

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 Дослідження сучасних технологій для
використання у дистанційному

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)

Войнова Т.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н. доц. Михайл С.О.

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

Рецензент змен. зар. ІВКФ „Ексет” Шершів 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

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Войтовіч Анастасія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження суттєвих властивостей для використання у фотоспалахах.

керівник роботи к.т.н. доц. Шкалій В.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “30” 06 2021 року № 974-С

2 Строк подання студентом роботи 1.12.2021

3 Вихідні дані до роботи : технічні параметри потужних світлодіодів.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналітичний аналіз. 2. Елементи бази фотоспалахів. 3. Додаткове схемне вирішення питання та деталізації світлодіодів. 4. Дослідження питань розробки драйверів світлодіодів. 5. Техніко-експлуатаційне об'єктування. 6. Діагностика прац. та технічного стану.

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

1. Намалювати завдання 2. Приклади, принципів схеми фотосинтезу на малюнок.
3. Приклади, принципів схеми збільшення світлодіодів.
4. Розмірності електричних різних джерел світла.
5. Розмірності джерел світла: на моделювання часу роботи світлодіодів.
6. Розмірності ілюстрації та повні дані світлодіодів.
7. Експозиції координати.
8. Вхресті праці.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		
2.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		
3.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		
4.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		
5.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		
6.	к.т.н. доц. Шиняній С.А.		

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	22.06.21	
	Розділ 4	30.06.21	
	Розділ 5	20.11.21	
	Розділ 6	30.11.21	

Студент (підпис) Войнов А.О. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) (підпис) Шиняній С.А. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис) Турчак К.О. (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 91 стор., 34 рис., 16 табл., 28 джерел

Об'єкт дослідження: світлодіоди.

Предмет дослідження: параметри та схемотехнічні рішення для використання світлодіодів в якості фотоспалаху.

Мета роботи: дослідження параметрів світлодіодів та контролерів для їх живлення з метою використання в якості сучасних джерел фотоспалаху.

У даній роботі проведено дослідження параметрів світлодіодів для використання світлодіодів в якості фотоспалаху. Мале споживання енергії робить LED-спалахи досить перспективною розробкою, правда поки що лише теоретичною. Виробниками зараз випускаються світлодіоди, які близькі за спектром до сонячного світла.

Досліджено ймовірність того, що в найближчі кілька років ми побачимо перші розробки світлодіодних спалахів для фотографів.

ФОТОСПАЛАХ, СВІТЛОДІОД, ДРАЙВЕР, ПЕРЕТВОРЮВАЧ
ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ, СПЕКТР, ЛЮМІНОФОР.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналітичний огляд	8
1.1 Переваги використання фотоспалахів	8
1.1.1 Переваги відбитого світла	11
1.1.2 Налаштування фотокамери під час роботи зі спалахом	13
1.1.3 Принципи роботи автоматики спалаху	14
1.1.4 Режим повільної синхронізації	15
1.1.5 Режими синхронізації за першою та другою шторками	16
1.1.6 Правила під час роботи зі спалахом	18
1.2 Світлодіоди провідних фірм виробників	19
1.2.1 XLamp — сімейство надяскравих світлодіодів Cree	19
1.2.2 Потужні світлодіоди фірми Lumileds	20
1.1.3. Ультраяскраві світлодіоди Avago Technologies	24
1.1.4. Потужні світлодіоди OSRAM Opto Semiconductors	25
1.1.5. Серія потужних білих світлодіодів OSRAM	27
1.1.6. Біли та колірні температури для білих світлодіодів	29
2 Елементна база фотоспалахів	33
2.1 Аналіз схмотехнічних рішень	33
2.2 Принцип влаштування білого світлодіода	36
2.2.1 Переваги та недоліки білих світлодіодів	37
2.3 Світлодіоди в портативних приладах	38
3 Дослідження спектру випромінювання та деградації світлодіодів	42
3.1 Дослідження спектру джерел світла	42
3.2 Дослідження потужності фотоспалаху	45
3.3 Дослідження процесів деградації світлодіодів	47
3.4 Дефекти виробництва	49
3.5. Вплив температури на ресурс світлодіоду	51

4	Дослідження питань розробки драйверів світлодіодів	55
4.1	Особливості живлення світлодіодів	55
4.1.1	Джерела стабільного постійного струму	58
4.2	Послідовне з'єднання світлодіодів	59
4.3	Балансування струмів світлодіодів у паралельних лінійках	62
4.4	Вибір типу з'єднання світлодіодів	65
5	Техніко-економічне обґрунтування	67
5.1	Визначення стадій розробки	67
5.2	Розрахунок заробітної плати	69
5.3	Розрахунок кошторису витрат	70
6	Охорона праці та техногенна безпека	72
6.1	Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	72
6.2	Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів	76
6.3	Виробнича санітарія	78
6.4	Електробезпека	79
6.5	Пожежна та техногенна безпека	81
	Висновки	85
	Список використаних джерел	87
	Додаток А	90

ВСТУП

Важливе значення для України має економія електричної енергії, як на загальнодержавному, так і на побутовому рівні. Відносно хороші перспективи щодо цього має використання найбільш економних джерел світла. Зокрема, джерела світла на основі світлодіодів на сьогодні є дуже перспективними, їх перевагами є найвищий коефіцієнт корисної дії та відносно великий строк служби. Але розробка нових, високоефективних світильників та фотоспалахів на основі світлодіодних джерел світла вимагає їх всестороннього дослідження [1].

Конструкція практично будь-якого електронного фотоспалаху складається з трьох головних елементів – газорозрядної лампи, накопичувального конденсатора та пристрою запуску. Перетворення електричної енергії в світлову відбувається завдяки імпульсній газорозрядній лампі. Вона являє собою прозору герметичну скляну трубку (прямої, дугоподібної або кільцевої форми), заповнену інертним газом (найчастіше – ксеноном). У торцях трубки упаяні два електроди, виготовлені з тугоплавких металів. До цих електродів підключається накопичувач високої напруги. В цій якості використовується конденсатор. Він запасає в собі енергію, яка при розряді буде перетворена в світло. Третій електрод імпульсної лампи – підпалюючий. Зазвичай це дріт або у вигляді смужки струмопровідної мастики.

В основі пристрою запуску автотрансформатор, що підвищує, на первинну обмотку якого через синхроконттакт фотоапарата розряджається пусковий конденсатор невеликої ємності. При цьому на виводі вторинної (високовольтної) обмотки, підключеної до підпалюючого електроду газорозрядної лампи, виникає змінний потенціал дуже високої напруги (кілька тисяч вольт).

Відповідно електронний фотоспалах працює наступним чином. Накопичувальний конденсатор, заряджений до високої напруги (близько 300-

400 вольт), приєднаний до газорозрядної лампи. Однак такої напруги на електродах лампи все ж недостатньо для того, щоб розряд стався мимовільним. Для цього високовольтний імпульс (в момент повного відкриття затвора, при спрацьовуванні синхроконтракту), що подається на підпалюючий електрод лампи, іонізує газ всередині неї і призводить до початку розряду накопичувального конденсатора через лампу-спалах. За час розряду, що триває тисячні частки секунди і супроводжуваного інтенсивним світловим спалахом, напруга на конденсаторі падає, і розряд припиняється.

Після цього накопичувальний конденсатор знову заряджається, і при повторній подачі імпульсу на підпалюючий електрод лампа може дати наступний спалах. На використанні подібних принципів побудовані практично всі сучасні фотоспалахи від простих і недорогих до найскладніших автоматичних. Різниця лише в програмній частині налаштувань.

Незважаючи на різноманітність моделей, всі зовнішні спалахи мають приблизно однакову будову. Зовнішній спалах, як правило, має обертаючу голівку, яка здатна повертатися як вгору-вниз, так і вправо-вліво. У бюджетних спалахів головка повертається тільки по вертикалі. Обертаюча головка – дуже важливий елемент спалаху, це дозволяє комфортно працювати з нею, маючи максимум можливостей по налаштуванню освітлення [2].

На голівці розташована як сама імпульсна лампа фотоспалаху, так і ширококутний розсіювач. Він потрібен тоді, коли зйомка ведеться надширококутною оптикою і необхідно, щоб фотоспалах заповнив світлом весь простір кадру.

Таким чином, бачимо, що складна конструкція та процедура отримання високовольтного імпульсу для ламп фотоспалахів може бути переглянута з огляду на розвиток сучасних джерел світла.

В зв'язку з чим предметом дослідження є використання світлодіодів в якості фотоспалахів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Переваги використання фотоспалахів

Світло - це основний інструмент фотографа, тому фотографи завжди прагнули бути незалежними від забганки природного освітлення. Фотоспалах допомагає отримати коректну експозицію на занадто темній сцені. Крім того, вона може підсвітити глибокі тіні та змусити кольори світитися. Також фотоспалах використовується для отримання ефектних фотографій у русі.

У випадках, коли фотоспалах використовується з помилками, то в кращому випадку це можна буде помітити на попередньому перегляді, в гіршому випадку зображення будуть непридатні. При застосуванні фотоспалаху набагато частіше можна побачити і глибокі тіні, що створюють не фотогенічне обрамлення людини, що стоїть перед світлою стіною.

На сьогоднішній день існує багато можливостей. Найбільш популярні, звичайно, електронні спалахи. Незважаючи на те, що в сучасних камерах, як правило, вже є вбудований спалах, зазвичай він має обмежені можливості. Фотографу краще мати електронний спалах як окремий аксесуар, це відразу ж розширює діапазон роботи будь-якої фотокамери [3].

Основна характеристика компактних спалахів – провідне число. Провідне число виражає добуток відстані до об'єкта зйомки до величини діафрагми. Тобто, знаючи провідне число фотоспалаху (зазвичай воно знаходиться в інтервалі від 10 до 60), яке обов'язково вказано в інструкції до нього, можна розрахувати величину діафрагми або відстань до об'єкта зйомки. Зазвичай провідне число дається з розрахунку стандартної витримки спалаху в 1/30 секунди і чутливістю плівки в 100 одиниць, а також об'єктива з фокусною відстанню в 50 мм. Наприклад, у вас є фотоспалах з провідним числом 20, виставлена чутливість 100 одиниць (ISO) та стоїть штатний об'єктив. Ви знімаєте людину на відстані 2 метри. Щоб з'ясувати величину

необхідної діафрагми, необхідно провідне число розділити на відстань: $20 : 2,0 = 10$. Діафрагма дорівнюватиме 10.

Чим провідне число вище, тим потужніший спалах, тим з більшої відстані у разі потреби ви зможете «пробити» темряву. Колір імпульсу всіх спалахів збалансований до кольору сонячного світла та не потребує окремої корекції: колірна температура спалаху 5500 К.

Ще одна основна властивість фотоспалаху це кут світлового випромінювання, тобто сектор, який більш менш рівномірно висвітлюється фотоспалахом. У сучасних спалахів, які оснащені системою зумування, можуть змінювати кут світлового випромінювання, величина його зазвичай прив'язана до кута зору об'єктива, що застосовується, і виражається в міліметрах його фокусної відстані. У будь-якому випадку цей кут треба визначити хоча б експериментальним шляхом, щоб не отримувати потім знімки, на яких центр кадру освітлений добре, а краї тонуть у темряві, особливо при використанні ширококутних об'єктивів.

У різних виробників фототехніки автоматичні TTL-режими (Through The Lens — через об'єктив) роботи спалахів можуть називатися по-різному: збалансований, або заповнювальний та ін. як перемикаються налаштування та функції. Подивимося, як можна практично поліпшити фотозображення за допомогою спалахів, для цього є багато прийомів.

Спалахом у лоб - це найпростіший прийом. Спалах працює у примусовому режимі, і камера не бачить іншого світла, крім короткого імпульсу спалаху. Імпульс триває близько 1/1000 секунди, а на знімку виходять обличчя, як правило, з червоними очима, на чорному тлі, і зовсім не має значення, що насправді позаду моделі був дивовижний вечірній пейзаж - і ви хотіли його сфотографувати. Люди перетворюються на червонооких через те, що спалах знаходиться дуже близько до оптичної осі об'єктива. Відбите від очного дна з кровоносними судинами як від дзеркала, світло спалаху повертається в камеру пофарбованим у червоний колір. Така типова робота дешевих камер з вбудованими спалахами без можливості будь-яких

налаштувань. Щоб уникнути цього, треба або використовувати режим придушення червоних очей, або, якщо спалах можна відокремити від камери, то можна перемістити його трохи в бік від осі об'єктива. Можна скористатися спеціальним кабелем та кронштейном.



Рисунок 1.1 – Приклад роботи фотоспалаху

При зйомці людей або інтер'єрів зі звичайним прямим спалахом складно досягти хорошого результату, але якщо у вас немає іншої можливості, намагайтеся хоча б уникати дзеркал, скляних або плоских полірованих поверхонь прямо перед вами або на задньому плані. Відбитий спалах може не тільки потрапити в кадр, але й змінити автоматичну експозицію кадру своєю яскравою світловою плямою. Найгірший варіант при зйомках зі спалахом, - це повністю дзеркальні стіни і стеля, з чорними матовими панелями, що чергуються [3].

Також в умовах, коли в небі яскраве сонце час використовувати спалах. Сильне сонячне світло дуже різке: світла яскраві, а тіні темні. Можна налаштувати спалах так, щоб він лише злегка підсвічував мотив, не змінюючи загальний світловий малюнок. Такий прийом з підсвічуванням дуже корисний при зйомках портретів на яскравому сонці або контровому світлі, коли необхідно уникнути великого контрасту або підсвітити глибокі чорні тіні.



Рисунок 1.2 – Приклад роботи спалаху у сонячну погоду

Спалах можна використовувати при вечірніх або нічних зйомках, наприклад, на заході сонця, підсвічуючи людей і не втрачаючи при цьому природного світла. Об'єкт, що знімається, висвітлюється спалахом, що заповнює, а повільні витримки затвора забезпечують опрацювання фону, в результаті чого і об'єкт, і фон експонуються правильно. Для цього необхідно поставити автоматичний режим А або TTL і налаштувати корекцію спалаху на 1-3 ступені мінус. Вдень можна знімати з рук, але ввечері будьте готові до того, що вам знадобиться штатив. Він необхідний для того, щоб задній план не вийшов змащеним. У сутінках камера може відпрацювати довгу витримку, від часток до декількох секунд, обличчя підсвічуються спалахом, а фон може змаститися через ворушіння камери під час тривалої експозиції [3].

1.1.1 Переваги відбитого світла

Найпростіший спосіб покращити зображення, знімаючи зі фотоспалахом, це спрямувати світло від нього в стелю. В цьому випадку замість контрастного і плоского освітлення «в лоб» ви отримаєте м'яке, майже розсіяне, відбите від стелі світло, яке пом'якшить тіні і дасть природний світловий малюнок. Недоліком такого освітлення можуть бути невеликі тіні, що падають на обличчя від надбрівних дуг та носа (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Приклад роботи відбитого спалаху

У деяких спалахах, є можливість використовувати вбудовану білу карту, що розсіює світло, яка висувається з голови спалаху. Якщо спрямувати спалах у стелю і одночасно дати «підсвічування на очі» за допомогою такої карти, то в очах з'явиться блиск - відображення спалаху. Якщо у вашого спалаху немає вбудованої карти, не жальливо, її можна замінити навіть візиткою, прикріпивши на спалаху будь-яким зручним способом.



Рисунок 1.4 – Встановлення спалаху на відображення

При зйомці вертикальних фотографій зручно спрямовувати спалах у стіну. Це дуже хороший спосіб, якщо тільки колір стелі та стін білий чи неясних тонів. Відбиваючись від поверхонь, світло спалаху саме забарвлюється у кольори стіни або стелі та змінює кольоровість зображення. Найчастіше фотографи використовують спеціальні насадки на спалахи зменшення контрасту світла. Це можуть бути маленькі пластмасові ковпаки-розсіювачі. При зйомці з насадками або при направленні блиску в стелю

частина світла втрачається, тому на самому спалаху треба виставити корекцію +0,3...1,0, точне значення якої залежить від висоти стелі та відстані до людей. Навіть камери з точним заміром TTL можуть помилятися. Практично марно спрямовувати спалах вгору, якщо стелі чорні або ви знімаєте у величезних залах, таких як спорткомплекси або закриті стадіони.

1.1.2 Налаштування фотокамери під час роботи зі фотоспалахом

Досить часто на практиці фотографа зустрічаються ситуації, коли природне світло ще є, але або його інтенсивність, або якісь інші його параметри не дають можливості зробити хороший, технічно якісний знімок. І в цьому випадку ситуацію можна виправити, додаючи як додаткове джерело світла спалах. Однак просто встановити на апарат і увімкнути спалах у цьому випадку – недостатньо. Потрібно ще правильно налаштувати апарат.

Розглядаючи практичні аспекти використання спалаху у разі ми, як завжди, почнемо з теорії.

Як відомо, у стандартному режимі спалах випромінює весь імпульс світла практично миттєво. Тривалість імпульсу світла спалаху становить, зазвичай, 1/1000 - 1/10000 секунди. Можна сказати – практично миттєво. Тому, у випадку стандартної синхронізації спалаху з апаратом, витримка затвора вибирається якомога швидше, але не коротше витримки повного відкриття кадрового вікна. Докладніше про узгодження роботи спалаху та затвора ми розповідали у статті про синхронізацію. Більшість сучасних дзеркальних цифрових апаратів найкоротша витримка синхронізації становить 1/200 - 1/250 секунди.

Якщо замість витримки 1/250 секунди використовувати 1/60, то на освітленості, створюваної спалахом, така зміна витримки ніяк не позначиться. І, якщо спалах був єдиним джерелом світла під час зйомки, то навіть у десятки разів більше збільшення тривалості витримки (припустимо – до 1/2 секунди) не змінить картинку на знімку (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Зміна витримки спалаху

Зате, якщо на об'єкт зйомки потрапляє постійне світло, то створена ним освітленість буде пропорційна часу, протягом якого матриця була відкрита дії світла. І, якщо природне світло має невелику інтенсивність (наприклад, у сутінках), то коротка витримка в $1/250$ секунд не дозволить такому світлу створити скільки-небудь помітне зображення. А ось на довшій витримці матриця вже встигне зібрати потрібну кількість світла для отримання зображення нормальної тональності. У результаті об'єкти на знімку висвітлюватимуться не тільки спалахом, а й постійним світлом. При цьому, що дуже приємно, ролі постійного світла і спалаху будуть різними, і за допомогою витримки можна легко регулювати їх співвідношення. Наприклад, світло з фотоспалаху освітлюватиме передній план, а постійне світло — задній [3].

1.1.3 Принципи роботи автоматики фотоспалаху

Світло з фотоспалаху в будь-якому випадку дозується своєю власною автоматикою. Називатися вона може по-різному - "E-TTL II", "ADl" або "i-TTL" залежно від назви вашого фотоапарата. Але результати її роботи у будь-

якому разі досить хороші. Тому відмова від спалахової автоматики приводить до поганих результатів. Той, хто хоч раз намагався знімати репортаж неавтоматичним спалахом, це добре знає. При використанні неавтоматичного спалаху ймовірність отримання правильно експонованого кадру в зйомці репортажу невелика.

Розглянемо режими керування витримкою та діафрагмою. Найзрозуміліший, передбачуваний, але водночас у край неоперативний метод узгодження постійного та спалахового світла – використання ручного (M) режиму експонування.

Зйомку в "M" режимі починаємо з установки середніх значень світлочутливості та діафрагми (ISO 250-400, діафрагмове число - від 4 до 8). Після цього підбираємо витримку, керуючись показаннями вбудованого експонетра вашого апарату. Після цього включаємо фотоспалах, наводимо на різкість, остаточно кадруємо і натискаємо кнопку спуску. Спалах висвітлить передній план, а задній план пропрацюється завдяки тривалій витримці. Додатково можна регулювати баланс природного та спалахового світла введенням негативної експокорекції на спалах та зміною значення витримки від рекомендованого вбудованим експонетром. Звичайно, не забуваємо про колірні параметри нашого постійного освітлення. Якщо це денне або вечірнє світло - домогтися нормальної, природної передачі кольору нескладно.

1.1.4 Режим повільної синхронізації

Узгоджувати роботу спалаху та використання постійного світла більшість фотоапаратів може не лише у ручному режимі, а й автоматично. Цей режим має назву "повільної синхронізації". При стандартній синхронізації автоматика апарату, використовуючи спалах, вважає його єдиним джерелом світла, не звертаючи уваги на слабке постійне світло. У режимі "повільної синхронізації" апарат, незважаючи на використання

фотоспалаху, не забуває про інші джерела постійного світла. Як приклад режиму "повільної синхронізації" можна привести поведінку Canon EOS в режимі Av під час увімкненого спалаху. У цьому режимі апарат як би "не помічає" увімкнений спалах, виставляючи витримку для нормального експонування заднього плану постійним світлом. А спалах, своєю чергою, висвітлює передній план. Звичайно, апарат за допомогою функцій користувача можна переналаштувати і на стандартну синхронізацію ("витримка 1/200 в Av-режимі при роботі зі спалахом"). Приблизно так само, по суті, працює режим повільної синхронізації і в апаратах Nikon і Sony.

1.1.5 Режими синхронізації за першою та другою шторкою

При синхронізації спалах запускається після того, коли перша шторка вже відкрила кадрове вікно, але перед тим як друга почне закривати його. На коротких витримках (1/200 - 1/250) - це практично той самий момент. Зате більш тривалих витримках (тобто при повільній синхронізації) друга шторка починає закривати кадрове вікно з помітною затримкою, пропорційної часу витримки. І тут вже буде дуже помітна різниця, коли спрацює спалах - на початку експонування кадру, як тільки перша шторка звільнила матрицю для доступу світла. Або наприкінці процесу - перед тим, як друга шторка почне закривати кадрове вікно.

Відповідно, ці два варіанти і називаються синхронізацією "по першій шторці" та "по другій шторці". Оскільки обидва ці варіанти є різновидами "повільної" синхронізації, то повільна синхронізація за першою шторкою позначається як "slow", а синхронізація за другою шторкою - "slow gear" (Nikon) або просто "rear" (Sony).

