mA, стаючи найяскравішим білим, який (ВІДОМИХ) був комерційно доступний в той час, і більш ніж у чотири рази більш ефективним, ніж стандарт incandescents. У 2006 вони демонстрували досвідчений зразок з рекордною білою ВІДОМОЮ

люмінесцентною ефективністю 131 lm/W у 20 мамах. Крім того, «Сеульський Півпровідник» має плани отримати віддачу в 135 lm/W до 2007 і 145 lm/W до 2008, які наблизилися б до удосконалення порядку величини за стандартом incandescents і краще навіть, ніж стандарт fluorescents. Корпорація Nichia розвинула біле, ВЕДОМЕ з люмінесцентною ефективністю 150 lm/W у передовому потоці 20 mA!.

Слід зазначити, що потужні (≥ 1 W) LEDs необхідні для практичних загальних заяв освітлення. Типові операційні потоки для цих пристроїв починаються в 350 mA.

Зауважте, що ці корисні дії для ВІДОМОГО чіпа проведені лише за низької температури в лабораторії. У освітленні, що працює з більш високою температурою і з втратами кругообігу процесу, ККД набагато нижче. Міністерство енергетики Сполучених Штатів, при випробуванні комерційних ВІДОМИХ ламп, маючи намір замінювати лампи накаливання, отримали, що середня ефективність була досі приблизно 46lm/W у 2009 (перевірена робота розташовувалася від 17 lm/W до 79 lm/W),[12].

«Крі» випустив прес-реліз 3 лютого 2010 року про лабораторний дослідний зразок, ВІДОМИЙ, який досяг 208 люменів/ват при кімнатній температурі. Кореляційна кольорова температура, як повідомляли, була 4579 K.

1.4 Колір та матеріали світлодіодів

Колір та матеріали світло випромінюючих діодів (СІД) визначають сферу їх застосування - від індикаторних цілей до джерел освітлення. Колір і спектр випромінювання світлодіодних (СІД) випромінювачів визначається фізичними параметрами P/N переходу напівпровідникових матеріалів, що використовуються.

Довжина хвилі світла, що випромінюється, залежить головним чином від ширини забороненої енергетичної зони P/N переходу, при цьому має силу наступна залежність: $\lambda = hc/E$

де:

λ - довжина хвилі, мкм

E - ширина забороненої зони, eV

$$hc = 1,2398$$

$$1 \text{ eV} = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Наприклад, у арсенід-галієвих (GaAs) світлодіодів величина E становить 1,43 eV, тому довжина хвилі λ дорівнює 0,87 мкм (при кімнатній температурі). Відповідна довжина хвилі для діодів на основі фосфіду індія (InP), що має E = 1,35 eV, становить 0,92 мкм (при кімнатній температурі).

Спектральна ширина смуги випромінювання світлодіода приблизно пропорційна квадрату довжини хвилі λ . Тому вона сильно збільшується в області довших хвиль. У таблиці 1.1 показані кольори, діапазон довжин хвиль, падіння напруги та склад матеріалу.

	Колір	Довжина хвилі (нанометри)	Напруга (V)	Матеріал напівпровідника
	Інфрачервоний колір	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.9$	Arsenide (GaAs) Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
	Червоний колір	$10 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (Проміжок)
	Помаранчевий колір	$90 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (Проміжок)
	Жовтий колір	$70 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (Проміжок)
	Зелений колір	$00 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN) Gallium(III) phosphide (Проміжок) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Aluminium gallium phosphide (Проміжок)
	Синій колір	$50 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride (InGaN) Silicon carbide (SiC) (як основа) Silicon (Si) як основа - (при розвитку)
	Фіолетовий колір	$00 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN)
	Фіолетовий колір	різновиди	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Подвійний синій/червоний СІД, синій з червоним люмінофором,
	Ультрафіолетове випромінювання	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$	Diamond (235 nm) Boron nitride (215 nm) Aluminium nitride (AlN) (210 nm) Aluminium gallium nitride (AlGaN) Aluminium gallium indium nitride (AlGaInN) — (down to 210 nm)
	Білий колір	Broad spectrum	$\Delta V = 3.5$	Синій СІД із жовтим люмінофором
	Білий колір	Broad spectrum	$\Delta V = 4.4$	Ультрафіолетовий СІД із білим люмінофором

Таблиця 1.1 – Матеріали світлодіодів та їх характеристики

1.5 Ультрафіолетові та сині світлодіоди

Світлодіоди з широкою забороненою зоною зазвичай створюють на основі GaN (нітрид галію), і InGaN (нітрид галію-індія).

Перші сині світло випромінюючі діоди (СІД) були створені в 1971 році Жаком Панковим в лабораторії RCA. Спочатку ці пристрої мали дуже невелику фотовіддачу, щоб знайти велике практичне застосування. Однак, в даний момент світлодіоди швидко знайшли застосування, наприклад, як яскраве

джерело випромінювання в індикаторних панелях різних приладів, наприклад, в автомобілях.

Наприкінці 1980-х, було досягнуто ключових великих досягнень у технології епітаксійного зростання матеріалу нітриду галію GaN з легуванням р-типу, описані в «сучасна ера оптоелектронних пристроїв на базі GaN». Використовуючи ці напрацювання, у 1993 році були продемонстровані сині світлодіоди (СІД) високої яскравості.

До кінця 1990-х сині світлодіоди СІД стали широко доступним.

Зелені СІД, виготовлені на базі системи InGaN-GaN, набагато ефективніші та яскравіші, ніж зелені СІД, вироблені з інших напівпровідникових систем.

З напівпровідниковими системами, що містять алюміній, найчастіше це AlGaIn та AlGaInN, можна досягти випромінювання ще більш коротких довжин хвиль. Вже зараз на ринку стають доступними ультрафіолетові СІД, що випромінюють світло в діапазоні коротких довжин хвиль. Майже всі ультрафіолетові СІД працюють в діапазоні довжин хвиль $\sim 375-395$ нм вже дешеві у виробництві і часто застосовуються, наприклад, для заміни лампи невидимого (УФ) випромінювання, для перевірки справжності грошових знаків та документів в УФ променях. Світловипромінюючі діоди з випромінюванням в області більш коротких довжин хвиль, поки що дорожчі. Однак і їх виробництво можливе аж до довжин хвиль 247 нм. Оскільки фоточутливість мікроорганізмів приблизно відповідає спектру поглинання ДНК, з піком приблизно 260 нм, ультрафіолетове (невидиме) випромінювання в області 250-270 нм може використовуватися в приладах для дезінфекції та пристроях для стерилізації приміщень та інструментів. Недавнє дослідження показало, що комерційно доступні ультрафіолетові СІД (365 нм) - вже застосовуються як ефективніший засіб при дезінфекції та для пристроїв стерилізації інструментів.

Світлодіоди для отримання далекого УФ-випромінювання були створені в лабораторіях, з використанням нітриду алюмінію (210 нм), нітрид бору (215 нм) та алмазу (235 нм).

1.6 Білий колір

Є три основних способи отримати інтенсивне біле світло при використанні світлодіодних випромінювачів СІД:

Перший спосіб полягає у використанні трьох світлодіодних випромінювачів, кожен з яких повинен випромінювати індивідуально один з трьох так званих основних кольорів (RGB) - червоний, зелений, і синій - при одночасному сприйнятті цих кольорів при певних інтенсивностях (Аддитивний синтез кольору) можливо отримати відчуття білого світла. Тут використовується ефект метамерії, при якому можна підібрати різні набори спектрів, які будуть відчуватися нами як біле світло.

Інший спосіб також використовує ефект метамерії. Він заснований на використанні люмінесцентного матеріалу для того, щоб до основного випромінювання синього світлодіода додати перетворений люмінофором жовтий колір у такій пропорції, щоб очі сприймали їх у вигляді білого кольору.

Ще один спосіб заснований також на використанні люмінесцентного матеріалу, але для того, щоб повністю перетворити монохроматичний ультрафіолетовий світло УФ до широкого спектра сприймається як біле світло. Так само працює наприклад флуоресцентна лампа. Нині цей принцип конструювання білих світлодіодних випромінювачів є основним.

1.7 RGB системи

Спектральні характеристики для синього, зеленого та червоного напівпровідникових твердотільних світловипромінюючих діодів високої яскравості. Спектральна ширина смуги випромінювання – приблизно 24-27 нанометрів для кожного із трьох кольорів.

Біле світло може бути зроблено шляхом одночасного випромінювання кількох СІД: — червоного, зеленого та синього. Цей метод деякі називають різнобарвним білим СІД (іноді називають RGB СІД). Його механізм пов'язані з властивістю нашого зору сприймати одночасне випромінювання кількох різних кольорів як білий колір, але це підхід рідко використовують із виробництва білих випромінювачів. Однак він може бути цікавий в інших додатках через гнучкість при необхідності отримувати відчуття різних кольорів, крім того, цей метод має більш високу квантову ефективність при емісії білого світла.

Існують кілька типів білих СІД: двох, трьох, і чотирьох кольорових.

1.8 Органічні світловипромінюючі діоди (OLEDs)

Якщо світловипромінюючий діод створено з урахуванням органічних матеріалів, такий випромінювач відомий як світловипромінюючий діод з урахуванням органічних сполук (OLED). Щоб функціонувати як напівпровідник, органічний матеріал випромінювача повинен мати параметри напівпровідника. Матеріалом такого випромінювача можуть бути органічні молекули чи полімери. Матеріали полімеру можуть бути гнучкими; такі OLEDs відомі як PLEDs або FLEDs.

Порівняно зі стандартними неорганічними СІД, OLEDs легше, а матеріал для їх виготовлення може мати і спеціальні характеристики, для того щоб забезпечити наприклад гнучкість світловипромінюючої панелі. Передбачається, що в майбутньому OLEDs будуть недорогими, гнучкими пристроями для використання в дисплеях, джерелах світла та як елементи художнього оформлення.

OLEDs використовуються у виробництві дисплеїв для портативних електронних пристроїв, типу стільникових телефонів, цифрових камер та MP3-плеєрів. Демонструвалися також і великі дисплеї, але їх тривалість роботи все ще занадто мала (<1 000 годин) для того, щоб стати широко застосовними в практичних цілях.

Сьогодні, OLEDs працюють з значно нижчою ефективністю, ніж неорганічний СІД.

1.9 Квантовий точковий (експериментальний) СІД

Квантові точки - світіння в нанокристалах напівпровідника при пропусканні через них струму, що мають унікальні оптичні властивості. Колір їх емісії може варіювати у всьому спектрі видимого світла включаючи інфрачервоний ділянку.

У вересні 2009 року Група Nanoso оголосила, що підписала об'єднану угоду розвитку з однією з провідних японських компанією електроніки, за сприяння якої вона розроблятиме світло випромінюючі діоди СІД створені на базі випромінюючих квантових точок. Передбачається, що можуть знайти застосування при створенні нового покоління плоских екранов.

1.10 Мініатюрні СІД

Фото світловипромінюючих діодів СІД, розміщених для наочності поруч із сірником, із зовнішніми діаметрами 8 мм., 5 мм. та 3 мм.

Мініатюрні світловипромінюючі діоди є головним чином дискретними СІД, які в основному використовуються як індикатори, вони мають різні розміри з діаметром корпусу від 2 мм до 8 мм, виготовляються у вигляді окремих корпусних приладів або у вигляді чіпів, пристосованих для поверхневого монтажу. Вони зазвичай прості у використанні і вимагають окремого охолодження.[13] Типові струми споживання відповідають від 1 міліампера до 20 міліампер. При цьому незважаючи на невеликі розміри

приладів, їх поверхня більш ніж достатня для природного охолодження випромінюючого переходу і не потребує додаткового тепловідведення.

1.11 СІД Середньої потужності

СІД середньої потужності використовуються, коли необхідна світлова віддача лише на рівні кількох люменів. Їх іноді виготовляють у вигляді пристрою, що складається з чотирьох кристалів, яке використовує (два катоди і два аноди) з поліпшеним відведенням температури від кристалів, і має інтегровану полімерну лінзу. Наприклад, світлодіодні випромінювачі компанії Philips Lumileds. Ці СІД зазвичай використовуються як аварійне освітлення, наприклад при пожежі та в автомобільних задніх фарах. Вони можуть працювати з вищими струмами (приблизно до 100 міліампер). Вищий струм має на увазі і більш високу світлову віддачу, потрібну для задніх автомобільних фар і аварійного пожежного освітлення.

1.12 Потужні СІД

Високопотужні випромінювачі СІД від Philips Lumileds, які застосовуються як елементи освітлення, встановлюють на друковану плату у формі зірки діаметром 21 мм. Потужні СІД (HPLED) можуть працювати при режимах з силою струму в ланцюзі від сотень міліампер до Ампера і більше порівняно з десятками міліампер для звичайних СІД. Деякі випромінювачі можуть досягати яскравості більш ніж тисячі, люмен. Так як перегрів є руйнівним фактором для чіпа, HPLEDs повинен бути встановлений на основі тепловідведення, що переносить теплове випромінювання від чіпа до зовнішнього радіатора. Якщо високе теплове випромінювання HPLED не буде відведено, пристрій може бути спалений за секунди. Єдиний чіп HPLED часто може замінювати лампу розжарювання в прожекторі, або може бути зібраний у вигляді матриці чіпів, що формують потужне джерело світла.

Деякі відомі HPLEDs у цій категорії - "Випромінюючий діод Lumileds, Osram Opto Напівпровідниковий Золотий Дракон і X-лампа Cree". На вересень

2009 ефективність деяких HPLEDs, виготовлених Cree Inc, тепер перевищує 105 lm/W (наприклад XP-г XLamp світловипромінюючий чіп, що випромінює холодне (характеристика колірної температури) біле світло), застосовується в лампах, призначених для заміни ламп розжарювання, галогенних, і навіть флуоресцентних джерел світла, оскільки LEDs стають все більш конкурентоспроможними.

1.13 Використання

Системи LEDs характеризуються чотирма головними категоріями:

- Зорове (візуальне) сприйняття сигналу, який у вигляді світла йде більш-менш безпосередньо в людське око, і передається в мозок.
- Освітлення, коли ВІДОМЕ світло відображено від об'єкта, дає візуальну відповідь цих об'єктів.
- Випромінювання світла з характеристиками, незалежними з процесами, що залучають людську візуальну систему.
- Звуження смуги датчиків світла, де ВІДОМИМ керують способом зворотного ухилу та чуйного до світла інциденту замість того, щоб випустити світло.

1.14 Індикатори та характеристики

Низьке споживання енергії, низькі експлуатаційні витрати та невеликий розмір сучасного LEDs призвели до систем як індикатори статусу та їх покази юазуються на різноманітності обладнання та споруд. Велика область ВЕЛА, покази стадіонів та як динамічні декоративні покази. Тонкі, легкі покази сполучення використовуються в аеропортах та залізничних станціях як покази призначення для поїздів, автобусів, трамваїв та поромів.

Одиночному кольоровому світлу добре задовольняють робота світлофорів та сигналів ознак поведінки транспорту у надзвичайній ситуації, як освітлення транспортного засобу, ліхтарі суден та ВІДОМІ промені світла

Різдвяних вогнів. У холодних кліматах, ВІДОМИЙ світлофор може залишитися покритим снігом. області, наприклад, вечірнє спостереження часу тварин і військове польове використання.

Через їхнє довге життя і швидке перемикання, LEDs використовувалися для автомобільних сильних гальмівних засобів з видачею сигналів як у: у вантажівки та автобусах — гальмівних сигналів, сигналів повороту протягом деякого часу, але багато транспортних засобів тепер використовують LEDs для систем освітлення задніми ліхтарями.

Використання LEDs також має переваги моделювання, тому що LEDs здатні до формування набагато тонших вогнів, ніж накалині лампи з параболічним відбивачем. Піддаються суттєвому вдосконаленню скорочення часу спрацьовування, витрачене на освітлення, що (можливо швидше на 0.5 секунди, ніж жарка) покращує безпеку, даючи водіям більше часу, щоб реагувати. Повідомлялося, що на нормальному шосе прискорення світла дорівнює збільшеному часу реакції довжини одного автомобіля, що йде позаду. Білі ВІДОМІ фари починають застосовувати в подвійному кругообігу інтенсивності (тобто тилові маркери та гальма), і якщо LEDs не пульсуються в досить швидкій частоті, вони можуть створити безліч аварій, де примарні зображення ВІДОМОГО з'являться, чи очі швидко переглядають поперек множини.

Внаслідок відносної дешевизни низької продукції LEDs, вони також використовуються в багатьох тимчасових заявах, типу glowsticks, throwies, тканина Lumalive, що світиться. Художники також використовували LEDs для ВІДОМОГО мистецтва.

Радіоприймачі Weather/all-hazards з Певним Повідомленням Облaсті, Кодуючим (TO SAME) мають три LEDs: червоний для попереджень, апельсин для годинника, та жовтий для advisories та показу дати виготовлення.

1.15 Освітлення

З розвитком високої ефективності та високої владі LEDs стало можливо включити LEDs у виробництво ламп освітлення. Лампочки заміни були зроблені аналогічно кріпленням гарячих ламп. LEDs використовуються як вуличні вогні та в іншому архітектурному освітленні, де потрібне кольорове мінливе освітлення. Механічна надійність та довге ціле життя використовуються в автомобільному освітленні на автомобілях, мотоциклах та на вогнях велосипеда.

LEDs використовуються для того, щоб висвітлити вулиці та гаражі. У 2007, італійський сільський Torraca був першим місцем, яке перетворює його всю систему освітлення LEDs. [14]

LEDs використовуються у висвітленні авіації. Аеробус використовує ВЕДОМЕ освітлення в Аеробусі А320, Розширений з 2007, і Боїнг планує його використання в моделі 787. LEDs також використовуються тепер у освітленні вертолітної станції та аеропортів. ВЕДОМІ кріплення аеропорту в даний час включають середні вогні злітно-посадкової смуги інтенсивності, вогні середньої лінії злітно-посадкової смуги та освітлення перешкоди.

LEDs є також підходящими для того, щоб бути підсвічуванням для телебачення в РІДКРИСТАЛІЧНИХ МОНІТОРАХ і легких показів портативних комп'ютерів. RGB LEDs збільшують кольорову гаму на цілих 45%. Екрани для телебачення та комп'ютерних показів можуть бути зроблені все більш тонкими при використанні LEDs для підсвічування.[15]

LEDs використовуються все більш і більше зазвичай для освітлення акваріума. Специфічний для акваріумів рифу, ВІДОМІ вогні мають ефективні джерела світла зменшену високу температуру, щоб допомогти підтримувати оптимальні температури акваріума. Відомі джерела LED на основі кріплення в акваріумах також мають перевагу. При ручній установці можна створити умови для вироблення певного кольорового спектру, ідеального для передачі забарвлення коралів, риби, і безхребетних, оптимізуючи photosynthetically активну радіацію (ПАРИТЕТ), яка збільшує ріст і стійкість фотосинтетичного

життя, типу коралів, анемонів, молюсків, і макроморів. Ці монтажні можуть бути виконані за допомогою електроніки і запрограмовані, щоб моделювати різні умови освітлення протягом дня, відображаючи фази сонця та місяця для динамічного використання рифа. ВЕДОМІ кріплення типово коштують до п'яти разів більше, ніж подібні оцінені флуоресцентні або освітлювачі розвантаження високої інтенсивності, розроблені для акваріумів рифу, а не як висока продукція дотепер.

Нестача випромінювання IR/heat робить ідеальним LEDs для банків при використанні вогнів стадії RGB LEDs, які можуть легко змінити колір і зменшити температуру нагрівання традиційного освітлення, так само і в медичному освітленні, де раптове яскраве світло може бути шкідливим.

Оскільки LEDs є маленькими, тривалими і вимагають невеликої кількості влади, вони використовуються в руці як пристрої типу прожекторів. ВІДОМІ вогні стробоскопа або фотоспалахи спалахи фотокамери працюють у безпечній, низькій напрузі, на противагу 250 + вт, зазвичай знайдені в ксеноні, flashlamp-базується, освітлюючи. Це особливо застосовно до камер на мобільних телефонах, де місце - у великій пошані, і велика напруга, що збільшує, схема небажана. LEDs використовуються для інфрачервоного освітлення у вечірніх заявах бачення, включаючи камери безпеки. Кільце LEDs навколо відео камери, націленої вперед у retroreflective фон, дозволяє насиченість кольору keying у відео виробництві.

LEDs використовуються для декоративного освітлення також. Використання включають, та не обмежені внутрішньою/зовнішньою обстановкою лімузинами, вантажними трейлерами, конверсійними фургонами, судами круїзу, RVs, човнами, автомобілями, та сервісними вантажівками. Декоративне ВЕДОМЕ висвітлення може також увійти у форму освітленого позначення компанії, бути висвітленням проходів у театри та аудиторії.

