

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка до дипломної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Оптимізація систем освітлення автомобіля з урахуванням
ергономічних аспектів використання світлодіодів в автомобільній
промисловості»

ХАІ.107.163Т.213.274.1601049.ПЗ

Виконав: здобувач (ка) б курсу групи № 163Т

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне

господарство

(найменування)

Чечель К. В.

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Нечипорук М. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Ц. В.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2021

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить 80 сторінок, 34 рисунки, 8 таблиць, 18 джерел.

Мета роботи – розв’язання актуальної науково-технічної задачі конвертування світлового електрообладнання легкового автомобіля за допомогою світлодіодів.

Метод дослідження – теоретичний, графічний і аналітичний методи дослідження модернізації автомобіля.

У першій частині роботи було проведено аналіз освітлення легкових автомобілів.

У другій частині даного проекту була розроблена технічна пропозиція щодо модернізації системи освітлення з урахуванням аспектів на подальшу економію ресурсів.

У третьому розділі розглянуто ергономіку та надійність системи освітлення автомобіля.

У четвертій частині розглянуто екологічну сторону використання світлодіодів в автомобільній промисловості.

У п’ятому розділі розраховані економічні показники модернізації, загальні витрати на модернізації системи освітлення.

АВТОМОБІЛЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ОСВІТЛЕННЯ, СВІТЛОДІОД, СХЕМА, ЕРГОНОМІКА, ЕКОЛОГІЯ, УТИЛІЗАЦІЯ, БЕЗПЕКА, ЕКОНОМІКА, ДОЦІЛЬНІСТЬ, ВИСНОВОК.

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 80 страниц, 34 рисунка, 8 таблиц, 18 источников.

Цель работы – решение актуальной научно-технической задачи конвертирования светового электрооборудования легкового автомобиля с помощью светодиодов.

Метод исследования – теоретический, графический и аналитический метод исследования модернизации автомобиля.

В первой части работы был проведен анализ освещения легковых автомобилей.

Во второй части данного проекта было разработано техническое предложение по модернизации системы освещения с учетом аспектов дальнейшей экономии ресурсов.

В третьей главе рассмотрена эргономика и надежность системы освещения автомобиля.

В четвертой части рассмотрена экологическая сторона использования светодиодов в автомобильной промышленности.

В пятом разделе рассчитаны экономические показатели модернизации, общие расходы по модернизации системы освещения.

АВТОМОБИЛЬ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, ОСВЕЩЕНИЕ, СВЕТДИОД, СХЕМА, ЕРГНОМИКА, ЭКОЛОГИЯ, УТИЛИЗАЦИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОНОМИКА, ЦЕЛЬНОСТЬ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

ABSTRACT

The diploma project contains 80 pages, 34 figures, 8 tables, 18 sources.

The purpose of the work is to solve the current scientific and technical problem of converting the light electrical equipment of a car with the help of LEDs.

Research method - theoretical, graphical and analytical methods of research of car modernization.

In the first part of the work the analysis of lighting of cars was carried out.

In the second part of this project, a technical proposal was developed to modernize the lighting system, taking into account aspects of further resource savings.

The third section discusses the ergonomics and reliability of the car lighting system.

The fourth part considers the environmental side of the use of LEDs in the automotive industry.

The fifth section calculates the economic indicators of modernization, the total cost of modernization of the lighting system.

CAR, RESEARCH, MODERNIZATION, LIGHTING, LED, SCHEME, ERGONOMICS, ECOLOGY, UTILIZATION, SAFETY, ECONOMY, ECONOMY.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз системи освітлення легкового автомобіля	7
1.1 Характеристики елементів системи освітлення сучасних автомобілів з використанням світлодіодів.....	7
1.2 Дослідження та обґрунтування модернізації складових частин системи освітлення легкового автомобіля	13
2 Розробка технічних пропозицій модернізації системи освітлення легкового автомобіля ...	16
2.1 Освітлення салону	16
2.2 Освітлення панелі приладів	23
2.3 Генератори ШІМ–сигналу	29
2.4 Сигнали гальмування на основі мікросхеми МС34063.....	34
2.5 Модернізація покажчиків повороту.....	43
2.6 Денні ходові вогні на основі мікросхеми МВІ5026.....	46
3 Аналіз функціонування системи освітлення як об’єкту контролю та управління	49
3.1 Ергономіка системи освітлення.....	49
3.2 Надійність та безпечність світлодіодної системи освітлення	53
4 Екологічні аспекти використання світлодіодів в автомобільній промисловості.....	57
5 Визначення економічної ефективності модернізації освітлення автомобіля.....	64
5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації.....	64
5.2 Розрахунок вартості модернізації	65
5.3 Розрахунок експлуатаційних затрат.....	70
Висновки	78
Список використаних джерел інформації.....	79

ВСТУП

Метою даного дипломного проекту є модернізація системи освітлення автомобіля з використанням світлодіодів.

Початок 21 століття ознаменувався стрімким розвитком світлотехніки на основі напівпровідникових джерел світла. Які завдяки своїй економічності, світловій ефективності та рекордним ресурсним характеристикам, за минуле десятиліття значно потіснили традиційні джерела світла у всіх галузях внутрішнього та зовнішнього освітлення, створивши конкуренцію практично на всіх рівнях та нішах світлотехнічного ринку.

В даний час вже стає очевидним перспективне майбутнє світлодіодної техніки, через що численні підприємства малого та середнього бізнесу активно включаються в розробку та виробництво цього виду продукції. Внутрішній ринок наповнюється продукцією широкого асортименту для внутрішнього та зовнішнього освітлення.

І тут актуально оцінити рівень пропонованої світлотехніки, перспективи її розвитку та можливі проблеми, які можуть виникнути у процесі її експлуатації в автомобільній промисловості.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

1.1 Характеристики елементів системи освітлення сучасних автомобілів з використанням світлодіодів

Необхідно зазначити, що впродовж останніх п'ятнадцяти років сталося декілька революцій у світлотехніці автомобілів. Насамперед, створено газорозрядні лампи і почалося масове застосування їх у фарах головного світла замість ламп розжарювання. При включенні газорозрядної лампи випромінюється яскравий білий або блакитний колір. Потік світла утворює не розпечене вольфрамове волокно, а розряд дуги в циліндрі, заповненому ксеноном, від якого походить назва фари. Ксенонова лампа має масу переваг: вона довговічна, не боїться вібрації, а її випромінювання енергії світла в кілька разів більше, ніж лампи розжарювання. Крім того, спектр їх більше сприймається очима людини, забезпечує більш якісне світло та знижує втому водія при нічних поїздках та підвищує безпеку дороги.

Іншим проривом дизайні було створення світлодіодних джерел світла, для використання не тільки на різних ліхтарях автомобіля, але також на фарах. Виробники авто віддали перевагу ряду вдосконалених характеристик: висока швидкість роботи, малий габарит, менше енергоспоживання і більший термін експлуатації. Світлодіоди можуть бути об'єднані в групу і включені в необхідні комбінації, що дозволяє реалізувати найбільш химерну фантазію дизайнерів у вигляді світлодіодних приладів, та отримувати фари, що миттєво змінюють потужність світлодіодних пучків у широкому діапазоні за рахунок додавання їх потрібного числа. В даний час світлодіоди потужністю світла можна порівняти з лампами ксенону які істотно перевершують джерела галогенного світла. Велика роль поліпшення безпеки в нічному режимі відіграла розробка адаптивної поворотної фари головного світла. Вони змінюють напрямок потоку світла, щоб поліпшити видимість у криволінійній траєкторії руху та здатні висвітлити узбіччя під час руху містом.

Цей вид фар не може бути абсолютно новинкою: вони існували ще в двадцятому столітті на автомобілі Citroen DS–21, який випускався з 1967 року по 1975 рік . Сучасна система стала електронною, і зараз вона враховує не лише кути поворотів керма, а й вносить зміни у швидкість автомобіля. Наприклад, для системи AFL (Adaptive Front Lighting) – технології керуючого переднього світла компанії «Опель», електронний блок, спираючись на показання датчиків руху керма та швидкість руху, керує однією з ксенонових опцій лівою чи правою. Регулювання напряму потоку світла відбувається лише за включенні далекого світла. Коли водій маневрує на малій швидкості до 50 км/год, після включення вказівки повороту спалахує світлодіодна лампа, яка освітлює ділянку осторонь дороги приблизно на 30 метрів. Дальнє та ближнє світло формується в одній оптичній частині, використовуючи рухливу шторку, що змінює конфігурацію потоку світла. Все це підвищує видимість траси на повороті і дозволяє раніше розглянути можливу перешкоду, що знаходиться в зоні неосвітленості [1].

Якщо раніше світлодіоди були використані тільки в задньому ліхтарі та передніх фарах денного світла, то зараз вони застосовуються і в ближньому та дальньому світлі. Однак для цього нового покоління яскравих світлодіодів необхідно використовувати спеціальні блоки контролю. Інженери створили таку систему керування, яка дозволяє управляти фарами гнучко і дає можливість мати багато режимів роботи, підлаштовуючи світловий промінь до різних умов руху - на сільських дорогах, на поворотах і на перехресті. Причому частки секунд йдуть у зміну режиму. Для ефективного керування електронним блоком управління світлодіодних фар використовується інформація з інших систем електронного керування автомобіля. Наприклад, коли інформація надходить від датчика дощу, кут світла змінюється, а світлодіодні датчики допомагають змінити яскравість світла. Новий електронний блок управління цікавий тим, що він невеликий, крім того, не інтегрований в блок-фару, а спирається на зовнішню стінку. Тому, якщо фара пошкоджена, блок не змінюватиметься, потрібно лише переставити її в нову. Це значно здешевлює ремонт у разі ДТП [2].

Автомобілі «Фольксваген Гольф», які продаються на європейських ринках, пропонують нові світлодіодні фари та світлодіодні секції. У кожній блок-фарі є біксенонова пушка і 15 світлодіодів денного світла. На даний момент у лінійці концерну «Фольксваген» вже існує аналогічна оптика, у тому числі купе Eos, кросовер «Туарег», сімейство «Пассат» та компакт-вен «Тоурант». Новий варіант оптики для «Фольксваген Гольф», в доступі як опція [3].

Компанія «Ауді» представила великий купе класу «Гранд Турізмо» названий «Нуволярі Куатро». Дизайнери у вигляді останнього втілили в життя ідею дводверного купе з традиційними пропорціями класу ГТ-машин. Використовуючи світлодіодні технології «ЛЕД» (англ. Light Emitting Diode), підвищують інтенсивність світла, також на порядок прискорюють включення стоп сигналів. У конструкції заднього ліхтаря та головного освітлення у «Нуволярі Куатро» застосували технологію лед. У салоні та панелі приладів також застосовуються світлодіоди [4].

Виробники конструкції світлооптики «Опель Антара ГТС» повністю виключили лампи розжарювання. На зміну прийшли передові світлодіодні технології компанії «Оскар Опто», що застосовуються не лише на задньому ліхтарі, всіх світлодіодних елементах салону, а й фарах головного світла.