Розглянемо більш докладно обидва ці варіанти в тому випадку, коли об'єкт зйомки рухається, і якщо в кадрі присутні будь-які джерела постійного

світла. При звичайній синхронізації, тобто "по першій шторці", фотоспалах проводиться відразу ж, як перша шторка відкрила кадр.



Рисунок 1.6 – Приклад роботи спалаху

Різкий чіткий контур об'єкта зйомки, розташованого на передньому плані, буде промальований на самому початку процесу експонування кадру, а значить - у початковій фазі руху об'єкта. Далі, рухаючись, об'єкт висвітлюється лише джерелами постійного світла. І оскільки витримка у разі повільної синхронізації - досить тривала, створене постійним світлом зображення об'єкта зйомки буде як мінімум змащеним. Або навіть може перетворитися на напівпрозорий "трек". Відповідно, підсумкова картинка складатиметься з комбінації чіткого різкого зображення та змазаного "треку". Причому трек буде розташований відразу після різкого контуру в процесі руху об'єкта.

При синхронізації "по другій шторці" запуск спалаху проводиться наприкінці процесу експонування. Тобто, чітке різке зображення об'єкта зйомки фотоспалах створює в останню мить його руху. Отже, при перемиканні синхронізації з "першою" на "другу шторку", різкий контур і змашений трек поміняються місцями.

Обидва варіанти синхронізації приблизно однаково застосовні. Важливо лише зрозуміти, в якому випадку, при синхронізації по першій або по другій шторці, передача руху на картинці вийде найбільш природною [3].

1.1.6 Правила під час роботи зі спалахом

Порядок дій наступний:

1 Встановлюйте на фотокамеру спалахи лише моделей, які рекомендовані виробником. Не встановлюйте на сучасні фотокамери радянські спалахи. Використовуйте незнайомі або невідповідні до цієї камери спалахи за допомогою світло-синхронізаторів.

2 Не розбирайте спалах самі, оскільки в ньому є джерела дуже високої напруги.

3 Переконайтеся, що контакти чисті та надійні як у блоці живлення, так і в гніздах синхронізації. Якщо спалах не показує готовність більше 30 секунд, необхідно замінити батарейки.

4 Пам'ятайте, що індикатор заряду спалаху може не показувати справжнього значення заряду його конденсатора, і тому вихідна потужність у цьому випадку може бути меншою на третину. Тому краще зачекати кілька секунд після того, як індикатор загориться. Особливо це стосується спалахів із автономними джерелами живлення.

5 Зменшення потужності спалаху може статися через те, що він не використовувався більше місяця та ємність конденсаторів зменшилася. Згодом вона відновиться, але краще раз на два-три тижні заряджати спалах і кілька разів вмикати його в тестовому режимі [3].





1.2 Світлодіоди провідних фірм виробників


1.2.1 XLamp - сімейство надяскравих світлодіодів Cree

Компанія Cree – світовий лідер у виробництві кристалів світлодіодів із дуже високою ефективністю. Унікальні параметри світлодіодів обумовлені використанням технології виробництва на підкладках карбиду кремнію (SiC). Ця технологія забезпечує найкраще співвідношення ціна-ефективність для світлодіодних джерел світла. Головні переваги кристалів Cree: низька пряма напруга, надмалу кількість дефектів кристала, низьке виділення тепла, висока стійкість до електростатичних розрядів, великий термін експлуатації. У таблиці 1.1 наведено параметри серій найцікавішого сімейства XLamp білого кольору, які актуально використовувати у фотоспалахах.

Продукція компанії Cree завжди відрізняється високою якістю та надійністю. Серії XR-E, XR-C, MC-E мають розмір корпусу 7,0x9,0 мм, що дозволяє розмістити в корпусі досить великий розмір кристала та отримати світловий потік до 750 лм у серії MC-E, що складається з декількох світлодіодів в одному корпусі.

Таблиця 1.1 – Основні параметри ультраярких світлодіодів XLamp компанії Cree

Найменування	Розмір корпусу, мм	I _{макс.} , mA	Колір	Світловий потік	Зовнішній вигляд
XR-E	7,0x9,0	1000	Білий холодний	250 лм	
			Білий нейтральний	182 лм	
			Білий теплий	170 лм	
XR-C	7,0x9,0	700	Білий холодний	114 лм	
			Білий нейтральний	80,6 лм	
			Білий теплий	80,6 лм	
MC-E	7,0x9,0	700 (на один світлодіод)	Білий холодний	750 лм	
			Білий нейтральний	640 лм	
			Білий теплий	550 лм	
XP-E	3,45x3,45	700	Білий холодний	182 лм	
			Білий нейтральний	160 лм	
			Білий теплий	137 лм	

XR-C	3,45×3,45	500	Білий холодний	122 лм	
			Білий нейтральний	105 лм	
			Білий теплий	81 лм	

Серія XR-C відрізняється найбільш широким діапазоном кольорів, але в таблиці наведені тільки світлодіоди, що випромінюють відтінки білого, що представляють інтерес для цілей дослідження. Серія XR-E характеризується найбільш потужними кристалами, що дозволяє працювати при струмі до 1000 мА. Виробник звертає особливу увагу на нові серії XR-E та XR-C із розмірами корпусу 3,45x3,45 мм. Незважаючи на відносно малі розміри корпусу порівняно з попередніми серіями, максимально допустимий струм світлодіодів серій XR-E та XR-C становить 700 та 500 мА відповідно. Мінімальні розміри корпусу дозволяють створювати компактні вискоефективні джерела світла. Маломощна серія 4550 з розмірами корпусу 4,5x4,5 мм із відносно невеликим робочим струмом до 125 мА доповнює сімейство XLamp та має набагато меншу ціну порівняно з серіями, розглянутими вище. Потужні світлодіоди Cree доступні з максимальним струмом до 1А та відповідають найвищим стандартам світлодіодної промисловості. Термін експлуатації потужних світлодіодів Cree досягає 50 тисяч годин, що значно більше ресурсу роботи ламп розжарювання, але ці дані наводяться для певних умов експлуатації. Надяскраві світлодіоди Cree випускаються в економічних корпусах для SMD-монтажу зі стандартною технологією без використання клею та додаткових пристроїв [4].

1.2.2 Потужні світлодіоди фірми Lumileds

Можна вважати, що історія компанії Lumileds розпочала свій відлік близько 40 років тому, коли виник оптоелектронний підрозділ американської компанії Hewlett-Packard (HP). В 1999 HP виділила оптоелектронний напрямок в окрему компанію під назвою Agilent Technologies. У листопаді

того ж року відбулося об'єднання зусиль Agilent Technologies та Philips. Нова спільна компанія стала називатися Lumileds. Зараз Lumileds займає лідируючі позиції у світі з виробництва потужних ультраяскравих світлодіодів. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські центри Lumileds знаходяться у Сан-Хосе (Каліфорнія), а виробництво – у Нідерландах, Японії та Малайзії. Зареєстрована торгова марка ультраяскравих світлодіодів, що випускаються, — LUXEON.

Світлодіоди LUXEON випускаються в декількох варіантах:

- LUXEON I Emitter — базова модель світлодіода для освітлення (LUXEON III Emitter має більшу яскравість при струмі 700 мА (див. Таблицю 1.2);

- LUXEON I Star та LUXEON III Star – світлодіоди виконання Emitter, закріплені на тепловідводі «Зірка» з вирізами для кріплення (див. таблицю 2). LUXEON III Star мають допустимий струм до 1000 мА.

- LUXEON K2 Emitter – нова серія світлодіодів LUXEON із підвищеною світловою віддачею;



- LUXEON K2 Star – нові світлодіоди LUXEON K2 Emitter, закріплені на тепловідводі «Зірка». Основні параметри світлодіодів LUXEON K2 Star наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Основні параметри деяких ультраяскравих білих світлодіодів LUXEON

Параметри	Emitter		Star		Emitter	
	LUXEON I	LUXEON III	LUXEON I	LUXEON III	LUXEON K2	LUXEON K2
						
Світловий потік, типове значення, лм	45	65	45	65	45/60	100/120
Струм, мА	350	700	350	1000	350	1000
Максимальна	135	135	135	135	150	150



температура переходу, °C						
Тепловий опір, °C/Вт	15	13	20	17	9	9
Розмір, мм	14,5×8,0×5,9		19,9×19,0×7,4		11,7×7,3×5,8	
Найменування	LXHL-PW01	LXHL-PW09	LXHL-MW1D	LXHL-LW3C	LXK2-PW12-R00	LXK2-PW14-U00
					LXK2-PW12-S00	LXK2-PW14-V00

Таблиця 1.3 – Основні параметри ультрафіолетових світлодіодів серії LUXEON K2

LUXEON K2	LUXEON K2 Star	Колір	Довжина хвилі або колірна температура	Світловий потік (мінімум), лм	Струм, мА
					
LXK2-PW12-R00	L2K2-MW12-11-BR00	Білий холодний	6500K	40	350
LXK2-PW12-S00	L2K2-MW12-11-BS00			52	
LXK2-PW14-T00	L2K2-MW14-11-BT00			80	1000
LXK2-PW14-U00	L2K2-MW14-11-BU00			88	
LXK2-PW14-V00	L2K2-MW14-11-BV00			114	
LXK2-PWN2-Q00	L2K2-MWN2-11-BQ00	Білий нейтральний	4100K	31	350
LXK2-PWN2-R00	L2K2-MWN2-11-BR00			40	
LXK2-PWN2-S00	L2K2-MWN2-11-BS00			52	1000
LXK2-PWN4-T00	L2K2-MWN4-11-BT00			68	
LXK2-PWN4-U00	L2K2-MWN4-11-BU00			88	
LXK2-PWN4-V00	L2K2-MWN4-11-BV00			114	
LXK2-PWW2-Q00	L2K2-MWW2-11-BQ00	Білий теплий	3000K	31	350
LXK2-PWW2-R00	L2K2-MWW2-11BR00			40	
LXK2-PWW4-T00	L2K2-MWW4-11-BT00			68	1000
LXK2-PWW4-U00	L2K2-MWW4-11-BU00			88	

Найновіша серія потужних білих світлодіодів LUXEON K2 with TFCC (Thin Film Flip Chip або кристал із тонкою плівкою та зворотним розташуванням) представлена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні параметри ультраяскравих світлодіодів нової серії LUXEON K2 with TFCC

LUXEON K2 TFCC	LUXEON K2 TFCC Star	Колір	Колірна температура, К	Світловий потік (мін.), лм	Струм, мА
					
LXK2-PWC4-0160	L2K2-MWC4-11-0160	Білий холодний	6500	160	1000
LXK2-PWC4-0180	L2K2-MWC4-11-0180			180	
LXK2-PWC4-0200	L2K2-MWC4-11-0200			200	
LXK2-PWN4-0140	L2K2-MWN4-11-0140	Білий нейтральний	4100	140	
LXK2-PWN4-0160	L2K2-MWN4-11-0160			160	
LXK2-PWN4-0180	L2K2-MWN4-11-0180			180	
LXK2-PWW4-0120	L2K2-MWW4-11-0120	Білий тепліший	3000	120	
LXK2-PWW4-0140	L2K2-MWW4-11-0140			140	
LXK2-PWW4-0160	L2K2-MWW4-11-0160			160	

Ця серія відрізняється більш високою світловою віддачею та допустимим струмом до 1А. Серія має три відтінки білого кольору – холодний, нейтральний та теплий. Необхідно звернути увагу на те, що на тепловідвідній поверхні потужних світлодіодів може бути потенціал напруги, тому потрібно забезпечити електричну ізоляцію від тепловідведення. Мала тепловіддача дозволяє зробити світильники на основі світлодіодів легкими та мініатюрними. Низький нагрів поверхні, що освітлюється, дає незаперечну перевагу світлодіодам при їх використанні в медичній техніці і при освітленні предметів, що не переносять навіть слабкого нагрівання (наприклад, деякі продукти харчування при проведенні фотосесій). Декілька відтінків білого

кольору (визначається колірною температурою та бінами) дозволяють підібрати оптимальний тип освітлення для конкретної ситуації. У поєднанні з потужними кольоровими світлодіодами, користувач може оперативно змінювати колір освітлення залежно від настрою або конкретного випадку [5].

1.1.3. Ультраяскраві світлодіоди Avago Technologies

Avago Technologies - одна з найбільших у світі приватних незалежних напівпровідникових компаній, заснована в 1961 як напівпровідниковий підрозділ фірми Hewlett-Packard. У 1999 році цей напівпровідниковий напрямок разом з виробництвом вимірювальної апаратури було виділено до компанії Agilent Technologies. У 2005 році Agilent Technologies була куплена Kohlberg, Kravis Roberts & Co. (KKR) і перетворена на нову компанію Avago Technologies. Таким чином, компанії Lumileds та Avago Technologies мають спільного прабатька – фірму Hewlett-Packard. Головний офіс компанії Avago Technologies розташований у Каліфорнії. Оптиелектроніка - один з основних напрямків діяльності компанії. Особливе місце приділяється розвитку технології світлодіодів із високою світловою віддачею. Одна з найцікавіших лінійок цієї продукції – ультраяскраві світлодіоди у стандартних корпусах PLCC-4. Основні параметри світлодіодів цієї серії зведено у таблиці 5.

Таблиця 1.5 – Ультраяскраві світлодіоди в корпусі PLCC-4 фірми Avago Technologies

Найменування	Корпус	Колір	Колірна температура	Довжина на хвилі, нм	Струм (макс.), мА	Струм (тип.), мА	Упр., В	Бачимий кут, град.	Світловий потік, лм	Яскравість, мкд
ASMT-QWB2-NEFOE	Super 0.5W power	білий	8 відтінків (білів)	—	150	—	3,6	120	17,0	—
ASMT-QWBE-NFHOE	PLCC-4	білий	x=0,33/ y=0,33	—		150	3,6		19,5	—

ASMT-QYBE-NEG0E			x=0,437/ y=0,413	—		150			18,0	—
ASMT-SWBM-NU803	Power PLCC-4	білий	8 відтінків (бінов)	—	30	—	—	120	2,8	560...1400

Стандартні корпуси, високонадійна конструкція та широкий діапазон робочих температур від -40 до 100 °C дозволяють здійснювати монтаж компонентів за допомогою стандартних автоматизованих технологій паяння. Доступні всі кольори – червоний, жовтий, зелений, синій (блакитний), помаранчевий та повнокольоровий варіант (три кристали різних кольорів в одному корпусі). Більшість світлодіодів у цих корпусах мають широкий кут випромінювання 120° . Виробник гарантує низьку деградацію параметрів цього класу продукції (менше 50% протягом 50000 годин при 25°C). Основні рекомендовані застосування світлодіодів Avago Technologies у корпусах PLCC-4:




- архітектурне та декоративне підсвічування;
- повнокольорові світлодіодні екрани;
- підсвічування зовнішніх вивісок та контурів;
- внутрішні та зовнішні автомобільні джерела світла [6].


1.1.4. Потужні світлодіоди OSRAM Opto Semiconductors

Історія компанії OSRAM налічує понад 100 років і розпочиналася з випуску ламп розжарювання. Перші лампи розжарювання мали нитку з осмію. Пізніше для цього стали використовувати вольфрам. Назва OSRAM була утворена шляхом злиття частин назви металів осмії (OSmium) та вольфрам (wolFRAM). У 1906 році було зареєстровано торгову марку OSRAM. Тривалий час своєї історії OSRAM випускала (випускає і зараз) лампи розжарювання, галогенні світильники та енергозберігаючі люмінесцентні лампи. У 2001 році було збудовано великий завод для виробництва світлодіодів. Оптоелектроніка стає найперспективнішим

напрямом підрозділу OSRAM Opto Semiconductors. Час експлуатації деяких серій світлодіодної продукції OSRAM Opto сягає 100 тисяч годин. У 2002 році компанією було розроблено органічні світлодіоди (OLEDs - Organic Light Emitting Diodes), придатні для масового виробництва. Сімейство DRAGON – кілька серій ультраяскравих світлодіодів OSRAM. Серед ультраяскравих світлодіодів OSRAM Opto Semiconductors є дуже популярною продукція розширеного сімейства DRAGON (основні параметри серій світлодіодів DRAGON зведені в таблицю 1.6).

Таблиця 1.6 – Ультраяскраві світлодіоди сімейства DRAGON фірми OSRAM

Найменування	Колір	Довжина хвилі або цвітові координати, нм	Світловий потік (тип), лм	Струм, мА
Серія Golden DRAGON:				
				
ZW W5SG	Білий (White)	x/y 0,32/0,31*	62	
LW W5SM	Білий (White)	x/y 0,32/0,31*	62	
LUW W5SM	Білий ультра (Ultra White)	x/y 0,31/0,32*	75	
LCW W5SM	Білий теплий (Warm White)	x/y 0,42/0,40*	45	
Серія Platinum DRAGON:				
				
LW W5SN	Білий (White)	x/y 0,33/0,33*	113	
LCW W5SN	Білий теплий (Warm White)	x/y 0,42/0,40*	89	
Серія Diamond DRAGON:				
				
LW W5AP	Білий (White)	5000K...5700K	225	




LUW W5AP	Білий (White)	5700K...6500K	260	
LCW W5AP	Білий теплий (Warm White)	2700K...4200K	160	
Серія Golden DRAGON Plus:				
				
LUW W5AM	Білий ультра (Ultra White)	6500K	110	350
LW W5AM	Білий (White)	5700K	85	
LCW W5AM	Білий теплий (Warm White)	3000K	75	

Максимальний світловий потік у сімействі DRAGON забезпечує серія Diamond DRAGON (рекомендований робочий струм 1400 мА; максимальний струм може сягати 2А). Нова серія Golden DRAGON Plus забезпечує потужніший світловий потік порівняно із серією попереднього покоління Golden Dragon при однакових робочих струмах (див. таблицю 1.6). Мініатюрний низькопрофільний корпус, герметизація кремній-органічної смолою для тривалого терміну експлуатації та низький тепловий опір забезпечують оптимальну ефективність світлодіодів сімейства DRAGON компанії OSRAM Opto Semiconductors. Поставляються у білому кольорі з колірною температурою від 2700 до 6500°K. Запатентована технологія ThinFilm/ThinGap забезпечує високу світлову віддачу та низьку пряму напругу. Тепловий опір знаходиться в межах від 8 до 15 К/Вт. Нанесений безпосередньо на кристалі люмінофор забезпечує чудовий білий колір [7].

1.1.5. Серія потужних білих світлодіодів OSRAM

Серія OSTAR-Lighting – це потужні твердотільні джерела білого світла з чотирьох або шести світлодіодів потужністю 10 або 15 Вт в одному корпусі, розміщених на підставі низького теплового опору. Параметри світлодіодів цієї серії наведено у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Ультражовті потужні білі світлодіоди серії OSTAR-Lighting фірми OSRAM Opto Semiconductors

Найменування	Зовнішній вигляд	Колірна температура, К	Опис та властивості	Упр., В	Бачимий кут, град.	Струм, (тип.), мА	Світловий потік (тип.) (струм, колірна температура)	Потужність (тип.), Вт
LE UW E3B		5700...6500 (дневной свет)	6 світлодіодів; лінза 130°	20,8	130	700	730 лм (700 мА, 6500К)	15
LE WE2A		4500...7000 (дневной свет)	4 світлодіода без лінзи	14	120		280 лм (700 мА, 6000К)	10
LE WE2B			4 світлодіода, лінза 130°	14,0	130		410 лм (700 мА, 6000К)	10
LE WE3A			6 світлодіодів без лінзи	20,8	120		430 лм (700 мА, 6000К)	15
LE WE3B			6 світлодіодів; лінза 130°	20,8	130		600 лм (700 мА, 6000К)	15
LE CW E2A		2800...4200 (белый теплый)	4 світлодіода без лінзи	14	120		210 лм (700 мА, 3000К)	10
LE CW E2B			4 світлодіода, лінза 130°	14	130		310 лм (700 мА, 3000К)	10
LE CW E3A			6 світлодіодів без лінзи	20,8	120		330 лм (700 мА, 3000К)	15
LE CW E3B			6 світлодіодів; лінза 130°	20,8	130		450 лм (700 мА, 3000К)	15

Об'єднання чотирьох або шести світлодіодів в одне твердотільне джерело світла в серії OSTAR-Lighting зменшує розмір та вартість світлодіодних світильників. Особливості конструкції, наявність додаткових отворів в основі для більш щільного прилягання до тепловідведення, низька пряма напруга та знижений тепловий опір дозволяють мінімізувати розмір радіатора та досягти максимальної ефективності з меншим виділенням тепла. Різноманітність механічних, кольорових та оптичних варіантів забезпечує

максимальну гнучкість при проектуванні на основі світлодіодів OSTAR-Lighting. Головне застосування світлодіодних збірок серії OSTAR-Lighting - проєкційні системи високої яскравості і, звичайно, всі традиційні галузі застосування потужних світлодіодів, які вже розглядалися в цій роботі для інших серій та сімейств потужних світлодіодів [7].

1.1.6. Біни та колірна температура для білих світлодіодів

Для кожного білого світлодіода в документації вказується колірна температура, що характеризує відтінок білого кольору (холодний, нейтральний або теплий). Однак такої грубої градації відтінків білого світіння в деяких випадках недостатньо, тому для більш точного визначення колірних характеристик застосовують поняття «бін». Бін задає колірну температуру випромінювання білого світлодіода у досить вузькому спектральному діапазоні. Це пояснюється за допомогою рис. 1.7 та 1.8. На рис. 1.7 показана діаграма колірного простору МКО 1931 (міжнародна комісія з висвітлення; стандарт прийнято у 1931 році). Зовнішня лінія рис. 1.7 обмежує колірний простір, сприймане середньостатистичним спостерігачем. Довжини хвиль спектральних (монохроматичних) кольорів вказані у нм. Колірна температура білого світлодіодного випромінювання визначається порівнянням з так званим «абсолютно чорним тілом» та відображається лінією «чорного тіла». При зростанні колірної температури чорного тіла зростає синя (холодна) складова діапазону при зменшенні частки червоної. При зменшенні колірної температури переважає червона (тепла) складова спектру, що випромінюється. Це добре видно на рис. 1.7 [8].