1.16 Екологічність

Лише одна лампа розжарювання вагою 610г виробляється фірмою «КОМПАНИИ2 емісія». Споживання середньої лампочки відбувається протягом 10 годин на день. Одних жарких цибулин в 40 ватів виробляється «КОМПАНИИ2 емісія» щороку вагою 89 кг. При введенні у виробництво еквівалентних 13 ватних люмінесцентних лампочок компанією «КОМПАНИИ2» відповідатимуть 29 кг за тим самим відрізком часу. Вуглецевий слід у середовищі від освітлення може бути зменшений на 68%, якщо замінити всі накальні цибулини на новий LEDs (Люмінесцентний електричний світлодіод) у теплих кліматичних зонах. У холодних кліматах, економія енергії може бути нижчою, тому що потрібно більше нагрівання, щоб дати компенсацію за нижчу температуру.

LEDs також нетоксичні на відміну від популярнішої енергії з ефективним вибором цибулини, у яких компактний флуоресцентний елемент містить сліди шкідливої ртуті. Хоча і в цьому випадку кількість ртуті є маленькою, яка вводиться менше в навколишнє середовище.

2 ІМПУЛЬСНИЙ СТАБІЛІЗАТОР СТРУМУ

2.1 Типи стабілізаторів струму

Стабілізатор струму встановлює заданий струм через світлодіод незалежно від прикладеного до схеми напруги. При збільшенні напруги на схемі вище порогового рівня, струм досягає встановленого значення і далі не змінюється. При подальшому збільшенні загальної напруги, напруга на світлодіоді перестає змінюватися, а напруга на стабілізаторі струму зростає.

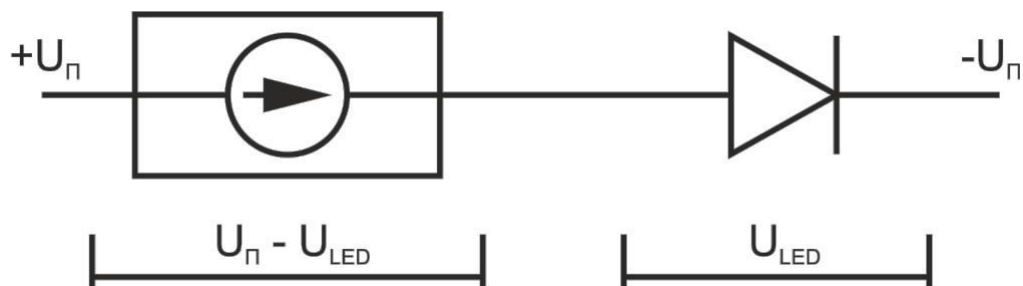


Рисунок 2.1 - Принцип роботи стабілізатору струму світлодіода

Оскільки напруга на світлодіоді визначається його параметрами і в загальному випадку незмінно, то стабілізатор струму можна назвати також стабілізатором потужності світлодіода. У найпростішому випадку, що виділяється пристроєм активна потужність (тепло) розподіляється між світлодіодом і стабілізатором пропорційно напрузі на них. Такий стабілізатор називається лінійним. Також існують більш економічні пристрої - стабілізатори струму на базі імпульсного перетворювача. Вони називаються імпульсними, оскільки всередині себе прокачують потужність порціями - імпульсами в міру необхідності для споживача. Правильний імпульсний перетворювач споживає потужність безперервно, всередині себе передає її імпульсами від вхідного ланцюга до вихідний і видає потужність в навантаження вже знову безперервно.

2.1.1 Лінійний стабілізатор струму

Лінійний стабілізатор струму гріється тим більше, чим більше додана до нього напруга. Це його основний недолік. Однак, він має ряд переваг наприклад:

- Лінійний стабілізатор НЕ створює електромагнітних завад
- Простий по конструкції
- Має низьку вартість в більшості застосувань

Оскільки імпульсний перетворювач не буває абсолютно ефективним, існують додатки, коли лінійний стабілізатор має порівнянну або навіть більшу ефективність - коли вхідна напруга лише трохи перевищує напругу на світлодіоді. До речі, при живленні від мережі, часто використовується трансформатор, на виході якого встановлюється лінійний стабілізатор струму. Тобто, спочатку напруга знижується до рівня, порівнянного з напругою на світлодіоді, а потім, за допомогою лінійного стабілізатора встановлюється необхідний струм.

В іншому випадку, можна наблизити напругу світлодіода до напруги живлення - з'єднати світлодіоди в послідовний ланцюжок. Напруга на ланцюжку буде дорівнювати сумі напруг на кожному світлодіоду.

2.1.2 Схеми лінійних стабілізаторів струму

Найпростіша схема стабілізатора струму - на одному транзисторі (схема "а"). Оскільки транзистор - це підсилювач струму, то його вихідний струм (струм колектора) більше струму управління (струм бази) в h_{21} раз (коефіцієнт посилення). Струм бази можна встановити за допомогою батарейки і резистора, або за допомогою стабілітрона і резистора (схема "б"). Однак таку схему важко налаштувати, отриманий стабілізатор буде залежати від температури, крім того, транзистори мають великий розкид параметрів і при заміні транзистора, струм доведеться підбирати знову.

Набагато краще працює схема зі зворотним зв'язком "в" і "г". Резистор R у схемі виконує роль зворотного зв'язку - при збільшенні струму, напруга на резисторі зростає, тим самим замикає транзистор і струм знижується. Схема "г", при використанні однотипних транзисторів, має більшу температурну стабільність і можливість максимально зменшити номінал резистора, що знижує мінімальну напругу стабілізатора і виділення потужності на резисторі R [2].

Стабілізатор струму можна виконати на базі польового транзистора з р-n переходом (схема "д"). Напруга затвор-витік встановлює струм стоку. При нульовій нарузі затвор-витік, струм через транзистор порівняно з початковим струмом стоку, вказаною в документації.

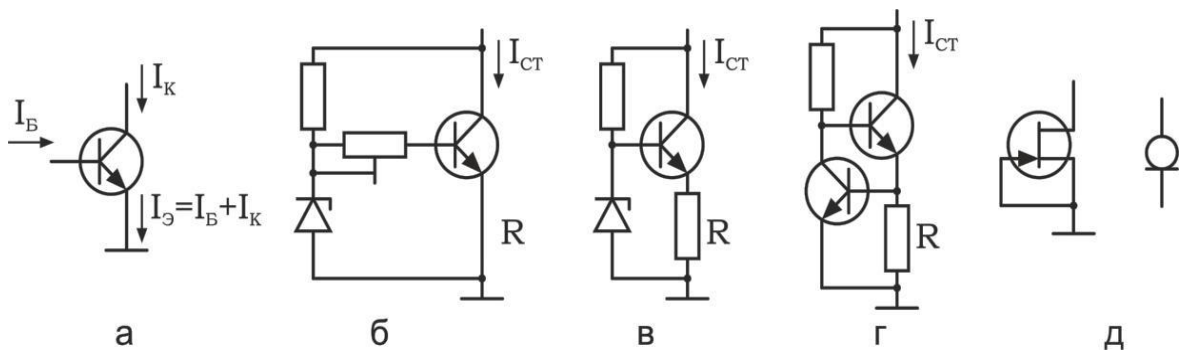


Рисунок 2.2 - Схеми лінійних стабілізаторів струму

Мінімальна напруга роботи такого стабілізатора струму залежить від транзистора і досягає 3 вольт. Деякі виробники електронних компонентів випускають спеціальні пристрої - готові стабілізатори з фіксованим струмом, зібрані за такою схемою - CRD (Current Regulating Devices) або CCR (Constant Current Regulator). Деякі називають його доданими стабілізатором, оскільки в зворотному включенні він працює як діод.

Компанія On Semiconductor випускає лінійний стабілізатор серії NSIxxx, наприклад NSIC2020B, який має два висновки і для збільшення надійності, має негативний температурний коефіцієнт - при збільшенні температури, струм через світлодіоди знижується.

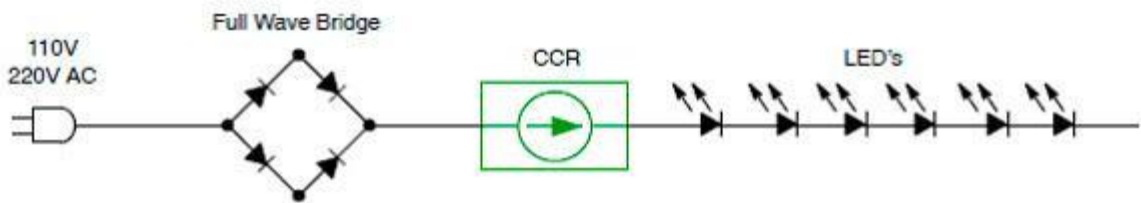


Рисунок 2.3 - лінійний стабілізатор серії NSIxxx

2.2 Імпульсний стабілізатор струму

Стабілізатор струму на базі імпульсного перетворювача по конструкції дуже схожий на стабілізатор напруги на базі імпульсного перетворювача, але контролює не напругу на навантаженні, а струм через навантаження. При зниженні струму в навантаженні, він підкачує потужність, при збільшенні - знижує. Найбільш поширені схеми імпульсних перетворювачів мають в своєму складі реактивний елемент - дросель, який за допомогою комутатора (ключа) підкачуються порціями енергії від вхідного ланцюга (від вхідних ємності) і в свою чергу передає її навантаженні. Крім очевидної переваги економії енергії, імпульсні перетворювачі мають ряд недоліків, з якими доводиться боротися різними схемотехнічними і конструктивними рішеннями:

- Імпульсний перетворювач виробляє електричні і електромагнітні перешкоди
 - Має як правило складну конструкцію
 - Не володіє абсолютною ефективністю, тобто витрачає енергію для власної роботи і гріється
 - Має найчастіше більшу вартість, в порівнянні, наприклад, з трансформаторними плюс лінійними пристроями

Оскільки економія енергії в багатьох додатках є вирішальною, розробники компонентів, схемотехніки намагаються знизити вплив цих недоліків, і, найчастіше, досягають успіху в цьому.

2.3 Схеми імпульсних перетворювачів

Оскільки стабілізатор струму заснований на імпульсному перетворювачі, розглянемо основні схеми імпульсних перетворювачів. Кожен імпульсний перетворювач має ключ, елемент, який може знаходитися тільки в двох станах - включеному і вимкненому. У вимкненому стані, ключ не проводить струм і, відповідно, на ньому не виділяється потужність. У включеному стані, ключ проводить струм, але має дуже малий опір (в ідеалі - рівне нулю), відповідно на ньому виділяється потужність, близька до нуля. Таким чином, ключ може передавати порції енергії від вхідного ланцюга до вихідний практично без втрат потужності. Однак, замість стабільного струму, який можна отримати від лінійного джерела живлення, на виході такого ключа буде імпульсна напруга і струм. Для того, щоб отримати знову стабільні напругу і струм, можна поставити фільтр.

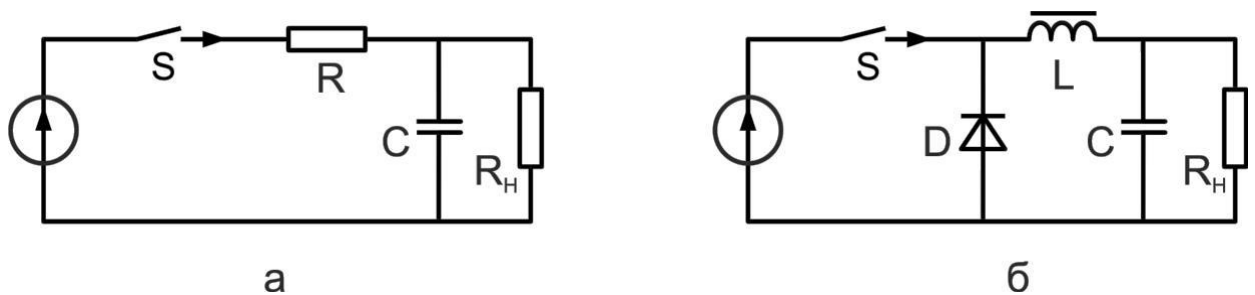


Рисунок 1.4 - Імпульсний перетворювач

За допомогою звичайного RC фільтра можна отримати результат, однак, ефективність такого перетворювача не буде кращим за лінійного, оскільки вся надлишкова потужність виділиться на активному опорі резистора. Але якщо використовувати замість RC - LC фільтр (схема "б"), то, завдяки "специфічним" властивостями індуктивності, втрат потужності можна уникнути. Індуктивність володіє корисним реактивним властивістю - струм через неї зростає поступово, що подається на нього електрична енергія перетворюється в магнітну і накопичується в осерді. Після виключення ключа, струм в індуктивності не пропадає, напруга на індуктивності змінює полярність і продовжує заряджати вихідний конденсатор, індуктивність стає джерелом струму через обвідний діод

D. Така індуктивність, призначена для передачі потужності, називається дроселем. Струм в дроселі пристрою під час роботи присутній постійно - так званий нерозривний режим або режим безперервного струму (в західній літературі такий режим називається Constant Current Mode - ССМ). При зниженні струму навантаження, напруга на такому перетворювачі зростає, енергія, що накопичується в дроселі знижується і пристрій може перейти в дискретний режим роботи, коли струм в дроселі стає переривчастим. При такому режимі роботи різко підвищується рівень перешкод, створюваних пристроєм. Деякі перетворювачі працюють в прикордонному режимі, коли струм через дросель наближається до нуля (в західній літературі такий режим називається Border Current Mode – ВСМ). У будь-якому випадку, через дросель тече значний постійний струм, що призводить до намагнічування сердечника, в зв'язку з чим, дросель виконується особливої конструкції - з розривом або з використанням спеціальних магнітних матеріалів.

Стабілізатор на базі імпульсного перетворювача має пристрій, що регулює роботу ключа, в залежності від навантаження. Стабілізатор напруги реєструє напругу на навантаженні і змінює роботу ключа (схема "а"). Стабілізатор струму вимірює струм через навантаження, наприклад за допомогою маленького вимірювального опору R_i (схема "б"), включеного послідовно з навантаженням.

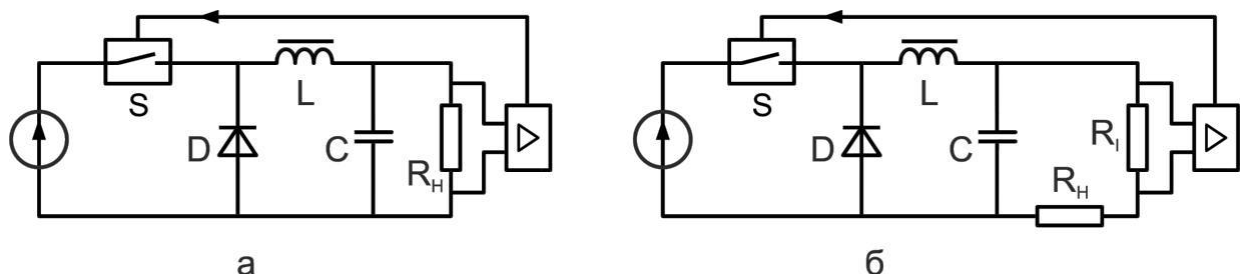


Рисунок 2.5 - Стабілізатор на базі імпульсного перетворювача

Ключ перетворювача, в залежності від сигналу регулятора, включається з різною шпаруватістю. Є два поширених способу управління ключем - широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) і струмовий режим. У режимі ШІМ, сигнал

помилки управляє тривалістю імпульсів при збереженні частоти проходження. У струмовому режимі, вимірюється піковий струм в дроселі і змінюється інтервал між імпульсами.

В сучасних ключових перетворювачах як ключ зазвичай використовується MOSFET транзистор.

2.4 Понижуючий перетворювач

Розглянутий вище варіант перетворювача називається знижуючим, оскільки напруга на навантаженні завжди нижче напруги джерела живлення.

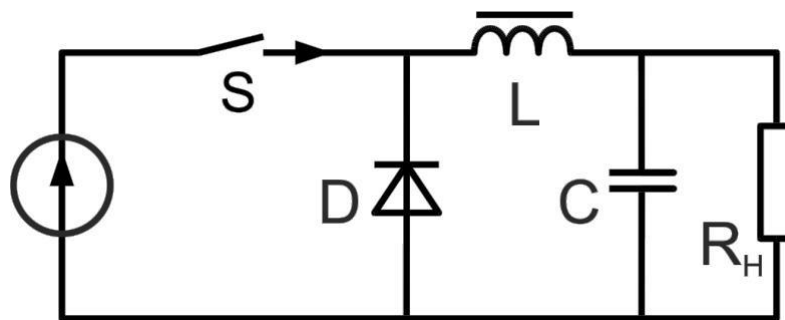


Рисунок 2.6 - Понижуючий перетворювач

Оскільки в дроселі постійно тече односпрямований струм, вимоги до вихідного конденсатора можуть бути знижені, дросель з вихідним конденсатором грає роль ефективного LC фільтра. У деяких схемах стабілізаторів струму, наприклад для світлодіодів, вихідний конденсатор може бути відсутнім взагалі. У західній літературі понижуючий перетворювач називається Buck converter.

2.5 Підвищуючий перетворювач

Схема імпульсного стабілізатора, приведена нижче, також працює на основі дроселя, однак дросель завжди підключений до виходу джерела живлення. Коли ключ розімкнений, живлення надходить через дросель і діод на навантаженні. Коли ключ замикається, дросель накопичує енергію, коли ключ розмикається, що виникає на його висновках ЕРС додається до ЕРС джерела живлення і напруга на навантаженні зростає.

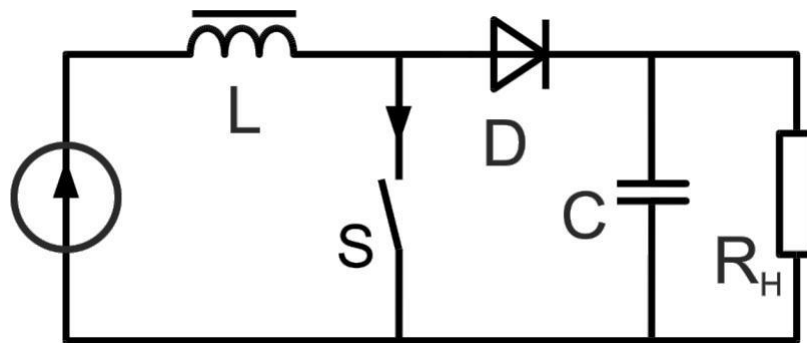


Рисунок 2.7 - Підвищуючий перетворювач

На відміну від попередньої схеми, вихідний конденсатор заряджається переривчастим струмом, отже вихідний конденсатор повинен бути великим, і, можливо, знадобиться додатковий фільтр. У західній літературі підвищуюче-понижуючий перетворювач називається Boost converter.

2.6 Інвертуючий перетворювач

Ще одна схема імпульсного перетворювача працює аналогічно - коли ключ замикається, дросель накопичує енергію, коли ключ розмикається, що виникає на його висновках ЕРС буде мати зворотний знак і на навантаженні з'явиться негативна напруга.

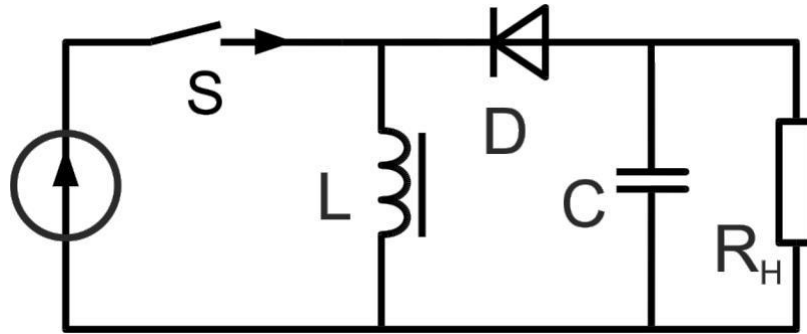


Рисунок 2.8 - Інвертуючий перетворювач

Як і в попередній схемі, вихідний конденсатор заряджається переривчастим струмом, отже вихідний конденсатор повинен бути великим, і, можливо, знадобиться додатковий фільтр. У західній літературі такий перетворювач називається Buck-Boost converter.

2.7 Прямоходовий і обратногоходовий перетворювачі

Найбільш часто блоки живлення виготовляються за схемою, що використовує в своєму складі трансформатор. Трансформатор забезпечує гальванічну розв'язку вторинної ланцюга від джерела живлення, крім того, ефективність блоку живлення на основі таких схем може досягати 98% і більше. Прямоходовий перетворювач (схема "а") передає енергію від джерела в навантаження в момент включеного стану ключа. Фактично - це модифікований понижуючий перетворювач. Обратногоходовий перетворювач (схема "б") передає енергію від джерела в навантаження під час вимкненого стану.