У «Опель Антара ГТС» майже не відрізняється дизайном та конструкцією передніх та задніх оптик. У передній частині найбільш помітна світлодіодна "зіниця" яка нагадує вигляд бджолиних сот. До складу цього елемента входять 19 світлодіодів компанії «Голден Драгон», 12 з них формують промінь далекого світла, 7 - ближнього. Функція поворотного покажчика виконується чотирма діодами, що встановлені в одному ряді.

Задню оптику також сформували 19 світлодіодів «Голден Драгон», сім з яких є жовтого кольору, тобто. індикатор повороту, а дванадцять з них мають світло білого кольору, що освітлює простір за машиною при включенні заднього ходу. Габаритні підсвічування і стоп сигнали забезпечуються червоними діодами, встановленими в три ряди. Дев'ять із них направляють промені назад і три направлені на поле самого ліхтарика, щоб підсвітити його.

Всі діоди червоного кольору працюють у двох режимах: слабе світло - висвітлення габаритних вогнів, яскраве світлове висвітлення стоп сигналу.

Для освітлення салону автомобіля використовують світлодіоди «Озрам» інших категорій – «Сайд ЛЕД», «Міні Топ ЛЕД» та «Топ ЛЕД». Завдяки рівномірному розсіюванню світла всі кнопки та прилади отримують приємне для очей світіння.



Рисунок 1.1- Фара автомобіля «Ауді Р8»

габаритних вогнів, оснащений світлодіодами повороту та вогнями ближнього і дальнього світла. Загальний обсяг світлодіодів нового блоку складає 54 (рис. 1.1). Вперше в 2003 році «Ауді» застосувала таку основну оптику «Нуволарі Куатро». Втім, для його встановлення в серійні автомобілі був потрібний дозвіл Європейської комісії, отриманий лише через п'ять років. Світлодіодні лампи займають у фарах менше площі, ніж галогенні або газорозрядні лампи. Термін служби довший, споживає у десять разів менше енергії, колірна температура оптимально наближається до освітлення вдень, що підвищує видимість у темряві.

На автосалоні у Франкфурті кілька років тому було представлено концепт-купе моделі «Р-Купе» (англ. R-Coupe). Продовження теми, запропонована дизайнерами, стало показано восени цього року на моделі «Р-Д6» (англ. R-D6).

Для використання світлодіодів «Голден Драгон» використовується струм 500 мА і працює при напрузі від 3.2 В до 3.8 В. У зв'язку з цим сумарна електроенергія, що споживається в машині, помітно зменшується [5].

Світлотехніка доступна як опція, і вартість складає ціна в Європі – 3590 EUR. Для цієї суми автомобіль, крім

Дизайн передньої частини виконаний в традиційному для машин цієї марки стилі ретро, з використанням чотирьохфарної комбінації і характерної форми решітки радіатора. У конструкції, як передніх, так і задніх ліхтарів застосовані світлодіоди [6].

Незвичайне дзеркало заднього виду виробляється компанією «КВ Мутх Компані», яка займається створенням додаткових запчастин для авто на американському ринку. У них встановлені додаткові поворотні ліхтарі, які встановлені всередині під склом. Ці поворотники мають світлодіодні джерела світла, встановлені у вигляді стрілок на платі корпусу дзеркал. На склі нанесений спеціальний напилок, який пропускає світло, що випромінюється діодами. При роботі цієї системи в режимах повороту дзеркало спалахує червоним або помаранчевим світлом з відображенням стрілки на ньому

При включенні аварійного сигналу вони мерехтять обидві сторони дзеркала. І нещодавно компанія «КВ Мутх Компані» модернізувала цю систему, тобто ліхтарі за дзеркалом тепер працюють як додаткові сигнали стоп тобто на обох, дзеркалах світяться ті самі не мигаючі стрілки. Якщо одночасно з гальмуванням включаються покажчики поворотів, то відповідне дзеркало почне мерехтіти.

Таке незвичайне розташування поворотних ліхтариків і сигналів стоп у щільному міському потоці робить передбачуваною поведінку водіїв, що їдуть попереду. Інформація із дзеркала, що виступає за габаритами машини, легко розуміється водіями автомобілів, які прямують через одну-два автомобілі ззаду. Особливо це стосується тих випадків, коли передніх машин ліхтарі закривають фургон або вантажівки, що їдуть прямо перед тобою. Додатковий поворотник дуже корисний під час обгону. Дзеркальні стопи при різкому повороті автомобіля, що рухається попереду, дозволяють контролювати його габарити вночі, що необхідно для об'їзду або обгону. Встановлюватися такі багатофункціональні дзеркала можуть як на легкових автомобілях, так і на вантажівках і мотоциклах [7].

Австрійська фірма «ЗКВ» створила світлодіодний блок-фару «АФЛ» (англ. Adaptive Front Lighting), який відрізняється високою стійкістю, малою масою, зниженням енергоспоживання та майже не потребує ремонту. Ця фара працює без водія, тобто її електронна система управління сама визначає коли включати і які світла, залежно від погодного та дорожнього клімату. Загальновідома дія адаптивних фар – освітлення поворотів криволінійного типу на трасі, поворотах в місті, світло на магістралях, міському світлі тощо. - забезпечує оптимальне освітлення дороги, незважаючи на ймовірність засліплення зустрічних водіїв. У порівнянні з лампами розжарювання, газорозрядними, світлодіоди мають нижчу яскравість, тому новий модуль має інший механізм передачі світла. Його особливістю є введення кількох модулів світлодіодів, які індивідуально реалізують вказані вище режими світла.

Автомобіль «Ауді А6» має повністю світлодіодну фару, яка не тільки виглядає ефектно, але також значно економічна, ніж звичайні. Але ця функція доступна лише в якості опції для моделі [8].

В моделі «Ауді К'ю7» порівняно з попередньою, автомобіль отримав нові бампери, радіаторні решітку, але основними змінами стала оптика. Оновлена модель має інші задні світлодіодні фари, а передні світлодіодні елементи підключені лише у режимі денного світла. Нова модель оснащена інноваційною системою рекуперації, яка економить паливо, а також знижує навантаження генератора [9].

В автомобілі «Ауді А8» стиль заднього виду запозичино у молодших моделей. У ліхтарі встановлено 72 світлодіоди [10].

Світлодіодне габаритне світло вперше було використане на серійній машині Honda CR-Z [11].

Авто «Ягуар ІксФ» виділяється освітленням інтер'єру у незвичайному бірюзовому кольорі. При цьому висвітлюються не лише прилади, а й кнопки блоків, розташовані на центральному консолі та тунелі. А ще світло розсіяне струмує прямо з дверей, осяючи кнопки контролю дзеркал і скла. Тим не менш, таке ж рішення ми зустрічаємо в салоні «Мерседес-Бенц Є-клас».

Тут тільки підсвічування звичніше - жовта і помаранчева, смуга світлодіодних ламп загоряється по периметру салону автомобіля. Ця опція є додатковою до всіх комплектацій, крім дорогого «Ягуар Авангард». А щит приладів «Мерседес-Бенц» горить заспокійливим світлим тоном. На ньому є філіжанка кави: стандартна для нової системи – Attention Assist оглядає манеру їзди, а при необхідності, за її словами, пропонує перерватися на відпочинок.

1.2 Дослідження та обґрунтування модернізації складових частин системи освітлення легкового автомобіля

Розглянемо можливості модернізації системи за допомогою встановлення світлодіодного обладнання. В останні роки застосування світлодіодів все частіше схиляється до їх використання в обладнанні. Якщо раніше світлодіоди були використані переважно на індикації приладів, то тепер їх вже успішно використовують, наприклад, на автомобілях, в яких успішно пройшли введення світлодіодів у габаритний ліхтар та гальмівні сигнали. Прогрес у галузі розробки світлодіодів дозволив світлодіодам увійти у сферу світлотехніки і, безумовно, потужні світлодіоди незабаром витіснять застарілі системи освітлення [14].

Потужне світлодіодне джерело світла, за параметрами світлового потоку, світлової віддачі, індекс кольорової передачі, вже перевищує традиційне світлодіодне джерело світла. Серед своїх переваг у порівнянні з лампами - спрямоване випромінювання, тривалість роботи при номінальній роботі понад 50 000 годин. У світлодіодах не міститься ртуть, як і в більшості ламп люмінесцентного та розрядних ламп, що суттєво полегшує утилізацію. Крім того, час для досягнення максимальної величини світла після включення становить наносекунди і максимальна віддача світла досягається в межах холодної гами. [15].

Застосування світлодіодних ламп у системі автоосвітлення дозволить скоротити всі витрати на обслуговування та витрати на електроенергію, але високі первісні ціни перевищують майже всі суми, які були зекономлені.

Отже, слід розглянути головні фактори та суттєві плюси світлодіодних ламп. По-перше, економія електрики при заміні ламп розжарювання на світлодіоди до 80 % економії, а люмінесцентних ламп понад 40 %. Технологія виготовлення світлодіодів дуже швидко розвивається і за прогнозами, скоро світлова потужність білих світлодіодів стане найвищою серед усього штучного світла планети. [12].

Ефективний драйвер і втрата корпусу не так сильно впливають на характеристику приладу, як наприклад, світлова віддача джерела світла. Таким чином, можна вважати, що оптична характеристика та потужність світлодіодного освітлення в основному залежить від характеристик світлодіодів [14].

Відсутність сервісу призводить до зниження витрат на експлуатацію світильників. Потужні світлодіоди, що використовуються для освітлення автомобіля, не перегорають, як і звичайні лампи. Довгий час вони продовжують випромінювати світло із невеликим зниженням потоку світла. Зниження потоку світла потужного світлодіода залежить від кількох факторів, один з яких – температура, чим вища світлодіодна температура, тим менший її час життя – період часу, за який світловий потік світлодіода досягатиме 70 % первісних значень [13].

У порівнянні з іншими напівпровідниковими виробами, де основний вплив на попит надають об'єктивні характеристики, для світлодіодів це носить більш суб'єктивний характер. Наприклад, поняття «якість світла» означає цілу серію факторів, у тому числі кольору, однорідності розподілу його, рівномірності розподілу їх інтенсивностей, якості передачі кольорів та ін. мають досить високий колірний індекс, малими розмірами і витрачають набагато менше електрики, ніж звичайні світильники. Тому при розробці світлодіодних систем можна застосовувати всі ці можливості, щоб створити освітлювальні системи різних кольорних температур, різного розміру, споживану потужність та світловий потік, що неможливо було при використанні джерел минулого покоління [8].