На рис. 1.8 наведені біни (коди відтінків білого кольору) з прикладу кодування фірмою Lumileds. Виробник звертає увагу, але те, що око людини не знаходить відмінностей у відтінках білого двох світлодіодів із сусідніми бінами (відмінність можна зареєструвати лише за допомогою приладів).

Однак для отримання рівномірного освітлення за великої кількості близько розташованих світлодіодів бажано розміщувати джерела світла з однаковими бін-кодами, тоді відхилення відтінків білого кольору будуть непомітні. Виробники використовують різні системи кодування кольірних відтінків для білих світлодіодів, тому в кожній серії світлодіодів білого світіння необхідно вивчати документацію конкретного виробника для кожного відповідного світлодіода.

На рис. 1.9 показано відповідність усереднених кольірних температур деяких джерел світла та характерний колір випромінювання кожним світильником [8].

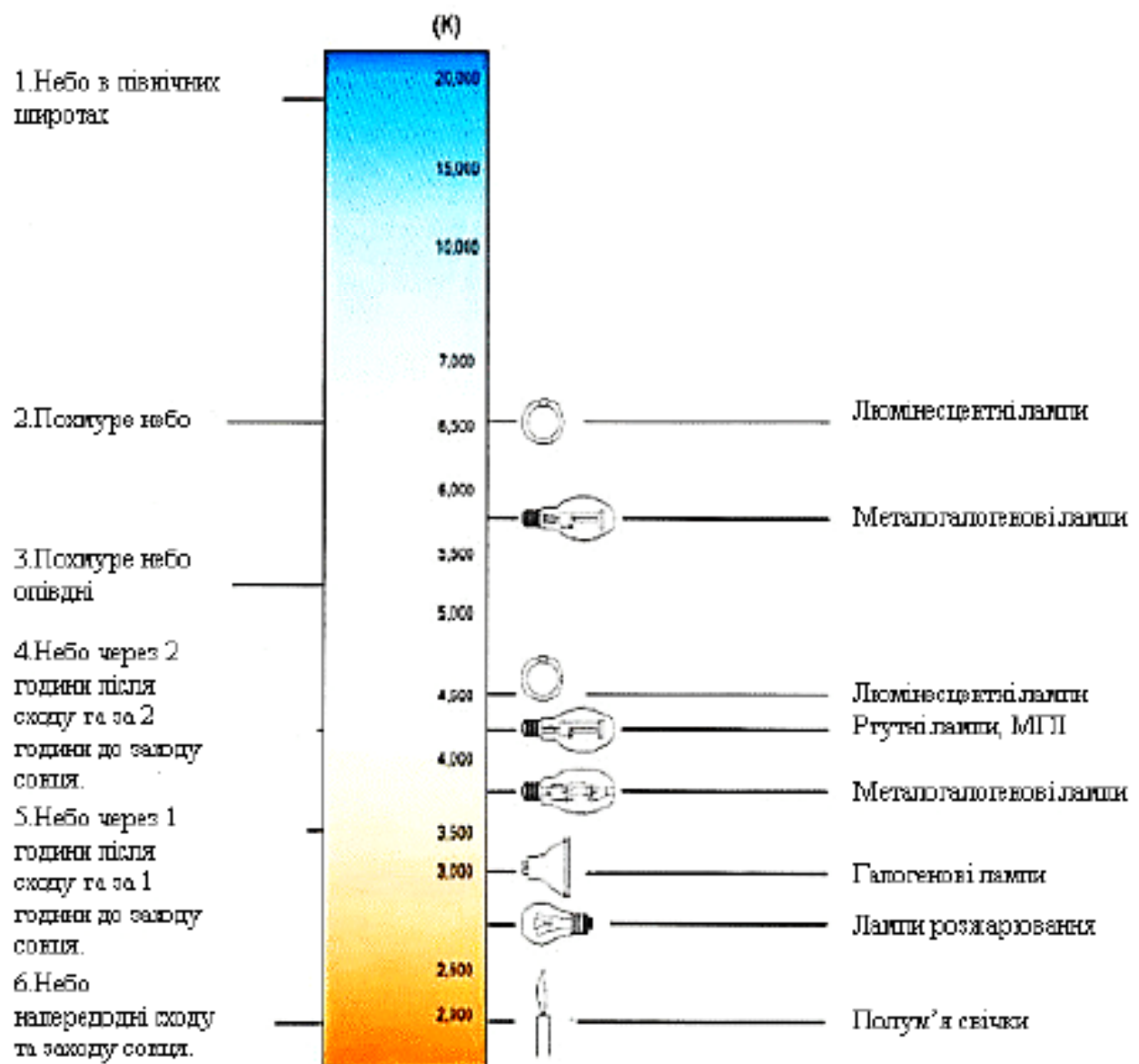


Рисунок 1.9 - Колірні температури деяких джерел світла

Психологи вважають, що холодний колір краще стимулює розумову діяльність, а тепле освітлення краще для відпочинку. В зв'язку з чим різні колірні температури білих світлодіодів дають можливість формувати відповідний настрій під час фотосесій.

Попередні висновки: основні переваги потужних світлодіодів у порівнянні з традиційними джерелами світла:

- великий термін експлуатації (в десятки і навіть сотні разів більший, ніж у випадку звичайних джерел світла) — це дозволяє набагато рідше проводити заміну світильників, що вийшли з ладу, що особливо важливо для важкодоступних місць. Враховуючи те, що виробники вказують цей параметр при додаткових умовах тестування, треба уважно вивчити це питання;
- ефективність та висока віддача; при аналогічній яскравості світлодіодні світильники споживають у 3-5 разів менше енергії, ніж галогенні лампи або лампи розжарювання;
- зручність монтажу та компактність; поверхневий монтаж та малі розміри світлодіодів дозволяють дизайнерам вибрати більш цікаве та оптимальне рішення для створення системи освітлення;
- широкий вибір відтінків білого кольору; кольорові та повнокольорові світлодіоди дозволяють реалізувати найрізноманітніші ідеї розробників засобів освітлення або декоративного підсвічування, досягати динамічної зміни кольору та яскравості;
- низький нагрів об'єктів зйомки світлодіодними світильниками дозволяє встановлювати їх у тих місцях, де застосування ламп розжарювання неприпустимо через їхнє високе нагрівання.

За прогнозами фахівців, впровадження нових технологій світлодіодного освітлення поступово практично повністю замінить традиційні світильники у всьому світі, як свого часу напівпровідники витіснили електронні лампи. Але питання застосування їх у фотоспалахах залишається відкритим і метою даного дослідження.

2 ЕЛЕМЕНТНА БАЗА ФОТОСПАЛАХІВ

2.1 Аналіз схемотехнічних рішень

Розглянемо схемотехнічні рішення фотоспалахів на лампах, оскільки потужності вбудованого спалаху, десь 20 – 30 Джоуль, явно замало. Для природи та відпочинку – це достатньо, але коли зйомка ведеться у приміщенні, а якщо ще й у затемненому, якість знімків значно погіршується.

Одна із стабільно працюючих схем потужного фотоспалаху на 3x100 Джоулей, представлена на рис. 2.1. Якщо додати до неї схему світло-синхронізатора, то не потрібно тягнути дроти від синхроконтакту фотоапарата до фотоспалаху. Таким чином, встановивши цей спалах де потрібно, і з цифровим фотоапаратом у руці вільно переміщуємось. При спрацьовуванні фотоспалаху цифрового фотоапарата – одночасно спрацьовує також видалений спалах.

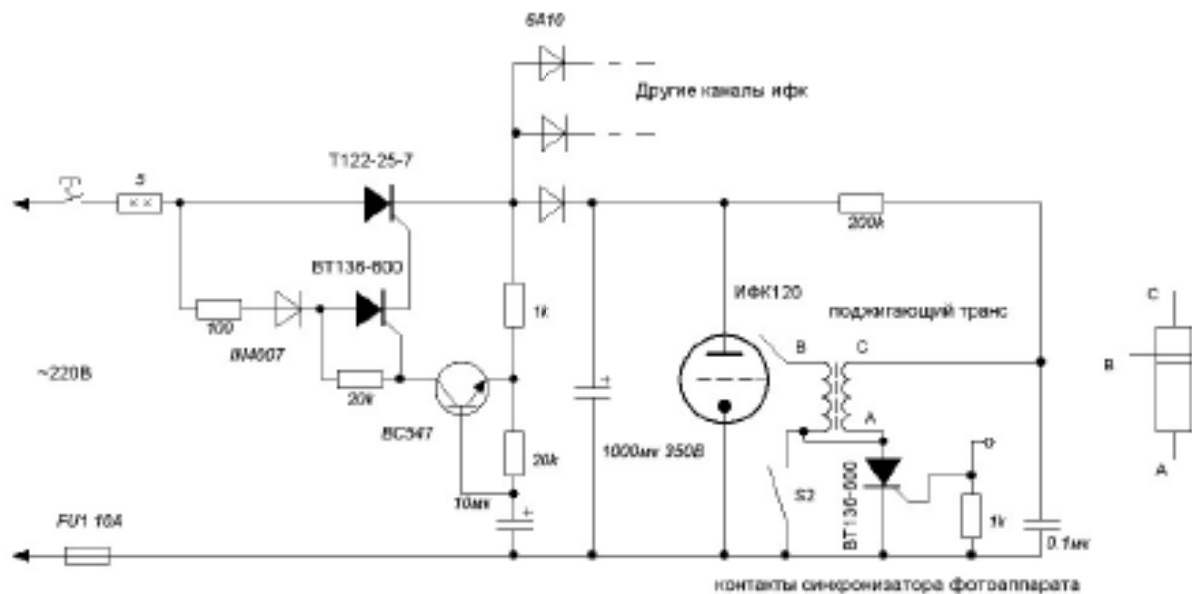


Рисунок 2.1 – Схема багатоканального фотоспалаху

Заряджання спалаху дуже швидке – менше 1 сек. Якщо потужності фотоспалаху одного каналу ІФК-120 не вистачить, можна через вимикачі

додати ще два. Вийде ступінчасте регулювання потужності. Резистор 5 Ом має потужність 20 Ватт, але навіть цього може не вистачати, грітиметься – рекомендується ставити на 30 Ватт. Якщо така швидкісна зарядка не потрібна, резистор міняємо на 24 Ом 15 Вт - час заряду збільшиться до 8 с. Підпалюючий трансформатор у схемі фотоспалаху – від будь-якого радянського спалаху на ІФК-120. Звичайно можна використовувати лампи і потужніше, наприклад, імпортовані кільцеві на 500 Дж, але коштують вони від 20 \$ проти 1 \$ за ІФК-120 [9].

Фотоспалахом можна керувати через контакт синхронізації, а можна без проводів. Повна схема фотоспалаху + світло-синхронізатор представлена на рис. 2.2.

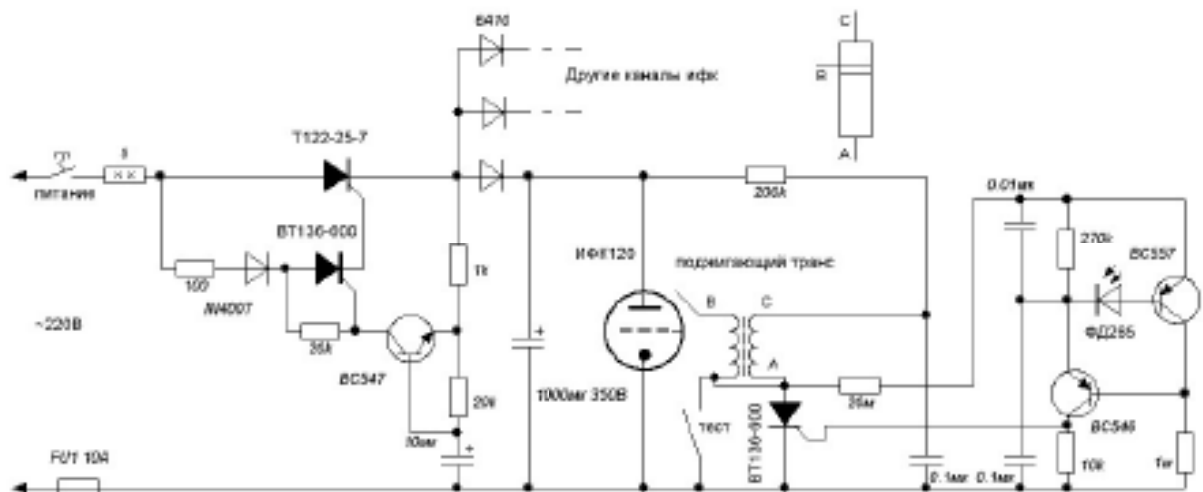


Рисунок 2.2 – Повна схема багатоканального фотоспалаху на лампах

У разі тривалої та інтенсивної роботи потужні резистори можуть нагріватися. Для охолодження елементів схеми фотоспалаху можна використовувати вентилятор від комп'ютера.

Роботу вбудованого фотоспалаху розглянемо за принциповою схемою камери рис. 2.3. Схема блокінг-генератора спалаху зібрана на транзисторі Q303. У момент включення транзистор відкритий негативною напругою, що надходить через резистор R305, обмотку трансформатора T301, транзистор відкритий Q304. Через війну через обмотку I трансформатора тече струм,

який індукує імпульс позитивної полярності в обмотці II. Він закриває транзистор Q303. Струм в обмотці I починає зменшуватися. Зникне магнітне поле наводить в обмотці II імпульс негативної полярності, що знову призводить до відкриття транзистора. Процес повторюється безперервно. Імпульси різної полярності наводять струм в обмотці III трансформатора та, випрямляючись діодом D302, заряджають конденсатори C303 до напруги 250 – 280 вольт, C302 через резистори R308 R306. При натисканні кнопки "спуск" спрацьовує синхроконттакт спалаху. Позитивна напруга подається на керуючий електрод тиристора SR301, відкриває його і замикає на корпус конденсатор C302, викликаючи його розряд і різке зменшення струму первинної обмотки трансформатора T302. Зникне магнітне поле наводить у вторинній обмотки високовольтний імпульс, що викликає пробій газу в колбі лампи спалаху XE301 і, як наслідок, яскраве короткочасне світіння. На рис. 2.3 представлена принципова схема фотоспалаху цифрового фотоапарата Sony DSC — P52 [10].

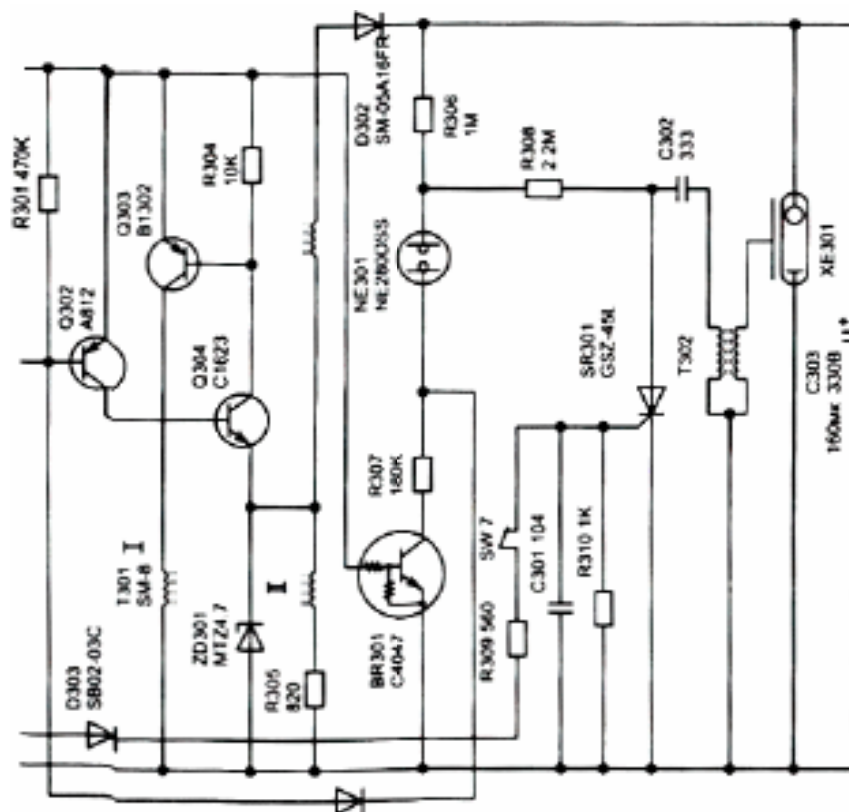


Рисунок 2.3 - Принципова схема спалаху цифрового фотоапарата Sony DSC - P52.

Таким чином, на підставі приведених даних можна розібратися з принципом роботи схеми фотоспалаху іншого цифрового фотоапарата.

Далі слід провести дослідження схем живлення світлодіодів, щоб побачити різницю у побудові фотоспалахів на їх основі.

2.2 Принцип влаштування білого світлодіода

Завдяки великій яскравості світіння, привабливому форм-фактору, порівняно малому споживанню струму, довговічності при дотриманні певних умов та високій механічній міцності світлодіоди (LED – Light Emitting Diode) швидко набирають популярність при конструюванні сучасних портативних приладів (наприклад, мобільних телефонів, персональних цифрових навігаторів тощо), великих телевізійних екранів, автомобільної електроніки, оптичних рішень в архітектурі, ландшафтному дизайні, інтер'єрі і т. д. Розглянемо далі схеми включення та управління світлодіодами, що використовуються у різних сегментах ринку з метою пошуку рішень, які можна використовувати при проектуванні фотоспалахів.

Принцип влаштування білого світлодіода не дуже складний, складна технологія реалізації. Щоб світлодіод випромінював біле світло, доводиться вдаватися до додаткових технічних елементів і технічних рішень. Основними способами для отримання білого світіння у світлодіодах є:

- нанесення шару люмінофора на сині кристали;
- нанесення декількох шарів люмінофора на кристали, що випромінюють світло, близьке за кольором до ультрафіолетового;
- RGB-системи, в яких за рахунок змішування світла безлічі монохромних червоних, зелених та синіх діодів досягається світіння білого кольору.

У першому випадку найчастіше використовують кристали синіх світлодіодів, які покривають люмінофором, жовтим фосфором. Фосфор поглинає кілька синього світла і випромінює жовте світло. При змішуванні незмінного синього світла, що залишилося, з жовтим виходить світло близьке

до білого.

Другий спосіб є недавно розроблену технологію отримання твердотільних джерел білого світла на основі комбінації діода, що випромінює світіння, близьке за кольором до ультрафіолетового, і декількох шарів люмінофора з фосфору різного складу.

В останньому випадку біле світло отримують класичним шляхом, змішуючи три базові кольори (червоного, зеленого та синього). Якість білого світла покращують завдяки доповненню конфігурації RGB жовтими світлодіодами, що дозволяє охоплювати жовту частину спектра.

2.2.1 Переваги та недоліки білих світлодіодів

У кожного з цих способів є свої позитивні негативні сторони. Так, для білих люмінофорних світлодіодів, що виготовляються за принципом комбінації синіх кристалів з фосфорним люмінофором характерні досить низький індекс кольору, схильність до генерації білого світла холодних тонів, неоднорідність відтінку світіння при досить високому світловому потоці і відносно невеликій вартості.

Білі люмінофорні світлодіоди, отримані на основі комбінації діодів, з близьким до ультрафіолетового кольору світіння і різнокольорових фосфорів, мають відмінний індекс кольору, можуть генерувати біле світло більш теплих відтінків і відрізняються більшою однорідністю відтінків світіння від діода до діода. Однак при цьому вони споживають більше електроенергії і не такі яскраві, як перші.

У свою чергу RGB-світлодіоди дозволяють створювати світлодінамічні ефекти у світлових установках зі зміною кольору світіння та різними тонами білого світіння та потенційно може забезпечувати дуже високий індекс кольору. У той же час світлодіоди окремих кольорів по-різному реагують на величини робочого струму, навколишню температуру і регулювання яскравості, і тому RGB-світлодіоди потребують досить складних і дорогих систем управління для досягнення стабільної роботи.

2.3 Світлодіоди в портативних приладах

На першому місці стоїть, звичайно, використання світлодіодів у схемах заднього підсвічування активних TFT-матриць LCD-дисплеїв, що широко застосовуються сьогодні в більшості портативних приладів. Враховуючи, що портативний фотоспалах кращий, то розглянемо схемотехнічні рішення при живленні світлодіодів від акумуляторів.

Оскільки всі вони живляться зазвичай від одного-єдиного літієво-іонного акумулятора, загальне споживання приладу залежить від кількості використовуваних світлодіодів, способів їх включення (послідовне або паралельне) струму через кожен світлодіод і, звичайно ж, від ККД пристрою. На рис. 2.4 показано три різні способи керування великою кількістю світлодіодів за допомогою мікросхем фірми Texas Instruments. При послідовному з'єднанні через усі світлодіоди ланцюга протікає рівний струм, що забезпечує однакову яскравість їх свічення. Вихідна напруга перетворювача, що підвищує (рис. 2.4,а) добре пристосовано до послідовного включення світлодіодів - ККД такої схеми досягає 85% і більше. Мала кількість з'єднань між джерелом енергії (в даному випадку мікросхемою TPS6106X) та світлодіодами дає ще одну перевагу, особливо цінну в мобільних телефонах.

Навпаки, перевагою паралельного з'єднання є те, що при виході з ладу одного світлодіода не відключається все підсвічування, як це обов'язково відбувається при послідовному з'єднанні. Існує два можливі види живлення ланцюгів паралельного з'єднання світлодіодів: лінійний стабілізатор навантажувального струму (рис. 2.4, б) та так зване підкачування заряду (рис. 2.4, в). Щоб знайти оптимальну схему управління, необхідно детальніше розглянути умови роботи. Типова пряма напруга (падіння напруги за номінального прямого струму) одного білого світлодіода в залежності від величини струму становить 2,5-5 В.