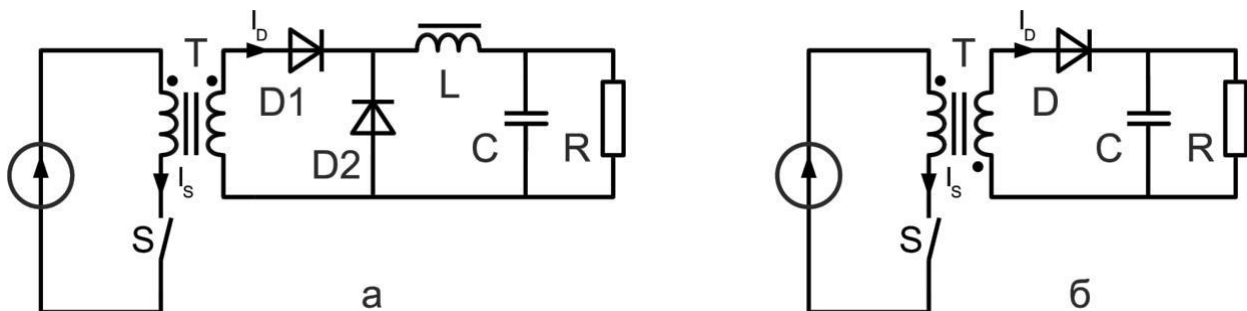


Рисунок 2.9 - Прямоходовий і обратногоходовий перетворювачі

У прямоходового перетворювача трансформатор працює в звичайному режимі і енергія накопичується в дроселі. Фактично - це генератор імпульсів з

LC фільтром на виході. Обратноходовий перетворювач накопичує енергію в трансформаторі. Тобто трансформатор поєднує властивості трансформатора і дроселя, що створює певні складності при виборі його конструкції.

У західній літературі прямоходовий перетворювач називається Forward converter. Обратноходовий - Flyback converter.

2.8 Застосування імпульсного перетворювача як стабілізатору струму

Більшість імпульсних блоків живлення випускаються з стабілізацією вихідної напруги. Типові схеми таких блоків живлення, особливо потужних, крім зворотного зв'язку по вихідній напрузі, мають схему контролю струму ключового елемента, наприклад резистор з малим опором. Такий контроль дозволяє забезпечувати режим роботи дроселя. Найпростіші стабілізатори струму використовують цей елемент контролю для стабілізації вихідного струму. Таким чином, стабілізатор струму виявляється навіть простіше стабілізатора напруги.

Розглянемо схему імпульсного стабілізатора струму для світлодіоду на базі мікросхеми NCL30100 від відомого виробника електронних компонентів On Semiconductor, який показано на рис. 3.10.

Схема понижуючого перетворювача працює в режимі нерозривного струму з зовнішнім ключем. Схема обрана з безлічі інших, оскільки вона показує, наскільки простою і ефективною може бути схема імпульсного стабілізатора струму з зовнішнім ключем. У наведеній схемі, керуюча мікросхема IC1 управляє роботою MOSFET ключа Q1.

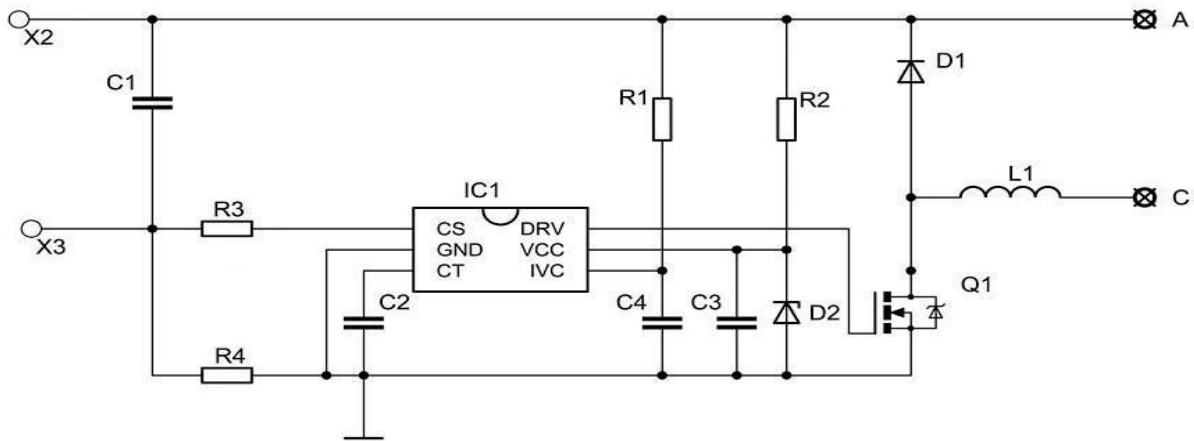


Рисунок 2.10 - Імпульсний стабілізатор струму

Оскільки перетворювач працює в режимі нерозривного струму, вихідний конденсатор ставити необов'язково. У багатьох схемах датчик струму встановлюється в ланцюзі витоку ключа, однак, це знижує швидкість включення транзистора. У наведеній схемі датчик струму R4 встановлений в ланцюзі первинного живлення, в результаті схема вийшла простою і ефективною. Ключ працює на частоті 700 кГц, що дозволяє встановити компактний дросель. При вихідній потужності 7 Ватт, вхідній напрузі 12 Вольт при роботі на 700 мА (3 світлодіода), ефективність пристрою більше 95%. Схема стабільно працює до 15 Ватт вихідної потужності без застосування додаткових заходів щодо відведення тепла.

Ще більш проста схема виходить з використанням мікросхем ключових стабілізаторів з вбудованим ключем. Наприклад, схема ключового стабілізатора струму світлодіоду на базі мікросхеми САV4201 / САТ4201, показана на рис. 2.11 [3].

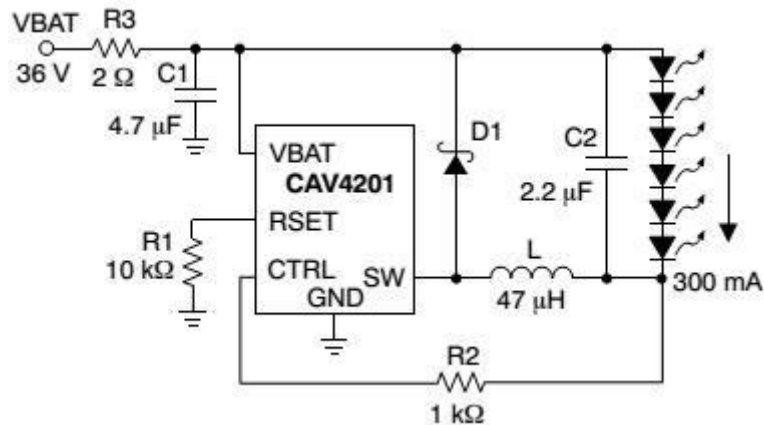


Рисунок 2.11 - Схема ключового стабілізатора струму світлодіоду

Для роботи пристрою потужністю до 7 Ватт необхідно всього 8 компонентів, включаючи саму мікросхему. Імпульсний стабілізатор працює в прикордонному режимі струму і для його роботи потрібно невеликий вихідний керамічний конденсатор. Резистор R3 необхідний при живленні від 24 Вольт і вище для зниження швидкості наростання вхідної напруги, хоча це дещо знижує ефективність пристрою. Частота роботи перевищує 200 кГц і змінюється в залежності від навантаження і вхідної напруги. Це обумовлено методом регулювання - контролем пікового струму дроселя. Коли струм досягає максимального значення, ключ розмикається, коли струм знижується до нуля - включається. Ефективність пристрою досягає 94%.

При включенні світлодіодів в ланцюжки, підвищується ККД системи за рахунок зниження кількості елементів регулювання з розрахунку на один світлодіод, але розробник стикається з проблемою зниження надійності. Це обумовлено тим, що вихід з ладу одного світлодіоду призводить до вимикання всього ланцюжка. Для вирішення цього завдання в пристроях з світлодіодами низької потужності (до 20 мА) можна поставити паралельно кожному світлодіоду стабілітрон, який буде шунтувати світлодіод, який вийшов з ладу. Для потужних світлодіодів випускаються спеціальні елементи, наприклад, A720 ADDtek.

При використанні світлодіодів високої потужності основне значення надається конструкції світильника, яка повинна забезпечити ефективний

тепловідвід як від корпусу світлодіода, так і від драйвера. І це особливо важливо, враховуючи, що основна кількість випущених світильників містять поліхромні світлодіоди білого кольору. Для цих світлодіодів навіть короточасний перегрів стає фатальним. А тривала робота в температурних умовах близьких до граничних, призводить до деградації і значного зниження світловіддачі.

Сьогодні найбільш поширені два варіанти вирішення конструкції світильника. Світильник з великою кількістю світлодіодів, включених в ланцюжок від трьох до десяти світлодіодів в кожному і блоком живлення постійної напруги 12-24 В. І конструкція на потужних світлодіодах з використанням інтегральних або корпусних драйверів постійного струму. У першому варіанті питома вартість світлодіодів вище, у другому більше уваги приділяється корпусу і питань відводу тепла.

2.9 Типи світлодіодних матриць

У багатьох освітлювальних системах замість окремих світлодіодів використовуються модулі, що містять набір світлодіодних кристалів. Такі світлодіодні матриці можуть бути легко виготовлені і змонтовані. Крім того, їх схема підключення досить проста. На даний момент матриці світлодіодів з розсіяним світлом досягли великого коефіцієнта корисної дії.

Чим краще налагоджена технологія виробництва, тим більше продуктів для спеціальних застосувань і особливої форми надходить на ринок. Це також відноситься і до світлодіодів, які знаходять застосування в системах освітлення. Білі світлодіоди, які застосовуються в цій галузі, можна поділити на 4 категорії (таблиця 2.2).

Світлодіоди з вузьким кутом випромінювання були довгий час основним продуктом в портфоліо багатьох компаній - виробників світлодіодів і відповідних освітлювальних систем. Це змінилося з розвитком світлодіодних матриць. Подібні матриці доступні як в варіанті з фокусованим, так і у варіанті

з розсіяним випромінюванням. З їх допомогою можлива розробка надпотужних систем освітлення в одному корпусі.

	Спрямоване світло	Розсіяне світло
Поодинокі світлодіоди	<ul style="list-style-type: none"> • Однокристальні виконання • Прозорий заливний матеріал • 50-1000 лм • Продукти: XLampXM-L і XP-G компанії Cree 	<ul style="list-style-type: none"> • Один або кілька кристалів в одному корпусі • Гомогенізований заливний матеріал на основі фосфору • 15-350 лм • Продукти: XLamp ML-E і MX-6
Світлодіодні матриці	<ul style="list-style-type: none"> • Мультикристальне виконання • Прозорий заливний матеріал • 200-1500 лм • Продукти: XLamp MP-L та MT-G 	<ul style="list-style-type: none"> • Гомогенізований заливний матеріал на основі фосфору • 300-5000 лм • Продукти: XLamp CXA2011 компанії Cree

Таблиця 2.2. Категорії світлодіодів

Матриці світлодіодів з направленим випромінювання дозволяють замінити системи освітлення з традиційними лампами. Як приклади таких систем можна назвати лампи PAR-38 (PAR - параболічний рефлектор з алюмінієвим покриттям) і MR-16 (MR - багатогранний рефлектор).

2.10 Область застосування: розсіяне освітлення зовні и всередині приміщень

Матриці світлодіодів у вигляді плоского випромінювача, що випромінюють розсіяне світло, застосовуються в різних областях, наприклад в системах для загального освітлення приміщень або об'єктів. Подібні системи часто містять компактні матриці з світлодіодів. Вони можуть застосовуватися, наприклад, для освітлення дороги зовні, але також і у вбудованих лампах або в підвісних світильниках. За допомогою світлодіодів може бути досягнута ефективність від 50 до 90 лм/Вт при невеликих витратах на розробку.

Для матриць світлодіодів, випромінюючих як спрямований, так і розсіяне світло, пропонується цілий ряд допоміжних продуктів від таких компаній, як VJV, Molex і Tусо. Компанія VJV пропонує, наприклад, контактні елементи для друкованих плат зіркоподібній форми, в тому числі для світлодіодів XLamp лінійки MP-L і CXA2011 компанії Cree. Компанія Molex займається розробкою цоколів для світлодіодних матриць. Компанія Tусо в свою чергу пропонує розробникам систем освітлення різні модулі, схеми управління, кабелі, тепловідводи і оптичні компоненти.

Найбільш прості в обробці матриці світлодіодів, призначені для систем освітлення з розсіяним випромінюванням. Як правило, їх досить великий розмір дозволяє монтувати їх вручну. Пайка в конвекційної печі як домінуюча технологія створення з'єднань світлодіодів не обов'язкова. Матриці мають на поверхні прямі контактні площадки. Це дозволяє здійснювати монтаж вручну або за допомогою модулів-кріплень. Відведення тепла відбувається через корпус [4].

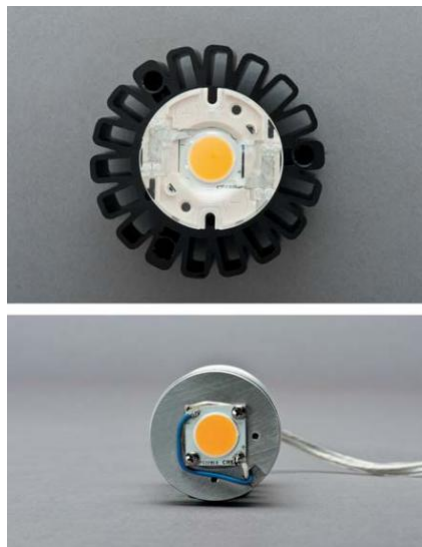


Рисунок 2.13 - Монтаж світлодіодних матриць проводиться за допомогою паяються контактних майданчиків. Пайка в конвекційної печі не обов'язкова

На відміну від матриць, системи освітлення, що містять окремі світлодіоди, більш компактні, як у вигляді систем з великою світиться площею, так і у вигляді точкових джерел світла. У даних системах необхідний монтаж світлодіодів на друковану плату паянням в конвекційної печі, в тому числі з метою відведення тепла. На практиці рекомендується здійснювати монтаж світлодіодів за допомогою автомата-установника і проводити їх подальшу пайку. Цей метод є досить складним і вимагає інвестицій в відповідне обладнання.



Рисунок 2.14 - У системах освітлення з окремими світлодіодами їх монтаж на друковану плату проводиться за допомогою пайки в конвекційної печі оплавлення. Цей процес більш складний і дорогий

2.10.1 Комбінація мікрочіпів світлодіодів

Застосування багатокристалні конструкцій дозволяє виготовляти освітлювальні прилади з високою робочою напругою. Розробникам надається можливість підключення світлодіодів в різних комбінаціях паралельно або послідовно. Тим самим можна створювати матриці з необхідними значеннями струму і напруги [4].

Системи освітлення, що містять велику кількість окремих світлодіодів, мають в свою чергу високою ефективністю. У таких системах послідовно з'єднуються ланцюжка з світлодіодів. Подібні ланцюжка світлодіодів відрізняються високим входним напругою при одночасно низькому струмі і дозволяють тим самим розробникам реалізовувати більш низьке споживання енергії. Це також можливо із застосуванням матриць світлодіодів з декількома мікročіпами, наприклад матрицею XLamp CXA2011, яка призначена для 40 В.

Більшість розробників освітлювальних систем використовують світлодіодні матриці з розсіяним випромінюванням як у традиційних джерел світла. В системі використовується один світлодіодний компонент. У зв'язку з цим компанії розробили матриці світлодіодів зі світловим потоком в діапазоні від 500 до 5000 лм. Так, наприклад, матриця CXA2011 компанії Cree доступна у варіантах від 500 до 3000 лм. Подібна матриця може використовуватися у великій кількості освітлювальних систем різноманітного застосування, незалежно від значень струму і напруги.

2.10.2 Обмеження світлодіодних матриць

Два фактори обмежують застосування світлодіодних матриць, призначених для освітлення великих поверхонь: розподіл світла і ефективність системи. У разі, якщо необхідний вузькоспрямований пучок світла, застосування світлодіодних матриць з розсіяним випромінюванням недоцільно. Їх великі розміри вимагають відповідно великих оптичних компонентів (відбивачів та лінз). Більш високою ефективністю і найкращим співвідношенням ціни і якості володіють матриці світлодіодів з направленим випромінюванням. Їх площа становить $9,1 \times 9,1$ або 12×13 мм. У порівнянні з ними світлодіодні матриці, як, наприклад, CXA2011 компанії Cree, займають площу 22×22 мм (рис. 1.15).

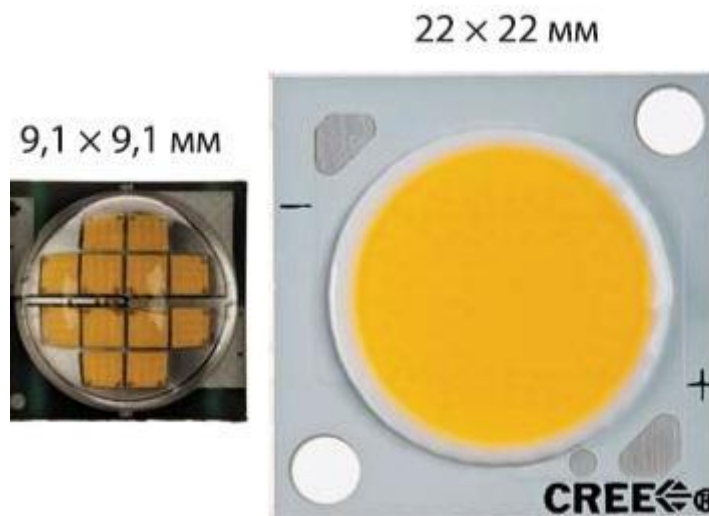


Рисунок 2.15 - Порівняння розмірів світлодіодної матриці (праворуч), модуля CXA2011, і окремого світлодіода, в даному випадку XLamp MT-G компанії Cree. Матриця займає площу, рівну 484 мм^2 , світлодіод MT-G лише $82,81 \text{ мм}^2$

Розробники систем освітлення, призначених для освітлення великих поверхонь, повинні також враховувати наступний фактор: ефективність і відведення тепла, що виділяється світлодіодами. На даний момент найбільш ефективними світлодіодними системами освітлення є вуличні ліхтарі і підвісні лампи великих залів. Вони досягають значень в 100 лм/Вт .

Такі системи містять окремі світлодіоди з направленим випромінюванням. Це пов'язано з досягненням найбільш високу ефективність системами освітлення, що складаються з окремих світлодіодів і ув'язненими в оптично і термічно оптимізований корпус.

Для досягнення оптимального відводу тепла матриця з окремих світлодіодів оснащується елементами тепловідведення з великою площею. Світлодіоди монтується на великій відстані один від одного для поліпшення відведення тепла. Чим ближче розташовані один до одного світлодіоди в матриці, тим гірше відведення тепла і пов'язана з ним ефективність системи в цілому.

Для деяких застосувань рекомендується використовувати світлодіодні модулі замість матриць, рис. 2.16.



Рисунок 2.16 - У деяких застосуваннях вигідніше замість світлодіодної матриці використовувати цілий світлодіодний модуль, що включає в себе блок живлення і оптичні компоненти.

Світлодіодний модуль складається з наступних компонентів:

- світлодіоди;
- блок живлення;
- оптичні компоненти;
- корпус.

Подібний модуль, як, наприклад, LMR4 компанії Cree, може бути встановлений в металеву арматуру. В даному випадку розробнику системи освітлення немає необхідності вирішувати завдання підключення схеми і корпусування компонентів.

Таким чином, світлодіодні матриці, що включають в себе велику кількість кристалів з розсіяним випромінюванням, можуть застосовуватися у всіляких системах освітлення. До них відносяться вбудовані і підвісні лампи. Головна перевага таких матриць полягає в простому виготовленні і монтажі. Крім того, з їх допомогою можна досягти високої ефективності системи в цілому. Тим

самим світлодіодні матриці з великою кількістю кристалів є для розробників систем освітлення хорошою альтернативою окремим світлодіодам.

Ціновий діапазон матриць може коливатися в залежності від потужності і типу виконання від 20 до 490 грн (за 300Вт модуль). Ціни на готові драйвери як правило не перевищують 50грн, але вони розраховані на поодинокі світлодіоди і невеликі стрічки, що звужує їх діапазон застосування. Тому розробка імпульсного стабілізатора струму є актуальним завданням.