Достатньо гарним прикладом для подібної модернізації є автомобіль ВАЗ–2115. Це досить сучасний вітчизняний автомобіль, але для зовнішнього і внутрішнього світла на ньому встановлюються звичайні лампи з ниткою накаливання. Цей автомобіль був створений на основі моделі ВАЗ–21099. На ньому нова встановлена передня світлотехніка, форма капота, передні крила, передній та задній бампери, спойлер антикрило для кришки багажника, що покращили зовнішній вигляд машини та аеродинаміку. Пластикові деталі внутрішнього відділення захищають кузовні панелі від пошкодження та іржі. Додаткові сигнали гальмування вбудовані в спойлер та нова задня світлотехніка ВАЗ–2115 покращують безпеку під час руху. Зміна форми кришки багажу та задніх панелей ВАЗ–2115 дозволила знизити висоту. ВАЗ–2115 – чотиридверна п'ятимісна легкова машина з кузовом седан. Кузов автомобіля є несучою конструкцією, цілісною, звареною конструкцією. Автомобіль має переднє поперечне розташування двигуна, п'ятиступінчасту коробку і привід на передніх колесах. ВАЗ–2115 має чотирициліндровий, рядний, чотиритактний, бензиновий двигун робочого об'єму 1,5 л з розподіленим упорскуванням та електронною системою управління.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1 Освітлення салону

Для того, щоб створити високоефективне освітлення салону, використовуємо мікросхему HV9910 – це високоефективний ШІМ-контролер світлодіодів. Забезпечує ефективну дію з високою яскравістю світлодіодів із джерелом напруги від 8 В до 450 В. Мікросхема дозволяє просту реалізацію стабільного джерела струму для живлення на світлодіоди. На рис. 2. 1 представлена внутрішня структура HV9910.

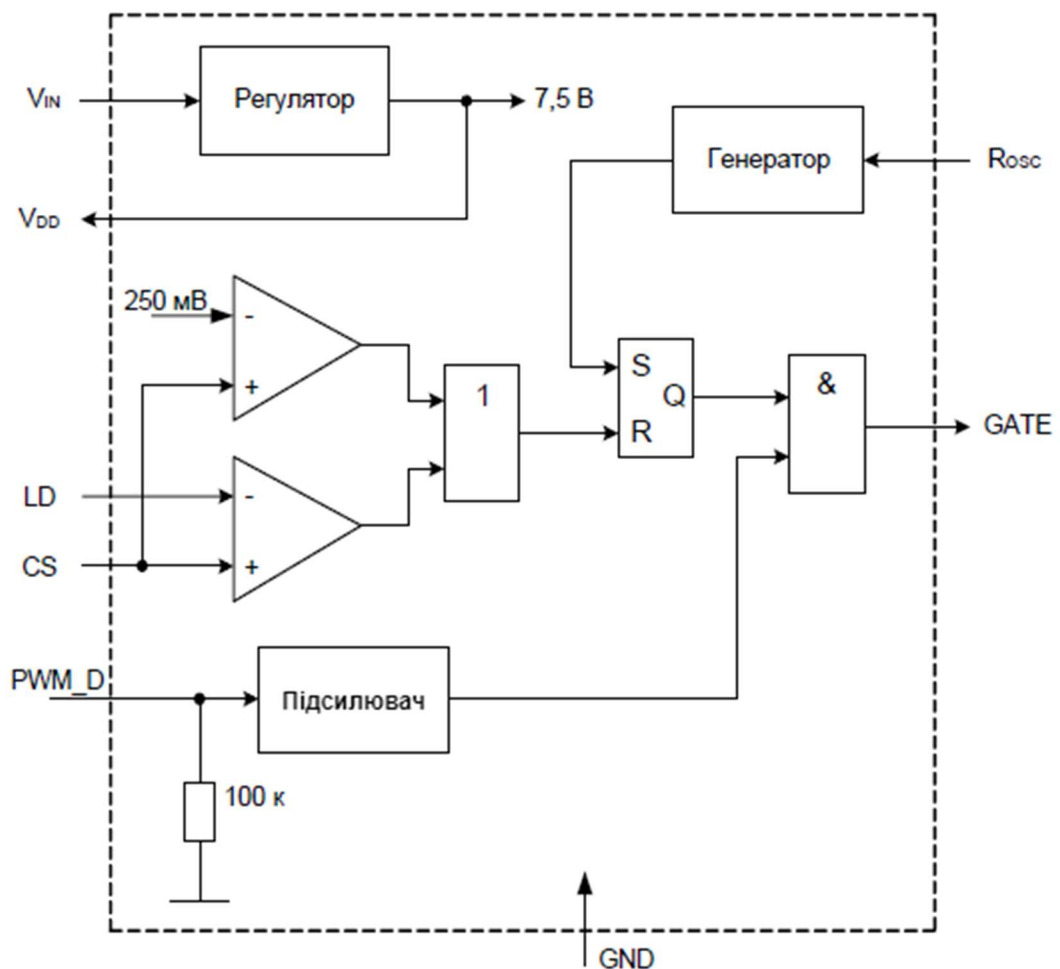


Рисунок 2.1 – Структурна схема мікросхеми HV9910

Позначення і призначення виводів мікросхеми зведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Призначення виводів мікросхеми

Вивід	Опис
VIN	Вхідна напруга 8В до 450В постійного струму.
CS	Встановлення максимального струму світлодіодної лінійки.
GND	Загальний.
GATE	Зовнішній силовий ключ.
PWM_D	Низькочастотний ШИМ для зменшення яскравості світлодіодів, а також вимкнення виходу. Внутрішні 100 кОм підключені до загального проводу.
VDD	Вихід напруги внутрішнього джерела живлення. Номінально 7,5 В. Може жити зовнішню схему струмом до 1 мА.
LD	Лінійна зміна яскравості світлодіодів.
Rosc	Вхід підстроювання внутрішнього генератора. Резистор, підключений між цим виводом і землею, встановлює робочу частоту мікросхеми.

Мікросхема дуже зручна наявністю власного вбудованого регулятора напруги, який дозволяє жити їй без застосування додаткової обмотки (від дроселя або трансформатора). Вона має вивід для програмування частоти перемикання і вивід для реалізації функції димінга (регулювання яскравості).

Мікросхема HV9910, головним чином, призначена для низькобюджетних світильників, де не потрібна висока стабільність вихідного струму, і використовується в приладах, де час життя світильника не так важливий [21].

Вона управляє зовнішнім польовим транзистором з фіксованою частотою перемикання до 300 кГц. Частота встановлюється за допомогою одного резистора. Світлодіоди працюють при постійному струмі, а не постійній нарузі, що забезпечує постійний світловий потік і підвищує надійність. Вихідний струм може бути запрограмований від кількох міліампер до більше ніж 1 А. Мікросхема HV9910 може витримати вхідну напругу до 450 В.

Вихідний струм на світлодіоди програмується на будь-яке значення між нулем і його максимальним значенням, встановлюючи зовнішню керуючу напругу на одному з входів HV9910. Таким чином вона забезпечує низькочастотний ШІМ за допомогою входу PWM_D, який може приймати зовнішній сигнал управління зі скважністю від 0% до 100 % і частотою до декількох кілогерц. Також мікросхема HV9910 може контролювати яскравість світлодіодів шляхом програмування безперервного вихідного струму драйвера світлодіодів, коли контролюється напруга на вході LD.

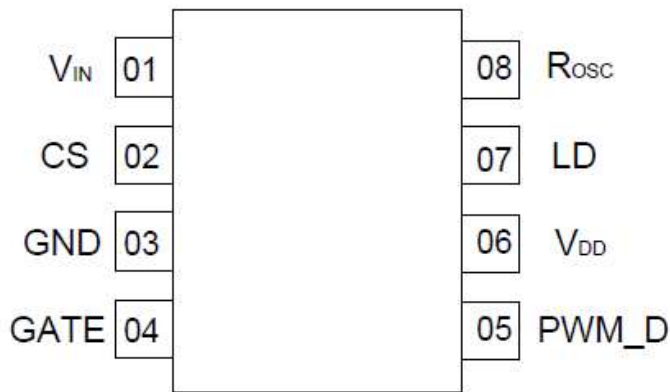


Рисунок 2.2 – Схема позначення виводів в корпусі SOIC мікросхеми HV9910

встановлення живлення низьковольтної зовнішньої схеми.

Коли сигнал посилюється на польовому транзисторі, драйвер отримує енергію з індуктора або первинного індуктивного трансформатора, і, виходячи з типу трансформатора, може безпосередньо передати енергію до світлодіодів. Енергію, запасену в магнітному полі, використовують для заряду світлодіодів при замкнутості польового транзистора. Для запуску знадобиться струм від 1 мА. У більшості програм даної мікросхеми може працювати безперервно завдяки своєму внутрішньому лінійному стабілізатору, що забезпечить регульованою напругою 7,5 В для будь-якої внутрішньої схеми.

Зміну яскравості світлового діода можна виконати двома способами. Світловий потік світлодіода може керуватися або лінійною зміною струму, або

Пропонується виробником у стандартному восьмививідному корпусі SOIC (представлений на рис. 2.2) і DIP. Також є доступ до корпусу SO-16 при вхідній напрузі, що перевищує 250В. У мікросхемі є внутрішній стабілізатор високовольтної лінійної напруги, які можуть бути використані для

вимкненням струму, а значення його зберігається в постійному режимі. Другий спосіб димірування, керує яскравістю світлодіодів, змінюючи скважність вихідного струму. Димірування можна реалізувати змінюючи керуючу напругу від 0 мВ до 250 мВ на виводі LD. Цей регулятор напруг перебиває граничну напругу 250 мВ на виводі CS а також на виході програмного струму. ШІМ димірування може бути реалізовано за допомогою зовнішнього сигналу ШІМ на вході PWM_D. ШІМ-сигнал може створюватися мікроконтроллером або імпульсним генератором зі скважністю пропорційно кількості бажаної світловіддачі. Цей сигнал включає і вимикає перетворювач, модулюючий струм світлодіода. У цьому режимі індикатор струму може бути в одному з двох станів: нуль чи номінальний струм, встановлений токозадавальним резистором. За допомогою методу ШІМ-контролю світловий потік можна регулювати в межах від нуля до 100 %. Унікальний дизайн HV9910 дозволяє використовувати її як при постійній частоті, так і при постійному часі вимикання в залежності від того, куди підключений резистор на виводі Rosc. Для нормальної роботи мікросхеми з постійною частотою, резистор на Rosc повинен бути підключений до загального проводу (рис. 2.3,а). Для роботи мікросхеми з постійним часом вимикання перетворювача, резистор підключається між Rosc і GATE (рис. 2.3,б).