Лінійний стабілізатор струму є найбільш оптимальним за вартістю та найефективнішим видом управління тільки в тих випадках, коли

використовуються відповідні світлодіоди з найменшою прямою напругою, здатні працювати при розрядженому до напруги 3 В акумуляторі.

Паралельне з'єднання використовується переважно у підсвічуванні із задньої сторони клавіатур приладів - у випадку, коли світлодіоди споживають струм менше 10 мА.

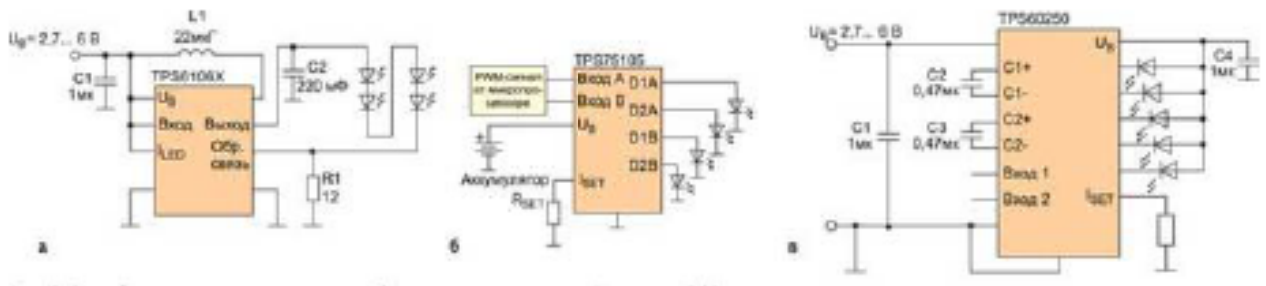


Рисунок 2.4 - Способи керування світлодіодами, що працюють у схемах заднього підсвічування РК-дисплеїв, що живляться від акумуляторів:

- а) підвищує перетворювач напруги з котушкою індуктивності; б) лінійний стабілізатор навантажувального струму; в) генератор підкачування заряду

Якщо пряма напруга світлодіода вища за мінімальну робочу напругу акумулятора (за вирахуванням необхідного падіння напруги у внутрішніх ланцюгах), то в цьому випадку необхідно підвищувати напругу за допомогою генератора підкачування заряду (рис. 2.4,в). У цьому прикладі використовується мікросхема TPS60250, яка оптимізує ККД за допомогою динамічного перемикання посилення напруги в півтора рази.

У всіх схемах паралельного підключення світлодіодів необхідне точне внутрішнє вирівнювання їх струмів з метою досягнення однакового ступеня освітленості та сталості спектра кольорів. Як лінійне джерело постійного струму на мікросхемі TPS75105, так і генератор підкачування заряду на мікросхемі TPS60250 забезпечують 2% точність вирівнювання струмів навіть при дуже малих їх значеннях.

Зображена на рис. 2.5 схема на мікросхемі дозволяє безпосередньо від мережі живити лінійку з 16 світлодіодів, стабілізуючи при цьому струм через них. У разі живлення потужного світлодіода від акумулятора, то

промисловістю випускаються достатня кількість знижуючих ШІМ перетворювачів для побудови перетворювачів.

Мікросхема HV 9910 виготовляється фірмою Supertex Inc. для застосування у світлодіодних лампах, що живляться напругою від 8 до 450В. Мікросхема є імпульсним джерелом стабільного струму через світлодіод або світлодіодну матрицю складену з послідовно включених ультрафіолетових світлодіодів. Вхідна напруга постійного струму може бути від 8 до 450 V (при роботі від змінного струму використовується випрямляч).

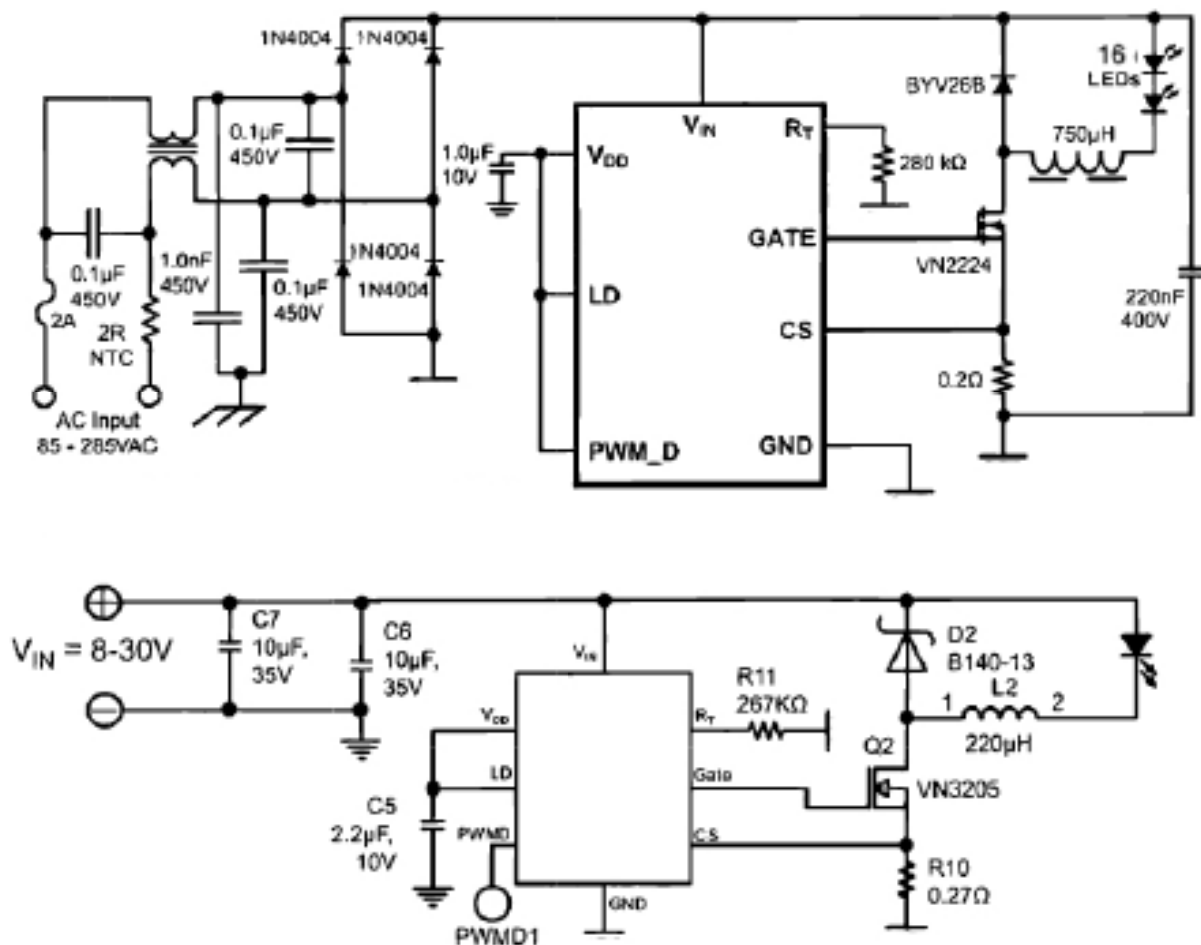


Рисунок 2.5 – Драйвери світлодіодів від мережі та акумулятора

Мікросхема працює разом із зовнішнім високовольтним MOSFET транзистором. Частоту перемикання можна регулювати від кількох десятків кілогерц до 300 кГц шляхом зміни опору одного резистора, підключеного висновку R_T. Струм через світлодіоди можна встановити від одиниць

міліампер до 1 А шляхом зміни величини контрольного опору, включеного в ланцюги витoku вихідного транзистора. Напруга від цього опору надходить на виведення CS мікросхеми, і за величиною цієї напруги обчислюється величина струму [11].

Крім того, яскравістю світлодіода (або світлодіодів) можна керувати подачею керуючих імпульсів на вхід PWM, при цьому відбувається модуляція цими імпульсами більш високочастотного імпульсного сигналу, на якому відбувається перетворення. Відповідно шпаруватості модулюючих імпульсів змінюється і яскравість світлодіодів. При подачі логічної одиниці на вхід PWM генератор включений, а при подачі нуля - вимкнений. У мікросхемі є вбудований стабілізатор напруги 7,5В, який можна використовувати для системи управління. Частоту генератора можна встановити в діапазоні від 25 до 300 кГц зміною опору резистора на виводі Rt (або Rosc). Частота визначається за формулою: $F = 25000/(R+22)$. Частота виражена в кГц, опір у кОм. Частота імпульсів ШІМ, що подаються на вхід PWM, може бути від 100 Гц до 5 кГц. При цьому, шпаруватість імпульсів може бути від нуля до 100%, тобто практично будь-яка. Відповідним чином змінюватиметься яскравість світлодіода (або світлодіодів). Опір контрольного резистора в ланцюзі початку вихідного транзистора вибирають таким, щоб при максимальному струмі напруга на ньому дорівнювала 0,25В.

Аналізуючи інформацію можна дійти невтішного висновку, що з погляду схемотехніки немає проблем, які заважали використовувати світлодіоди в портативному, чи стаціонарному застосуванні з урахуванням сучасної перетворювальної техніки.

Для того, щоб зробити висновки про застосування світлодіодів у фотоспалахах потрібно проаналізувати ще кілька критично важливих факторів. Наступний розділ присвячений аналізу одного з цього факторів.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ДЕГРАДАЦІЇ СВІТЛОДІОДІВ

3.1 Дослідження спектру джерел світла

Враховуючи, що біле світло світлодіода формується шляхом перетворення через люмінофор, слід припустити, що спектр буде не повний. Потрібно провести дослідження щодо переривання спектрального складу різних джерел та порівняти їх з ксеноновою лампою, яка використовується у класичному фотоспалаху. На рис. 3.1 показані графіки, що відображають спектри випромінювання різних джерел:

ксенонова лампа (така стоїть і у спалахах);

лампа розжарювання;

флуоресцентна;

галогенна;

LED-світильники із холодним відтінком;

LED-діоди із теплим відтінком [12].

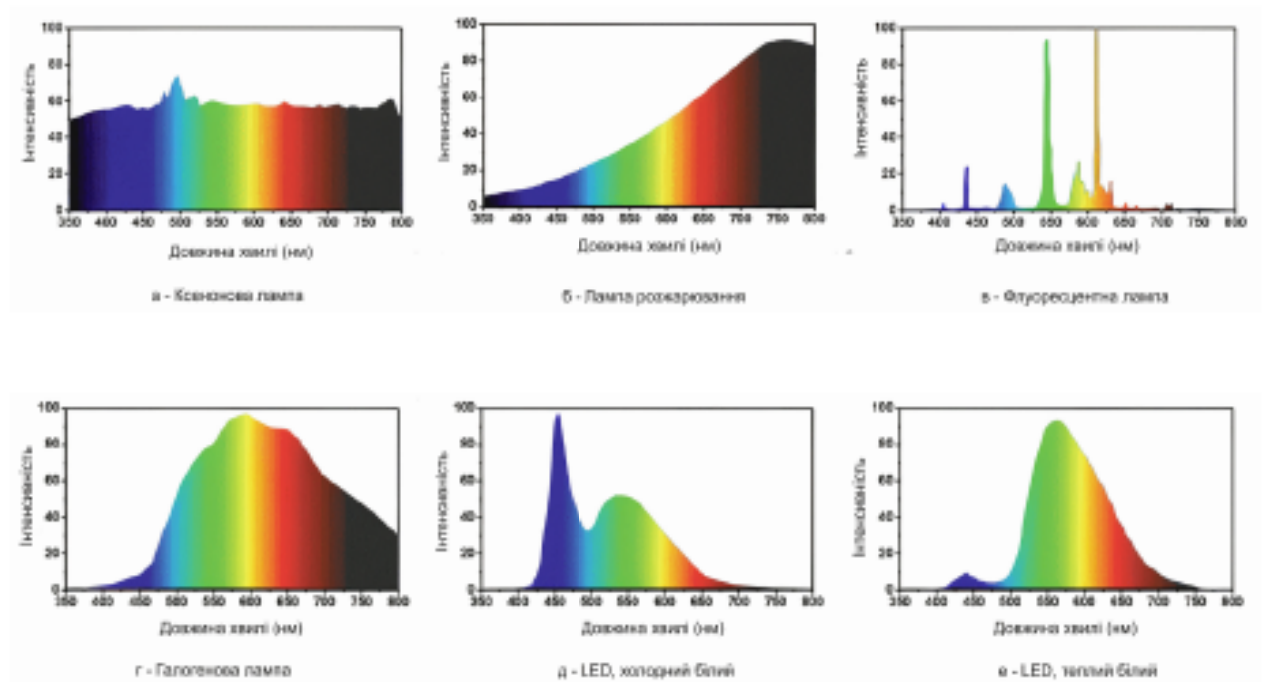


Рисунок 3.1 – Спектр різних джерел світла

По рис. 3.1 можна зробити висновки про те, що окремо взятий світлодіод на жаль, не може повноцінно зараз замінити ксенонову лампу, яка має незрівнянно більш рівномірний спектр практично у всьому діапазоні довжин хвиль.

Незважаючи на розробки нових світлодіодів та типів люмінофорів характеристики реальних світлодіодів (рис. 3.2) та їх аналогів, отриманих математичним моделюванням (рис. 3.3), не мають на даний момент рівномірної характеристики. Для компенсації цього недоліку потрібно застосовувати комбінацію світлодіодів з різною колірною температурою, щоб перекрити провали в характеристиках, зумовлені конструкцією світлодіода та недосконалістю технології отримання білого кольору з використанням світлодіодів.

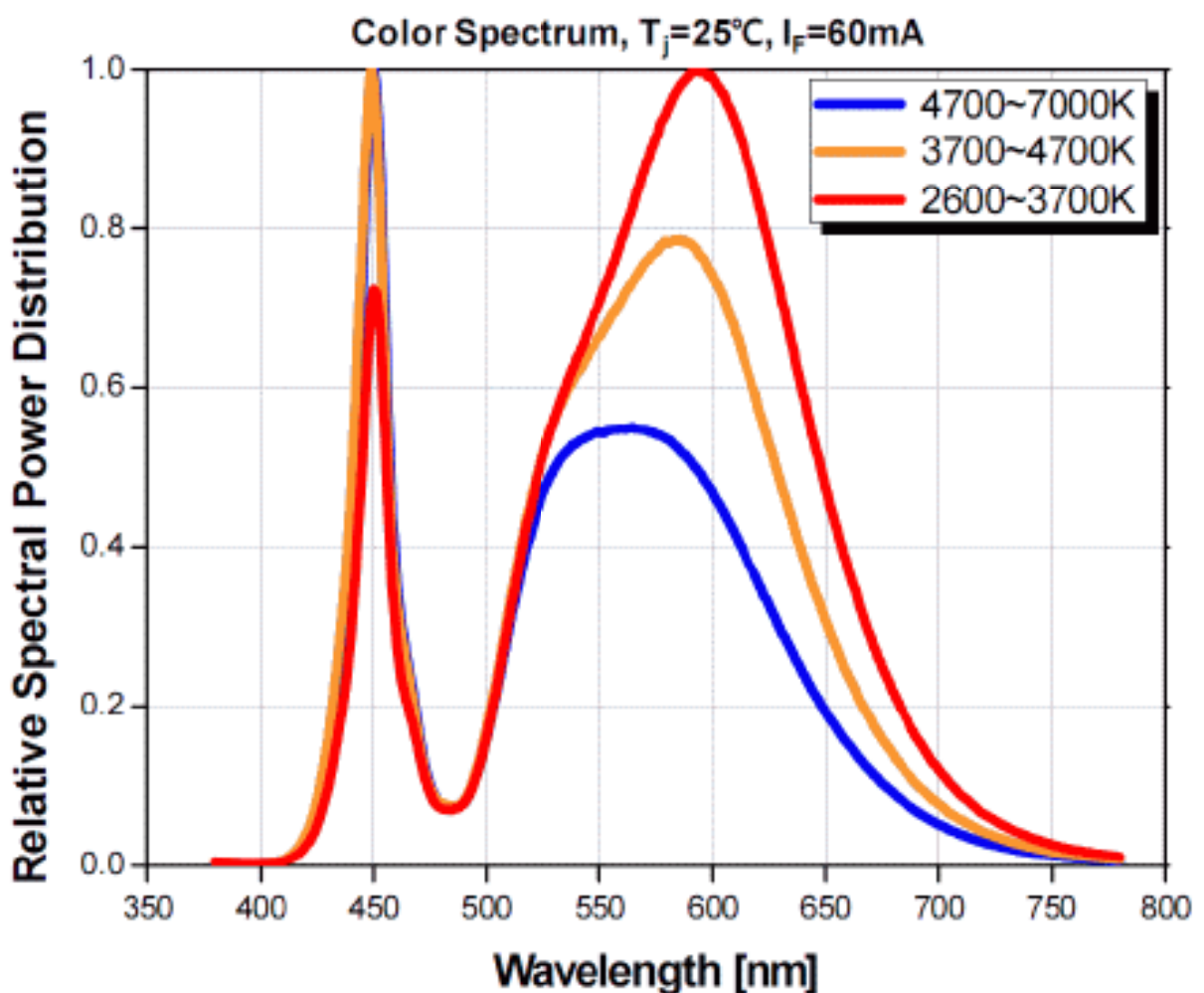


Рисунок 3.2 – Типова характеристика реального сучасного світлодіода білого кольору з холодним відтінком.

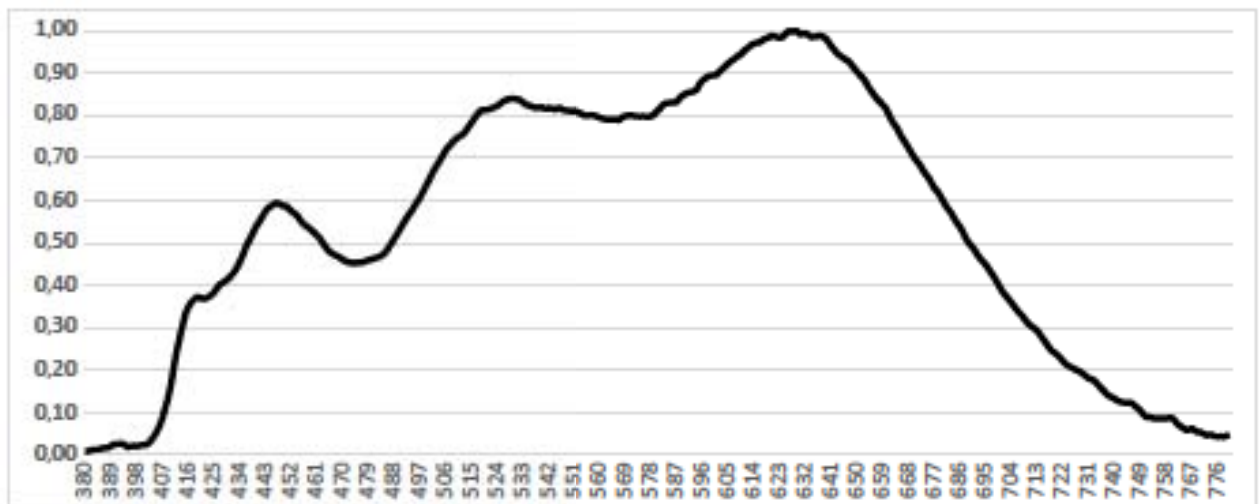


Рисунок 3.3 – Характеристика білого світлодіода типу ST75LAPA, отримана в результаті математичного моделювання світлового потоку в спеціалізованих програмних продуктах.

Слід зазначити, що в порівнянні з люмінесцентними лампами спектр світлодіодів безсумнівно багатший, але для отримання більш рівномірного спектра потрібно поєднати спектральні характеристики від холодного, теплового і нейтрального світлодіодів [13].

Другим шляхом виправити спектр світлодіоду є технологія виготовлення світильників з віддаленим люмінофором, яка детально описана у патенті за номером RU2569312C2 [14]. Винахід відноситься до галузі електронної техніки. Технічним результатом є забезпечення високої ефективності світлодіодного джерела білого світла з віддаленим конвертером, забезпечення високої колірної однорідності, а також можливість задавати діаграму спрямованості світлового потоку, що випускається при малому розмірі світлодіодного джерела білого світла.

У світлодіодному джерелі білого світла, що містить корпус і рефлектор, корпус виконаний з теплоізолюючого матеріалу (рис. 3.4), внутрішня частина корпусу виконана у вигляді щонайменше одного сегментованого рефлектора, формує діаграму спрямованості розподілу світлового потоку, що містить шар з матеріалу, який відбиває світло, та складається з щонайменше одного шару, і шар світлопропускаючого діелектричного матеріалу, який

також складається з щонайменше одного шару. Як мінімум один кристал світловипромінюючого діода (СІД) закріплений усередині корпусу. Зверху корпус накритий конвертером, виконаним з щонайменше одного шару світлопроникного матеріалу. На один бік конвертера нанесений шар точкового люмінофора. Сторона конвертера, спрямована до встановлених кристалів СІД [14].