3 ІНТЕГРАЛЬНІ ДРАЙВЕРИ ДЛЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Для забезпечення стабільності хроматичних показників світлодіодів (і, відповідно, освітлювальних приладів, виконаних на їх основі), тривалого терміну служби і надійності світлодіоди необхідно живити стабілізованою струмом. Стабілізацію струму можна здійснити, застосовуючи інтегральні мікросхеми - світлодіодні драйвери.

Світлодіодні драйвери діляться на дві групи: АС/DC- та DC/DC-драйвери. АС/DC-драйвери детально розглянуті в окремій статті в цьому ж номері журналу. DC/DC-драйвери, в свою чергу, в залежності від значення вхідної і вихідної напруги діляться на понижуючі, що підвищують і підвищуюче-понижуючі перетворювачі. Є, звичайно, і лінійні стабілізатори струму, але з урахуванням їх низької ефективності вони практично не застосовуються для живлення потужних світлодіодів, а використовуються для живлення тільки надяскравих світлодіодів, де струми досить невеликі (кілька десятків мА). Світлодіодні драйвери випускаються багатьма виробниками інтегральних мікросхем, в лінійці продукції яких є ІС для джерел живлення.

У даній статті розглянуті DC/DC-драйвери для потужних світлодіодів таких виробників, як Texas Instruments, STMicroelectronics, ZETEX Semiconductors, ON Semiconductor і Makroblock [3].

3.1 Драйвери, що понижують напругу

Одна з широко застосовуваних топологій перетворювача для живлення світлодіодів - понижуючий (buck) перетворювач.

Світлодіодні інтегральні драйвери фірми Macroblock знаходять широке застосування в управлінні потужними освітлювальними і понад яскравими сигнальними світлодіодами. Лінійка представлена як багатоканальними (16, 8, 4), так і одноканальними драйверами в різних корпусах для поверхневого

монтажу, призначеними для живлення і управління, як окремих світлодіодів, так і груп світлодіодів.

Драйвери представлені основними класами:

- цифрові драйвери - драйвери, що мають цифровий інтерфейс (управління по шині): MBI5025, MBI5026, MBI5030, MBI5031, MBI5039, MBI5168, MBI5170;
- потужні драйвери - драйвери для живлення потужних освітлювальних або великої кількості над'яскравих сигнальних світлодіодів: MBI6651;
- драйвери підсвічування - призначені для живлення світлодіодів підсвічування різних приладів і пристроїв: MBI1008.

Недорогим і ефективним знижувальним драйвером управління потужними світлодіодами є мікросхема MBI6651 виробника Makroblock. Даний виробник більш відомий широкофункціональними драйверами для світлодіодних екранів і багатоканальними драйверами для над'яскравих світлодіодів, але також має в своїй лінійці ефективний драйвер для потужних освітлювальних світлодіодів [1].

Мікросхема є частотно-імпульсний понижуючий перетворювач з гістерезисних методом управління по вихідному струму. Даний метод управління виключає потребу в ланцюгах компенсації контуру регулювання і зменшує кількість використовуваних компонентів (потрібно всього чотири зовнішніх компонента (рис. 3.1)), що спрощує проектування джерела живлення. Значення вихідного струму задається зовнішнім резистором R_{sen} і може досягати максимального значення 1 А в діапазоні вхідної напруги 9 ... 36 В.

Для роботи даної мікросхеми потрібно дуже невелике значення напруги на датчику струму R_{sen} (0,1 В), завдяки чому мінімізуються втрати, що виникають в цьому ланцюзі, і підвищується загальний ККД перетворювача.

Драйвер має високе значення ефективності: до 96% при входній напрузі 12 В і навантаженні, що складається з ланцюжка трьох послідовно з'єднаних світлодіодів на струмі 350 мА. Частота перемикання драйвера знаходиться в діапазоні 40 ... 1000 кГц.

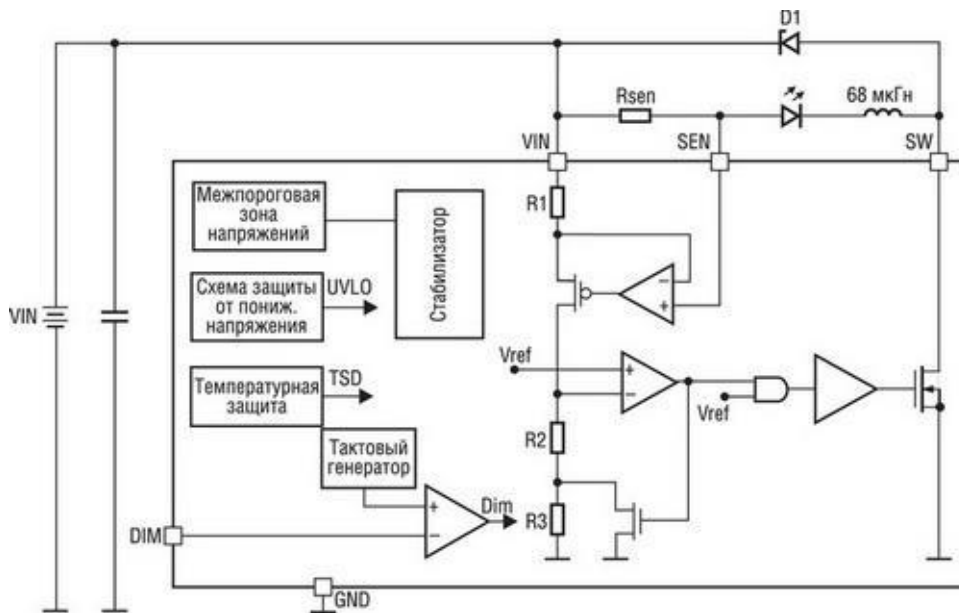


Рисунок 3.1 - Типова схема включення MBI6651

Мікросхема має окремий вхід для управління яскравістю світлодіодів (DIM). Подаючи на цей вхід керуючий ШІМ-сигнал логічного рівня, можна здійснювати регулювання струму через світлодіоди практично від нуля до обраного (R_{sen}) значення.

У драйвері реалізований комплекс захисних заходів: захист від обриву і короткого замикання вихідний ланцюга; температурний захист, яка відключає мікросхему при нагріванні корпуса понад 135 °C і «м'який» старт, що виключає кидок струму через світлодіоди при подачі живлення.

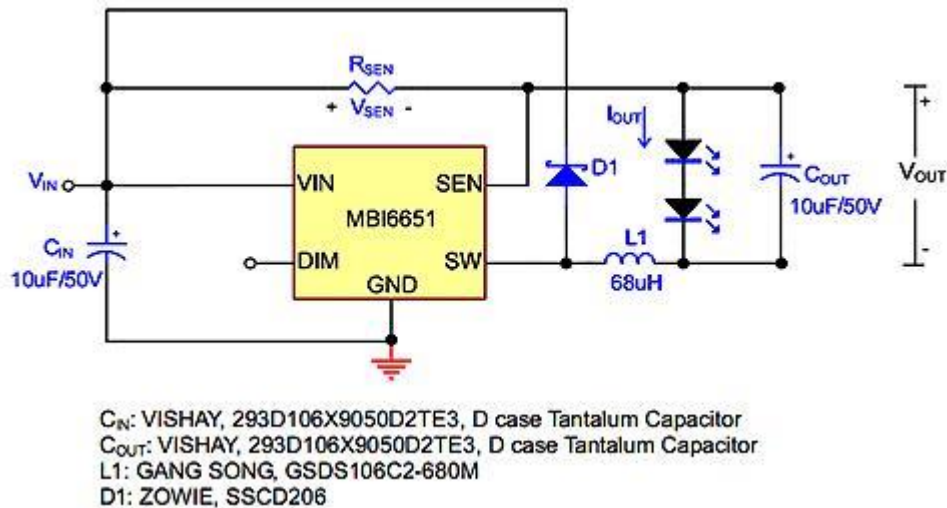


Рисунок 3.2 - Типова схема застосування

Мікросхема випускається в трьох типах корпусів для поверхневого монтажу: TO-252-5L, SOT23-6L і MSOP-8L.

Подібний драйвер ZXLD1362 з близькими характеристиками, але з більш широким діапазоном вхідної напруги (6 ... 60 В), є в лінійці продукції іншого відомого виробника інтегральних драйверів для світлодіодів: ZETEX Semiconductors. Причому, мікросхема випускається в корпусі TSOT23-5 і за висновками повністю відповідає виробу Makroblock в корпусі SOT23-6L (висновок 4 у мікросхем не використовується).

У таблиці 3.1 наведені короткі параметри DC-DC понижуючих драйверів ZETEX для потужних світлодіодів.

Таблиця 3.1 - Інтегральні знижують драйвери ZETEX для потужних світлодіодів

Найменування	Діапазон вхідної напруги, В	Макс. частота перетворення, МГц	Макс. вихідний струм, мА	Дімінг	Струм, що споживається, мкА	Тип корпусу
ZXLD1320	4...18	0,6	1500	+	12	DFN14
ZXLD1321	1,2...12	0,6	1000	+	12	DFN14
ZXLD1322	2,5...15	0,6	700	+	12	DFN14
ZXLD1350	7...30	1,0	350	+	15	<u>TSOT23-5</u>
ZXLD1360	7...30	1,0	1000	+	20	<u>TSOT23-5</u>
ZXLD1362	6...60	0,5	1000	+	65	<u>TSOT23-5</u>

Як понижуючого перетворювача для живлення світлодіодів можливо також застосування понижувальних стабілізаторів напруги. Необхідно тільки видозмінити схему включення так, щоб стабілізувався струм, а не напруга. Подивимося, як це можна реалізувати на прикладі мікросхеми L5973D виробництва STMicroelectronics.

Мікросхема L5973D є DC/DC регульованим знижувальним стабілізатором напруги з входною напругою до 36 В і вихідним напругою до 35 В, при максимальному вихідному струмі до 2,5 А. Можливою навантаженням в нашому випадку може бути до 8 ... 10 шт. білих світлодіодів в ланцюжку на струмі від 350 мА до 1,5 ... 2 А, що цілком достатньо для багатьох застосувань.

На рис. 3.3 представлена схема включення L5973D як стабілізатор струму.

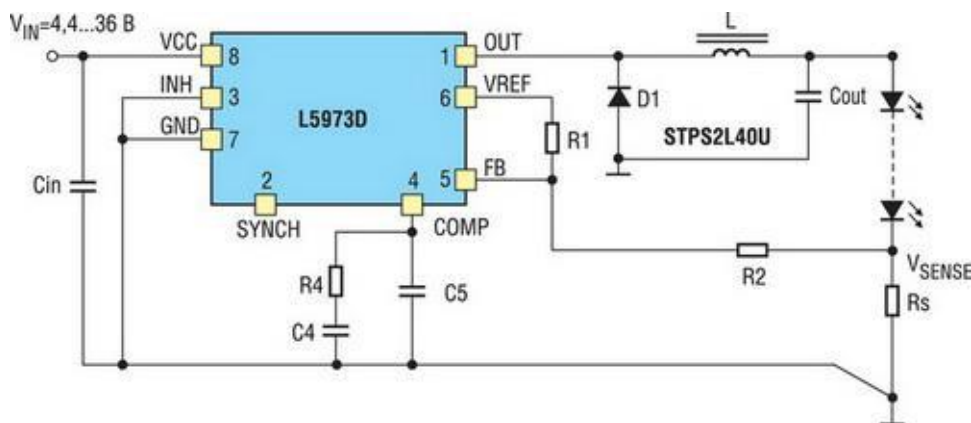


Рисунок 3.3 - L5973D в режимі стабілізації струму

Датчиком струму є резистор R_s . Напруга, що утворюється на ньому за рахунок протікання струму ланцюжка світлодіодів, подається на вхід зворотного зв'язку мікросхеми FB. З огляду на те, що внутрішнє опорне напруга мікросхеми має значення 1,235 В, і напруга зворотного зв'язку повинно мати таке ж значення, то на R_s буде виділятися велика потужність, яка знизить загальний ККД пристрою. Наприклад, якщо вибрано значення струму через ланцюжок світлодіодів на рівні 700 мА, то виділяється на резисторі потужність складе 0,86 Вт. Це вимагатиме застосування потужного резистора (більше 1 Вт) і відведення додаткового тепла.

Цей недолік (підвищене значення опорного напруги) можна обійти, ускладнивши схему, наприклад, застосувавши операційний підсилювач (ОУ) для посилення напруги датчика струму (рис. 2.4).

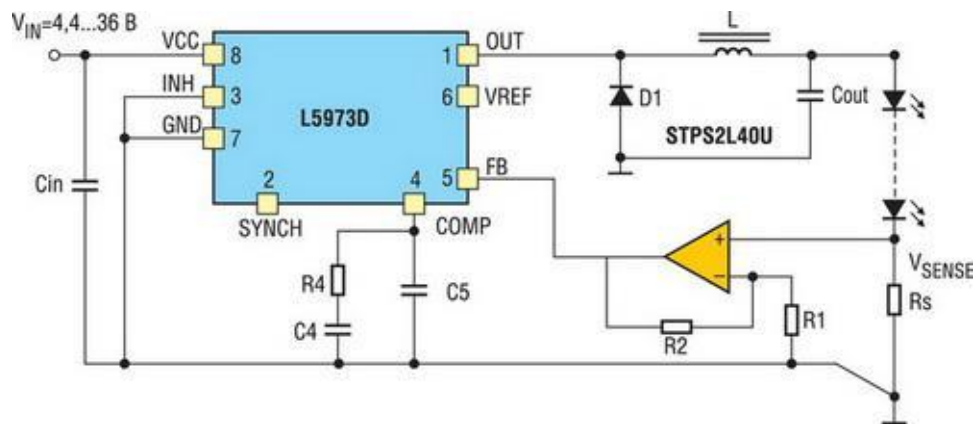


Рисунок 3.4 - L5973D в режимі стабілізації струму з підсилювачем напруги датчика струму

Коефіцієнт посилення (K) введеної додатково схеми визначається як: $K = 1 + R2 / R1$ і вибирається таким, щоб напруга на R_s становило десяті частки вольт. Однак, не варто забувати, що нововведений ОУ має висновки живлення, і на них необхідно подати напругу.

Мікросхема має вхід зовнішньої синхронізації SYNCН, який може бути корисний, якщо використовувати дану мікросхему в складі будь-якої системи, яка вже має власне джерело частоти до 700 кГц. В цьому випадку перетворення відбуватиметься на вже існуючій частоті, і внесок драйвера в загальну обстановку по завадам буде мінімальним.

З розглянутих схем видно, що якщо як стабілізатор струму використовувати стабілізатор напруги, то важливо вибирати мікросхему з мінімально можливим значенням опорного напруги, тоді схема буде мати більш простий вигляд і значення ККД. Причому ККД, що приводиться в інформаційних листах розробників для роботи мікросхеми в режимі стабілізації напруги, не має нічого спільного з ККД джерела, який вийде при

роботі цієї ж мікросхеми в режимі стабілізації струму. Отримане значення ККД буде завжди менше [3].

Компанія STMicroelectronics пропонує використовувати для живлення світлодіодів не тільки стабілізатори напруги. У номенклатурі її продукції є і DC/DC-стабілізатори струму - серія мікросхем STCS05/1/2, що відрізняються один від одного максимальним значенням вихідного струму 0,5 А/1,5 А/2 А, відповідно. Мікросхеми призначені для роботи від джерела постійної напруги в діапазоні 4,5 ... 40 В. Необхідне значення вихідного струму встановлюється резистором R_{fb} (рис. 2.5).

Опорна напруга має невелику величину - 100 мВ, що дозволяє створювати на базі цих мікросхем ефективні джерела живлення світлодіодів. Є вхід PWM - подачі ШІМ-сигналу для управління яскравістю світлодіодів. Передбачено вхід EN відключення/включення навантаження. Наявний висновок DISC дозволяє визначити стан вихідний ланцюга: високий рівень напруги на цьому виведення означає, що вихідна ланцюг розімкнути.

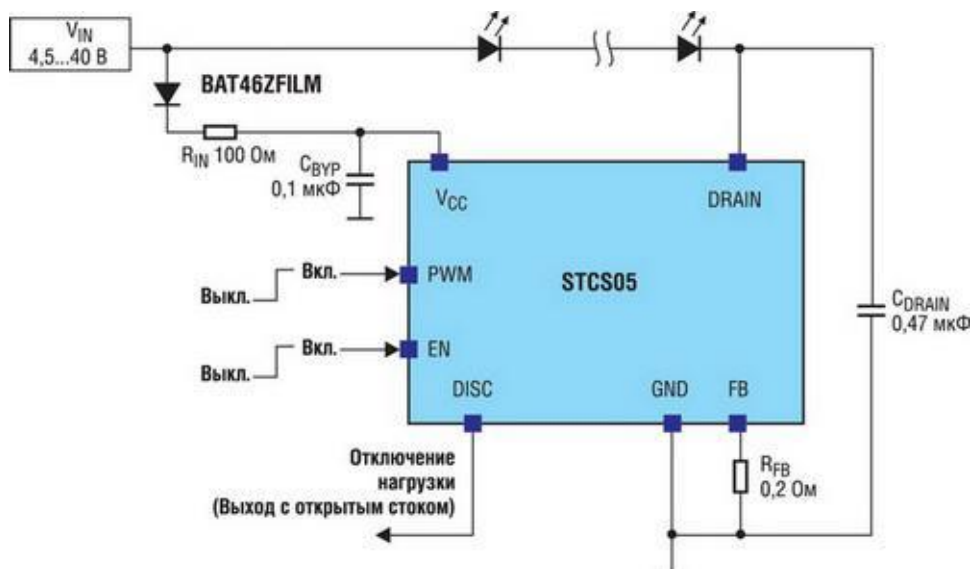


Рисунок 3.5 - Типова схема включення STCS05/1/2

Сигнал з цього висновку можна використовувати для інформування системи про проблему в вихідний ланцюга (наприклад, при обриві світлодіоду). Кількість зовнішніх компонентів схеми мінімально, причому діод в схемі служить для захисту мікросхеми від переполюсовки і може бути

виключений зі схеми для спрощення. У драйвері виконана захист від перегріву, яка спрацьовує при температурі 155 °С.

Основні характеристики понижуючих драйверів STMicroelectronics наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Інтегральні знижують драйвери STMicroelectronics для потужних світлодіодів

Найменування	Діапазон вхідної напруги, В	Макс. частота перетворення, МГц	Макс. вихідний струм, мА	Дімінг	Струм, що споживається, мкА	Тип корпусу
STCS05	4,5...40		500	+	3/750	SO8
STCS1	4,5...40		1500	+	3/750	SO8
STCS2	4,5...40		2000	+	3/750	PSO10
L6902D	8...36	0,25	1000	-	300	SO8
L5973D	4,5...36	0,25/SYNCH 0.7	2500	-	80	HSOP8
ST1S10	2,5...18	1,2	3000	-	6	DFN8, PSO8

3.2 Драйвери, що підвищують напругу світлодіодів

В підвищує (boost) перетворювачі вихідна напруга завжди вище вхідного.

Відомий виробник ON Semiconductor має в лінійці продукції універсальний драйвер NCP3066, який може використовуватися в режимі понижуючого, підвищує і інвертуючого перетворювача. Типова схема включення NCP3066 в режимі підвищуючого перетворювача приведена на рис. 3.6.

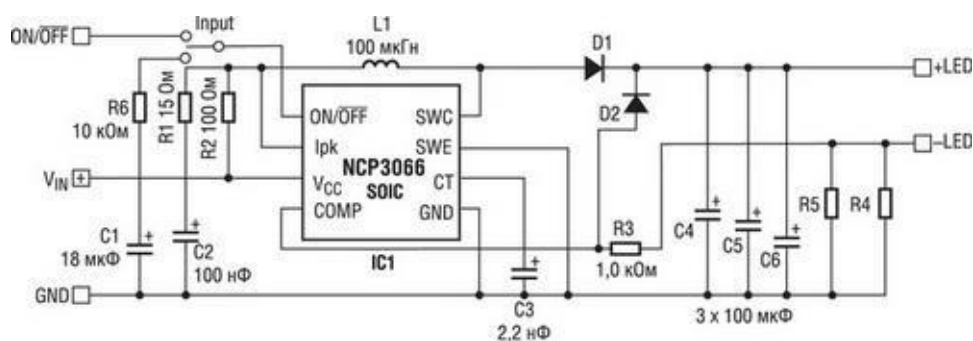


Рисунок 3.6 - Типова схема включення NCP3066 в режимі підвищуючого перетворювача

Драйвер характеризується невисоким значенням порогового напруги на вході зворотного зв'язку, що задає величину струму через ланцюжок світлодіодів. Номінальне значення цієї напруги становить 235 мВ. Вихідний каскад даної мікросхеми виконаний за схемою Дарлінгтона на біполярних транзисторах з максимальним значенням вихідного струму до 1,5 А в діапазоні вхідної напруги 5 ... 40 В. Частота перетворення ІС становить 250 кГц.