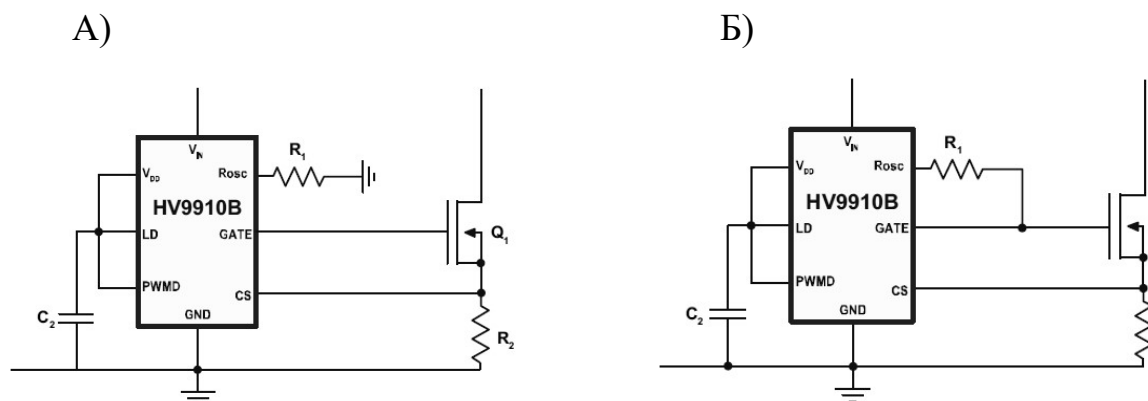


Рисунок 2.3 – Схема способу підключення резистора до виводу Rosc:

а – підключення резистора до загального проводу;

б – резистор підключається між Rosc і GATE

Частота переходу мікросхеми залежить від розміру індуктора, розміру чи виду вхідного конденсатора. Зміна частоти передачі призведе до меншої індуктивної залежності, але при цьому підвищуватиме втрати при передачі у світлодіодних лінійках. Чим більша напруга входу, тим менша частота повинна бути, щоб уникнути великих втрат ємнісних втрат в конвертері внутрішній генератор програмує робочу частоту від 25 кГц до 300 кГц за допомогою зовнішніх резисторів, підключених до виведення R_{OSC} . Для забезпечення частоти близько 60 кГц, було обрано резистор з опором 280 кОм. Частота переходу обчислюється за формулою:

$$F_{OSC} = \frac{25000}{R_{OSC} + 22}, \quad (2.1)$$

де R_{OSC} – резистор, опір якого становить 280 кОм.

Підставивши значення до формули, отримуємо:

$$F_{OSC} = \frac{25000}{280 + 22} = 82,78 \text{ кГц.}$$

Номінал котушки можна визначити залежно від величини бажаного пікового пульсу струму котушки. Зазвичай такі коливання струму вибирають рівні 30 % від номінального струму світлодіодів. Наступний крок – визначити загальне падіння напруги у світлодіодній лінії. Знаючи номінальну вхідну напругу, визначимо скважність включення силового ключа за формулою:

$$D = \frac{V_{LEDs}}{V_{in}}, \quad (2.2)$$

де V_{LEDs} – світлодіод з прямим падінням напруги, В;

V_{in} – номінальна вхідна напруга, В.

Підставивши значення до формули, отримуємо:

$$D = \frac{3}{13.8} = 0.217.$$

Потім, враховуючи частоту комутації F_{OSC} , знаходимо час включеного стану польового транзистора за формулою:

$$T_{ON} = \frac{D}{F_{OSC}}, \quad (2.3)$$

де D – скважність включення силового ключа;

F_{OSC} – робоча частота внутрішнього генератора, кГц.

$$T_{ON} = \frac{0.217}{82780} = 2.6 \text{ мкс.}$$

Необхідна величина індуктивності визначається за формулою:

$$L = \frac{(V_{in} - V_{LEDs}) \cdot T_{ON}}{0.3 \cdot I_{LED}}, \quad (2.4)$$

де V_{LEDs} – напруга світлодіода високої яскравості, В;

V_{in} – номінальна вхідна напруга, В;

T_{ON} – час включеного стану польового транзистора, мс;

I_{LED} – номінальний струм, мА.

Отримуємо:

$$L = \frac{(12 - 3) \cdot 2.6 \cdot 10^{-6}}{0.3 \cdot 0.8} = 97,5 \text{ мкГн.}$$

Пікова напруга польового транзистора має бути у півтора рази більше вхідної. Пікова напруга діода повинна бути такою ж, як і у польового транзистора. Значення резистора в істоці польового транзистора визначається за формулою, якщо використовується внутрішня порогова напруга. В іншому випадку, вона дорівнює 0,25 В та необхідно замінити на напругу на вході LD.

Створена схема управління світлодіодами на основі HV9910 представлена на рис. 2.4.

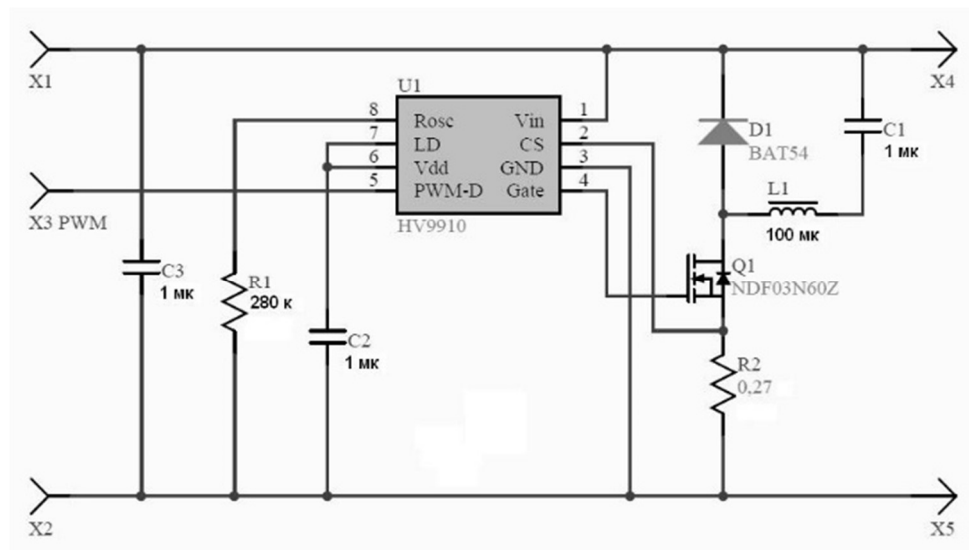


Рисунок 2.4 – Схема управління світлодіодами на основі HV9910

У схемі використовується польовий транзистор NDF03N60Z у якого напруга становить 600 В та струм 5 А. Діод Шоттки BAT54 має максимальну зворотню напругу 30 В і струм до 2 А.

Розробка друкованих плат здійснювалася у пакеті «Алтіум Дизайнер» (англ. Altium Designer). Це комплексна система автоматизованого проектування (САПР) радіоелектронних засобів розроблена австралійською компанією «Алтіум». Цей пакет дозволяє здійснювати проекти електронної продукції лише на рівні схематичної схеми, та був передавати інформацію до друкованих плат. Відмінною рисою програми є структурна структура проекту та сукупна цілісність процесу розробки на різних рівнях розробки. Тому зміни розробки на

платному рівні можна миттєво передати в схему і те саме повертати. Пріоритетний напрямок розробників цієї програми – інтеграція із системами ECAD, MCAD. На даний момент розробка друкованої плати може бути виконана у тривимірному вигляді з двостороннім переведенням інформації на механічні принтери.

Вид розробленої печатної плати представлений на рис. 2.5, а, а її 3D модель – на рис. 2.5,б.

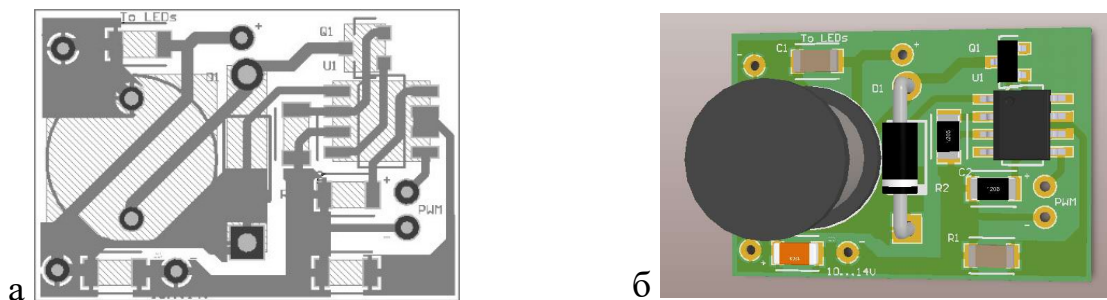


Рисунок 2.5 – Розроблений драйвер на основі HV9910:

а – печатна плата; б – 3D модель печатної плати

2.2 Освітлення панелі приладів

Розробимо схему для освітлення приладів на панелі перед водієм за допомогою мікросхеми NUD4001. Це лінійний драйвер компанії «ОН Семікондуктор» (англ. ON Semiconductor) котрий призначений для заміни рішень, виконаних на дискретних компонентах. Мікросхема NUD4001 використовується для низьковольтних напруг живлення до 30 В при вихідному струмі до 500 мА. Типова схема включення світлодіодного драйвера NUD4001 наведена на рис. 2.6. По суті, NUD4001 – це керований генератор (стабілізатор) струму, вихідний струм якого задається зовнішнім резистором.

Стабілізація струму забезпечується у всьому діапазоні робочих температур (від 40°C до 125°C) і в усьому діапазоні допустимих вхідних напруг. Основне призначення драйвера NUD4001 – генератор струму для автомобільних світлодіодних ламп (габаритні вогні, покажчики поворотів, стоп-сигнали, освітлення салону). Вхідні ланцюги живлення мікросхеми NUD4001 витримують кидки напруги до 60 В. Мікросхема світлодіодного драйвера NUD4001 може також використовуватися як джерело струму в недорогих зарядних пристроях для мобільних телефонів [8].

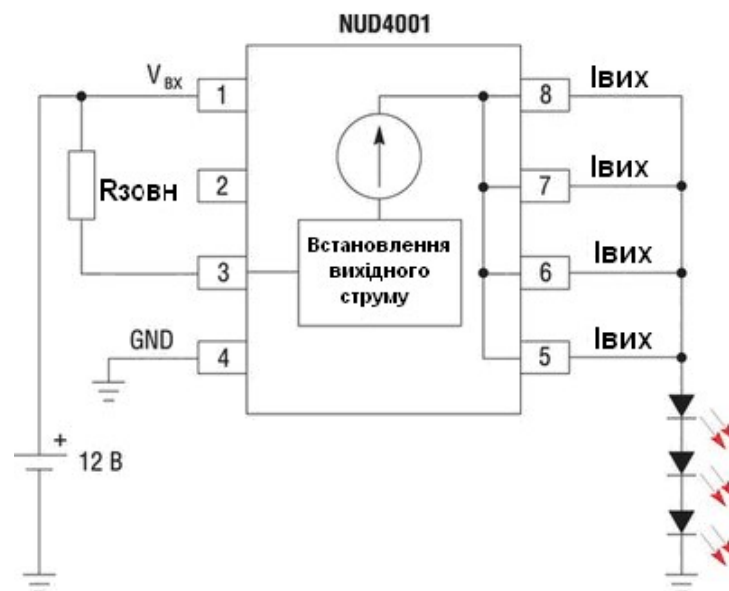


Рисунок 2.6 – Схема включення NUD4001 для живлення від 12 В

У лінії світлодіодів знаходиться включених послідовно 5 світлодіодів типу RL50–RD3YG139F1 компанії «Ексід персеверанс електронік індастрі» (англ. Exceed perseverance electronic industry). Кількість таких лінійок включених паралельно буде обмежуватись лише вихідним струмом мікросхеми. На рис. 2.6 розрахунок параметрів схеми відрізняється простотою і складається з ряду кроків, представлених нижче.

Оберемо струм через світлодіод, виходячи з документації виробника. Для такого світлодіода номінальний прямий струм буде 20 мА.