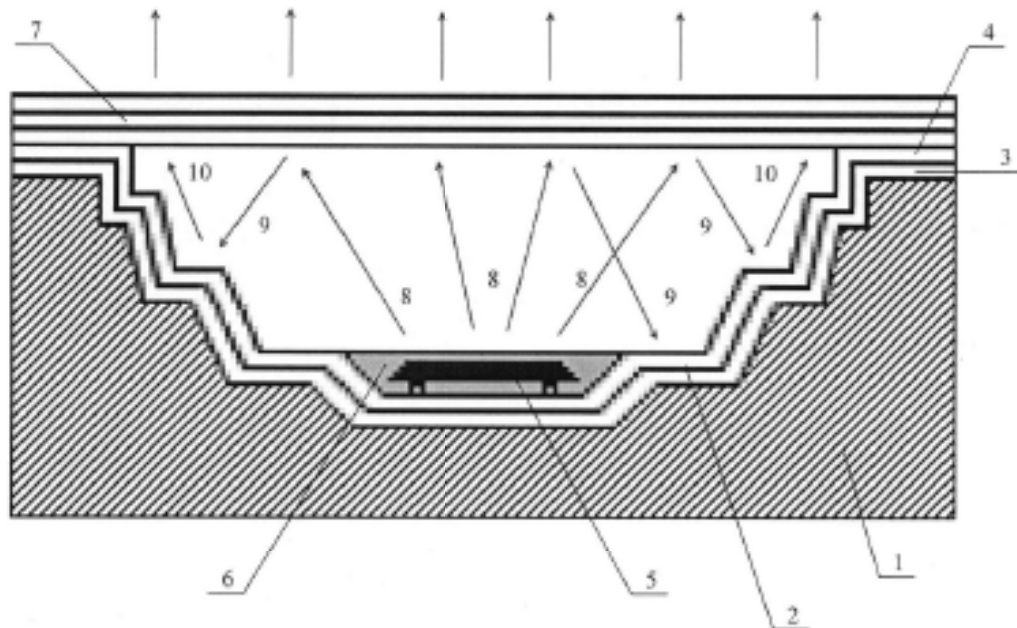


Рисунок 3.4 – Конструкція світильника з віддаленим люмінофором
 1-корпус, 2-відбивач, 3-шар, що відбиває, 4-діелектричний шар, 5-кристал світлодіода, 6-теплопровідний композитний матеріал, 7-конвертор, 8-випромінювання синього світла, 9-вторічне випромінювання, 10-біле світло

3.2 Дослідження потужності фотоспалаху

Для повноцінного уявлення про можливості світлодіодів потрібно розглядати кілька аспектів та аналізувати, як спалах та навколишнє освітлення взаємодіють один з одним.

1) Час імпульсу

Не вдаючись глибоко в теорію та конструкцію джерел імпульсного світла, зазначимо, що:

Студійні моноблоки керують амплітудою імпульсу, щоб витримати співвідношення потужність/яскравість. Тому при зменшенні в налаштуваннях потужності час імпульсу подовжується. Деякі студійні спалахи мають час імпульсу менше 1/500 секунди, що занадто довго для заморожування об'єктів, що швидко рухаються.

Зовнішні спалахи керують потужністю/яскравістю, зменшуючи час імпульсу. Звідси – що менше потужність спалаху, то вона коротша (швидше). Тому, наприклад, якщо фотограф хоче сфотографувати бризки молока від шоколаду, що падає в нього, він повинен встановити потужність на мінімум.

Припустимо, що ми фотографуємо людину, яка йде звичайним кроком. Тоді імпульс спалаху довжиною 1/1000 секунд зможе його заморозити в кадрі. А якщо ми намагаємось зняти птахів у польоті, то цього часу буде замало.

Взагалі, правильніше говорити не просто про тривалість, а про ефективну тривалість імпульсу. Справа в тому, що наростання енергії спалаху відбувається дуже швидко (фактично, миттєво), а згасання – повільно.

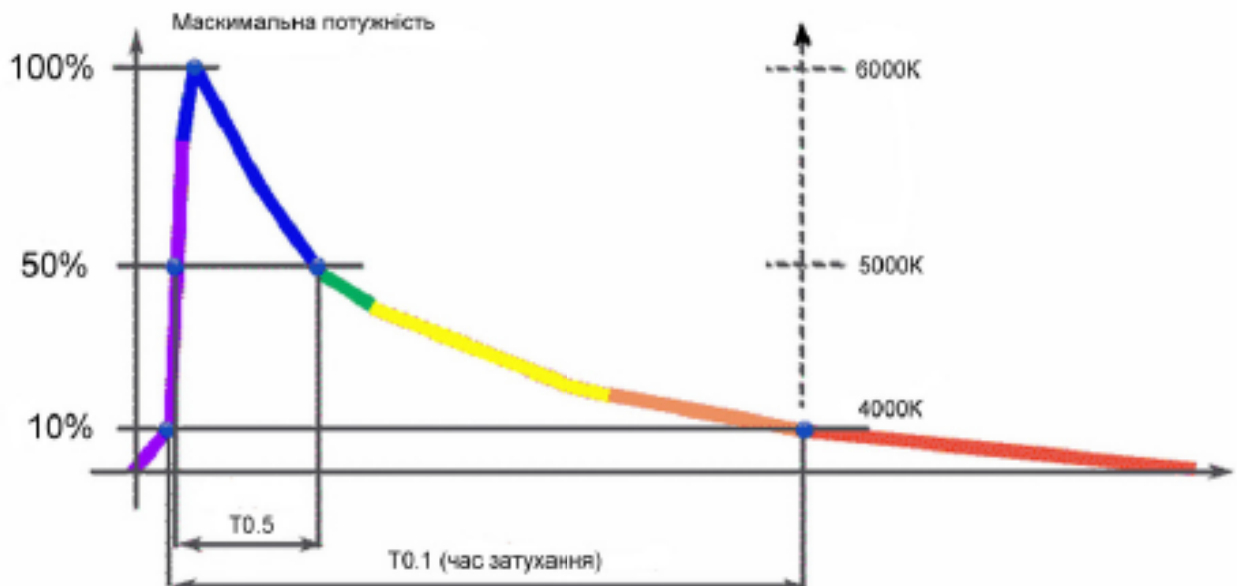


Рисунок 3.5 – Графік, що показує, як розподіляється тривалість імпульсу та колірна температура спалахів

Досвід показує, що при зниженні імпульсу до рівня менше 10% від максимальної він перестає впливати на експозицію (на графіку він позначений як $t_{0.1}$). Значення $t_{0.5}$ – ефективна тривалість імпульсу, коли він його величина становить понад 50% від максимуму [12].

Потрібно враховувати, що параметр $t_{0.1}$ не впливає на експозицію об'єкта, але від нього також залежить, чи вдасться заморозити рух. Крім того, з часом змінюється колірна температура світлового потоку: спочатку світло фіолетове, потім синє, і в кінці – червоне. А значить, при певних налаштуваннях нам не вдасться отримати стандартні 5500-5600К, про які пишуть виробники в технічних характеристиках фотоспалаху (відповідає сонячному світлу вдень).

У рекламних брошурах зазвичай відображають лише значення $t_{0.5}$, оскільки цей час коротший і сильніше захоплює споживачів. Проміжні значення тривалості імпульсу, залежно від налаштувань, можна знайти лише на спеціалізованих сайтах, власники яких вимірюють цей параметр за допомогою різних методик.

Розраховуючи потужність імпульсу для типового спалаху можна вийти на значення близько 3кВт, що дає дані для проектування світлодіодного спалаху та порівняння показників.

Якщо брати типові світлодіоди, то для отримання світлового потоку рівної потужності потрібно приблизно 300 штук. Цей факт значно ускладнює реалізацію фотоспалаху, тому що потрібна послідовно-паралельна з'єднання світлодіодів, а це радикально знижує надійність всього спалаху в цілому.

3.3 Дослідження процесів деградації світлодіодів

Одним із наслідків передчасного виходу з ладу світлодіодів є колірний зсув (color shift). Колірний зсув проявляється в істотній зміні спектрального складу джерела світла, внаслідок чого змінюється колірна температура та перенесення кольорів. Колірний зсув може бути тимчасовим через певні

зовнішні умови, або постійним, в результаті фізичних змін у світлодіодних пакетах. Постійне і помітне зсув у кольорі може вважатися параметричною відмовою світлодіода, так як світлодіод більше не відповідає технічним характеристикам, гарантованим виробником.

Переважає більшість світлодіодних освітлювальних приладів, доступних на ринку, використовують світлодіоди з фосфорним покриттям. Ступінь та напрямок зсуву кольору залежить від механізму деградації світлодіода, який, у свою чергу, залежить від конкретного типу світлодіодів. Світлодіоди, вироблені за допомогою одного із способів нанесення люмінофора на світлодіод, показали згортання люмінофора щодо світлодіодного чіпа, викликаючи зсув у бік синього кольору – світлодіод починає світитися блакитним кольором замість білого. При іншому способі нанесення покриття було зазначено, що світлодіод деградує з колірним зсувом у бік жовтого, оскільки високі температури викликають повітряні зазори, між люмінесцентним покриттям та світлодіодним чіпом відбувається «розшаровування» світлодіода [15].

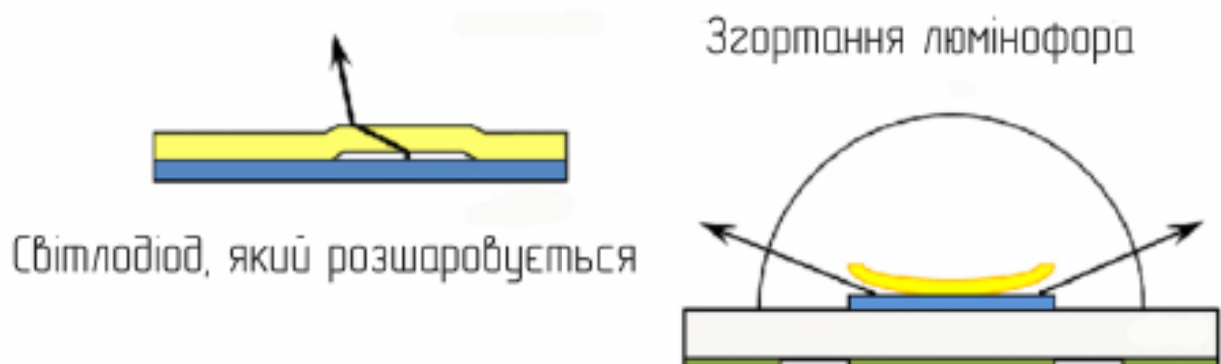


Рисунок 3.6 — Процеси деградації пов'язані з люмінофором

У технології виробництва новітніх поколінь світлодіодів проблеми згортання та розщеплення люмінофора враховані, що значно покращує стабільність кольору. Однак, такі несправності світлодіода можуть статися внаслідок інших факторів, таких як старіння матеріалів оптики та драйвера. Таким чином, деградація світлодіода може відбутися в межах номінального терміну служби виробу.

Деградація світлодіодів може з'явитися особливо суттєвою проблемою там, де точність кольору має особливе значення, наприклад у медичних установах, у приміщеннях виставкових залів та музейних приміщеннях, ну і власне при фотографуванні.

Причиною такої деградації (тьмяне світло світлодіодів) могли стати:

- Неякісне складання;
- блок живлення/драйвер, який не відповідає параметрам світлодіодів;
- Перегрів світлодіодів.

3.4 Дефекти виробництва

Розглянемо кілька прикладів найпоширеніших видів дефектів при виробництві світлодіодів. Знання подібних фактів з великою достовірністю дозволяє встановити причину деградації параметрів або виходу з ладу світлодіода, що не є наслідком неправильної експлуатації, а закладену вже при виробництві. Основне завдання-максимум у цій галузі для користувача - виявлення таких дефектів, по можливості, ще до встановлення світлодіодів у проєктований пристрій. Можливо це лише тоді, коли буде зроблено деякі виміри, що побічно вказують на наявність дефекту, або візуальний огляд зразків або вибірки з партії. Як показують результати обробки даних дослідження світлодіодів, що вийшли з ладу, переважна більшість відмов мають так званий непостійний ефект, коли працездатність світлодіода відновлюється на деякий час. Зазвичай, у своїй зберігаються його світлотехнічні характеристики, тому такі світлодіоди спочатку з виробництва потрапляють у групу придатних. Цей дефект не має періодичності, а має лише деяку залежність від змін навколишньої температури. Ця залежність може простежуватися за досить плавних і тривалих змін температури, навіть у досить вузьких межах.

Як правило, однією з причин такого виходу з ладу є порушення внутрішніх контактів світлодіода:

- місця приварювання золотої нитки до верхнього омичного контакту кристала - можливе відшарування цього контакту від кристала разом з ниткою та звареною кулькою;

- місця приклеювання кристала струмопровідним клеєм до підкладки (рамки) - можливий відрив як кристала разом з клеєм від дна лунки та дефект самого приклеювання або припаювання кристала (рис. 3.7), так і самого контакту від кристала;

Контакт до кристалу



Рисунок 3.7 — Процеси деградації пов'язані з контактом

Найбільш ймовірним і найпоширенішим порушенням є перша із зазначених причин. Механізм порушення контактного з'єднання - температурні коливання, і, як наслідок, через різницю коефіцієнтів лінійного розширення деталей світлодіода (контактів, рамки, кристала, матеріалу лінзи), відрив контактного з'єднання - як правило, з подальшим відновленням працездатності при зміні температурного режиму. Число світлодіодів з таким дефектом зростає практично лінійно з часом через те, що відбувається поступове механічне розхитування конструкції світлодіода циклами нагрівання-охолодження, і, в результаті, найбільш вразливі в цьому відношенні екземпляри виходять з ладу практично відразу, потім все триває за описаним вище законом. Можливо, початок цього процесу кладе пайка хвилею припою виводів світлодіодів, вставлених в отвори і механічно закріплених в отворах загинанням виводів занадто близько до корпусу (лінзи)

світлодіода, часто без застосування стопорних штампувань на виводах, що викликає перегрів внутрішньої конструкції при пайці. За цих умов світлодіод, перебуваючи на платі, спочатку має механічну напругу з боку припаяних виводів та корпусу щодо плати.

Всі ці фактори не можуть не позначитися при подальшій експлуатації світлодіодів у складі пристроїв на їх основі при коливаннях температури навколишнього середовища та змін умов живлення, при динамічних навантаженнях [17].

3.5. Вплив температури на ресурс світлодіоду

Виробники наносять на упаковках ламп і 20000 годин і 30000, але це теоретичні дані або зняті за певних умов, які в реальних умовах важко відтворюються. Зокрема показники можуть відповідати 50% навантаженню, підтверджені реальними випробуваннями. Але важко собі ситуацію, де куплений світлодіод на 1А, працюватиме при струмі 0.5А з істотним зниженням показників світловіддачі.

Інші дані від виробників фактично є орієнтовними і базуються на результатах прискорених випробувань на знос, які не є точними і проводяться швидше на рівні компонентів, ніж на рівні системи/світильника. Ми вважаємо, що в деяких випадках це швидше припущення (особливо у випадку недорогих виробників), але оскільки білі світлодіодні лампи присутні на ринку менше 20 років, важко підтвердити чи спростувати будь-які заяви.

Найчастіше визначення робочого ресурсу світлодіодів використовують модель Аррхениуса. Загалом вона описує як напівпровідникову світлотехніку, а й багато процесів у хімії та біології. Модель показує, наскільки прискорюються хімічні реакції, зокрема процеси деградації в кристалі, у разі підвищення температури [18].

$$\lambda_{2_i} := \lambda_{1_i} \cdot \exp\left[\frac{E_a \cdot \left(\frac{1}{T_{1_i}} - \frac{1}{T_2}\right)}{k}\right]$$

де λ_{1_i} — інтенсивність відмов при температурі T_1 ; λ_{2_i} — інтенсивність відмов при температурі T_2 ; T_1 и T_2 — температури р-п-переходу, виражені в градусах Кельвіна, E_a — енергія активації, виражена в еВ (у напівпровідниках дорівнює ширині забороненої зони), k — постійна Больцмана, рівна $8,617 \times 10^{-5}$ эВ/К.

Результат моделювання який профедено у MathCAD подано на рис. 3.8. З графіка видно, що при температурі вище 50 градусів ресурс світлодіода буде порівнянний із звичайною лампочкою розжарювання, не даючи жодних переваг у довговічності роботи.

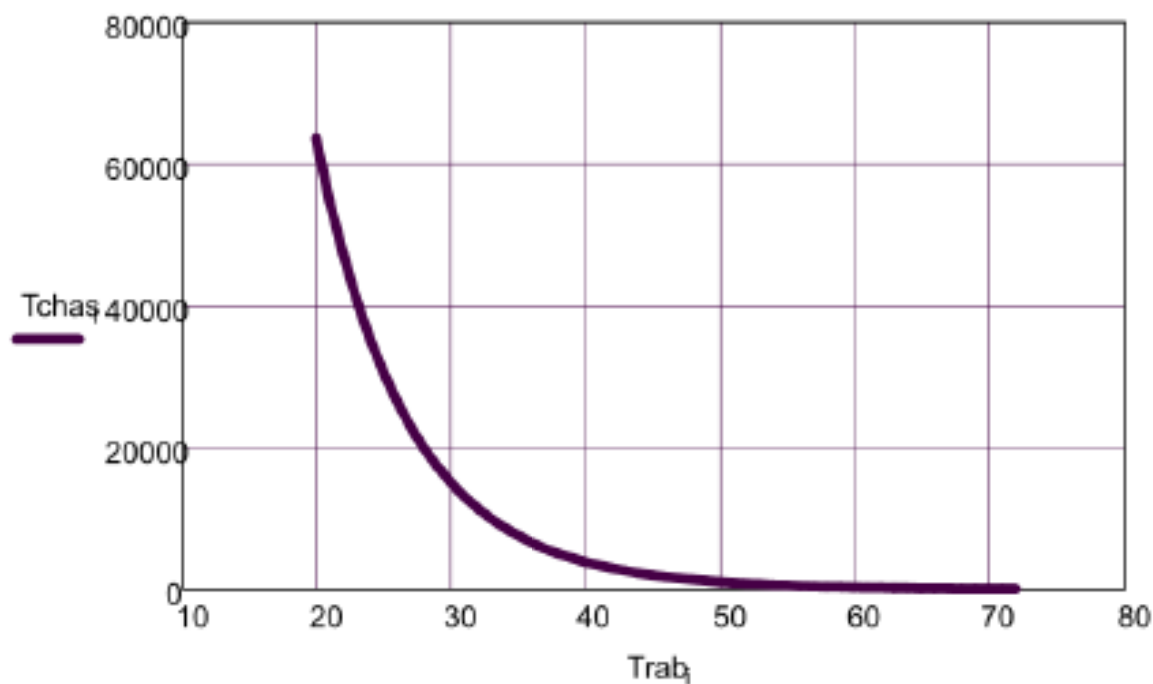


Рисунок 3.8 — Результат моделювання

Вплив температури на рівень світлового потоку наведено на рис. 3.9. Аналізуючи графік на рис. 3.9, можна зробити висновок, якщо світлодіод працює за температури 55 градусів, то через 30000 годин горіння його світловий потік буде становити більше 80% від вихідного.

Що цілком прийнятно і лампу з таким світловим потоком цілком можна використовувати.

А ось якщо температура, при якій працює світлодіод буде 100 градусів, тоді через 30000 годин горіння його світловий потік знизиться приблизно до 30% від початкового.

Лампа з залишковим світлом 30% від первісного нікого вже не задовольняє і користуватися такою лампою вже ніхто не буде.

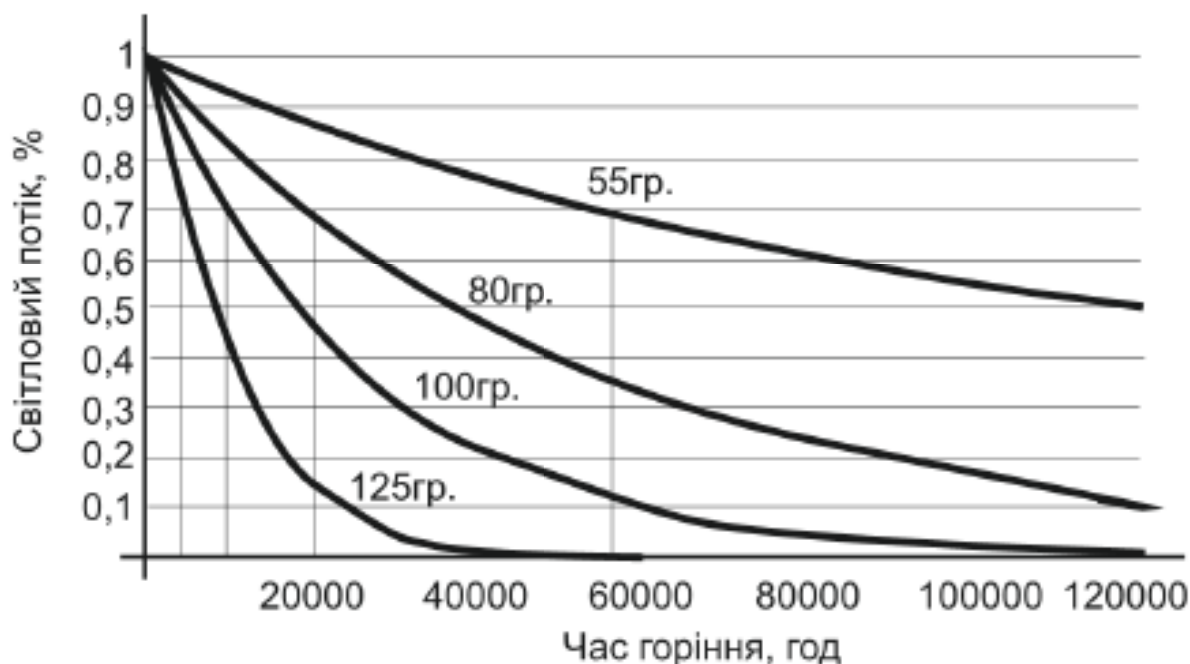


Рисунок 3.9 — Вплив температури на світловий потік

Саме тому термін служби світлодіода оцінюється тим сумарним часом напрацювання, за яке його світловий потік знизиться на 30%, тобто до рівня 70% від початкового.

З підвищенням температури у потужних світлодіодах знижується також світлова ефективність. Наведені в технічній документації цифри вихідного світлового потоку зазвичай даються тільки для 25 °С. Перевищення

температури більше 65 °С відбувається втрата 10% яскравості, а більше 100°С — 20%.

Таким чином, як висновок у розділі можна констатувати той факт, що перегрів світлодіода істотно скорочує ресурс роботи. При ігноруванні питань пов'язаних із застосуванням активного або пасивного охолодження застосування світлодіодів у фотоспалаху не раціонально і призводить до збільшення габаритів самої конструкції в порівнянні з лампами. Єдиною гарантією від перегріву напівпровідникового випромінювача є заходи щодо обмеження зростання температури.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ РОЗРОБКИ ДРАЙВЕРІВ СВІТЛОДІОДІВ

4.1 Особливості живлення світлодіодів

Світлодіод є нелінійним пристроєм. Якщо до нього прикласти низьку напругу, він не проводитиме електричний струм. Якщо напруга підвищувати, то, як вона перевищить граничне значення, світлодіод стане випромінювати, а струм різко зростає. Якщо продовжити збільшення напруги, струм зростатиме, а напівпровідниковий прилад швидко перегріється та згорить. Нюанс полягає у підтримці світлодіода у вузькій області між повністю закритим та повністю відкритим станами (рис. 4.1).