Значення вихідного струму через ланцюжок світлодіодів задається резисторами R4, R5. Резистори R1, R2 забезпечують захист мікросхеми від короткого замикання в навантаженні і від обриву ланцюга зворотного зв'язку. При виникненні на цих резисторах напруги більше 200 мВ відбувається відключення мікросхеми. Драйвер має зовнішній вхід включення/відключення (ON/OFF), і цей же вхід можна використовувати для управління яскравістю світіння світлодіодів (діммінг), якщо подати на нього ШІМ-сигнал з частотою 1 кГц.

У мікросхемі реалізовано захист від перегріву з гістерезисом, який спрацьовує при нагріванні вихідного ключа до температури 160 °С. ККД перетворювача досягає 87% при близьких значеннях вхідного і вихідного напруг. Доступно автомобільне виконання ІС NCV3066, а також версія без функції включення / відключення: NCP3065.

Подібний підвищує драйвер, але з більш широким діапазоном вхідної напруги (4,5 ... 52 В) є і в іншого відомого виробника Texas Instruments TPS40210 / 11. Типова схема включення наведена на рис. 3.7.

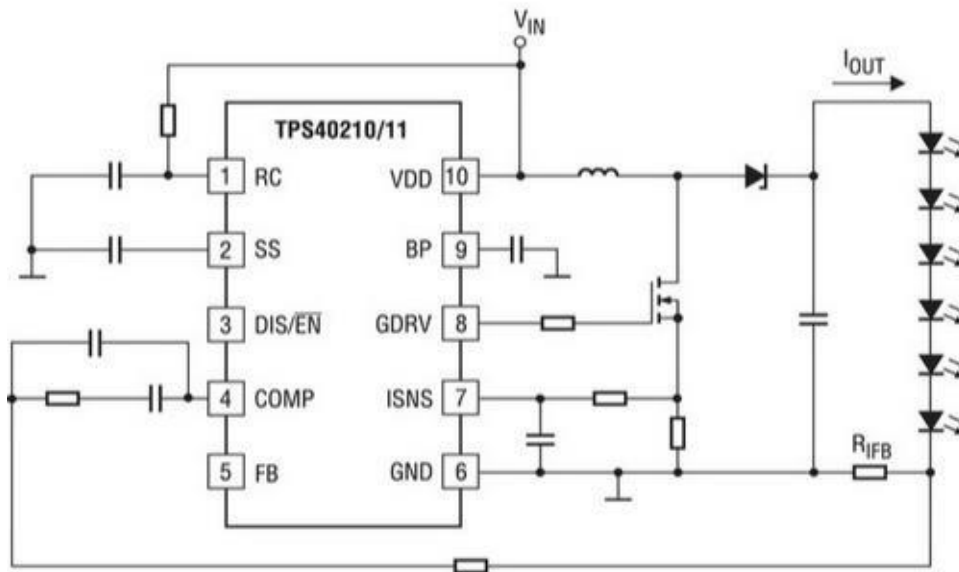


Рисунок 3.7 - Типова схема включення TPS40210/11

Драйвер TPS40211 відрізняється від TPS40210 значенням опорного напруги петлі зворотного зв'язку - 260 і 700 мВ відповідно. Тому TPS40211 більш краща для використання в стабілізаторах струму.

Частота перетворення визначається номіналами RC-ланцюжка, підключеної на висновок RC. Максимальне значення частоти перетворення 1000 кГц, але можливо і використання зовнішнього генератора, при цьому частота може бути трохи вище. Вихідний струм задається резистором R_{IFB} . Варто відзначити, що в даній мікросхемі не реалізована захист від короткого замикання в навантаженні, тому слід застосовувати додаткові зовнішні схемотехнічні рішення. Є режим плавного запуску, конфігурується за допомогою зовнішніх компонентів. Напруга на виході перетворювача повторює форму напруги на виводі SS. Ця напруга формується внутрішнім резистором і зовнішнім конденсатором, що підключається до висновку SS. Час плавного запуску одно часу досягнення напруги 700 мВ на цьому висновок. Час необхідно вибирати так, щоб не відбулося перевантаження по струму.

Вимкнення контролера здійснюється подачею на висновок DIS/EN-сигналу високого рівня. У цьому режимі відбувається відключення вбудованого лінійного стабілізатора, яке живить внутрішні вузли. Таким

чином, навантаження виявляється відключеною від живлення. Струм споживання мікросхеми в цьому режимі складає всього 10 мкА.

3.3 Знижуюче-підвищуючі драйвери

Сфера застосування - наприклад, потрібно живити потужний світлодіод з прямим падінням напруги 3,5 В від літєвий акумулятор з напругою 4,2 В (заряджений) до 2,7 В (розряджений). Можна зібрати двохкаскадний перетворювач: включити послідовно спочатку підвищує каскад, а потім понижуючий. При цьому вихідна напруга першого каскаду повинна лежати за межами зміни напруги на вході, а потрібна вихідна напруга буде формуватися на виході другого перетворювача. На жаль, тут потрібно два контролера, дві індуктивності і два ключа, а загальна ефективність буде свідомо нижче однокаскадного. Хоча в деяких випадках застосовується і така схема.

Інвертуючий перетворювач може як підвищувати, так і знижувати вхідна напруга, але вихідна напруга в ньому інвертований по відношенню до вхідного, що не завжди може бути прийнятно.

Також застосовується топологія SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter, перетворювач з несиметрично навантаженої первинної індуктивністю), але тут використовуються дві індуктивності, що веде до збільшення габаритів пристрою. Ці індуктивності можуть бути більше за розміром, ніж використовувані в схемі напівпровідникові компоненти.

Для використання в перетворювачах з топологією SEPIC можна застосовувати більшість мікросхем, призначених для роботи в підвищувальних (boost) перетворювачах. При цьому необхідно пам'ятати, що деякі з цих мікросхем для SEPIC використовувати не можна через специфічних особливостей, які оптимізують роботу в підвищувальній топології.

Розглянемо знижуюче-підвищує перетворювач на прикладі драйвера Texas Instruments TPS63000 (рис. 3.8, 3.9).

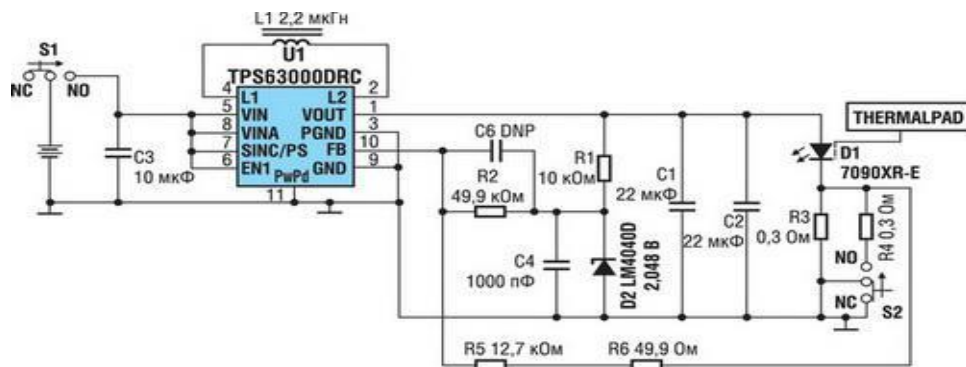


Рисунок 3.8 - Типова схема включення TPS63000

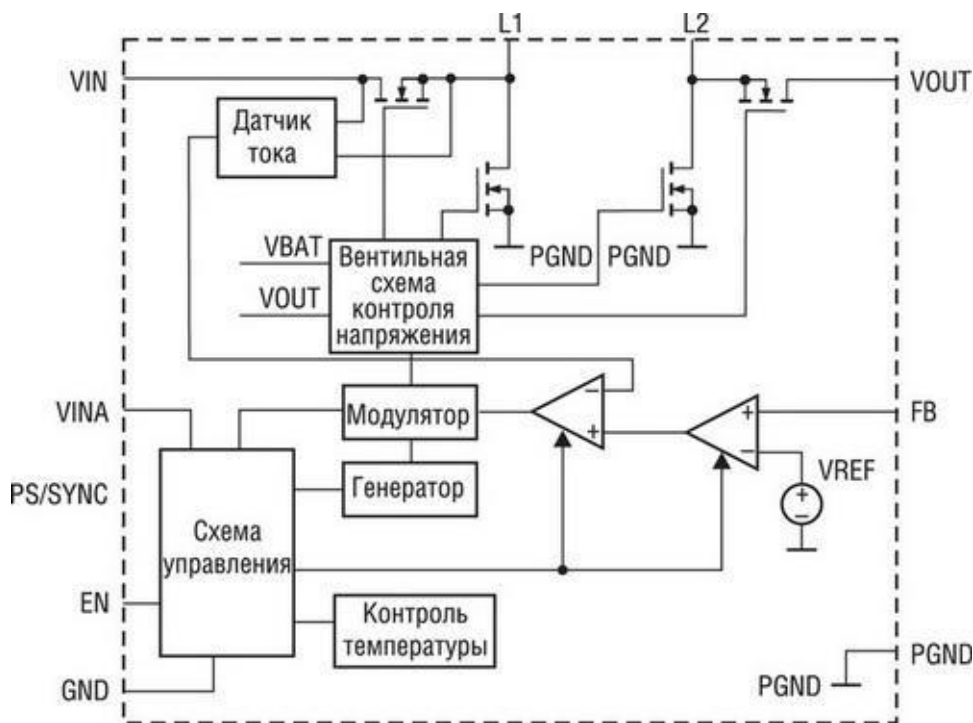


Рисунок 3.9 - Блок-схема TPS63000

Мікросхема містить понижуючий і підвищує каскади, що працюють на одну індуктивність. Перемикання між топологією відбувається автоматично в залежності від вхідної напруги.

Дана мікросхема призначена насамперед для додатків, що використовують Li-Ion елемент, а також 2- або 3-елементну батарею живлення, де важливим показником є коефіцієнт корисної дії (ККД). При струмі навантаження 320 мА ККД драйвера дуже високий - доходить до 96%, що позитивним чином впливає на ефективність використання акумулятора. Приріст часу роботи акумулятора

в цьому випадку становить до 28% (в діапазоні напруги 3,5 ... 2,7 В). Однак, ці дані справедливі при роботі перетворювача в режимі стабілізації напруги, для якого він і розроблявся, а при роботі в режимі стабілізації струму вони будуть іншими. Опорна напруга зворотного зв'язку становить 500 мВ, що не можна назвати дуже низьким, тому ККД в режимі стабілізації струму буде нижче заявленого.

Перетворення в драйвері відбувається на фіксованій частоті 1,5 МГц, також можна використовувати і зовнішню синхронізацію частотою до 1,8 МГц. Для досягнення максимальної ефективності застосовується синхронне випрямлення. Максимальне значення вихідного струму може доходити до 1,2, а при вхідній напрузі 3,6 ... 5,5 В і до 0,8 А при 2,4 ... 3,3 В. Є режим зниженого енергоспоживання, в який мікросхема переходить автоматично. У мікросхемі реалізований захист від перегріву і короткого замикання на виході. Передбачений режим м'якого старту.

Практично для будь-яких завдань, де є постійна напруга (одиниці і десятки Вольт) можна підібрати відповідний драйвер для живлення світлодіодів, що задовольняє поставленим завданням. Джерело живлення забезпечує якісні характеристики обладнання на протязі всього терміну служби, тому до вибору як мікросхеми, так і схеми побудови перетворювача необхідно підходити з урахуванням різних особливостей схемотехнічного і конструктивного характеру.

Аналізуючи завдання проекту та інтегральні мікросхеми, які були розглянуті, в наступному розділі проведемо розрахунок стабілізатору струму для світлодіодів на базі МВІ6651.

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Вихідні дані:

- напруга мережі живлення, U_1 , В	220
- вихідна напруга, U_2 , В	12
- відхилення напруги мережі живлення від номінального значення, ΔU_1 , %	+10...-15
- частота мережі живлення, f_c , Гц	50
- номінальне значення струму навантаження, I_d , А	1,0
- відхилення вихідного струму від номінального значення, ΔU_d , %	1
- коефіцієнт пульсацій вихідного струму, k_p	0,01

Аналізуючи технічні вимоги та літературний огляд оберемо в якості стабілізатору струму драйвер МВІ6651. МВІ6651 - це високоефективний понижуючий DC/DC перетворювач постійного струму. Він призначений для подачі постійного струму для потужного світлодіода тільки з 4 зовнішніми компонентами. Вихідний струм МВІ6651 можна запрограмувати за допомогою зовнішнього резистора, а затемнення світлодіода можна регулювати за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) через вивід DIM. Крім того, функція запуску обмежує пусковий струм при включеному живленні. МВІ6651 також має функцію захисту від зниженої напруги (UVLO), захист від перегріву, захист від розмикання світлодіодів і захист від короткого замикання світлодіодів для захисту ІС від пошкоджень [1].

Крім того, для забезпечення надійності системи в МВІ6651 вбудована функція теплового захисту (TP). Цей тип блокування захищає ІС від перегріву (165 °С) в різних умовах застосування. МВІ6651 пропонує корпуси з підвищеною температурою, а також для більш ефективного управління потужністю, що розсіюється. МВІ6651 доступний в корпусах TO-252, SOT23-6 і MSOP-8.

Основні параметри:

- постійний вихідний струм 1А;
- ККД 96% при входній напрузі 12 В, 350 мА, 3 світлодіоди;
- Діапазон входної напруги 9 ~ 36 В;
- Гистерезис PFM підвищує ефективність при легкому навантаженні;
- Настроюваний вихідний струм;
- Вбудований вимикач живлення з $R_{ds} \text{ (вкл)} = 0,45 \text{ Ом}$;
- Повний захист: Тепловий/UVLO/Пуск/Відрив світлодіоду/Коротке замикання;
- Потрібні тільки 4 зовнішніх компонента.

Структурна схема драйверу показана на рис. 4.1.

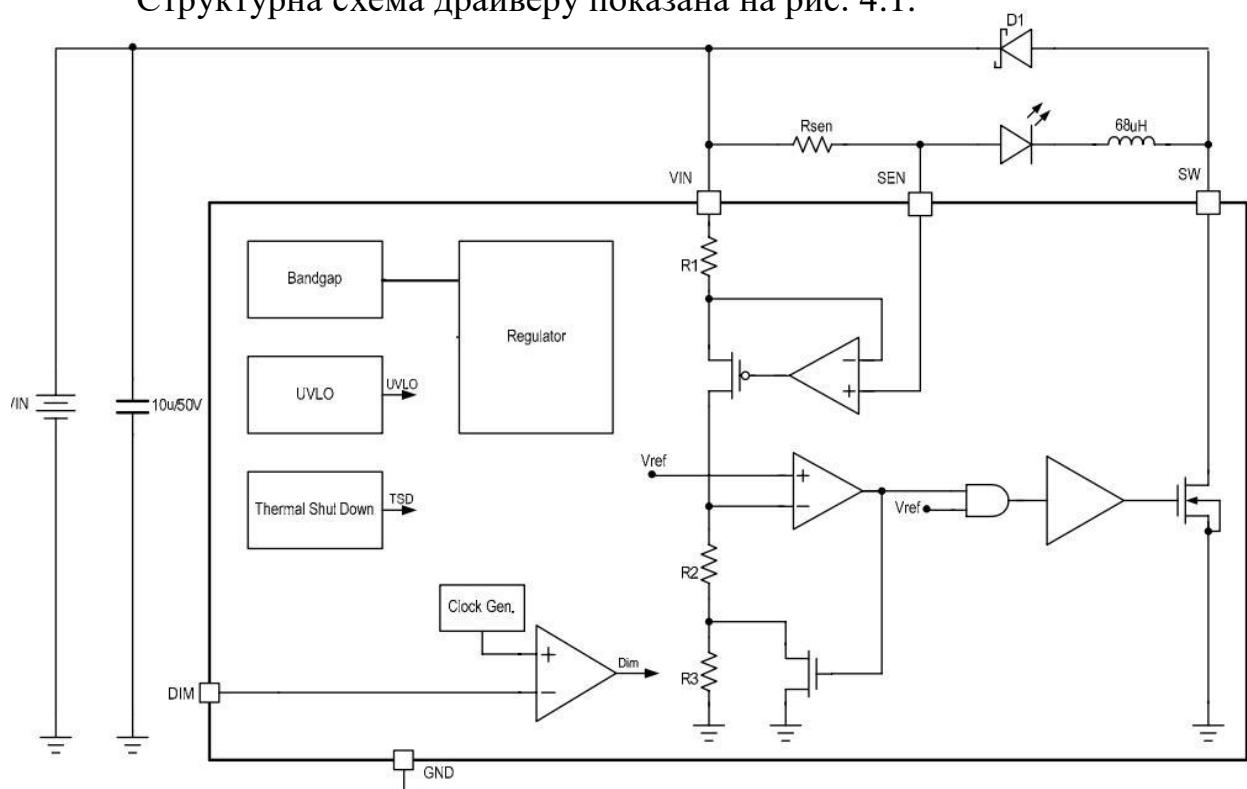


Рисунок 4.1 — Структурна схема драйверу

MBI6651 Опис виводів:

- GND Термінал заземлення для логіки управління і споживання струму SW Switch вихідний термінал
- DIM Регулятор управління яскравістю

- SEN Вихід струмового клеми
- VIN Клема напруги живлення

МВІ6651 - це простий і високоефективний понижуючий перетворювач з можливістю навантаження до 1 А. МВІ6651 використовує гістерезисну схему управління PFM для регулювання змін навантаження і вхідної напруги. Гістерезисна управління PFM не вимагає петлевої компенсації, що забезпечує дуже швидку реакцію на перехідну навантаження і досягнення чудової ефективності при легкому навантаженні.

4.1 Налаштування вихідного струму

Вихідний струм (IOUT) встановлюється зовнішнім резистором RSEN. Відносини між IOUT і RSEN такі, як показано нижче; $V_{sen} = 0.1V$;

$$RSEN = (V_{sen} / IOUT) = (0.1V / IOUT);$$

$$IOUT = (V_{sen} / RSEN) = (0.1V / RSEN)$$

де RSEN - опір зовнішнього резистора, підключеного до клеми SEN, а VSEN - напруга зовнішнього резистора. Таким чином, номінал опору RSEN при струмі 1А становить 0.1 Ом.

Мінімальна вхідна напруга є сумою падінь напруги на RSEN, RS, DCR L1, Rds (вкл) внутрішнього MOSFET і загальної прямої напруги світлодіодів. Динамічний опір світлодіода RS є інверсією нахилу в лінійної прямої моделі напруги для світлодіода. Ця електрична характеристика може бути надана виробниками світлодіодів. Еквівалентний імпеданс схеми МВІ6651 показаний на рис.4.2.

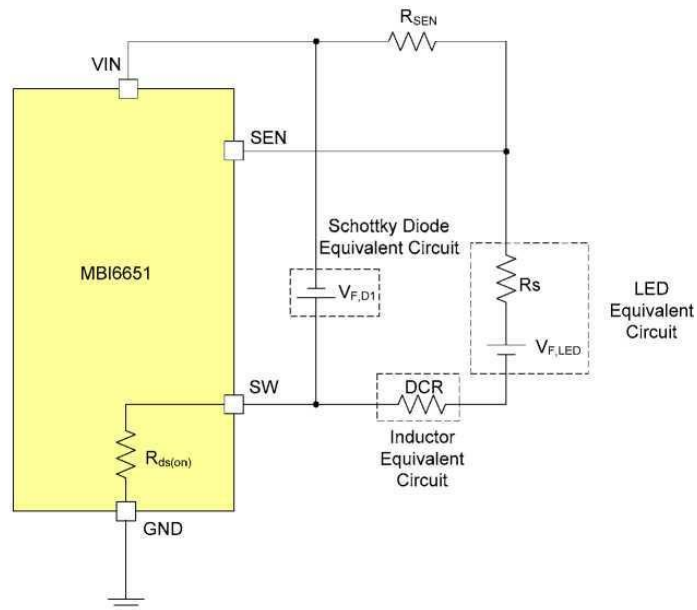


Рисунок 4.2 — Еквівалентна схема

Оскільки вхідна напруга може бути менше мінімальної вхідної напруги, при якій виконуються умови запуску, вихідний струм буде більше, ніж попередньо встановлений вихідний струм. Таким чином, при цій обставині вихідний струм обмежений в 1,15 рази від попередньо встановленого.