Розрахуємо резистор R_{30BH} при вибраній температурі переходу $T = 25^{\circ}\text{C}$, як найбільш ймовірної за формулою:

$$R_{30BH} = \frac{U_{\text{sense}}}{I_{\text{світлодіод}}}, \quad (2.5)$$

де $I_{\text{світлодіод}}$ – номінальний прямий струм для обраного світлодіода, мА.

$$R_{30BH} = \frac{0.7}{0.02} = 350 \text{ Ом}.$$

Значення U_{sense} визначається з графіка на рис. 2.7. Ця залежність і всі інші взяті з документації виробника.

Виберемо напругу живлення. Для бортової мережі автомобіля обираємо напругу в 13,8 В.

Визначимо падіння напруги на п'яти світлодіодах на основі параметрів, взятих з документації виробника. Падіння напруги на одному світлодіоді становить 2,1 В при струмі 20 мА.

Тоді падіння на п'яти світлодіодах становитиме $U_{\text{світлодіод}} = 10,5 \text{ В}$.

Розрахуємо падіння напруги U_{drop} на вихідному ключі драйвера NUD4001 за формулою:

$$U_{\text{drop}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{sense}} - U_{\text{світлодіод}}, \quad (2.6)$$

де $U_{\text{вх}}$ – напруга живлення, В;

$U_{\text{світлодіод}}$ – значення падіння напруги на світлодіодах, В.

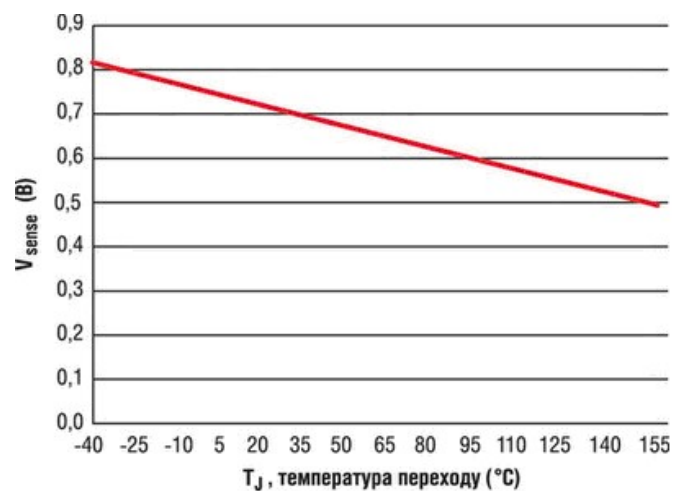


Рисунок 2.7 – Залежність напруги U_{sense} від температури переходу

Підставивши значення до формули, отримуємо:

$$U_{\text{drop}} = 13,8 - 0,7 - 10,5 = 2,6 \text{ В.}$$

Розрахуємо розсіювану потужність на мікросхемі драйвера NUD4001 за формулою :

$$P_{\text{driUer}} = U_{\text{drop}} \cdot I_{\text{вих}}, \quad (2.7)$$

де U_{drop} – величина падіння напруги на вихідному ключі драйвера, В;

$I_{\text{вих}}$ – номінальний прямий струм, мА.

$$P_{\text{driUer}} = 2,6 \cdot 0,02 = 0,052 \text{ Вт,}$$

Розрахуємо потужність управління, споживану самою мікросхемою при відсутності на неї навантаження. Цей параметр визначається за допомогою графіка на рис. 2.8.

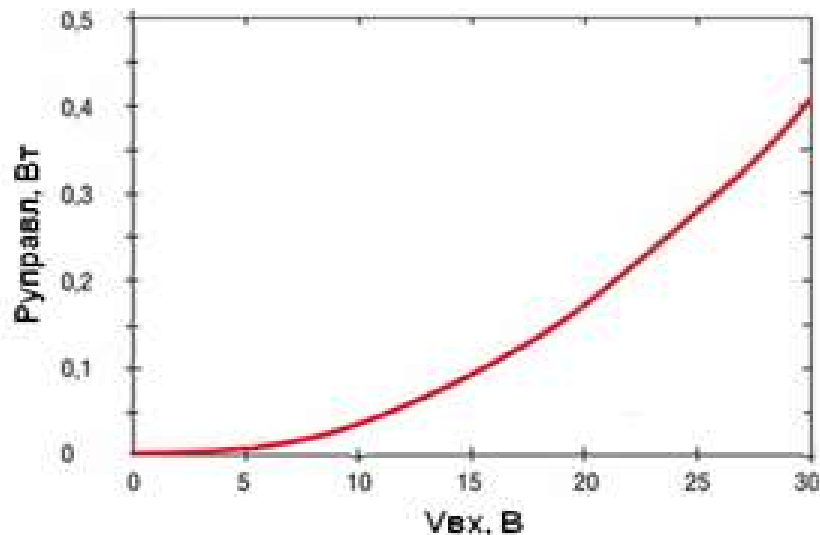


Рисунок 2.8 – Графік залежності потужності споживання від напруги живлення при відсутності навантаження

Для напруги живлення в розмірі 13,8 В, значення власної потужності споживання становить 0,055 Вт.

Розрахуємо повну потужність, розсіювану на мікросхемі за формулою:

$$P_{\text{повн}} = P_{\text{управл}} + P_{\text{driUer}}, \quad (2.8)$$

де P_{driUer} – розсіювана потужність на мікросхемі, Вт;

$P_{\text{управл}}$ – потужність управління, споживана самою мікросхемою при відсутності навантаження, Вт.

Отримуємо:

$$P_{\text{повн}} = 0,055 + 0,052 = 0,107 \text{ Вт},$$

Порівняємо розраховану повну потужність з максимально допустимою, наведеної на рис. 2.9.

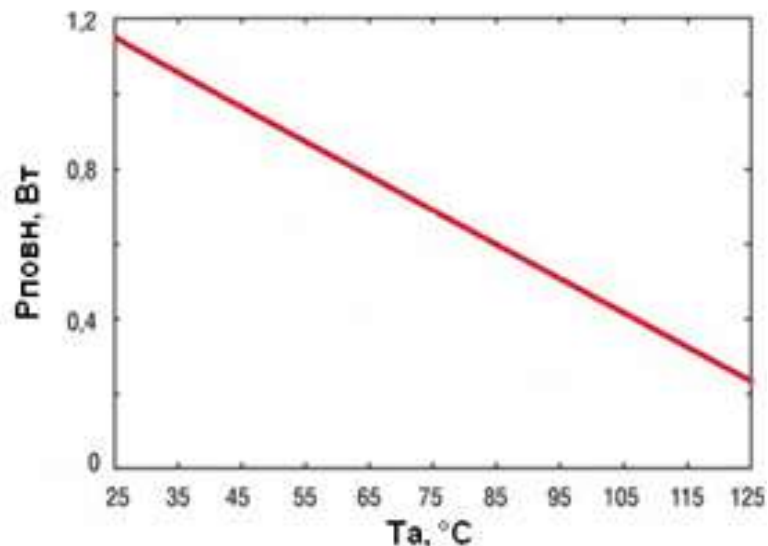


Рисунок 2.9 – Залежність допустимої повної потужності, що розсіюється NUD4001 від температури

Отримана в результаті розрахунку потужність 0,107 Вт, при 25 °C, не перевищує максимально допустиму. Якщо при певній температурі середовища розрахована розсіювана потужність перевищує допустиму, то необхідно зменшувати вихідний струм драйвера або включати мікросхеми паралельно. Зміна напруги живлення також дозволяє знизити падіння напруги на вихідному ключі світлодіодного драйвера NUD4001, зменшивши при цьому розсіювану потужність на мікросхемі.

Ефективне регулювання яркості світлодіодів можна здійснити за допомогою ШІМ-регулювання, комутуючи підключення виводу GND мікросхеми драйвера до загального проводу.

Орієнтовна схема з імпульсним регулюванням інтенсивності світіння світлодіодів наведена на рис. 2.10.

Гарним способом збільшення вихідного струму є паралельне включення драйверів NUD4001. Цей спосіб дозволяє знизити розсіювану потужність на кожній мікросхемі, що особливо актуально в автомобілях, де схема драйвера працює при підвищених температурах. Орієнтовна схема паралельного включення для живлення світлодіода струмом більше ніж 500 мА наведена на рис. 2.11.

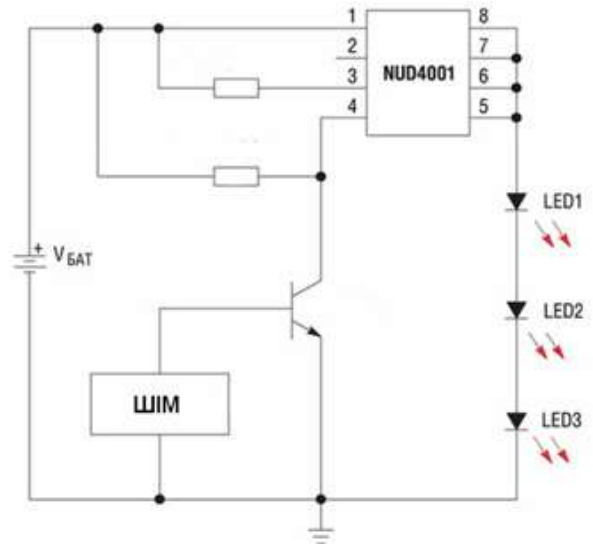


Рисунок 2.10 – Управління драйвером NUD4001 за допомогою ШІМ для регулювання яркості світлодіодів

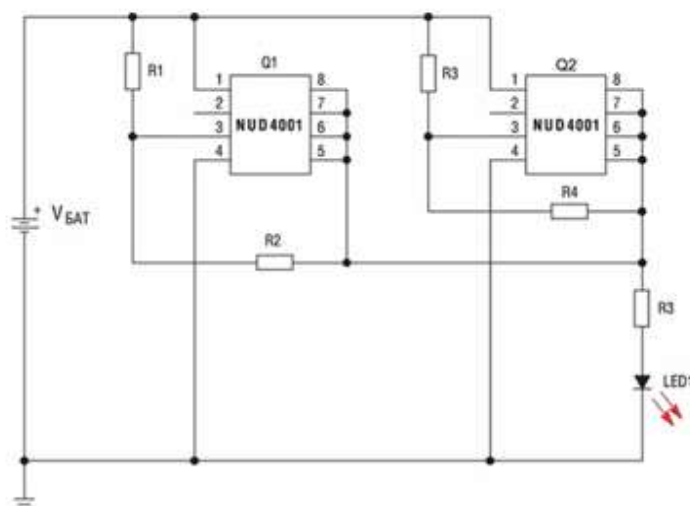


Рисунок 2.11 – Паралельне включення NUD4001 для отримання вихідного струму більше ніж 0,5 А

Вид розробленої печатної плати представлений на рис. 2.12, а, а її 3D модель – на рис. 2.12,б.