Тут є одна складність. Напруга корисної робочої області у різних екземплярів різниться (навіть у приладів однієї групи та одного виробника), крім того, вона змінюється в залежності від навколишньої температури та ступеня деградації приладу. На рис. 4.2 робоча область показана більш детально.

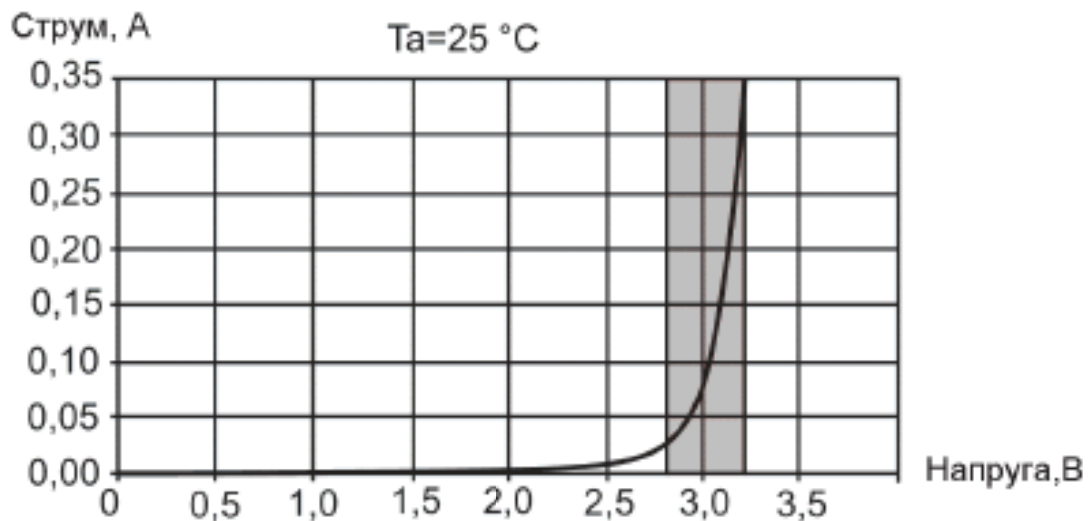


Рисунок 4.1 - Вольт-амперна характеристика потужного світлодіода.

Корисна робоча область потужного світлодіода

Розглянемо на прикладі чотири ідентичні світлодіоди, які, згідно з технічними даними, мають однакові характеристики. Усі виробники подібних приладів сортують їх за кольором випромінюваного світла (бінам). Згодом всі

діоди змішуються і в одному постачанні можуть виявитися прилади з різних виробничих партій, і, отже, очікується великого розкиду порогової або прямої (V_f) напруги. Більшість технічних характеристик пристроїв декларують 20% допуск на V_f , тому настільки широкий розкид, показаний на рис. 4.2, не є перебільшенням.

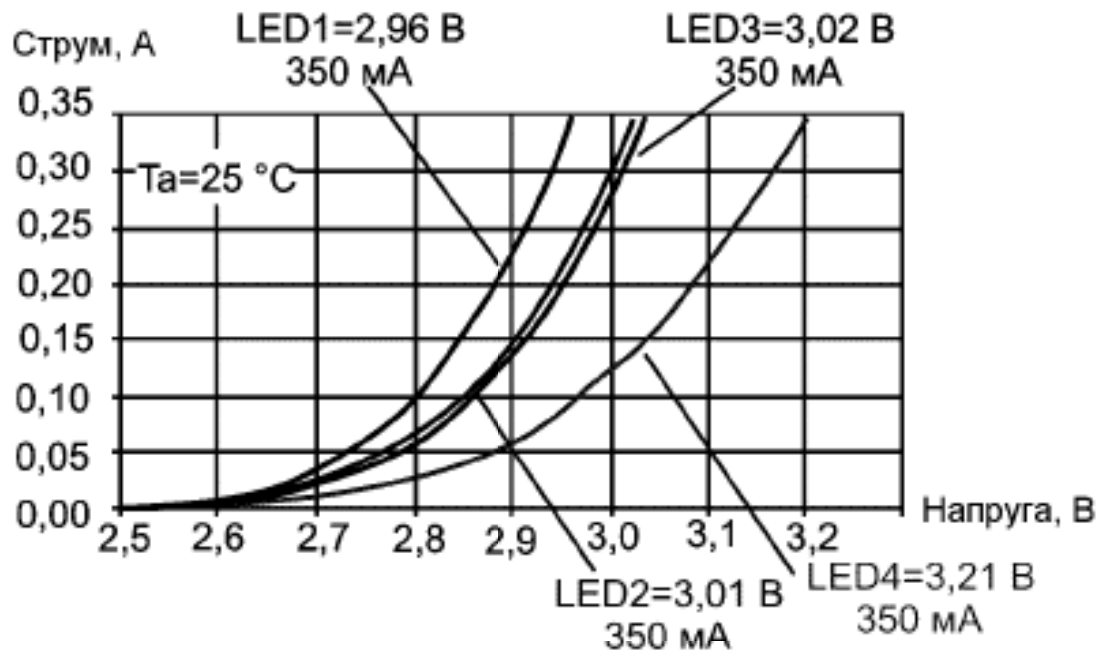


Рисунок 4.2 - Характеристики світлодіодів на збільшеній ділянці

Якщо ми збільшимо напругу приблизно до, скажімо, 3, то перший діод буде перевантажений, струм другого складе 300 мА, третього - 250 мА, а четвертого - тільки 125 мА.

Понад те, ці показники й надалі змінюються. Коли світлодіод прогрівається до своєї робочої температури, криві дружно дрейфують вліво (пряма напруга V_f із підвищенням температури падає). Однак інтенсивність випромінювання світла світлодіодів прямо пропорційна струму, що проходить через них (рис. 4.3). Так, у наведеному вище прикладі при напрузі живлення 3В перший світлодіод буде виблискувати як зовсім новий, другий виявиться трохи яскравішим, ніж третій, а ось четвертий сприйматиметься дуже тьмяним [19].

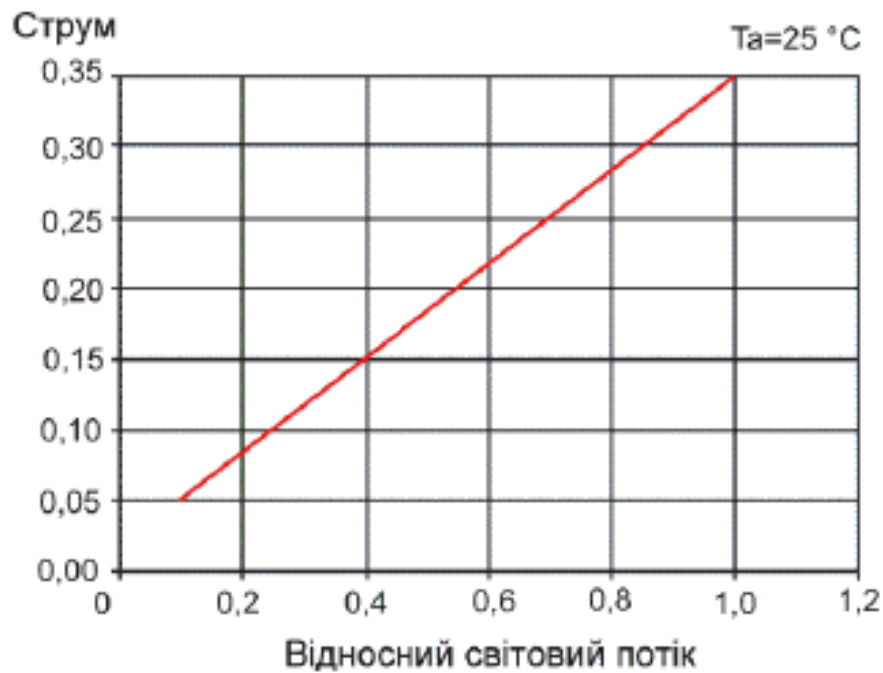


Рисунок 4.3 - Залежність між виходом світла та струмом світлодіода

Шляхом вирішення проблеми різної прямої напруги V_f при однаковому струмі є використання управління постійного струму, а не напруги. Для підтримки постійного струму, а отже і сили світла, драйвер світлодіода автоматично підлаштовує вихідну напругу. Такий підхід можна використовувати у разі одиничного твердотільного випромінювача або при їх послідовному з'єднанні. Якщо струм через всі світлодіоди однаковий, то, незважаючи на відмінності у V_f , вони матимуть однакову яскравість (рис. 4.4).

Якщо випромінювачі прогрілися до робочої температури, то підтримки величини струму незмінною джерело постійного струму автоматично зменшить напругу управління. Це робить їх яскравість незалежною від температури.

Ще однією значною перевагою є те, що джерело стабільного струму не дозволяє якомусь окремому світлодіоду в ланцюзі бути перевантаженим.

Це гарантує, що всі вони будуть мати великий термін служби. Якщо один із напівпровідникових випромінювачів виявиться пробитим (коротко

замкнутим), то інші продовжать функціонувати з коректним робочим струмом.

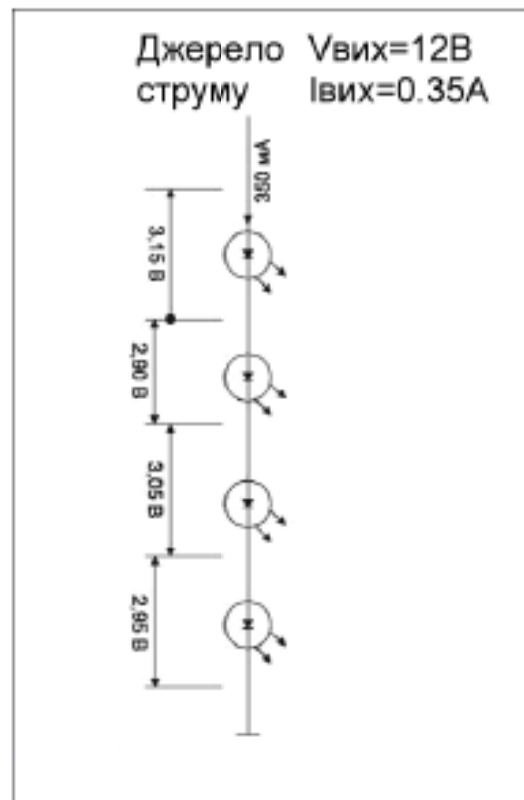


Рисунок 4.4 - Послідовне з'єднання світлодіодів

4.1.1 Джерела стабільного постійного струму

Найпростішим джерелом постійного струму є лінійний регулятор. На ринку є кілька дешевих драйверів світлодіодів, які використовують цей метод. Для цієї ж мети можуть застосовуватись і лінійні стабілізатори напруги, що працюють в режимі постійного струму. Внутрішній зворотний зв'язок підтримує керований струм усередині 5% коридору, але теплова потужність виділяється у вигляді тепла, і для її розсіювання потрібний хороший тепловідвід. Погана ефективність цього методу слабо узгоджується із принципом високої ефективності твердотільного освітлення.

Найкращим джерелом постійного струму є імпульсний стабілізатор (switching regulator). Ціна такого драйвера вище, ніж у інших рішень, але точність у широкому діапазоні навантажень знаходиться в межах 3%, а

ефективність перетворення перевищує 96%, це означає, що лише 4% енергії марнується і пристрій може працювати при високих температурах навколишнього середовища.

Одна важлива відмінність між альтернативними підходами, наведеними вище, - діапазон вхідної та вихідної напруги.

Так, DC/DC-регулятор-перемикач має великий діапазон вхідних і вихідних напруг, в якому він забезпечує стабільний струм (наприклад, RCD-24.0.35 при зміні постійної напруги від 5 до 36 може давати на виході 2-34 В). Великий діапазон вихідної напруги дозволяє використовувати різні комбінації світлодіодних лінійок, але також дає можливість в широких межах регулювати яскравість.

Два інших альтернативних рішення, наведених вище, у разі, якщо потрібен тільки один світлодіод, призведуть до проблем з потужністю, що розсіюється, оскільки падіння напруги на резисторі або регуляторі буде більше, відповідно зростуть і втрати енергії. Діапазон вхідної напруги також обмежений з тих же міркувань [19].

4.2 Послідовне з'єднання світлодіодів

Більшість сильних білих світлодіодів розробляються на робочий струм 350 мА. Відбувається це тому, що за законами хімії їхня пряма напруга має бути близько 3 В, а $3,0 \times 0,35 = 1$ Вт, що є зручною для світлодіодів потужністю. Більшість DC/DC-драйверів стабільного струму для твердотільних випромінювачів світла є поніжаючими (buck or step-down) перетворювачами. Це означає, що максимальна вихідна напруга менша, ніж вхідна. Число світлодіодів, які можуть керуватися заданою напругою, наведено у таблиці 4.1.

Якщо вхідну напругу не можна змінювати (наприклад, батарея), максимальна кількість світлодіодів повинна бути скорочена в залежності від мінімального значення доступної вхідної напруги.

Таблиця 4.1 - Залежність кількості керованих світлодіодів у ланцюжку від вхідної напруги

Вхідна постійна напруга, В	5	12	24	36	54
Типова кількість світлодіодів у ланцюжку	1	3	7*	10*	15

Розрахуємо кількість одноватних світлодіодів, яка може керуватися від 12 В свинцевого кислотного акумулятора, використовуючи наступні дані:

- діапазон напруги акумулятора - 9-14 В.
- обмеження DC/DC-драйвера - 1 В.

Діапазон вихідних напруг драйвера отримуємо в діапазоні 8-13 В. Якщо типова пряма напруга $V_f = 3,3\text{В}$, то максимальна кількість світлодіодів, якими можна керувати — 2.

Два випромінювачі для потреб фотоспалаху це дуже мало. Обійти цю проблему можна, використовуючи перетворювач, що підвищує, у якого вихідна напруга перевищує вхідну, або поставити в паралель два або більше ланцюжка. Для кожної з них драйвер забезпечуватиме потрібні 350 мА; дві, включені в паралель, будуть забезпечуватись струмом 700 мА, три - 1,05 А і т. д. Отже, вибір джерела живлення для світлодіодів повинен враховувати доступну вхідну напругу та число ланцюжків, якими необхідно керувати. На рис. 4.5 показані деякі варіанти підключення типових одноватних білих світлодіодів до 12В джерела постійної напруги.

Найбільш безпечним та надійним методом є підключення до драйвера одного ланцюжка світлодіодів. Якщо якийсь випромінювач вийде з ладу і розірве ланцюг, подача струму до інших припиниться. Якщо ж один з них вийде з ладу і стане короткозамкненим ланцюгом, то ті, що залишилися, як і раніше, будуть забезпечуватися тим самим струмом.

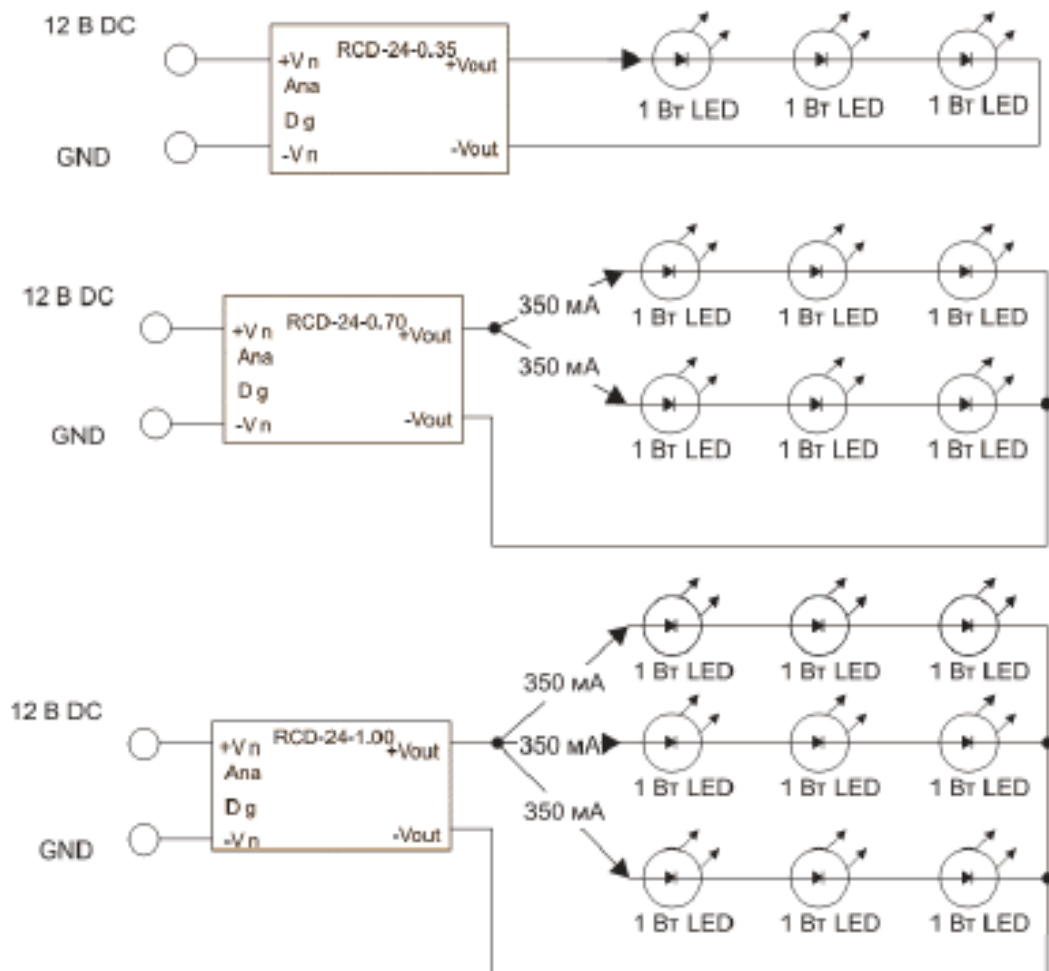


Рисунок 4.5 - Варіанти підключення 1Вт білих світлодіодів

Перевагою управління багатьма світлодіодами за допомогою одного драйвера є власне велика кількість випромінювачів, а недоліком – незахищеність у разі відмови. У випадку двох паралельних ланцюжків при такій відмові світлодіода, коли він розриває ланцюг, все ті ж постійні 700 мА потечуть через ланцюжок, що залишився, який через дуже короткий час приведе до відмови світлодіоду. При трьох паралельно включених лінійках у разі відмови одного випромінювача два ланцюги, що залишилися, ділитимуть між собою струм в один ампер. Обидві виявляться перевантаженим струмом 500 мА. Можливо, деякий час вони ще протримаються, це залежатиме від якості тепловідведення, але згодом великий струм викличе відмову іншого світлодіода, після чого третій ланцюжок прийме на себе весь струм в один ампер і майже відразу вийде з ладу.

Якщо якийсь світлодіод відмовить і перетвориться на короткозамкнений ланцюг, це викличе перерозподіл струмів між ланцюгами, але найбільший потече через ланцюг зі «згорілим» приладом. Зрештою, остання відмовить і викличе «ефект доміно», аналогічний описаному вище. Потужні світлодіоди не надійні, тому описані вище відмови можуть відбуватися дуже часто. Виходячи з цього, більшість розробників твердотілого освітлення вибирають зручний і дешевий варіант живлення кількох ланцюжків світлодіодів від одного драйвера, хоча й усвідомлюють ризик того, що при відмові одного з ланцюгів вийдуть багато інших випромінювачів.

4.3 Балансування струмів світлодіодів у паралельних лінійках

Ще одним важливим предметом турботи розробників є балансування струмів, що йдуть по різних ланцюжках. Ми знаємо, що два або три ланцюги послідовно включених світлодіодів матимуть різну загальну, комбіновану пряму напругу. Драйвер буде видавати постійний струм при напрузі, що є середнім серед комбінованих прямих напруг кожного ланцюжка. Ця напруга буде занадто високою для одних ланцюжків і занадто низькою для інших, що призведе до нерівномірного розподілу струму (рис. 4.6).

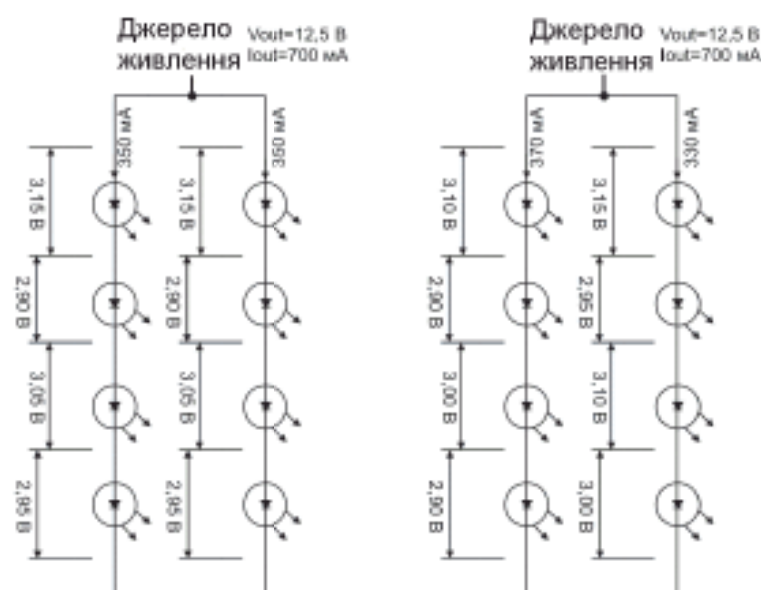


Рисунок 4.6 - Дисбаланс струмів поточних за різними гілками

Дисбаланс струмів у наведеному вище прикладі не настільки суттєвий, щоб викликати відмову ланцюжка через перевантаження, і обидві лінійки працюватимуть надійно. Проте відмінність інтенсивності світіння становитиме 6%.