Коли напруга на VIN MBI6651 нижче 8,0 В, вихідний струм MBI6651 буде відключений. Коли напруга VIN MBI6651 відновиться до 8,0 В, вихідний струм MBI6651 буде знову включений.

Регулювання яскравості світлодіодів може бути виконано шляхом подачі сигналів ШІМ на вивід DIM. Низький логічний рівень (нижче 0,5 В) на DIM відключить внутрішній польовий МДН-транзистор і відключить подачу струму на матрицю світлодіодів. Внутрішня схема, що підтягує гарантує, що MBI6651 включений, коли вивід DIM не підключений. Отже, необхідності в зовнішньому резисторі немає.

4.2 Вибір частоти перемикання

Для досягнення більшої точності вихідного струму частота перемикання повинна визначатися мінімальним часом включення / вимикання сигналу SW. Наприклад, якщо робочий цикл MBI6651 більше 0,5, то частота перемикання

повинна визначатися мінімальним часом відключення, і навпаки. Таким чином, частота перемикання MBI6651 становить:

Частота перемикання пов'язана з ефективністю (краще на низькій частоті), розміром / вартістю компонентів (менше / дешевше на високій частоті), а також амплітудою вихідних пульсацій напруги і струму (менше на високій частоті). Більш повільна частота перемикання обумовлена великим значенням індуктора. У багатьох додатках чутливість ЕМІ обмежує частоту перемикання MBI6651. Частота перемикання може бути в діапазоні від 40 кГц до 1,0 МГц. Оберемо 100кГц.

Драйвер постійного струму для світлодіодів, такий як MBI6651, призначений для управління струмом через каскадний світлодіод замість напруги на ньому. Більш високий струм пульсації світлодіодів дозволяє використовувати меншу індуктивність, меншу вихідну ємність і навіть без вихідного конденсатора. Переваги більш високого пульсуючого струму світлодіодів полягають у тому, щоб мінімізувати розмір друкованої плати і знизити вартість через відсутність вихідного конденсатора. Більш низький струм пульсації світлодіодів вимагає більшої індуктивності і вихідного конденсатора. Переваги більш низького струму пульсації світлодіодів полягають у тому, що вони продовжують термін служби світлодіодів і зменшують нагрів світлодіодів. Рекомендований пульсаційний струм становить від 5% до 20% від нормального струму світлодіода.

4.3 Вибір індуктора

Індуктивність визначається двома факторами: частотою перемикання і пульсуючим струмом індуктора. Розрахунок індуктивності L_1 можна описати як:

$$L_1 > (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SEN} - (R_{ds(on)} \times I_{OUT})) \times \frac{D}{f_{SW} \times \Delta I_L}$$

Де:

$R_{ds(on)}$ - це опір внутрішнього польового МОП-транзистора MBI6651.

Типовим є 0,45 Ом при 12 В вхідної напруги.

D - робочий цикл MBI6651, $D = V_{OUT} /$

$V_{IN} \cdot f_{SW}$ - частота перемикачання MBI6651.

ΔI_L - пульсуючий струм індуктора, $\Delta I_L = (1.15 \times I_{OUT}) - (0.85 \times I_{OUT}) = 0.3 \times I_{OUT}$.

При виборі індуктора, не тільки індуктивність, але і струм насичення, який слід розглядати як чинники, що впливають на продуктивність модуля. Загалом, рекомендується вибирати індуктивність зі струмом світлодіодів в 1,5 рази більше струму насичення. Крім того, чим більше індуктивність, тим краще регулювання лінії/навантаження. Однак індуктивність і струм насичення стають компромісом при однаковому розмірі індуктора. Для зменшення перешкод від електромагнітних завад рекомендується використовувати індуктор зі щитом, однак це ще один компроміс зрозуміюванням тепла.

$$L1 > (15-12-0.1-(0.25 \cdot 10e-3)) \cdot ((12/15)/100000 \cdot 0.075) = 309 \mu\text{кГн}$$

Для MBI6651 потрібно діод Шоткі, D1, для перенесення струму індуктора, коли польовий МОП-транзистор вимкнений. Два фактори визначають вибір діода Шоткі. Одним з них є максимальне зворотне напруга. Рекомендоване номінальну напругу зворотного напруги не менше ніж в 1,5 рази перевищує вхідну напругу. Інший - максимальний прямий струм, який працює, коли МОП-транзистор вимкнений. І рекомендований прямий струм в 1,5 рази більше вихідного струму. Користувачі повинні ретельно вибрати відповідний діод Шоткі, який може виконувати низький струм витoku при високій температурі. На основі завдання оберемо діод SS14 (1A, 40V).

4.3 Вибір вхідного конденсатора

Вхідний конденсатор C_{IN} може подавати імпульси струму для MBI6651, коли польовий МОП-транзистор включений. C_{IN} заряджається вхідним напругою, коли MOSFET вимкнений. Оскільки вхідна напруга нижче допустимого вхідного напруги, внутрішній польовий МОП-транзистор MBI6651 залишається постійно включеним, а струм світлодіода обмежений в 1,15 рази від нормального струму. Рекомендоване значення вхідного конденсатора становить 10 мкФ для стабілізації системи освітлення.

Номінальна напруга вхідного конденсатора повинно бути як мінімум в 1,5 рази більше вхідного напруги. В якості вхідного конденсатора можна використовувати танталовий або керамічний конденсатор. Перевагами танталового конденсатора є висока ємність і низьке значення ЕПР. Перевагами керамічного конденсатора є високочастотна характеристика, невеликі розміри і низька вартість. Через низьку характеристики ESR керамічного конденсатора, будь ласка, не використовуйте гаряче підключення. Користувачі можуть вибрати відповідний для своїх додатків.

4.4 Вибір вихідного конденсатора

Конденсатор, з'єднаний з каскадним світлодіодом, може зменшити пульсаційний струм світлодіода і забезпечити меншу індуктивність.

Схема розташування друкованих плат

Для підвищення ефективності та стабілізації системи важливо ретельно продумати розташування друкованих плат. Є кілька факторів, які слід враховувати.

1. Повна площа землі корисна для усунення шуму перемикавання.
2. Тримайте висновок заземлення мікросхеми й проведення заземлення конденсаторів вхідного і вихідного фільтра менше 5 мм.

3. Щоб максимізувати ефективність вихідної потужності і мінімізувати пульсаційне вихідна напруга, використовуйте площину заземлення та припаяйте висновок заземлення мікросхеми безпосередньо до заземлювальної площині.

4. Для стабілізації системи радіатор MBI6651 рекомендується підключати безпосередньо до заземлювальної площині.

5. Збільште відведення тепла, площа заземлюючої поверхні, до якої припаюється радіатор IC, повинна бути якомога більшою.

6. Вхідний конденсатор повинен бути розташований якомога ближче до висновку V_{IN} IC.

7. Щоб уникнути паразитного ефекту сліду, RSEN повинен бути розташований якомога ближче до контактів V_{IN} і SEN IC. Область, яка складається з штиря SW, діода Шоткі і котушки індуктивності, повинна бути широкою і короткою.

8. Шлях, по якому тече великий струм, повинен бути широким і коротким, щоб усунути паразитний елемент.

9. Коли SW включений / виключений, напрямок силової петлі має залишатися однаковим для підвищення ефективності, рис. 3.3.

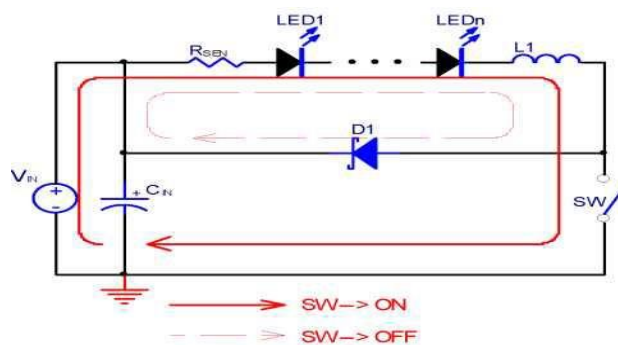


Рисунок 4.3 — Шляхи струму

4.5 Моделювання перетворювача

Моделювання режимів роботи проводилось в програмі Мікросар 12, схема у вигляді еквівалентної моделі наведено на рис. 4.4.

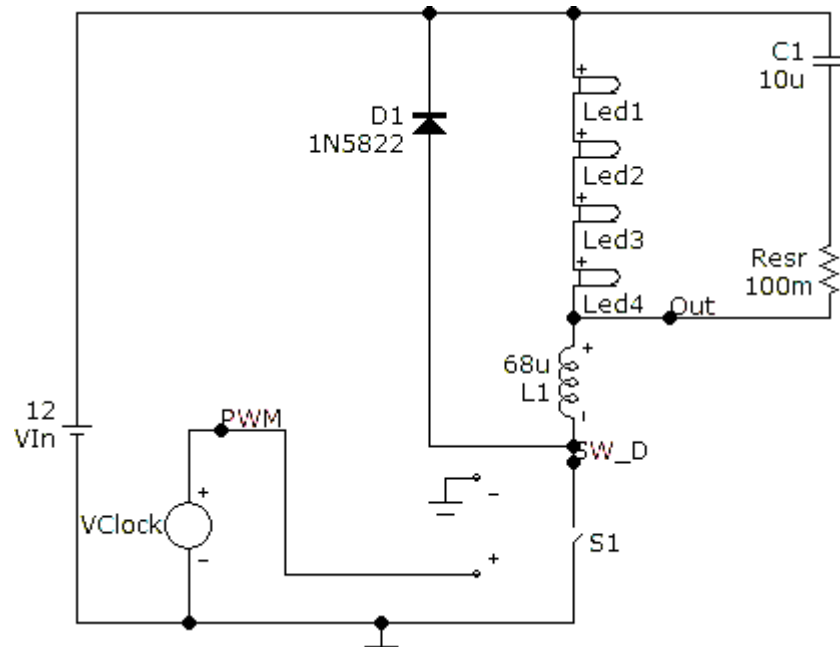


Рисунок 3.4 — Модель перетворювача

Транзистор драйверу представлено як модель ключа S1, а блок ШІМ у вигляді джерела еквівалентного сигналу. Результати представлено на рис. 4.5-4.6.

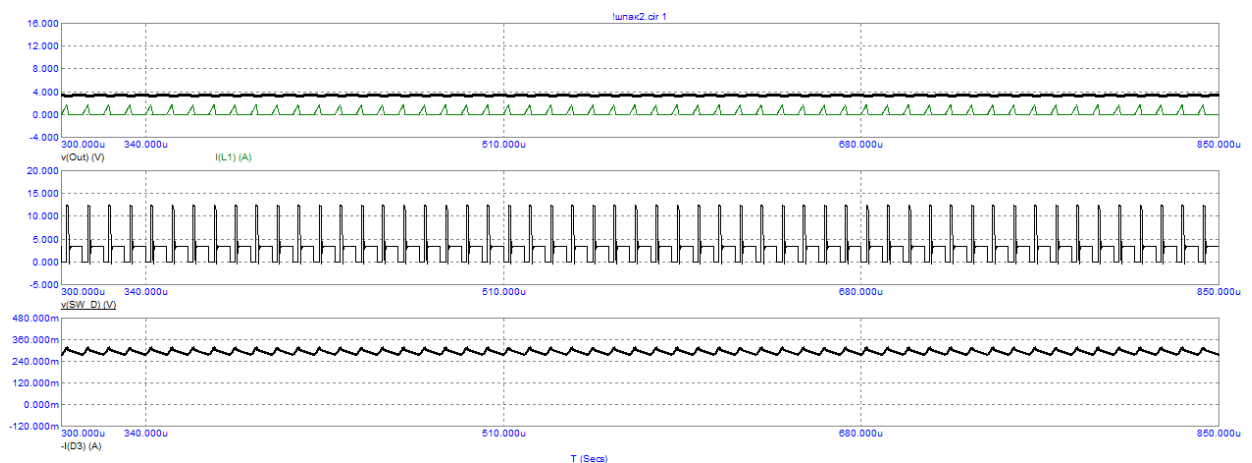


Рисунок 4.5 — Результати моделювання при ШІМ =75%

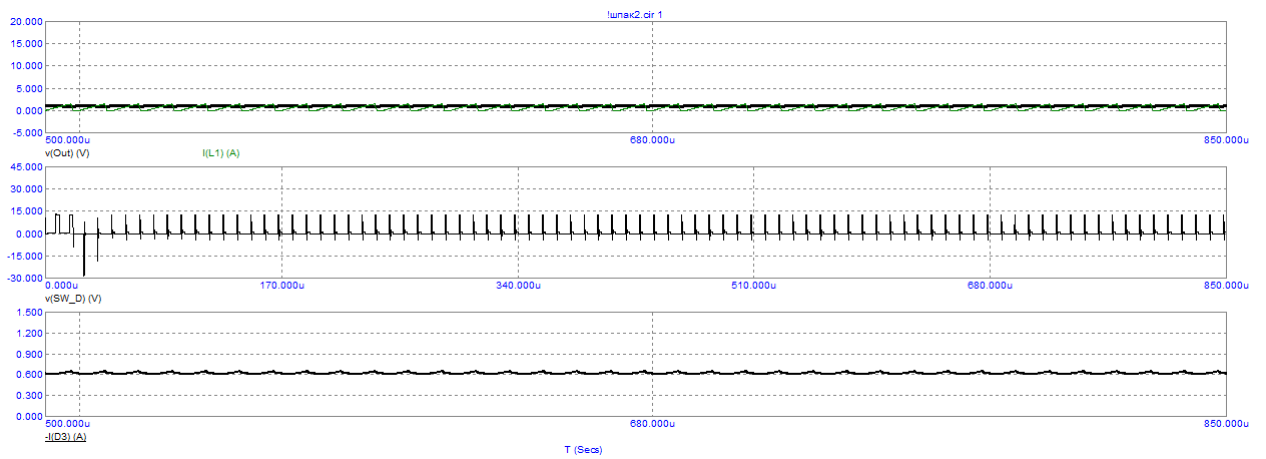


Рисунок 4.6 - Результати моделювання при ШІМ = 25%.

5 КОНСТРУКТОРСЬКО ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Технології розробки друкованих плат

Простий і зручний DipTrace не вимагає часу на освоєння і відмінно підходить для невеликих електронних виробів. Програма складається з наступних модулів: Schematic (для створення багатолистових багаторівневих схем з вбудованим найпростішим симулятором), PCB Layout (для розробки плат за допомогою ручної або автоматичного трасування і систем оптимізації розташування компонентів і розмірів плат), Pattern Editor і Component Editor (для редагування корпусів і компонентів відповідно).

DipTrace містить мінімально можливу кількість керуючих елементів, при роботі редаговані об'єкти підсвічуються, що дозволяє наочно оцінювати ситуацію. Зміна одного елемента схеми або плати відображається на всіх залежних від нього об'єктах. Автотрасувальник непогано справляється зі складними багат шаровими платами, що мають різні типи радіодеталей, а підтримка файлів Specctra DSN / SES дає можливість підключити сторонній разводчик.

Програма проводить численні перевірки проекту (нових елементів у бібліотеці, допустимості і цілісності з'єднань, зазорів, розмірностей) на різних етапах роботи, що дозволяє виявити і виправити помилки «на льоту». Створення SPICE netlist дозволяє промоделювати проект на будь-якому зовнішньому симуляторі, функції експорту / імпорту роблять можливим продовжити роботу в інших додатках (P-CAD, PADS, OrCAD, Eagle), а також використовувати нетлісти Accel, Mentor, Allegro, Tango і Protel [5].

DipTrace експортує плати в необхідні для виробництва формати DXF, Gerber RS-274X (з підтримкою TrueType шрифтів і растрових монохромних зображень), Excellon N / C Drill. Стандартні бібліотеки програми включають себе більше 100 000 елементів від найбільш відомих виробників, а зручні засоби розробки дозволяють за кілька хвилин самостійно виготовити

радіодеталі будь-якого розміру та складності. Приклади виконання моделі світильника представлені на рис. 5.1 – 5.7.