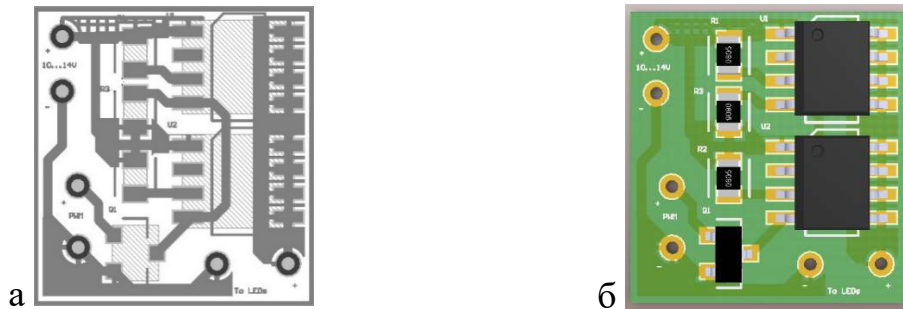


Рисунок 2.13 – Розроблений драйвер на основі NUD4001:

а – печатна плата; б – 3D модель печатної плати

2.3 Генератори ШІМ–сигналу

Генератор ШІМ–сигналу можна виконати декількома способами. Розглянемо їх детально далі. Перший спосіб – виконання генератора на таймері. Аналоговий таймер NE555 являє собою своєрідний генератор, де можна комбінацією резисторів і конденсатором задавати частоту, а також тривалість імпульсу і паузи. Схема ШІМ–генератора на основі цієї мікросхеми представлена на рис. 2.13.

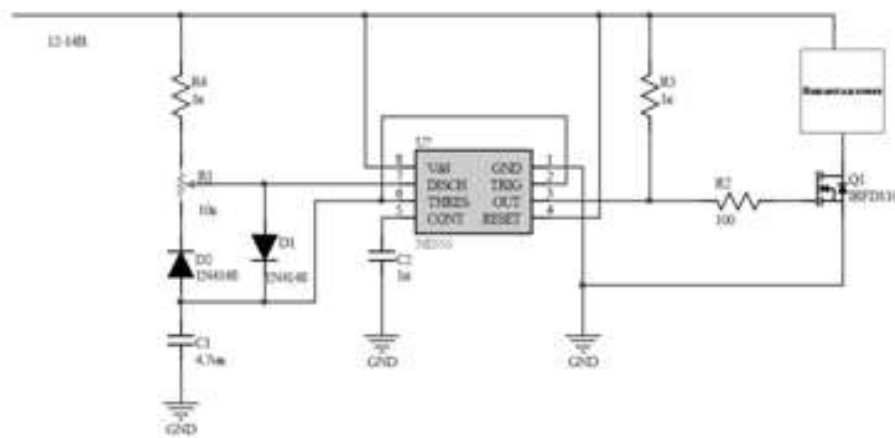


Рисунок 2.13 – Генератор ШІМ–сигналу на основі NE555

Таймер стежить за напругою на конденсаторі C1, яка подається на вивід THR (THRESHOLD – поріг). Як тільки вона досягне максимуму (конденсатор заряджений), відкривається внутрішній транзистор. Він, у свою чергу, замикає вивід DIS (DISCHARGE – розряд) на загальний провід. При цьому на виході OUT з'являється логічний нуль. Конденсатор починає розряджатися через DIS і коли напруга на ньому стане дорівнювати нулю (повний розряд) система переходить в протилежний стан – на виході логічна «1», транзистор закритий. Конденсатор починає знову заряджатися і все повторюється знову. Заряд конденсатора C1 йде шляхом R4 – R1 – D2, а розряд по шляху D1 – R1 – DIS.

Коли змінюється опір змінного резистора R1, то змінюються співвідношення опорів верхнього та нижнього плеча. Що, відповідно, змінює відношення довжини імпульсу до паузи. Частота задається в основному конденсатором C1 і ще трохи залежить від величини опору R1. Резистор R3 забезпечує підтяжку виходу до високого рівня оскільки мікросхема містить вихідний ключ з відкритим колектором [18].

Треба звернути увагу на те, що вихід DIS (DISCHARGE) через внутрішній ключ таймера підключений до загального проводу, тому не можна його садити безпосередньо до потенціометра, оскільки при закручуванні регулятора в крайнє положення цей вивід опиниться безпосередньо на Vcc. А коли транзистор відкриється, то відбудеться коротке замикання, і таймер вийде з ладу. Щоб цього не сталося додаємо ще один резистор на один кОм. На регулювання він не сильно вплине, а від перегорання захистить.

Генератор ШІМ–сигналу на операційних підсилювачах. Основною деталлю, на якій заснована вся схема, є мікросхема, що представляє з себе чотири операційних підсилювача в одному корпусі – LM324. Вона має велику кількість аналогів: LM124N, LM224N, 1401УД2А.

Основна ідея роботи схеми представлена на рис. 2.15. Прямокутні імпульси виходять шляхом порівняння пилоподібної напруги з постійним по амплітуді сигналом. Припустимо, що пила йде на негативний вихід компаратора, а постійна напруга на позитивний. Компаратор складає ці два сигнали, визначає

який з них більше, а потім виносить вердикт: якщо напруга на негативному вході більше ніж на позитивному, то на виході буде 0 В, а якщо позитивне напруга буде більше негативного, то на виході буде напруга живлення, тобто близько 12 В. Пила йде безперервно, вона не змінює свою форму з часом, такий сигнал називається опорним.

Постійна напруга може рухатися вгору або вниз, збільшуючись або зменшуючись в залежності від положення движка потенціометра. Чим сильніше збільшується напруга на движку, тим сильніше збільшується напруга на постійному вході і згідно з цим на виході компаратора імпульси стають ширшими. Це буде до тих пір, поки постійна напруга не перекриє пилу, що викличе появу постійної напруги на виході компаратора по амплітуді приблизно рівного напрузі живлення. Якщо ж напруга на виході потенціометра низька, то і напруга на постійному вході компаратора низька і вихідний сигнал піде нижче самого нижнього зубчика пили, що викличе припинення взагалі будь-яких імпульсів [8].

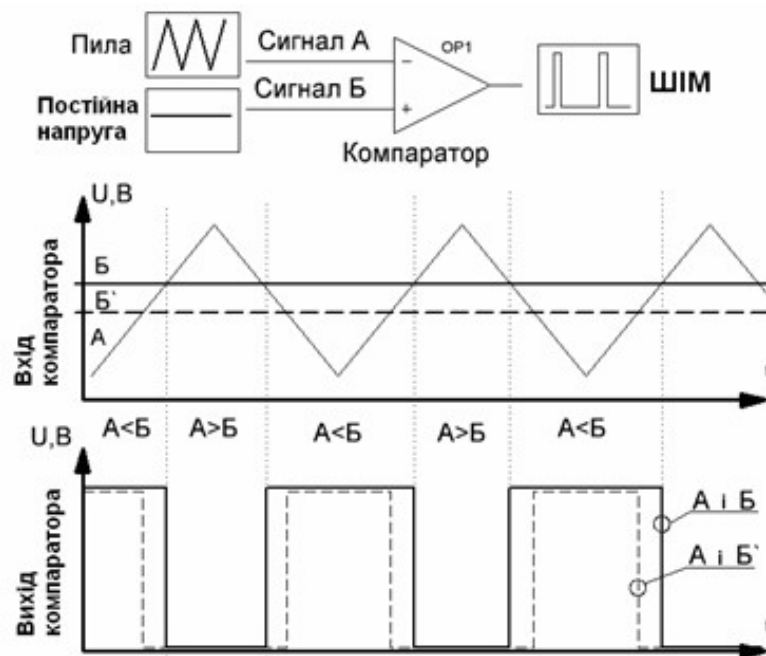


Рисунок 2.14 – Формування ШІМ-сигналу

Схема пристрою представлена на рис. 2.15.

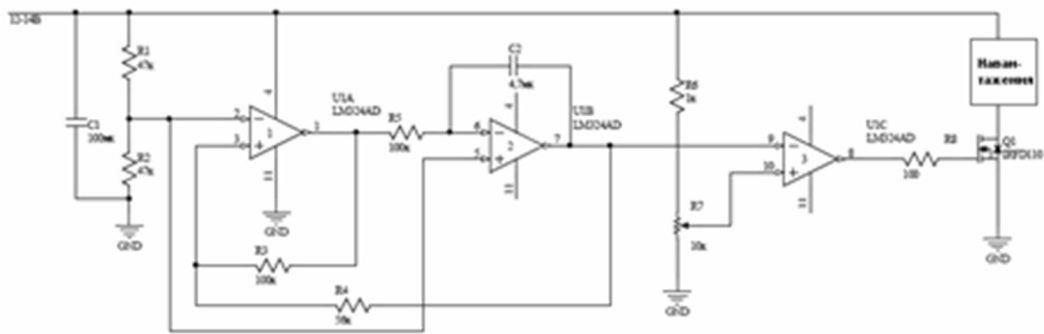


Рисунок 2.15 – Генератор ШІМ–сигналу на операційних підсилювачах

Генератор пилоподібного напруги складається з двох операційних підсилювачів. Перший за рахунок позитивного зворотного зв'язку виявляється в генераторному режимі, видаючи прямокутні імпульси, а другий служить інтегратором, перетворюючи ці прямокутники в пилоподібну форму.

Конденсатор у зворотній зв'язку другого операційного підсилювача визначає частоту імпульсів. Чим менше ємність конденсатора, тим вище частота і навпаки. Резистори R1 і R2 утворюють дільник напруги, щоб подати в генератор половину живлячої напруги. Резистор R5 на пару з конденсатором C2 визначають частоту, чим менше їх номінали тим більше частота. R3 і R4 це резистори позитивного зворотного зв'язку. Також вони впливають на висоту пили щодо нуля. Третій компаратор формує ШІМ–імпульси з пилки і постійної напруги.

Генератор ШІМ–сигналу на логічних елементах 2І–НІ. На рис. 2.16 представлена схема генератора пилоподібної напруги на елементах 2І–НЕ. Основу пристрою становить мікросхема CD4011 – чотири двохвходових логічних елемента І–НЕ в одному корпусі. На логічних елементах U1A і U1B зібраний генератор прямокутних імпульсів частотою 48 кГц, на U1C і U1D – одновібратор, скважність вихідного сигналу якого змінюється резистором R4.

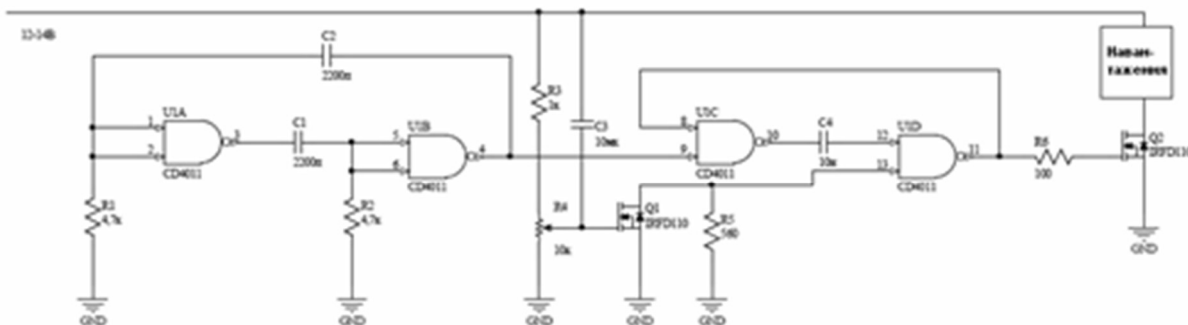


Рисунок 2.16 – Схема генератора ШІМ-сигналу на логічних елементах 2I–HE

Генератор ШІМ-сигналу на мікросхемі TL494. Мікросхема TL494 може працювати як в одноктактному режимі, так і в двотактному, працюючи на два навантаження поперемінно. TL494 працює в діапазоні живлення від 7 В до 41 В. Розглянемо генератор ШІМ-сигналу на основі TL494, яка працює в одноктактному режимі (рис. 2.17).