Вирішенням проблеми незбалансованості струмів є застосування одного драйвера на ланцюжок або додавання зовнішньої схеми для зрівнювання струмів в них. Така схема називається струмовим дзеркалом (рис. 4.7).

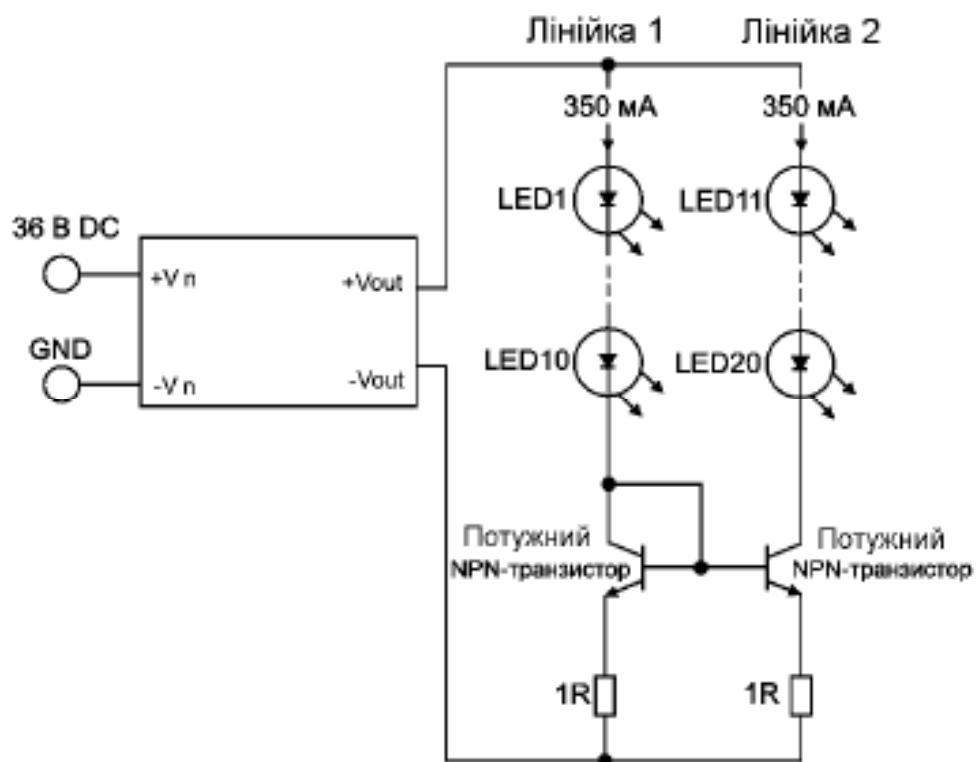


Рисунок 4.7 — Струмове зеркало

Перший NPN-транзистор працює як стандарт. Другий – «відбиває» цей струм. При такому включенні струми в лінійках автоматично поділяються порівну. Одноомні резистори в емітер для струмового дзеркала, але на практиці допомагають збалансувати різницю в величинах V_{be} транзисторів і підвищують точність зрівнювання струмів.

Також струмові дзеркала можуть захистити у разі відмови. Якщо якийсь світлодіод у першому ланцюжку вийде з ладу і перетвориться на

розімкнутий ланцюг, то другий буде захищений (оскільки еталонний струм дорівнює нулю, то струми в інших лінійках також падають до нуля). Якщо якийсь світлодіод перетвориться на короткозамкнений ланцюг, то струми залишаться рівними. Однак при відмові світлодіода в другому ланцюжку з перетворенням його в розімкнутий ланцюг струмове дзеркало не зможе захистити світлодіоди в першій лінійці від навантаження. Модифікація схеми зможе допомогти у цій ситуації. Також можливе розширення струмового дзеркала на три та більше послідовні ланцюги.

Деякі виробники світлодіодів заявляють, що світлодіоди автоматично ділять струм порівну і такий зовнішній «дзеркальний» ланцюг не потрібний. Це не так. Незважаючи на те, що комбінована пряма напруга лінійок випромінювачів абсолютно рівна, дисбаланс завжди існує.

Якщо, наприклад, дві паралельні лінійки змонтовані на загальному тепловідводі і по одній з них тече більший струм, вона світитиме яскравіше і матиме вищу температуру. Температура тепловідведення зростатиме повільно, поступово викликаючи зменшення напруги V_f другої лінійки, що також призведе до її спроби проводити більший струм. Теоретично через негативний зворотний зв'язок за температурою два ланцюжки мають вирівняти свої струми. Насправді цей ефект дійсно має місце, але його недостатньо для того, щоб гарантувати точне балансування. Більше того, якщо два ланцюжки являють собою дві окремі світлодіодні лампи, то вони не матимуть компенсуючого зворотного зв'язку за температурою. Одна з них, що має найнижче значення комбінованої напруги V_f , проводитиме найбільший струм, нагріється до більшої температури, і ця напруга продовжить знижуватися. Це посилить дисбаланс, і може призвести до неконтрольованого зростання температури та відмови.

Таким чином, якщо потрібен точний баланс струмів, то струмове дзеркало все ж таки є найкращим і простим рішенням на противагу живленню кожного світлодіода від свого власного драйвера [19].

4.4 Вибір типу з'єднання світлодіодів

Розглянуте раніше послідовне з'єднання світлодіодів має наслідки відмови світлодіода з перетворенням його на розімкнений або короткозамкнений ланцюг. Чим більше число паралельних лінійок, тим менша небезпека відмови випромінювачів, що залишилися, у разі виходу з ладу одного. Так, якщо в паралель включено п'ять ланцюжків, то у разі відмови одного світлодіода з перетворенням його в розімкнутий ланцюг чотири, що залишилися, будуть навантажені на 125% кожна. Випромінювачі засяють яскравіше, але, якщо тепловідведення із запасом, навряд чи вийдуть з ладу. Недоліком паралельного з'єднання кількох ланцюжків є необхідність установки здатного забезпечити струм у кілька ампер драйвера, який може бути дорогим або важкодоступним.

На практиці безпечніше обмежити кількість паралельних ланцюжків, підключених до одного драйверу, до п'яти або менше; якщо необхідно керувати великою кількістю світлодіодів, краще застосовувати кілька менш потужних джерел замість одного з великим струмом. Хорошою ідеєю є використання більш довгих ланцюжків, оскільки при закорочуванні одного струм через випромінювачі, що залишилися, збільшиться тим менше, чим більше буде складових її елементів.

Далі розглянемо питання пов'язане зі з'єднанням світлодіодів в окремі ланцюжки або, масив, як показано на рис. 4.8.

На рис. 4.8 використовуються 15 світлодіодів, ілюструючи ці дві можливості (в обох випадках використовується один і той же драйвер). Можна було б поєднати ці 15 випромінювачів у п'ять стовпців по три світлодіоди, але, згідно з наведеними вище міркуваннями, три стовпці по п'ять буде більш надійним монтажем.

Перевагою гратчастого масиву є те, що у разі одиничної відмови всі інші його колонки не вийдуть з ладу, і лише рядок, де сталась аварійна ситуація, виявиться перевантаженим. Якщо ж якийсь світлодіод вийде з ладу,

перетворившись на короткозамкнутий ланцюг, його сусіди по рядку світити більше не стануть, але струми через інші все одно залишаться коректними.

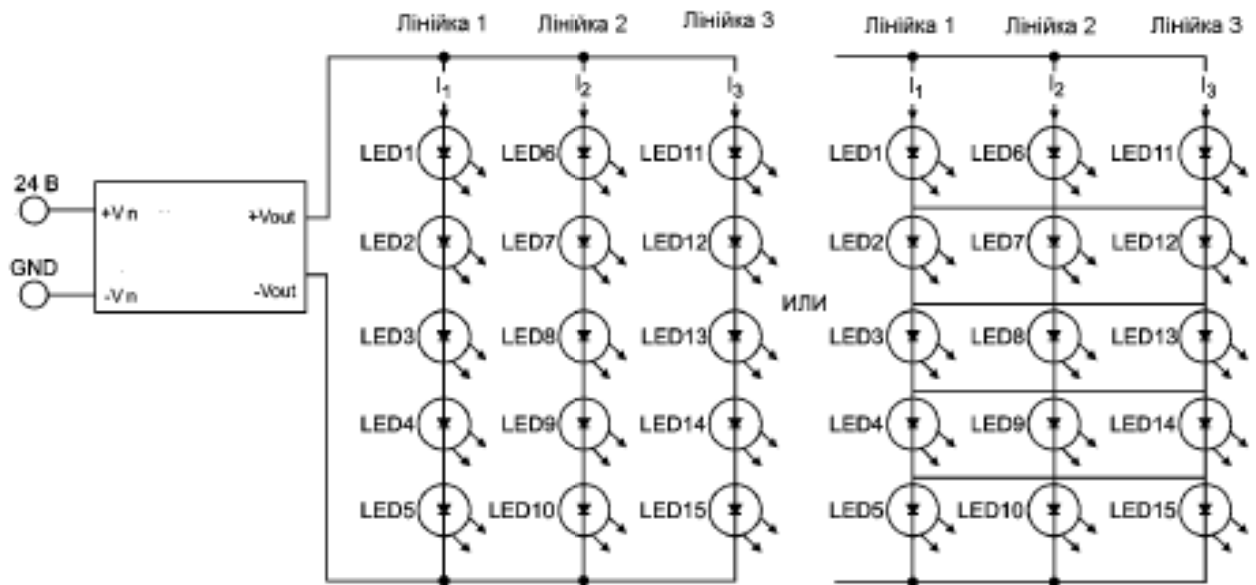


Рисунок 4.8 - З'єднання світлодіодів у паралельні лінійки та гратчастий масив

Важливо, що 15 світлодіодів є надійними, і навіть у разі перетворення одного світлодіода на короткозамкнений або розімкнений ланцюг вони продовжуватимуть випромінювати світло. Таким чином, гратчастий масив є найкращим способом з'єднання світлодіодів [19].

Недоліком гратчастого масиву є те, що V_f усереднюється по всіх рядках і наявність допуску 20% на пряму напругу окремого світлодіода може означати, що не всі вони світитимуть однаково. Це може призвести до більш яскравих, ніж інші, точок і скорочення часу життя деяких випромінювачів.

Важливо відзначити, що оскільки 15 світлодіодних ламп мають дуже рівний вихід світла без яскравих точок, то найкращим рішенням буде їх монтаж у паралельні ланцюги. Якщо необхідно забезпечити як захист від відмов, так і рівне світіння, то краще включити три лінійки та три драйвери зі струмом по 350 мА.

Таким чином, найкращим рішенням є послідовно-паралельне з'єднання з контролем струму, для виключення використання товстого дроту у зв'язку з відносно низькою напругою живлення світлодіодів.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

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

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 [20].

5.1 Визначення стадій розробки

Стадії роботи, які необхідні для розробки блоку оптимального відбору потужності, а також зміст робіт на кожній стадії зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Стадії розробки блоку оптимального відбору потужності

№ з/п	Стадії розробки	Вміст робіт	Тривалість	Примітка
А	Постановка завдання	Узгодження технічного завдання із замовником	3	1 інженер
Б	Вивчення об'єкту	Аналіз існуючих схемних рішень	10	1 інженер
В	Розробка проекту	Проектування схеми та конструкції	3	1 інженер
Г	Проведення дослідження та	Розробка технічної документації	20	1 інженери

	розробки			
Д	Узгодження із замовником	із Демонстрація. виправлення помилок.	2	2 інженери
Е	Передача замовнику	Передача результатів замовнику, підписання акту здачі робіт	5	1 інженер

Для визначення терміну виконання етапів розробки фотоспалаху з використанням сучасних світлодіодів, а також витрат, будується лінійний графік, який відображує в наочному вигляді терміни виконання кожного етапу як окремо, так і в цілому. На рис. 5.1 зображений лінійний графік стадій вказаних в таблиці 5.1.

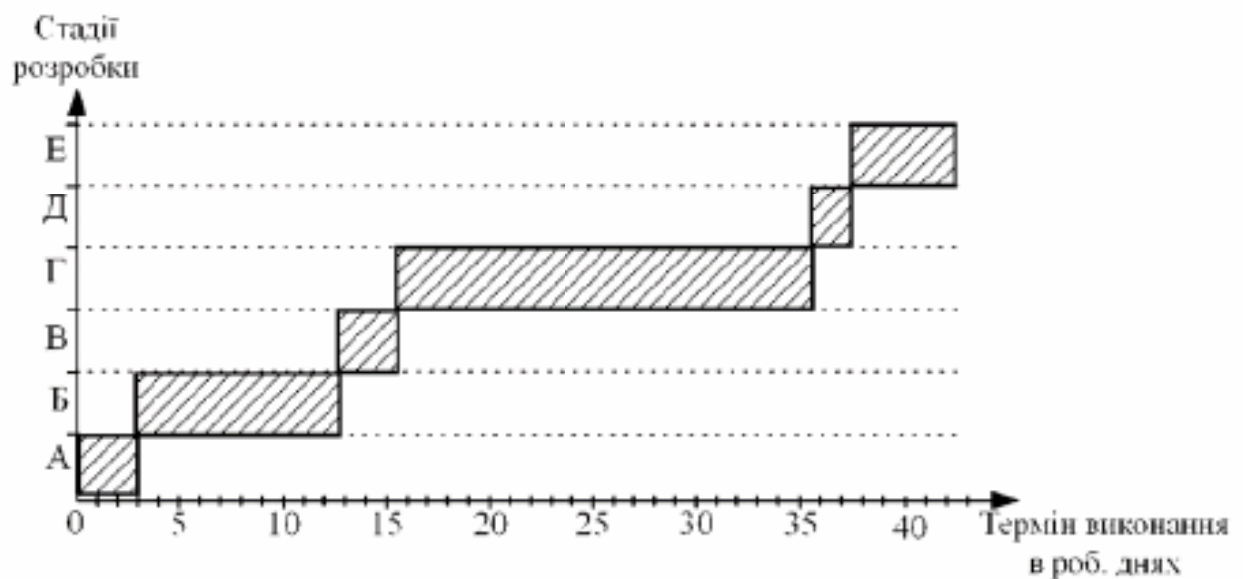


Рисунок 5.1 – Лінійний графік розробки фотоспалаху з використанням сучасних світлодіодів

Відповідно до рис. 5.1 на види роботи А-Е, потрібно 43 восьмигодинних робочих днів.

Для виконання робіт по етапу А необхідно 1 людину – інженера технічного забезпечення проекту.

Для виконання робіт по кожному з етапів Б-Г необхідно 1 людину – інженера інженер електронної техніки.

Для виконання робіт по етапу Д необхідно 2 людини – 1 інженера технічного забезпечення, 1 інженер електронної техніки.

Для виконання робіт по етапу Е необхідно 1 людину – 1 інженер технічного забезпечення.

У зв'язку з наведеним вище списком працівників для виду робіт, в таблицю 5.2 зводяться всі необхідні співробітники з кількістю робочих днів участі в проекті.

Таблиця 5.2– Співробітники проекту

Найменування	Кількість співробітників людей	Кількість робочих днів участі в розробці, роб. дні	К-ть часу, витраченого на участь в проекті, ч
Інженер технічного забезпечення проекту	1	10	80
Інженер електронної техніки	1	35	280

5.2 Розрахунок заробітної плати

Заробітна плата кожного співробітника нараховується виходячи з годинної тарифної ставки. Вони представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Тарифні ставки співробітників

Найменування співробітника	Тариф Тсер, грн./год
інженер технічного забезпечення проекту	55
інженер електронної техніки	60

Заробітна плата кожного співробітника визначається по формулі [20]

$$ЗП = N_{роб} \cdot T_{сер} \cdot B \quad (5.1)$$

де ЗП – заробітна плата, грн.;

$T_{сер}$ – ставка кожного співробітника, грн./год;

$N_{роб}$ – кількість працівників, людей;

В – кількість годин, витрачених на роботу над проектом, год.

Заробітну плату інженера технічного забезпечення збільшуємо на 15%, у зв'язку з необхідністю витрати робочого часу на коректування документів.

Результати розрахунків представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Заробітна плата

Найменування	Заробітна плата, грн.
інженер технічного забезпечення проекту	5060
інженер електронної техніки	16800
РАЗОМ	21860

5.3 Розрахунок кошторису витрат

Кошторис витрат складається виходячи з таких показників: основні засоби (комп'ютер з програмним забезпеченням), заробітна плата, відрахування до єдиного фонду – 37%; накладні витрати (60...150% від фонду заробітної плати), які включають різні господарські та адміністративні витрати.

Далі наводиться вартість устаткування і програмного забезпечення, представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Вартість устаткування і програмного забезпечення

Найменування	Ед.вим.	К-ть	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Комп'ютер	шт	1	15000,00	15000,00
Програмне забезпечення для моделювання та проектування	шт	1	20000	20000
Осцилограф	шт	1	5000,00	5000,00
Мультиметр	шт	1	350,00	350,00
Джерело живлення на 5А	шт	1	3780	3780
РАЗОМ				44130,00

Амортизація основних засобів (комп'ютер, осцилограф, мультиметр) [24]:

$$S_{ам} = \sum \frac{a_{ам}}{100} \cdot \text{вартість} \cdot \frac{T_{вик}}{T_{месл. вик.}} \quad (5.2)$$

$$S_{аморт} = 0,15 \times 20350 \times (34,5 \times 8 / 2100) = 401,2 \text{ грн.}$$

Електроенергія, що витрачається при роботі інженера електронної техніки:

$$S_e = \text{тариф} \times \text{потужність} \times N \times T_{вик} \quad (5.3)$$

де N – кількість комп'ютерів, осцилографів, мультиметрів

$$S_e = 1,68 \times 0,5 \times 2 \times 240 = 403,2 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на розробку фотоспалаху з використанням сучасних світлодіодів представлений в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат

№ з/п	Найменування	Разом:
1	Вартість програмного забезпечення	20000,00
2	Основні засоби	20350,00
3	Амортизаційні відрахування	401,2
4	Витрати на електроенергію (машинний час)	403,2
5	Заробітна плата	21860
	Всього	63014,4

Економічні розрахунки на момент проведення дослідження не підтвердили доцільність розробки фотоспалаху з використанням сучасних світлодіодів для використання її в умовах серійного виробництва. Причинами є значна вартість спеціалізованого програмного забезпечення, аналогів якого на ринку України не має.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

До небезпечних чинників в лабораторії при розробці світлодіодних світильників та фотоспалахів відносяться:

- небезпека ураження електричним струмом;
- температура при роботі з паяльними станціями;
- підвищений рівень шуму на робочому, що виникає від установки штучної вентиляції, паяльної станції та роботи персонального комп'ютеру (ПК);
- недостатня освітленість робочої зони;
- пил, що з'являється під час механічної обробки друкованої плати;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин (пари свинцю і його окислів), які утворюються під час пайки [21].

Кожне з чотирьох робочих місць складається зі спеціально обладнаного робочого столу та полиць на яких розміщено обладнання для налагодження пристрою та контрольно-вимірювальних приладів, а саме:

- двох паяльників та двох паяльних станцій;
- двох персональних комп'ютерів;
- місцевого освітлення.

Серед потенційно небезпечних та шкідливих факторів в лабораторії можна виділити наступні:

- підвищена температура при роботі з паяльниками та паяльними станціями;
- небезпека ураження електричним струмом як при наладці та і при розробці на ПК;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин (пари свинцю та інш.), які утворюються під час пайки;

- пари етилового спирту, які виникає в повітрі під час промивання друкованої плати;
- фактори впливу монітору ПК (інфрачервоне випромінювання, радіація і т.п.).

Одним з найнебезпечніших чинників в лабораторії є електричний струм. Струм ПК може сягати 2А при напрузі 220В, паяльні станції в режимі фену можуть досягти значення струму до десяти ампер. Таким чином, вимірювальні пристрої, струмоведучі провідники, корпус обладнання та ПК несуть велику потенційну небезпеку, оскільки в процесі експлуатації або проведення профілактичних робіт чоловік може торкнутися частин, що знаходяться під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останньої через тіло людини.

У таблиці 6.1 приведені фактори в лабораторії та дана оцінка трудового процесу.

Таблиця 6.1 – Карта умов праці робочого місця розробника в лабораторії

№	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 0,01	0,2 0,005				10...90
2	Неіонізуюче випромінювання: – радіочастотний діапазон. В/м –діапазон	25 2,5	20 1,0–1,5				100

	промислової частоти, кВ/м					
3	Мікроклімату приміщень: – швидкість руху повітря, м/с – температура повітря, °С – відносна вологість, %	0,1 20–24 40–60	0,1–0,3 21–25 45–60			100 100
4	Напруженість праці увага %	90	80	>75		80-100
5	Напруженість аналізаторних функцій			точна		80
	Шум, дБА	60	70	10		90

В якості припою використовується олов'яно-свинцевий припій, а як флюс використовується безкислотний флюс. Для видалення залишків флюсу застосовується етиловий спирт.

Шум від вентилятора припливно-витяжної вентиляції та ПК 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. Інтенсивний щоденний, він повільно й незворотно впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку нейросенсорної приглухуватості.

Робота за комп'ютером, 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 ін.

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. 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, болочість при пальпації по ходу нервів, погіршення зору. При свинцевій інтоксикації виникає свинцева коліка з тріадою симптомів: різкі переймоподібні болі в животі, закрепи, 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.

Також небезпечним є електричний струм від обладнання в процесі наладки. Оскільки проходячи через організм, електричний струм надає термічне (опіки, нагрів кровоносних судин, електрометалізація), електролітичне (розкладання крові), біологічне (судоми, порушення діяльності органів дихання і кровообігу) дії.

Небезпека дотику людини до струмоведучих частин пристрою визначається величиною струму, що протікає через тіло людини, порогове значення якого складає 0,5 – 1,5 мА.