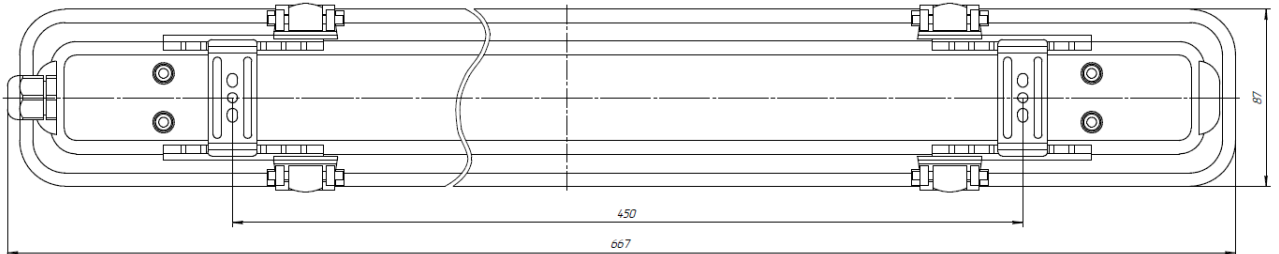


Рисунок 5.1 – Вид знизу

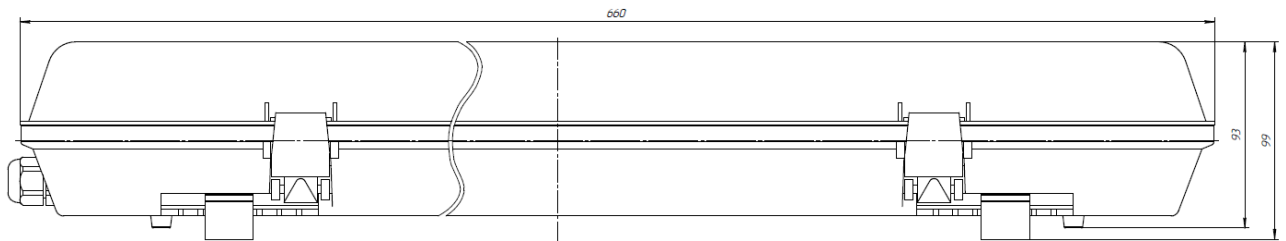


Рисунок 5.2 – Вид збоку

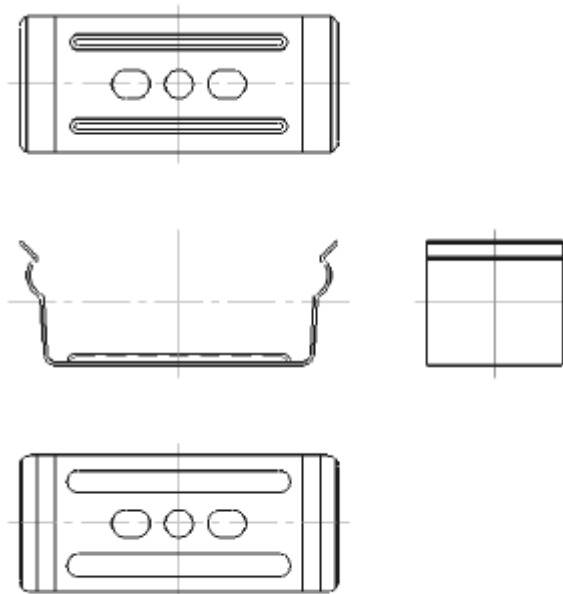


Рисунок 5.3 – Скоба монтажна

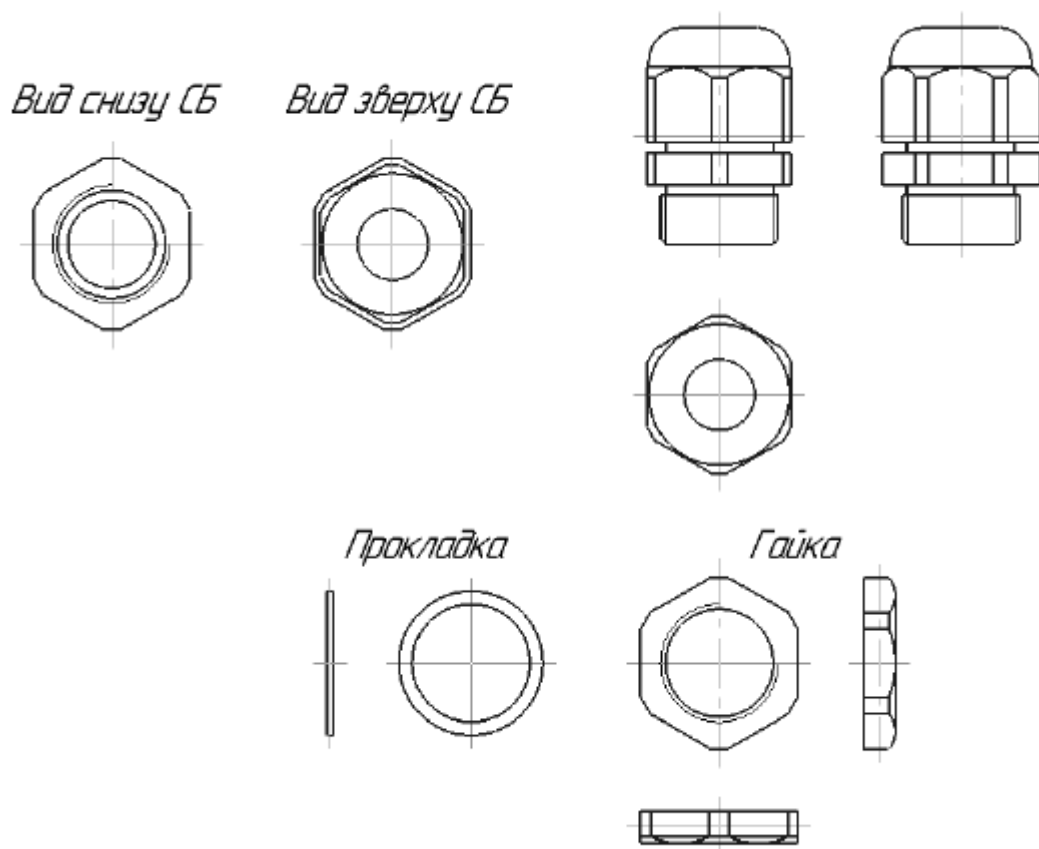


Рисунок 5.4 - Гермоввод PG-11

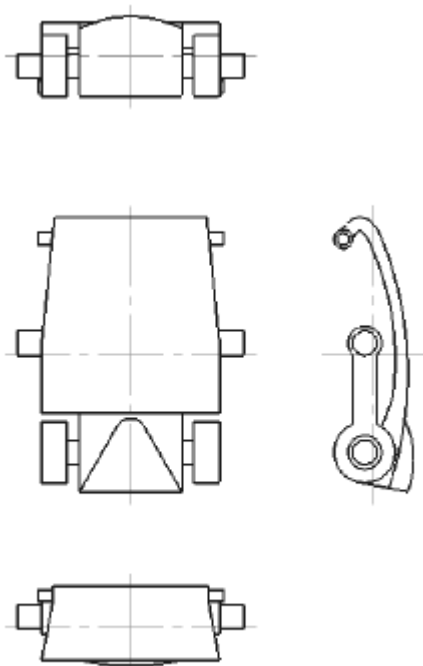


Рисунок 5.5 – Засувка

5.2 Характеристика небезпечних факторів на робочому місці

При розробці, проектуванні й виробництві імпульсних джерел струму для світлодіодних світильників присутні наступні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень шуму на робочому, що виникає від установки штучної вентиляції, паяльної станції та роботи комп'ютеру
- погана освітленість робочої зони;
- пил, та мікрочастинки склотекстоліту, які з'являються під час механічної обробки друкованої плати;
- підвищена температура при роботі з паяльниками та паяльними станціями;
- небезпека ураження електричним струмом;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин, які утворюються під час пайки;
- пари етилового спирту, які виникає в повітрі під час промивання друкованої плати;
- вплив електромагнітних та електростатичних полів від моніторів ПК.

Відповідно до складального креслення в якості припою використовується олов'яно-свинцевий припій, а як флюс використовується безкислотний флюс. Для видалення залишків флюсу застосовується етиловий спирт.

Свинець є надзвичайно небезпечною речовиною (клас 1), відповідно до [6]. ГДК у повітрі робочої зони $0,01 \text{ мг/м}^3$. Олово є речовиною помірковано небезпечним (клас 3). ГДК у повітрі робочої зони 10 мг/м^3 . Спирт етиловий є небезпечною речовиною (клас 4). ГДК у повітрі робочої зони 10 мг/м^3 .

При перевищення допустимої концентрації парів свинцю під час проведення паяльних робіт на організм людини приводить до зміни репродуктивної, нервової, серцево-судинної, імунної та ендокринної систем. Сполуки свинцю можуть викликати легке отруєння, отруєння середньої важкості та важке отруєння. При тривалому впливі виникає отруєння свинцем (сатурнізму). Для легкого отруєння характерними є розвиток анемії, для середньої важкості – токсичний гепатит, свинцева коліка, астеновегетативний синдром, для важкого – енцефалопатія, порушення координації рухів, розлади мови, периферичні нейропатії. Характерними симптомами свинцевої інтоксикації є свинцева кайма по краю ясен, а також «свинцевий колорит» - землисто-сіре забарвлення шкіри. Виникає енцефалопатія, яка характеризується головними болями, розладами сну, епілептичними паралічами, коматозними станами, депресією. Рухові розлади характеризуються поліневритом з переважним ураженням розгиначів кисті та стопи. Розвивається тремор витягнутих рук, посмикування очних яблук, болі в руках і ногах, болючість при пальпації по ходу нервів, погіршення зору. При свинцевій інтоксикації виникає свинцева коліка з тріадою симптомів: різкі переймоподібні болі в животі, підвищення артеріального тиску. Хворих турбують також гарячка, тошнота, блювота, зміни зі сторони серцево-судинної системи – болі в ділянці серця, аритмія, тахікардія, глухі тони, систолічний шум. Для жінок свинець представляє особливу небезпеку, тому що цей елемент має здатність проникати через плаценту і накопичуватися в грудному молоці.

Шум від вентилятора паяльної станції може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси в організмі людини. Він не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 1—15%, але нерідко призводить до професійних захворювань [6]. Інтенсивний щоденний, він повільно й незворотно впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку нейросенсорної приглухуватості.

Робота за ПК, супроводжується підвищеним напруженням зору, інтенсивністю і монотонністю праці, збільшенням статичних навантажень, нервово-психічним напруженням, впливом різного виду випромінювань та ін. Внаслідок цього трапляються такі професійні захворювання, як передчасна стомлюваність, погіршення зору, м'язові і головні болі, психічні й нервові розлади, хвороби серцево-судинної системи, онкологічні захворювання та інші.

Приміщення лабораторії знаходиться на п'ятому поверсі панельного будинку. Основні геометричні розміри приміщення, у якому будуть проводитися роботи з проектування плати зарядного пристрою:

- довжина $a = 10$ м;
- ширина $b = 6$ м;
- висота $h = 3,5$ м.

В приміщенні є 3 робочих місця, кожне з яких обладнано робочим столом та місцем для розміщення контрольно-вимірювальних приладів, ПК, паяльної станції. Розміщення робочих місць відповідає нормативам.

Таблиця 5.1 – Оцінка умов праці робочого місця інженера-електроніка

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	Характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %	
				1	2	3		
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : – пари спирту – свинець та його неорганічні з'єднання	0,1...10	0,2	X			10...90	
		0,01	0,005	X				
2	Неіонізуюче випромінювання: – радіочастотний діапазон, В/м – діапазон промислової частоти, кВ/м	25	20				100	
		2,5	1,0–1,5					
3	Мікроклімату приміщени (т.п.): – швидкість руху повітря, м/с – температура повітря, °С – відносна вологість, %	0,1	0,1–0,3				100	
		22–24	21–25	<10°С				100
		40–60	45–60					100
4	Атмосферний тиск, мм.рт. ст.	760	750				100	
5	Дрібні стереотипні рухи кистями та пальцями рук, кіл. за зміну	5000	5000-6000				50	
6	Напруженість праці увага (тривалість концентрації, %)		80	>75			80-100	
7	Напруженість аналізаторних функцій			точна			80	
8	Шум, дБА	60	70	10			20%	

5.3 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Працівники, які працюють у лабораторії повинні проходити інструктаж з правил безпеки. Кожен працівник, який влаштовується на роботу повинен пройти протипожежний інструктаж.

Для зниження шуму у лабораторії застосовуються звукоізолювальні кожухи, екрани, стіни, перетинки виготовляють із щільних твердих матеріалів, здатних запобігати розповсюдженню звукових хвиль (метал, пластмаса, бетон, цегла). Звукопоглинаючими матеріалами є поліуретан, мінеральна вата, супертонке скловолокно, пористий бетон, перфоровані гіпсові плити - акмігран та ін., що мають коефіцієнт звукопоглинання $a > 0,2$.

Звукопоглинаючі та звукоізолюючі матеріали зазвичай використовують разом. Природне освітлення забезпечується за допомогою площі вікон, яка дорівнює 2 м^2 , але повинно доповнюватись штучним. Штучне освітлення у приміщеннях з ПК здійснюється у вигляді комбінованої системи з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, які розташовують над робочими місцями у рівномірно-прямокутному порядку. Пульсація люмінесцентних ламп не повинна перевищувати 10%.

Також потрібна наявність аптечки в кабінеті інженерів та конструкторів для забезпечення першої допомоги при отруєнні випаровуваннями, ураженні струмом, сильному опіку та інших факторах небезпечних для людини.

Медичні профілактичні заходи:

- застосування змінного ритму і темпу роботи;
- медичні огляди (попередні та періодичні);
- виконання профілактичних та психологічних вправ.
- раціональне і профілактичне харчування;

Площа робочого місця користувача ПК в лабораторії з ЕПТ-дисплеєм повинна становити не менше 6 м^2 , для ПК з LCD дисплеєм - $4,5\text{ м}^2$. У приміщеннях повинна проводитися щоденне вологе прибирання і систематичне провітрювання після кожної години роботи. Шумляче обладнання (друкувальні пристрої, сканери, сервери і тому подібні), рівні шуму якого перевищують нормативні, повинне розміщуватися поза робочих місць співробітників.

Загальні ергономічні вимоги до робочих місць викладено в міждержавних стандартах ГОСТ 12.2.032-78 (під час виконання робіт сидячи) та ГОСТ 12.2.033-78 (під час виконання робіт стоячи).

Робочі столи слід розміщувати таким чином, щоб монітори були орієнтовані бічною стороною до світлових прорізів, щоб природне світло падало переважно зліва. При розміщенні робочих місць відстань між робочими столами повинно бути не менше 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями відеомоніторів - не менше 1,2 м.

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання, паяльної станції, ПК, вимірювальних пристроїв. Висота робочої поверхні столу повинна бути 725 мм, робоча поверхня стола повинна має ширину 1200 мм і глибину 800 мм. Робочий стіл має простір для ніг висотою 650 мм, шириною - 600 мм, глибиною на рівні колін - 470 мм, на рівні витягнутої ноги - 700 мм. Конструкція робочого стільця або крісла забезпечує підтримку раціональної робочої пози працівника і дозволяти змінювати позу з метою зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової області і спини. Робочі стільці є підйомно-поворотними, регульованими по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки, а також відстані спинки від переднього краю сидіння, при цьому регулювання кожного параметра є незалежним, легко здійснюється та має надійну фіксацію. Клавіатури розташовані на поверхні столу на відстані 200 мм від краю, зверненого до користувача, або на спеціальній поверхні, відокремленої від основної стільниці. Екран відеомонітора знаходиться від очей користувача на відстані 600 мм [6].

5.4 Виробнича санітарія

Лабораторія обладнана системами центрального опалення, припливно-втяжної вентиляції з механічним спонуканням, кондиціонування повітря. Система вентиляції забезпечує нормативну величину повітрообміну. Також двічі на день проводиться й природня вентиляція через вікна. Згідно Гігієнічної класифікації труда роботи, які виконуються, за ступенем важкості

відносяться до категорії Іб – середньої важкості, роботи виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним навантаженням [6].

Роботи із шкідливими і вибухопожежонебезпечними речовинами при нанесенні припоїв, флюсів, паяльних паст, сполучних і розчинників повинні проводитися при діючій загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції. Системи місцевих відсмоктувачів повинні включатися до початку робіт і вимикатися після їх закінчення [6].

Умови праці визначаються характером і важкістю роботи, яка виконується, а також параметрами навколишнього виробничого середовища. Плануючи робоче місце, виходять з того, щоб робітник протягом зміни не знижував встановленої продуктивності праці, витрачаючи мінімум фізичних зусиль, був захищений від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Важливе значення мають також робоча поза, темп і ритм виконуваної роботи. Виключаються статичні м'язові напруги і, як наслідок, профзахворювання (викривлення хребта, розширення вен, плоскостопість) при робочій позі, яка забезпечує розташування центру ваги тіла в межах площі опори.

При покиданні робочого місця треба виконувати стандартні засоби гігієни, перед прийманням їжі, або йдучи додому, такі як: миття рук після пайки, розводці плати, або просто після користування ПК.

Штучне освітлення виконується за допомогою люмінесцентних ламп. Прийняті значення освітленості для лабораторії наступні: розряд зорової роботи 3Б, норма освітлення при використанні системи комбінованого — 750 лм [6].

5.5 Електробезпека

У лабораторії основне обладнання являє собою електроустановки (персональні комп'ютери, паяльна станція, принтери, система освітлення), які представляють реальну небезпеку ураження електричним струмом. Основне живлення здійснюється від трифазної мережі частотою 50 Гц, напругою 220В.

Електрообладнання лабораторії відноситься до установок напругою до 1000В. Лабораторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, тому що в ньому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку (підвищена вологість, температура, струмопровідний пил то що).

Основними технічними способами і засобами захисту від ураження електричним струмом, використовуваними окремо або в поєднанні один з одним, є: захисне заземлення; занулення; електричне розділення мереж; захисне вимкнення; ізоляція струмоведучих частин; сигналізація, ізолюючи захисні та запобіжні застосування [7].

Навіть при розвиненій системі захисних заходів не слід вважати, що вони створюють умови абсолютної безпеки.

У всіх випадках постійно необхідно високоякісне обслуговування електричних установок і періодичний профконтроль, підтримання якісного стану ізоляції, висока дисципліна персоналу і виконання правил безпеки.

На підставі цих правил на підприємстві розробляють систему безпечної експлуатації електричних установок та наказом встановлюють структуру і штат персоналу.

Важливу роль у підвищенні надійності та безпеки роботи з будь-якими електропристроями, чи то паяльник, ПК або просто електрочайник, мають профілактичні випробування, перелік і терміни, проведення яких суворо регламентують.

5.6 Пожежна безпека

По категорії приміщень, лабораторія відноситься за пожежною безпекою до категорії Д. В зв'язку з тим, що в лабораторії знаходяться електроприлади по класу пожежі її можна віднести до класу Е. Площа лабораторії складає 60 м².

Згідно норм протипожежної безпеки для даного приміщення рекомендується встановити 2 вогнегасники вуглекислотного типу ОУ-2 [6].

Дії при виникненні пожежі

— При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника відділу (диспетчера або чергового підстанції) до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

— особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;

— вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;

— виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел; Під час гасіння пожежі електроустановок під напругою забороняється:

— використання усіх видів піни;

— проводити будь-які відключення та інші операції з електричним обладнанням особовому складу пожежних підрозділів;

— використовувати воду зі змочувачами при подаванні компактних струменів води, як для гасіння, так і для охолодження електрообладнання та будівельних конструкцій;

— наближатися до машин і механізмів, які застосовуються для подачі води (вогнегасних речовин) на електроустановки під напругою, особам, безпосередньо не зайнятим на гасінні пожежі [6].

5.7 Розрахунок заземлення

Розрахунок заземлення проводиться для того щоб визначити опір споруджуваного контуру заземлення при експлуатації, його розміри і форму. Як відомо, контур заземлення складається з вертикальних заземлювачів, горизонтальних заземлювачів і заземлюючого провідника. Вертикальні заземлювачі забиваються в ґрунт на певну глибину [8].

Горизонтальні заземлювачі з'єднують між собою вертикальні заземлювачі. Заземлювальний провідник з'єднує контур заземлення безпосередньо з електрощитом.

Розміри і кількість цих заземлювачів, відстань між ними, питомий опір ґрунту - всі ці параметри безпосередньо залежать на опір заземлення.

Заземлення служить для зниження напруги дотику до безпечної величини. Завдяки заземленню небезпечний потенціал йде в землю тим самим, захищаючи людину від ураження електричним струмом.

Величина струму стікання в землю залежить від опору заземлюючого контуру. Чим опір буде менше, тим величина небезпечного потенціалу на корпусі пошкодженої електроустановки буде менше.

Заземлювальні пристрої повинні задовольняти покладених на них певним вимогам, а саме величини опір розтікання струмів і розподілу небезпечного потенціалу.

Тому основний розрахунок захисного заземлення зводиться до визначення опору розтікання струму заземлювача. Це опір залежить від розмірів і кількості заземлюючих провідників, відстані між ними, глибини їх закладення і провідності ґрунту [8].

Вихідні дані для розрахунку заземлення:

1. Основні умови, яких необхідно дотримуватися при спорудженні заземлюючих пристроїв це розміри заземлювачів.

1.1. Залежно від використовуваного матеріалу (куточок, смуга, кругла сталь) мінімальні розміри заземлювачів повинні бути не менше:

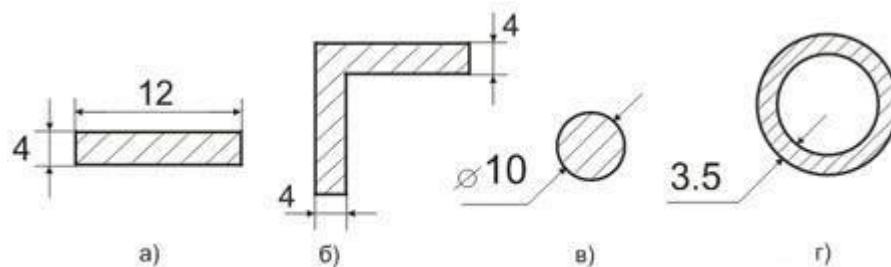
а) смуга 12x4 – 48 мм²;

б) куточок 4x4;

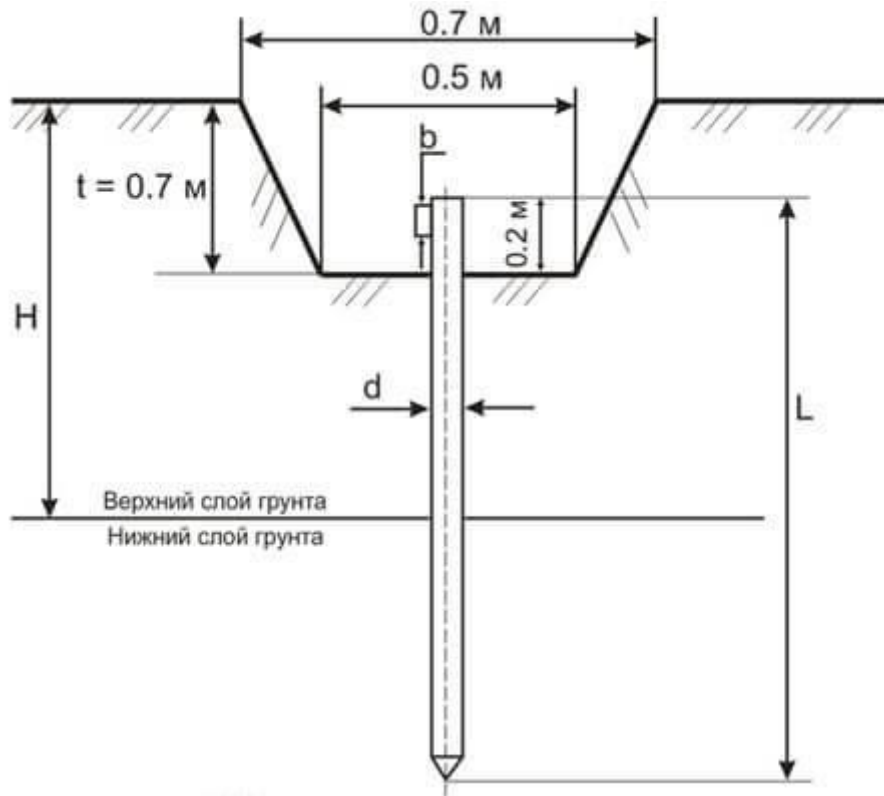
в) кругла сталь - 10 мм²;

г) сталева труба (товщина стінки) - 3.5 мм.