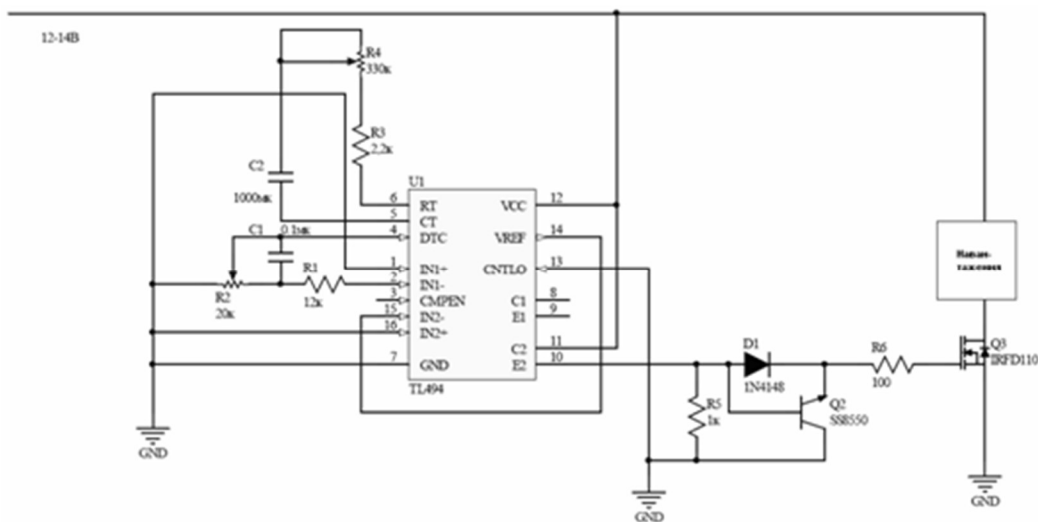


Рисунок 2.17 – Генератор ШІМ-сигналу на мікросхемі TL494

Одноктактна схема характеризується насамперед тим, що скважність сигналу можна змінювати від нуля до 100 % (канал завжди відкритий). Ланцюг, що задає скважність знаходиться на вході IN1 мікросхеми. Частотний діапазон

регулюється двома елементами: по–перше ланцюжком резисторів на вході RT мікросхеми, по друге ємністю конденсатора на вході CT.

Як ключ використовується польовий транзистор IRFD110. Для більш різкого заднього фронту встановлений транзистор SS8550. Роль цього транзистора різко садити потенціал затвора польового транзистора на загальний провід. Діод і резистор номіналом 1 кОм є обв'язкою цього додаткового транзистора.

2.4 Сигнали гальмування на основі мікросхеми MC34063

Розглянемо можливість створення світлодіодних сигналів гальмування на основі мікросхеми MC34063. MC34063 – це інтегральна мікросхема управління, що містить основні функції, необхідні для DC–DC конвертерів.

Вона складається з: внутрішнього джерела опорної напруги з температурною компенсацією, компаратора, генератора з керуванням від схеми обмеження по скважності струму, драйвера, потужного вихідного ключа.

Ця мікросхема була спеціально розроблена для роботи в понижувальних, підвищувальних і інвертуючих імпульсних джерелах напруги з мінімальним числом зовнішніх компонентів.

Її особливостями є:

- робота від 3 В до 40 В;
- низький струм холостого ходу;
- обмеження по струму;
- вихідний струм ключа до 1,5 А;
- регульована вихідна напруга;
- частотний діапазон до 100 кГц;
- точність внутрішнього джерела опорної напруги до 2 %.

MC34063 складається з джерела опорної напруги (температурно–компенсованого), компаратора, генератора з активним контуром обмеження

пікового струму, вентиля (елемент "I"), тригера і потужного вихідного ключа з драйвером (рис. 2.18). Генератор включає в себе схеми заряду і розряду зовнішнього часозадавального конденсатора C_t , які постійно заряджають і розряджають його до певних рівнів напруги: 0,75 В і 1,25 В. При цьому зарядний струм складає 35 мкА, а розрядний 200 мкА, тобто струм розряду приблизно в шість разів більше, ніж струм заряду, отже, заряд конденсатора відбувається приблизно в шість разів довше, ніж розряд, а тривалості цих процесів (і тривалість усього циклу заряд–розряд) залежить від ємності конденсатора [7].

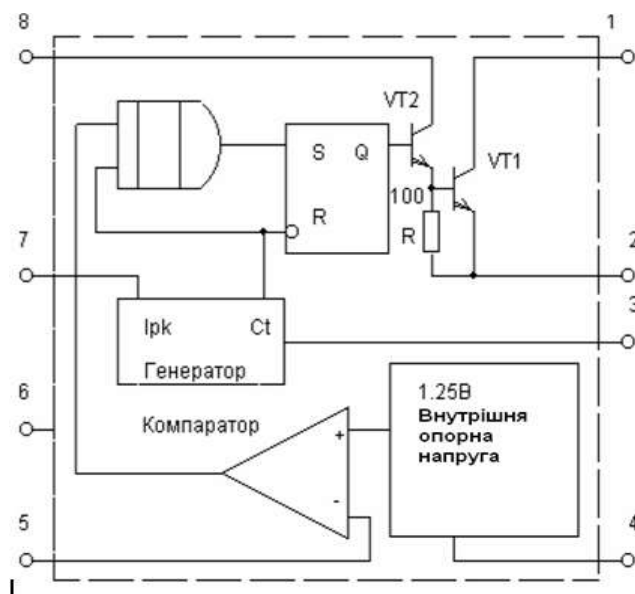


Рисунок 2.18 – Блок–схема
мікросхеми MC31

на вході В вентиля, так само буде логічна одиниця. Тоді логічна одиниця з'явиться і на виході вентиля і, отже, на встановлюючому вході тригера. Це викличе перемикання виходу тригера в стан «1», що в свою чергу викличе перемикання драйвера ключа і самого силового ключа в провідний (відкритий) стан.

Коли конденсатор C_t розряджається – на виході генератора, а отже і на вході А вентиля, представлений логічний нуль. На скидаючому вході тригера представлена логічна «1», що викликає скидання виходу тригера в нуль і закриття вентиля, тобто схема в цьому стані ігнорує сигнали, що надходять з

У той час, коли конденсатор C_t заряджається – на виході генератора, а отже і на вході вентиля, представлена логічна одиниця. На скидаючому вході тригера представлений логічний нуль, тобто тригер не знаходиться в стані скидання. Якщо в цей час напруга на інвертуючому вході компаратора менше опорної напруги (яка подається на неінвертуючий вхід компаратора), то на виході компаратора, а отже і

компаратора, а драйвер і вихідний ключ однозначно закриті. Тобто, вихід компаратора може встановити тригер тільки під час зарядки конденсатора C_T , ініціювавши повний або частковий цикл відкриття силового ключа. Скинути тригер і закрити ключ компаратор не може. Скидання тригера, незалежно від виходу компаратора, відбувається під час розряду конденсатора C_T .

Схема обмеження струму працює таким чином: в силовий ланцюг послідовно включається спеціальний резистор, який називається струмообмежуючим.

Падіння напруги на ньому відстежується входом мікросхеми I_{pk} . Як тільки це падіння напруги стає більше 330 мВ, схема забезпечує різке збільшення зарядного струму конденсатора C_T , різко скорочуючи, таким чином, час заряду і викликаючи якнайшвидший перехід до розряду і виключення вихідного ключа. На осцилограмі (рис. 2.19) спрацювання схеми обмеження струму можна спостерігати як збільшення нахилу графіка напруги на конденсаторі C_T . Крім того, робота регулятора в режимі перевантаження може привести до збільшення часу розряду, оскільки зарядка великим струмом може призводити до перезаряду конденсатора C_T вище верхнього порогу.



Рисунок 2.19 – Осцилограма роботи схеми обмеження струму

Типова схема понижуючого стабілізатора представлена на рис. 2.20.

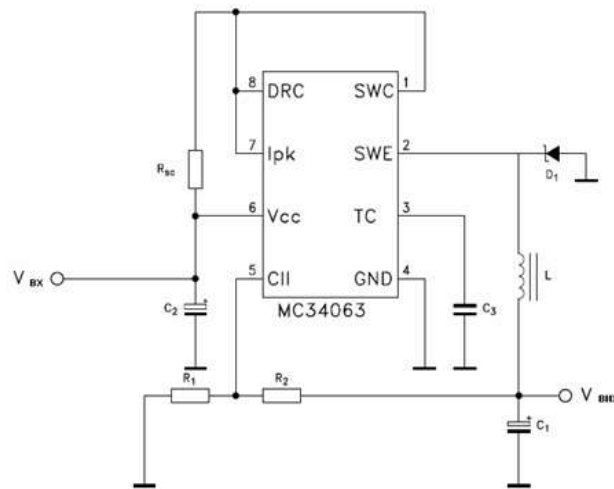


Рисунок 2.20 – Понижуючий стабілізатор на основі MC34063

Схема, представлена на рис. 2.20 складається крім MC34063 з дроселя L; часозадаючого конденсатора C3, який визначає частоту перетворення. Максимальна частота перетворення для мікросхеми MC34063 складає близько 100 кГц. Дільник напруги на резисторах R2, R1 необхідний для схеми компаратора. На неінвертуючий вхід компаратора подається напруга 1,25 В від внутрішнього регулятора, а на інвертуючий вхід – з дільника напруги. Коли напруга з дільника стає рівною напрузі від внутрішнього регулятора – компаратор перемикає вихідний транзистор. Вихідний і вхідний фільтри, відповідно C2, C1. Ємність вихідного фільтра визначає величину пульсацій вихідної напруги. Якщо в процесі розрахунків виходить, що для заданої величини пульсацій потрібна дуже велика ємність, можна розрахунок зробити для великих пульсацій, а потім використати додатковий LC-фільтр. Ємність C1 зазвичай беруть 100...470 мкФ. Струмівідчувуючий резистор Rsc потрібен для схеми обмеження струму. Максимальний струм вихідного транзистора для MC34063=1.5 А. Якщо піковий перемикаючий струм буде перевищувати ці значення, то мікросхема може згоріти.

Виберемо світлодіод ASMT-AR00 фірми Avago Technologies з номінальним струмом 350 мА. Номінальні вхідна і вихідна напруги мають значення 13,8 В та 5 В відповідно і максимальний вихідний струм 350 мА.

Вибираємо мінімальну вхідну напругу яка буде дорівнювати 12 В і мінімальну робочу частоту яка становить 60 кГц при вибраних заданих даних.

Розрахуємо значення $(t_{on} + t_{off})_{max}$:

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{f_{min}}, \quad (2.9)$$

де $t_{on} (max)$ – максимальний час, коли вихідний транзистор відкритий, мкс;

$t_{off} (max)$ – максимальний час, коли вихідний транзистор закритий, мкс.