6.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Забезпечення безпечної експлуатації вимірювальних приладів для налагодження фотоспалахів досягається шляхом обов'язкового виконання правил технічної експлуатації електроустановок споживачів, правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. При проведенні робіт з фотоспалахами, повинні виконуватися організаційні і технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться:

- . . -допуск до роботи;
- . . нагляд під час роботи;
- . . оформлення перерви під час роботи;
- . . оформлення роботи по наряді-допуску.

До технічних заходів при виконанні робіт із зняттям напруги на струмоведучих частинах обладнання в лабораторії відносяться:

- . перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах;
- . вивішування попереджувальних плакатів та огорожа струмоведучих частин, які залишилися під напругою.

Технічним засобом безпечної експлуатації обладнання є захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею металевих неструмоведучих частин (радіаторів, корпусів та інш.), які можуть опинитися під напругою унаслідок замикання на корпус і по інших причинах.

До роботи в лабораторії по налагодженню фотоспалахів допускаються розробники, які ознайомлені з обслуговуванням, управлінням і наладкою пристрою, з вивченням правил техніки безпеки і виробничої санітарії, з подальшою перевіркою знань.

До ізолюючих електрозахисних засобів в лабораторії, призначених для ізоляції людини від частин обладнання, які можуть виявитись під напругою, відносяться: ізольовані електровимірювальні кліщі та покажчики напруги; ізольовані ручки інструменту; діелектричні рукавиці, гумові килимки.

Раціональне планування лабораторії, розміщення устаткування є важливим чинником, що дозволяє понизити шум, оскільки буде змінено шляхи надходження звукових хвиль.

Таким чином, для зниження шуму, що створюється на робочому місці внутрішніми джерелами, а також шуму, проникаючого ззовні слідує:

. використовувати архітектурно-планувальні і технологічні вирішення ізоляцій джерел шуму (зонування, перегородки).

Для захисту розробників від шкідливої дії шуму під час виробництва фотоспалахів застосовуються засоби індивідуального захисту (антифони, заглушки і ін.). Ефективність засобів індивідуального захисту може бути забезпечена їх правильним підбором залежно від рівнів і спектру шуму, а також контролем за умовами їх експлуатації.

В ПК вентилятори за необхідністю треба замінити на малошумні, паяльні станції треба вибирати з більш якісними вентиляторами.

Організаційно-технічні засоби захисту від шуму пов'язані з вивченням процесів шумоутворення технологічного і інженерного устаткування, а також з розробкою досконаліших малошумних конструкторських рішень, норм гранично допустимих рівнів шуму на робочому місці інженера.

В цілях профілактики несприятливої дії вібрації яка може виникнути при виробництві фотоспалахів, повинні використовувати засоби індивідуального захисту: рукавиці або рукавички, спецвзуття.

Зниженню надходження в повітря робочої зони пилу сприяє хороша герметизація устаткування, своєчасний і якісний ремонт вентиляції, наявність дистанційного керування.

До санітарно-технічних заходів щодо усунення шкідливого впливу пилу відноситься: устаткування робочих місць місцевою витяжною вентиляцією

марки DELI-100-15H, укриття устаткування суцільними пиленепроникними кожухами з ефективною аспірацією повітря і ін. Нормами лабораторії встановлено також щоденне вологе прибирання приміщення.

У комплексі профілактичних заходів важливе місце займають періодичні і попередні медичні огляди, дотримання правил особистої гігієни.

6.3 Виробнича санітарія

Робота в лабораторії відноситься до категорій Іб [26]. Це категорія робіт, які виконуються сидячи, стоячи або таких, що зв'язані з ходьбою та деяким фізичним напруженням (енерговитрати 121-150 ккал/годину, тобто 140-174 Вт).

Для створення комфортних метеоумов доцільно установка ефективної системи вентиляції серії ВЕНТС ВУЭ та кондиціонування, забезпечення відповідних площі і об'єму робочого приміщення. Лабораторія обладнана системами центрального опалення, припливно-витяжної вентиляції з механічним спонуканням. Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонером марки SAMSUNG спліт AQV09PSD, який має низький рівень шумів та добру холодопродуктивність.

Освітленість робочої поверхні, створена світильниками з 4 лампами по 36Вт з дзеркальним відбивачем загального освітлення, повинна складати не менше 10% нормованої для комбінованого освітлення при таких джерелах світла, які застосовуються для місцевого освітлення [23].

Освітленість даної лабораторії сягає 500 лк, коли мінімальне допустиме значення – 300 лк [23].

У таблиці 6.2 вказані допустимі та оптимальні значення мікроклімату для робочої групи Іб згідно з [21].

Таблиця 6.2 - Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні лабораторії

Період року	Категорія робіт		Температура, °C				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
			оптимальна		допустима		оптимальна	Допустима на робочих місцях, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях, не більше
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Пост.	Непост.	Пост.	Непост.							
Холодний	Легка - Іб	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0.1	0.2
Теплий	Легка - Іб	22-24	28	30	21	17	40-60	60 (27°C)	0.2	0.1 – 0.3

6.4 Електробезпека

При однофазному дотику чоловік зазвичай торкається однією рукою однієї фази, іншою рукою – обладнання. Струм проходить шляхом рука-рука. Ця петля струму вельми небезпечна, оскільки його значна частина проходить через грудну клітку і серце. Небезпека однофазного дотику полягає також в тому, що до тіла людини прикладається найбільша в даній мережі напруга. Але цей вплив може бути зменшено, оскільки струм, що проходить через робочого, обмежується впливом багатьох чинників (опір ізоляції, підлоги, взуття і так далі).

Як розрахунок визначимо величину струму, що проходить через інженера при однофазному дотику в лабораторії.

Струм, що проходить через людину при однофазному дотику, визначається по формулі:

$$I_{\text{пр}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + r_{\text{із}}}, \quad (6.1)$$

де U_{ϕ} - лінійна напруга ($U_{\phi} = 220 \text{ В}$);

$R_{\text{л}}$ – опір тіла людини (приймаємо $R_{\text{л}} = 1000 \text{ Ом}$) [25];

$r_{\text{із}}$ – опір ізоляції (мінімальний опір для лабораторії $r_1 = r_2 = 60 \text{ кОм}$)

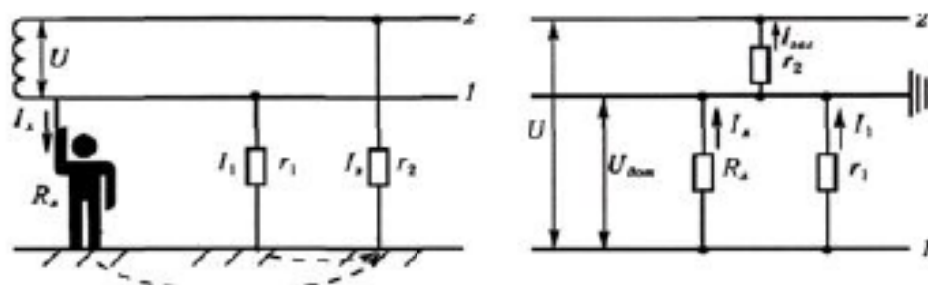


Рисунок 6.1 - Однополюсний дотик людини до електричної мережі

Отже

$$I_{\text{пр1}} = \frac{220}{1000 + 120 \cdot 10^3} \approx 1,8 \text{ мА}$$

Порівняємо розрахункові значення струмів дотику зі встановленими: безпечний струм – 10 мА, пороговий невідпускаючий струм – 15 мА, смертельнонебезпечне значення струму (фібриляційний) – 100 мА [25].

Таким чином, струм $I_{\text{пр1}} = 2,5 \text{ мА}$ при опорі ізоляції 60 кОм є безпечним для розробника.

З виконаних розрахунків слід зробити вивід: мінімальний опір ізоляції обладнання (вимірювальних пристроїв), повинний бути рівний або більший за 60 кОм.

Замір опору ізоляції включає візуальний огляд електричної проводки, проводів, кабельних ліній. Потім обстежують місця приєднань живлення до

обладнання, місця з'єднання в розподільних і розподільчих коробках. Перед проведенням вимірів опору ізоляції особливу увагу звертають на дроти і кабелі, жили яких приєднуються до апарату захисту. Кінці ізоляції електропроводки не повинні бути оплавлені, так як це говорить про сильному нагріванні кабелю або проводу під час роботи. Кабель ВВГ 3х2,5 може нагріватися внаслідок неналежного приєднання жил до затискачів, несправності автоматичного вимикача або завищення номіналу апаратів захисту.

6.5 Пожежна та техногенна безпека

Згідно з [28] будинок, де знаходиться лабораторія відноситься до категорії Д, тобто приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Основними джерелами виникнення пожежі у лабораторії є недотримання умов протипожежної безпеки з паяльними станціями, неполадки фотоспалахів та коротке замикання проводки.

У зв'язку із цим, необхідно передбачити наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- дотримуватися заходів з протипожежної безпеки на робочому місці;
- періодичний огляд і перевірка ізоляції струмоведучих провідників на робочих місцях;
- паспортизація горючих речовин, матеріалів, технологічних процесів і будівель з пожежної безпеки;
- розробка та реалізація правил та інструкцій з пожежної безпеки;

Джерелами спалаху в лабораторії можуть бути пристрої електроживлення вимірювальних пристроїв, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи від паяльної

станції, електричні іскри при комутації контактів, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

По класу пожежі лабораторія відноситься до класу Е - пожежі пов'язані з горінням електроустановок.

Для швидкої ліквідації вогнищ спалаху використовуються вогнегасники типу ОУ-5А (углекислотний вогнегасник), призначений для гасіння легкозаймистих і горючих рідин, твердих речовин, електроустановок, що знаходяться під напругою, цінних речей і матеріалів.

Для запобігання виникненню пожежі в лабораторії передбачена електрична пожежна сигналізація, що складається із сповіщаючих датчиків типу ИП-212-50М2 та основного блоку, що розміщується в коридорі.

В лабораторії евакуація відбувається по плану (рис. 6.2) на випадок виникнення пожежі. Інструкція про заходи пожежної безпеки (план евакуації людей), включає в себе загальну інструкцію для будинку та інструкція для окремої лабораторії, згідно з [28].

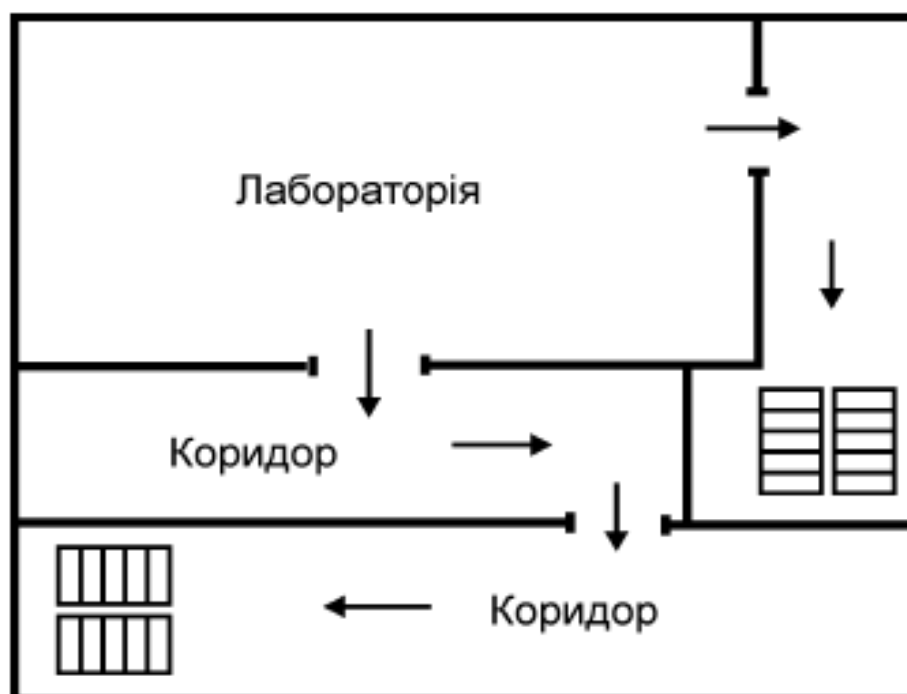


Рисунок 6.2 — План евакуації з лабораторії

Пожежі при роботі в лабораторії робіт можуть відбутися від несправності лабораторних приладів, нагрівальних приладів, несправності нагрівальних елементів паяльних станцій, електричних проводів. При виникненні пожежі в лабораторії все вогненебезпечні та вибухонебезпечні предмети повинні бути перенесені в безпечне місце, негайно потрібно подзвонити в пожежну службу. В лабораторії відповідно до правил пожежної безпеки на видному місці біля входних дверей повинен знаходитись вуглекислотний вогнегасник. Надо пам'ятати, електропроводку гасити водою не можна. У цих випадках потрібно застосовувати вуглекислотний вогнегасник, сухий пісок. Для гасіння легко займистих матеріалів у лабораторії повинен бути відкритий ящик з сухим піском і металевим совком. Точно також біля входу треба поставити тонкостінні колби з концентрованим нашатирним спиртом. При займанні таких речовин як дьоготь, масло, колбу з нашатирним спиртом треба з силою кинути в полум'я щоб вона розбилася. У лабораторії повинен бути ящик куди скидають відпрацьовані промаслені ганчірки і папір і періодично звільняють. Не можна захарашувати приміщення лабораторії ящиками.

При забезпеченні блискозахисту, оскільки лабораторія не має вибухонебезпечних суміш, монтаж захисту здійснюється по другій категорії.

Пожежний водопровід має можливість підключення двох пожежних рукавів до різних кранів. Стояки пожежного водопроводу знаходяться на сходових клітках. Пожежний водопровід є замкнутим з живленням від пожежного водопроводу. Для категорії будівель (Д) пожежний водопровід повинен забезпечити потік 10л/с для будівлі менш 3000 м².

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях в лабораторії. Розробник, який працює на ПЕОМ, зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення розриву проводів живлення, несправності заземлення та інших пошкоджень електрообладнання, появи запаху горілого негайно вимкнути живлення і повідомити про аварійну ситуацію керівникові та черговому електрику;

- у разі потрапляння людини під напругу негайно вивільнити її з-під дії струму, вимкнувши електроживлення, і до прибуття лікаря надати потерпілому медичну допомогу;

- у будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання чи програмного забезпечення негайно викликати представника інженерно-технічної служби експлуатації обчислювальної техніки;

- у разі виникнення різі в очах, різкого погіршення видимості, неможливості фокусування погляду і наведення його на різкість, виникнення болю у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття негайно покинути робоче місце, повідомити про те, що сталося, керівника і звернутися до лікаря;

- у разі загорання обладнання вимкнути живлення і вжити заходів щодо ліквідації джерела вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника, повідомити пожежну службу та керівника робіт.

ВИСНОВКИ

У даній роботі проведено дослідження параметрів світлодіодів для використання світлодіодів в якості фотоспалаху. Мале споживання енергії робить LED-спалахи досить перспективною розробкою, правда поки що лише теоретичною. Виробниками зараз випускаються світлодіоди, які близькі за спектром до сонячного світла. В результаті дослідження ймовірність того, що в найближчі кілька років ми побачимо перші розробки світлодіодних спалахів для фотографів виявилось дуже низкою. Причинами такого висновку став аналіз багатьох факторів та характеристик.

Першим фактором стала колірна температура. Для кожного білого світлодіода в документації вказується колірна температура, що характеризує відтінок білого кольору (холодний, нейтральний або теплий). Для більш точного вимірювання характеристик застосовують поняття «бін». Бін задає колірну температуру випромінювання білого світлодіода у досить вузькому спектральному діапазоні. Слід зазначити, що в порівнянні з люмінісцентними лампами спектр світлодіодів безсумнівно багатший, але для отримання більш рівномірного спектра потрібно поєднати спектральні характеристики від холодного, теплого і нейтрального світлодіодів. В порівнянні з ксеноновим спалахом, світлодіоди мають недоліки в спектральному складі.

Наступним етапом стало порівняння схемотехнічних рішень для ламп та світлодіодів. Проведено дослідження схем живлення потужних світлодіодів, щоб побачити різницю у побудові фотоспалахів на їх основі. Аналізуючи інформацію можна дійти до висновку, що з погляду схемотехніки немає проблем, які заважали використовувати світлодіоди в портативному чи стаціонарному застосуванні з урахуванням сучасної перетворювальної техніки.

Розраховуючи потужність імпульсу для типового спалаху можна вийти на значення близько 3кВт, що дає дані для проектування світлодіодного спалаху та порівняння показників. Якщо брати типові світлодіоди, то для

отримання світлового потоку рівної потужності потрібно приблизно 300 штук. Цей факт значно ускладнює реалізацію спалаху, тому що потрібна послідовно-паралельна з'єднання світлодіодів, а це радикально знижує надійність всього спалаху в цілому.

Але найбільш суттєвим є деградація світлодіодів, яка впливає на точність кольору. Причиною такої деградації стають:

- неякісне складання;
- блок живлення/драйвер, який не відповідає параметрам світлодіодів;
- перегрів світлодіодів.

Всі ці фактори не можуть не позначитися при подальшій експлуатації світлодіодів у складі пристроїв на їх основі при коливаннях температури навколишнього середовища та змін умов живлення, при динамічних навантаженнях.

Крім того, перегрів світлодіода істотно скорочує ресурс роботи. При ігноруванні питань пов'язаних із застосуванням активного або пасивного охолодження застосування світлодіодів у фотоспалаху не раціонально і призводить до збільшення габаритів самої конструкції в порівнянні з лампами. Єдиною гарантією від перегріву напівпровідникового випромінювача є заходи щодо обмеження зростання температури.

Всі перелічені фактори не дають змогу рекомендувати використовувати на момент проведення дослідження світлодіоди у якості фотоспалаху. Враховуючи такі патентовані розробки, як віддалений люмінофор, в перспективі можна зменшити недоліки світлодіодів в порівнянні з лампами, але поки що не виключити їх повністю.

Економічні розрахунки на момент проведення дослідження не підтвердили доцільність розробки фотоспалаху з використанням сучасних світлодіодів для використання її в умовах серійного виробництва. Причинами є значна вартість спеціалізованого програмного забезпечення, аналогів якого на ринку України не має.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Матіяш В. Б. Алгоритми та засіб дослідження світлодіодних джерел. Тернопіль. 2017. 79с..
- 2 Внешняя вспышка. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://prophotos.ru/lessons/17645-vneshnyaya-vspyshka-znakomstvo>
- 3 Основы работы со вспышкой. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://dphotoworld.net/school/sovershenstvuemsja_i_razvivaemsja/sovershenstvuem_znanija_urok_5_osnovy_raboty_so_vspyshkoj/3-1-0-17
- 4 Сайт компании Cree. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.cree.com.
- 5 Сайт компанії Lumileds. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.philipslumileds.com
- 6 Сайт Avago Technologies. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.avagotech.com
- 7 Сайт OSRAM Opto Semiconductors. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.osram-os.com/osram_os/EN/.
- 8 Мощные светодиоды. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.compel.ru/lib/55045>
- 9 Схема мощной фотовспышки. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://elwo.ru/publ/skhemy_avtomatiki/moshhnaja_fotovspyshka_so_svetosinkhronizatorom/28-1-0-64
- 10 Схемы и принцип работы фотовспышек. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.takefoto.ru/articles/svoimi_rukami/579_shemy_i_printsip_raboty_fotovspyishek
- 11 Практический опыт применения микросхемы Supertex HV9910. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://kit-e.ru/assets/files/pdf/2009_12_78.pdf

- 12 Время импульса. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://photo-and-travels.ru/kak-snimat-novogodnii-portret-so-vspyshkoi-na-fone-elki/>
- 13 Ray set Measurement ST75LAPA Package . [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.seoulsemicon.com
- 14 Светодиодный источник света. Свідотство про винахід RU2569312C2.
- 15 Деградация светодиодов по цвету. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://isvetodiod.ru/degradatsiya-svetodiodov-po-tsvetu/>
- 16 Абрамов В. С., Никифоров С. Г., Сушков В. П., Шишов А. В. Особенности конструирования мощных белых светодиодов // «Светодиоды и лазеры». 2003. № 1–2.
- 17 Почему многие светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kit-e.ru/led/pochemu-mnogie-svetodiody-ne-vsegda-rabotayut-tak-kak-hotyat-ih-proizvoditeli/>
- 18 Срок службы светодиодов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://isvetodiod.ru/srok-sluzhby-svetodiodnyh-lamp/>
- 19 Драйверы RCD для мощных светодиодов. С. Робертс. Полупроводниковая светотехника №5. 2010. с.36-40.
- 20 Попова В.Д. Методичні вказівки до виконання економічної й організаційної частини дипломної роботи – Запоріжжя, 2005,-36с.
- 21 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
- 22 Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец (утв. 20 марта 1972 г. N 952-72).
- 23 СНиП II -4 79. Естественное и искусственное освещение.
- 24 СНиП 2.04.05-92. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

- 25 Сахарно Р. В., Степанов А. Г., Слонченко А. В. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник. – К.: Техника, 1985. – 288 с.
- 26 НАПБ Б.03.002-2007 Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 27 СНИП 11-4-79. Естественное и искусственное освещение.
- 28 СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д1	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Постановка питання			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д2	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Приклади принципових схем фотоспалахів на лампах			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д3	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Приклади принципових схем живлення світлодіодів			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д4	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Дослідження спектру різних джерел світла			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д5	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Дослідження деградації та моделювання часу роботи світлодіодів			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д6	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Потужність імпульсу та навіш тип світільника			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д7	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Економічні показники			
A1			ЕС М.420-20.00.00.00.00.Д8	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах Охорона праці			
			ЕС М.420-20.00.00.00.00				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Войтова		<i>Войтова</i>	16.12.21			1
Проб.	Шмалю		<i>Шмалю</i>	16.12.21	Дослідження сучасних світлодіодів для використання у фотоспалахах		
Н.контр.	Турлишев		<i>Турлишев</i>	16.12.21	ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ 8.1710		
Чтв.	Крицька		<i>Крицька</i>	16.12.21	Формат А4		

Копіював