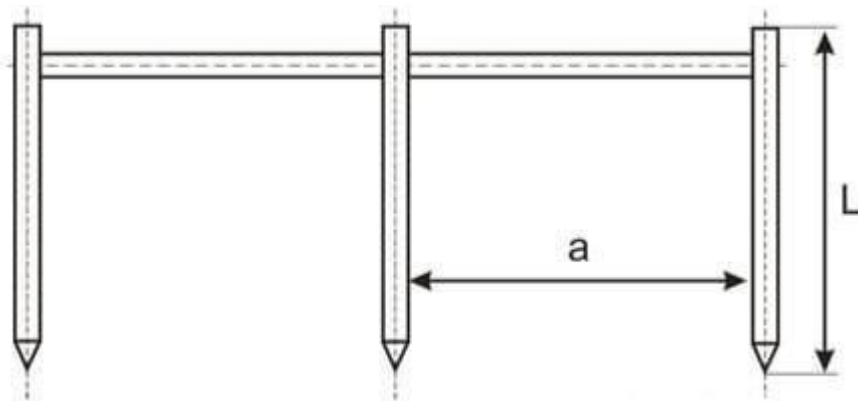
Мінімальні розміри арматури застосовуються для монтажу заземлюючих пристроїв



2. Довжина стрижня, що заземлює повинна бути не менше 1.5 - 2 м.



1.3. Відстані між заземлювальними стрижнями береться зі співвідношення їх довжини, тобто: $a = 1 \times L$; $a = 2 \times L$; $a = 3 \times L$.



Залежно від що дозволяє площі і зручності монтажу заземлення стрижні можна розміщувати в ряд, або у вигляді який не будь фігури (трикутник, квадрат і т.інш.) [8].

Основною метою розрахунку заземлення є визначити число заземлюючих стрижнів і довжину смуги, яка їх з'єднує.

Вихідні дані для розрахунку пристрою заземлення:

- опір заземлювального пристрою розтіканню струму - не більше 4 Ом;
- вид ґрунту - глина;
- кліматична зона - 1;
- розташування вертикальних заземлюючих електродів – по контуру.

Опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (стержня):

$$R_0 = \frac{\rho_{ekv}}{2\pi L} \left(\ln \left(\frac{2L}{d} \right) + 0.5 \ln \frac{L}{T} \right)$$

де ρ_{ekv} - еквівалентний питомий опір ґрунту, Ом·м; L - довжина стержня, L=8 м;

d - його діаметр, d=0,01 м;

T - відстань від поверхні землі до середини стрижня, м.

У разі установки заземлювального пристрою в неоднорідний ґрунт (двошаровий), еквівалентний питомий опір ґрунту знаходиться за формулою:

$$\rho_{ekv} = \frac{\Psi \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L}{\rho_1 (L - H + t_g) + \rho_2 (L + H + t_g)}$$

де Ψ - сезонний кліматичний коефіцієнт =2 (табл. 1);

ρ_1, ρ_2 - питомий опору верхнього і нижнього шару ґрунту відповідно,

$$\rho_1 = \rho_2 = 20 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

H - товщина верхнього шару ґрунту, $H = 1\text{ м}$;

t_g - заглиблення вертикального заземлювача (глибина траншеї) $t_g = 0,7 \text{ м}$.

Так як питомий опір ґрунту залежить від його вологості, для стабільності опору заземлювача і зменшення на нього впливу кліматичних умов, заземлювач розміщують на глибині не менше $0,7 \text{ м}$.

Заглиблення горизонтального заземлювача можна знайти за формулою:

$$T = \left(\frac{L}{2}\right) + t_g$$

Монтаж і установку заземлення необхідно проводити таким чином, щоб заземлюючий стрижень пронизував верхній шар ґрунту повністю і частково нижній.

Таблиця 4.1 - Значення сезонного кліматичного коефіцієнта опору ґрунту

Тип заземлюючих електродів	кліматична зона			
	I	II	III	IV
Стрижневий (вертикальний)	1.8 ÷ 2	1.5 ÷ 1.8	1.4 ÷ 1.6	1.2 ÷ 1.4
Смуговий (горизонтальний)	4.5 ÷ 7	3.5 ÷ 4.5	2 ÷ 2.5	1.5
	Кліматичні ознаки зон			
Середня багаторічна нижча температура (січень)	от -20 до +15	от -14 до +10	от -10 до 0	от 0 до +5
Середня багаторічна вища температура	от +16	от +18	от +22	от +24

(липень)	до +18	до +22	до +24	до +26
----------	--------	--------	--------	--------

$$T = \left(\frac{8}{2}\right) + 0.7 = 4.7$$

$$\rho_{ekv} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 8}{(20(8-1+0.7)+20)}$$

$$R_0 = \frac{40}{6,28 \cdot 8} \left(\ln \left(\frac{2 \cdot 8}{0.01} \right) + \epsilon \right) \text{ —————}$$

Кількість стрижнів заземлення без урахування опору горизонтального заземлення знаходиться за формулою:

$$n_0 = \frac{R_0 \cdot \psi}{Rn}$$

$$n_0 = \frac{6.25 \cdot 2}{4} = 3.13 \quad (\text{приймаємо } =4)$$

Опір розтікання струму для горизонтального заземлювача:

$$R_g = 0.366 \left(\frac{\rho_{ekv} \cdot \psi}{L_g \cdot \eta_g} \right) \cdot \lg \left(\frac{2}{t} \right)$$

де L_g , b - довжина і ширина заземлювача, $L_g=1\text{м}$, $b=0.2\text{м}$;

Ψ - коефіцієнт сезонності горизонтального заземлювача, $\Psi=2$; η_g - коефіцієнт попиту горизонтальних заземлювачів, $\eta_g=0.45$.

Довжину самого горизонтального заземлювача знайдемо виходячи з кількості заземлювачів:

$$L_g = a \text{ (для контуру).}$$

де a - відстань між заземлювальними стрижнями.

$$R_g = 0.366 \left(\frac{40 \cdot 2}{1 \cdot 0.45} \right) \cdot \lg \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

Визначимо опір вертикального заземлювача з урахуванням опору розтікання струму горизонтальних заземлювачів:

$$R_v = \frac{R_g \cdot R_n}{R_g - R_n}$$

$$R_v = \frac{173 \cdot 4}{173 - 4} = 4.095$$

Загальна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_0}{R_v \cdot \eta_v}$$

де η_v - коефіцієнт попиту вертикальних заземлювачів, $\eta_v = 0.69$.

$$n = \frac{40}{4.095 \cdot 0.69} = 2.2$$

Приймаємо кількість вертикальних заземлювачів для забезпечення заданого опору рівним 3 шт.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [9].

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій.

6.1 Суми витрат по статтям кошторису

6.1.1 Зарплата розробників по етапам розраховується, виходячи з кількості технічної документації (схем, креслень, текстової документації), що розробляється, з використанням нормативів базового підприємства на розробку різних видів документації. Зарплата виконавців по кожному етапу є сумою добутоків тривалості етапів в днях на денну ставку виконавця (по всім виконавцям).

Тривалість етапу визначається як добуток кількості листів розробленої документації на відповідну норму часу в норма-годинах на розробку, поділене на число прийнятих розробників і середню тривалість робочого дня (8,0 годин) [9].

Денна ставка виконавця визначається відношенням місячного окладу до середнього числа робочих днів в місяці (22 дні).

В таблиці 6.1 приведений розрахунок заробітної плати розробників технічної документації імпульсного стабілізатору струму для світлодіодних світильників.

Таблиця 6.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапу розробки	Одиниця	К-ть креслень	Нормати в часу на одиницю нормо-годин	Трудомісткість етапу у люд-годин	Число виконавців	Тривалість етапу, днів	Денна ставка виконавців	Зарплата за етап, грн.
1	Схема електрична принципова	Схема ф.А1	1	18,45	18,45	1	0,5	134,50	67,25
2	Схема електрична структурна	ф.А1	1	16,50	16,50	1	0,1	118,7	11,87
3	Складальне креслення	ф.А1	1	16,2	16,2	1	2	95,18	190,36
4	Креслення друкованої плати	ф.А1	1	16,95	16,95	1	1	110,9	110,9
5	Специфікація	ф.А4	3	0,40	1,20	1	0,15	87,3	13,1
6	Розрахунки	ф.А4	8	7,30	58,4	1	0,3	103,0	30,9
7	Записка пояснення	ф.А4	60	1,60	96,00	1	4	118,8	475,2

8	Програмне забезпечення	ф.А4	8	9,50	76,00	1	1	126,6	126,6
	Разом:								1026,2

Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка по всім етапам визначається таким чином: дослідний зразок виготовляється і випробовується в лабораторії; тривалість цих робіт узяті з досвіду базового підприємства, а потім розраховані аналогічно розрахунку заробітної плати на розробку технічної документації див. табл. 5.1.

При визначенні зарплати на виготовлення дослідного зразка трудомісткість по видам робіт збільшена на 100% проти трудомісткості серійного виробу і підвищені розряди роботи на один з урахуванням ручних робіт в дослідному виробництві.

Таблиця 6.2 – Зарплата на виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	5	3	17,87	53,61
2	Монтажні	6	4	21,6	86,4
3	Регулювальні	6	2	15,67	31,34
Разом:					171,35

Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15% цій трудомісткості.

Накладні витрати беруться у розмірі 40...120% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (табл. 6.3) і комплектуючих виробів (табл. 6.4) на проєктовану апаратуру. При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість матеріалів та комплектуючих збільшена на 30%.

Таблиця 6.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума, грн
1	Стеклотекстоліт FR4 1,5мм	м ²	0,0025	1800	4,5
2	Лак	л	0,01	500,60	5,0
3	ПОС-60	кг	0,04	240,5	9,62
4	Флюс	л	0,001	127,00	0,12
Разом:					19,24

Таблиця 6.4 – Витрати на куповані комплектуючі вироби

№	Найменування	Кількість	Ціна одиниці	Сума, грн
1	Резистор 1Вт	1	1	1
2	Конденсатор керамичний	2	2	4
3	Конденсатор танталовий 10uF 50V D (TAJD106K050RNJ)	2	25,65	25,65
4	Микросхема MBI6651	1	26,5	26,5

5	Дросель	1	3,75	3,75
6	Діод Шотки	1	5,25	5,25
Разом:				66,15

Собівартість дослідного зразка визначається за формою табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проєктований виріб, грн.
1	Матеріали	19,24
2	Куповані комплектуючі вироби	66,15
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2))	4,27
4	Заробітна платня виробничих робочих	171,35
5	Додаткова заробітна плата (10%п.4)	17,14
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	69,74
7	Накладні витрати (120% п.4)	205,62
Всього собівартість:		553,51

В таблиці 6.6 приведено розрахунок кошторису витрат на конструкторську підготовку виробництва.

Таблиця 6.6 Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки	1026,2
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (15% п.1)	153,9
3	Разом:	1180,1

4	Нарахування на зарплату (37% п.3)	436,6
5	Накладні витрати (120% п.3)	1296,12
6	Собівартість дослідного зразка	553,51
7	Інші витрати	300
Всього вартість розробки:		4946,4

В таблиці 6.7 приведено розрахунок заробітної плати робочих в разі серійного виготовлення виробу.

Таблиця 6.7 – Зарплата робочих за виготовлення серійного виробу

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудо-місткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	4	4	14,20	56,8
2	Монтажні	5	1	15,78	15,78
3	Регулювальні	5	0,5	14,50	7,25
	Разом:				79,83

Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, враховуючи що комплектуючі та матеріали знижені на 30% по відношенню до таблиць 6.3 та 6.4, зведених в таблицю 6.8:

Таблиця 6.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн
1	Матеріали	13,47
2	Куповані комплектуючі вироби	46,35
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	3,0
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 5.7)	78,83
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	7,88
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	32,0
7	Загальновиробничі витрати (100% п.4)	7,88
8	Разом собівартість	149,53
9	Прибуток (30% п.8)	44,8
Ціна виробника:		194,4

6.2 Розрахунок терміну окупності розробки

Річний економічний ефект від впровадження нових виробів розраховується по формулі [10]:

$$\mathcal{E}_r = (P - E_H \cdot K_y) \cdot A_r, \quad (5.1)$$

де P - прибуток на одиницю продукції (з табл. 6.8 $P = 44,8$);

EH – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($EH = 0,15$);

$KУ$ – питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції;
 AR – річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві. Визначаємо питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції:

$$K_y = \frac{K}{A_r}, \quad (5.2)$$

де K - капіталовкладення в розробку виробу (з табл. 5.6 $K=4946,4$).
 Враховуючи, що річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві складає 1000 шт/рік:

$$K_y = \frac{4946,4}{1000} = 4,9$$

Тоді передбачуваний річний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_r = (44,8 - 0,15 \cdot 4,9) \cdot 100$$

Ефективність розробки визначається згідно:

$$E = \frac{\mathcal{E}_r}{K}, \quad (5.3)$$

$$E = \frac{44060}{15572,7} = 8,9$$

Термін окупності продукції рівний зворотній величині ефективності:

$$T = \frac{1}{E},$$

$$T = \frac{1}{8,9} = 0,11 \text{ року} \quad (5.4)$$

В таблиці 6.9 приводяться загальні економічні показники розробленого імпульсного стабілізатору струму для світлодіодних світильників.

Таблиця 6.9 – Економічні показники

№	Показники	Один. виміру	По проектуваному виробу
1	Витрати на КПП	грн.	4946,4
2	Собівартість розробки	грн.	149,53
3	Ціна підприємства	грн.	194,4
4	Річний обсяг випуску	шт.	1000
5	Річний економічний ефект	грн.	44060
6	Ефективність розробки		8,9
7	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	0,11

Сітьовий графік являє собою граф, вузлам якого відповідають події, а стрілкам - роботи. При побудові стрічкового графіку використовуються наступні позначення (рис. 1.) [11]. Сітьовий графік представлено на рисунку 6.2.

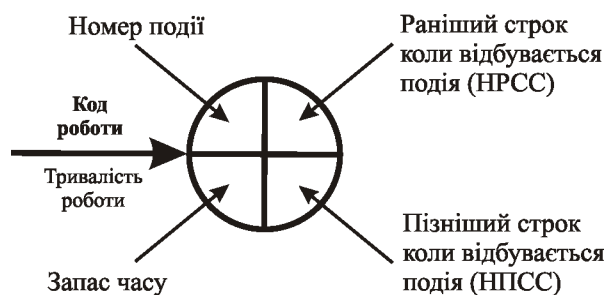


Рисунок 6.1 – Позначення сітьового графіку

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки імпульсного стабілізатору струму для світлодіодних світильників.

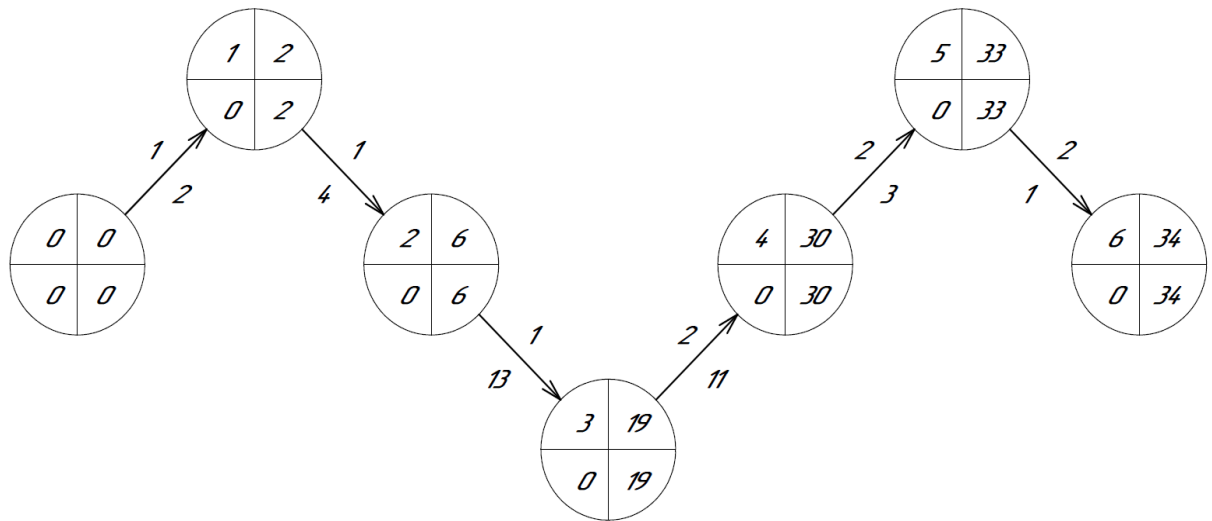


Рисунок 6.2 – Сітьовий графік

ВИСНОВОК

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи сформулювали вимоги до освітлювальних світлодіодів - це максимальна світловіддача при збереженні прийняттого рівня надійності. Для цієї мети розроблено компактні герметичні блоки живлення для світильників, які дозволяють підключати кілька паралельних ланцюжків світлодіодів з мінімальною кількістю компонентів.

Розглянуті лінійні та імпульсні стабілізатори струму, принципи роботи та мікросхеми які реалізують задані функції. Вивчено можливість використання імпульсного перетворювача як стабілізатору струму.

Для проектування джерела струму вивчено існуючі конструкції світильників. Виявлено, що у багатьох освітлювальних системах замість окремих світлодіодів використовуються модулі, що містять набір світлодіодних кристалів. Такі світлодіодні матриці можуть бути легко виготовлені і змонтовані. Крім того, їх схема підключення досить проста. На даний момент матриці світлодіодів з розсіяним світлом досягли великого коефіцієнта корисної дії.

Для перевірки розрахунків було проведено математичне моделювання за допомогою спеціалізованого програмного пакету. Результати показали, що розрахунки виконані вірно, та всі режими роботи стабілізатору струму працюють адекватно завданню.

Також в роботі проведено розрахунок захисного заземлення для отримання захисного опору 4 Ом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Интегральные драйверы для светодиодного освещения. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/54712>
2. Стабилизаторі тока. Електронний ресурс. Режим доступу: https://led-displays.ru/stabilizator_toka.html
3. Драйвері светодиодов. Електронний ресурс. Режим доступу: https://led-displays.ru/driver_2.html
4. Світлодіоди. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.led-e.ru/articles/led-module/2011_5_52.php
5. Технологии изготовления печатных плат. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/tehnologiya-i-oborudovanie-proizvodstva-elektricheskoy-apparatury-78.html>
6. Основи охорони праці: Л. Е. Винокурова, М. В. Васильчук, М. В. Гаман / Підручн. Для проф. - техн.. навч. Закладів. - 2-ге вид., допов., перероб. - К.: Вікторія, 2001. - 192 с.
7. Правила устройства электроустановок. - Х.: Изд-во "Форт", 2009. 704 с.
8. Теория по расчету защитного заземления. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.mastercity.ru/vforum/attachment.php?s=d0aeaac68c0fd511e7430d2a5b22a6dd&attachmentid=13256&d=1166795840>
9. Анализ и планирование производства электронной техники. Учеб. Пособие / Пляскин И.И. – К.:УМК ВО при Минвузе УССР, 1988. – 196 стр.
10. Попова В.Д., Ткаченко Л.Ю. Методичні вказівки до виконання економічної й організаційної частини дипломної роботи – Запоріжжя, 2010 р.
11. Методичні вказівки до проведення практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Моделі та методи управління проектами» для студентів спеціальності: 8.090803 - «Електронні системи». Укл.: Алексієвський Д.Г., - Запоріжжя. ЗДІА, 2010р.

12. Світлодіоди. Електронний ресурс. Режим доступу:
<http://www.spectrum.ieee.org/semiconductors/optoelectronics/the-leds-dark-secret>.
13. Світлодіоди. Електронний ресурс. Режим доступу:
<http://www.spectrum.ieee.org/semiconductors/optoelectronics/the-leds-dark-secret>.
14. LED There Be Light, Scientific American, March 18, 2009.
15. Світлодіоди. Електронний ресурс. Режим доступу:
<http://www.nytimes.com/2007/06/24/business/yourmoney/24novel.html>.

Розроблено: [blank] / Перевірено: [blank] / Затверджено: [blank] / Інженер: [blank] / Конструктор: [blank] / Дата: [blank]

Формат	Жив	Лист	Позначення	Найменування	к/л	Примітка
				<u>Документація</u>		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д1	Електромеханічна система вітроенергетичної установки зі змінною швидкістю обертання		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д2	Підмодель вітрогенератора		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д3	Підмодель некерованого випрямляча		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д4	Результат моделювання Момент генератора		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д5	Результат моделювання Швидкість генератора		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д6	Результат моделювання Потужність генератора		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д7	Сітковий план		
			ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д8	Схема заземлення		

ЕС М.404-20.00.00.00.00.Д1

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Савін	Су	3.12.
Перевір.		Алексієвський		10.12.
Н.контр.		Туришев		10.12.2011
Затверд.		Кривцька		10.12.11

Система оптимального керування електромеханічною системою вітроенергетичної установки в умовах переривчастого характеру повітряного потоку

Специфікація

Літ.	Арк.	Аркушів
		1
ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ		
8.1710		