Підставивши дані, отримуємо:

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{6 \cdot 10^4} = 16.7 \text{ мкс.}$$

Розрахуємо відношення максимального часу між закритим та відкритим вихідним транзистором за формулою:

$$\frac{t_{on \ max}}{t_{off \ max}} = \frac{V_{out} + V_F}{V_{in \ min} - V_{sat} - V_{out}} \quad (2.10)$$

де V_F – падіння напруги на вихідному фільтрі, В;

V_{sat} – падіння напруги на вихідному транзисторі (коли він знаходиться в повністю відкритому стані) при заданому струмі, В.

Тоді відношення $\frac{t_{on \ max}}{t_{off \ max}}$ становить:

$$\frac{t_{on \ max}}{t_{off \ max}} = \frac{5 + 0}{10 - 0.47 - 5} = 1.1.$$

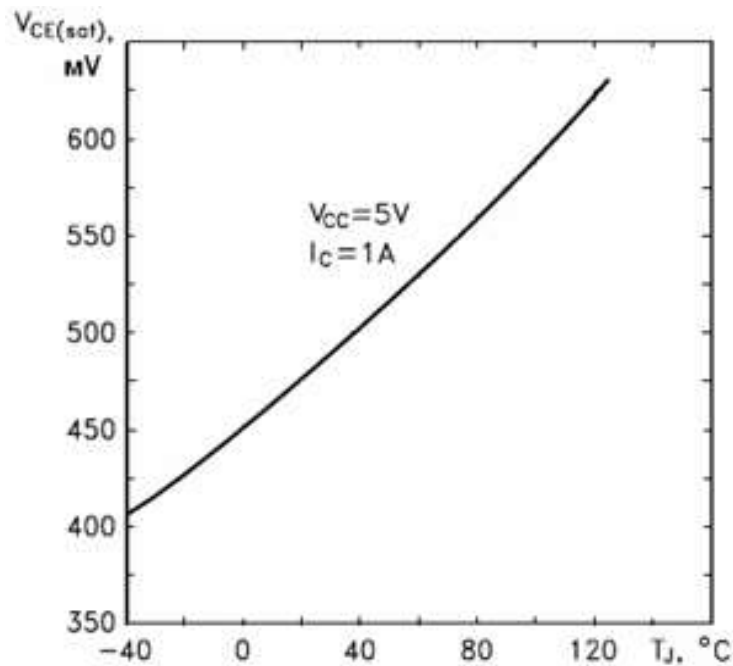


Рисунок 2.21 – Залежність падіння напруги на колекторі транзистора вихідного від температури

З формули видно, що чим більше U_{in} , U_{out} і чим більше вони відрізняються один від одного – тим менший вплив на кінцевий результат надають U_F і U_{sat} . Падіння U_F дуже мало і ми їм сміливо можемо знехтувати. U_{sat} визначається за графіками, наведеними в документації на мікросхему (рис. 2.21). Для нашого розрахунку вона приблизно складає $U_{sat} = 470$ мВ.

Знаючи $\frac{t_{on\ max}}{t_{off\ max}}$ і $(t_{on} + t_{off})_{max}$ складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (t_{on} + t_{off})_{max} = 16.7 \cdot 10^{-6} \\ \frac{t_{on\ max}}{t_{off\ max}} = 1.1 \end{cases}, \quad (2.11)$$

Знайдемо з неї $t_{on\ max}$:

$$\begin{cases} t_{off\ max} = 1.1 \cdot t_{on\ max} \\ t_{on\ max} = \frac{16.7 \cdot 10^{-6} \cdot 1.1}{2.1} = 8.74 \text{ мкс.} \end{cases} \quad (2.12)$$

Знаходимо ємність, конденсатора C_3 використовуючи дану формулу:

$$C_3 = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot t_{on \max}, \quad (2.13)$$

де $t_{on \max}$ – максимальний час, коли вихідний транзистор відкритий, мкс;

$$C_3 = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 8,74 \cdot 10^{-6} = 0,393 \text{ нФ.}$$

Знаходимо піковий струм через вихідний транзистор за формулою:

$$I_{PK} = 2 \cdot I_{out}, \quad (2.14)$$

де I_{out} – струм на виході, А;

Підставивши дані,отримуємо:

$$I_{PK} = 2 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ А,}$$

Цей струм вийшов менше максимального струму вихідного транзистора (від 1,5 А до 1,6 А), якщо б він вийшов більше, то перетворювач з такими параметрами був би неможливий, або необхідно було б використати схему із зовнішнім транзистором.

Розраховуємо R_{sc} за формулою:

$$R_{SC} = \frac{0,3}{I_{PK}}, \quad (2.15)$$

де I_{PK} – піковий струм, А;

$$R_{SC} = \frac{0,3}{0,7} = 0,43 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо мінімальну ємність конденсатора вихідного фільтра за формулою:

$$C_1 = \frac{I_{PK} \cdot (t_{on} + t_{off})_{max}}{8 \cdot U_{ripple}}, \quad (2.16)$$

де U_{ripple} – максимальна величина пульсацій вихідної напруги, В;

$(t_{on} + t_{off})_{max}$ – сумарне значення максимального часу коли вихідний транзистор закритий та відкритий, мкс;

I_{PK} – піковий струм, А.

Тоді ємність конденсатора C_1 становить:

$$C_1 = \frac{0.7 \cdot 16.7 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 0.2} = 7.3 \text{ мкФ.}$$

В якості кількісної характеристики пульсації освітленості у вітчизняних нормах прийнятий коефіцієнт пульсації. Він дорівнює відношенню половини максимальної різниці освітленості за період до середньої освітленості за період, вираженій у відсотках.

Розрахуємо максимальні пульсації вихідної напруги так, щоб коефіцієнт пульсації не перевищував 1 % при мінімальній напрузі бортової мережі за формулою:

$$U_{ripple} = \frac{2 \cdot U \cdot K_{\Pi}}{100}, \quad (2.17)$$

де K_{Π} – коефіцієнт пульсації;

U – мінімальна напруга бортової мережі, В.

$$U_{ripple} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1}{100} = 0,2 \text{ В.}$$

Розрахуємо мінімальну індуктивність дроселя задіючи формулу:

$$L_{1 \min} = \frac{t_{\text{on max}} \cdot (V_{\text{in min}} - V_{\text{sat}} - V_{\text{out}})}{I_{\text{PK}}}, \quad (2.18)$$

де $t_{\text{on max}}$ – максимальний час, коли вихідний транзистор відкритий, мкс;

V_{sat} – падіння напруги на вихідному транзисторі (коли він знаходиться в повністю відкритому стані) при заданому струмі, В.

Підставляючи в формулу, отримуємо:

$$L_{1 \min} = \frac{8,74 \cdot 10^{-6} \cdot (10 - 0,47 - 5)}{0,7} = 56,5 \text{ мкГн},$$

В цілому, чим вище частота перетворення – тим нижче мінімальна ємність вихідного конденсатора і мінімальна індуктивність дроселя.

Опір дільника розраховуємо із співвідношення:

$$U_{\text{out}} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \quad (2.19)$$

Тоді:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_{\text{out}} - 1,25}{1,25}, \quad (2.20)$$

Підставляючи дані в формулу, отримуємо:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{5 - 1,25}{1,25} = 3.$$

Виберемо найближчі значення з існуючих номіналів до розрахованих та створюємо схему представлену на рис. 2.22.

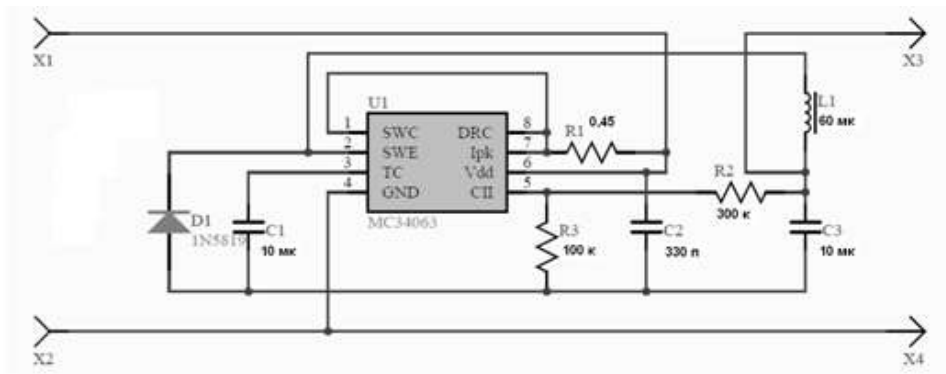


Рисунок 2.22 – Схема управління світлодіодами на основі MC34063

Вид розробленої печатної плати представлений на рис. 2.23, а, а її 3D модель – на рис. 2.23,б.

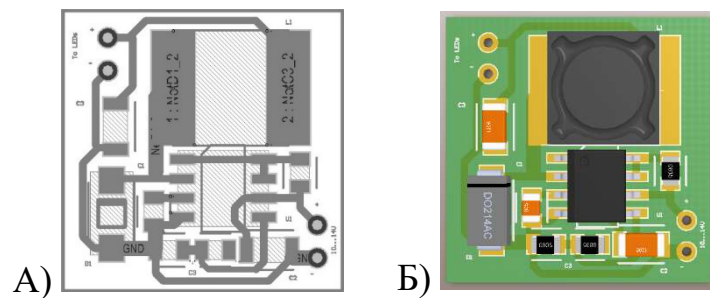


Рисунок 2.23 – Розроблений драйвер на основі MC34063:

А – печатна плата; Б – 3D модель печатної плати.

2.5 Модернізація показників повороту

Світлові прилади показників повороту працюють короткий час в повторно–короткочасному режимі, тому створення спеціальної схеми управління їх роботою не є доцільним. Виберемо ті ж світлодіоди що й для сигналів гальмування. Це доступний у вільному продажі червоний світлодіод ASMT–AR00 фірми Avago Technologies (рис. 2.24). Його прямий струм становить 350 мА, падіння напруги в прямому зміщенні – 2,1 В.



Рисунок 2.24 – Світлодіоди серії ASMT–Ax00

Проте в разі відсутності схеми управління світлодіод повинен мати послідовно з'єднаний резистор у своєму колі, для обмеження струму, що проходить через нього, інакше він вийде з ладу практично миттєво (рис. 2.25).

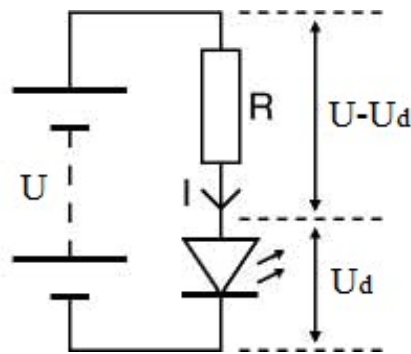


Рисунок 2.25 – Схема підключення

Оскільки на автомобілі звичайно встановлюється шість показчиків повороту, світлодіоди включаються паралельно кожен зі своїм струмообмежуючим резистором.

Схема такого включення представлена на рис. 2.26.

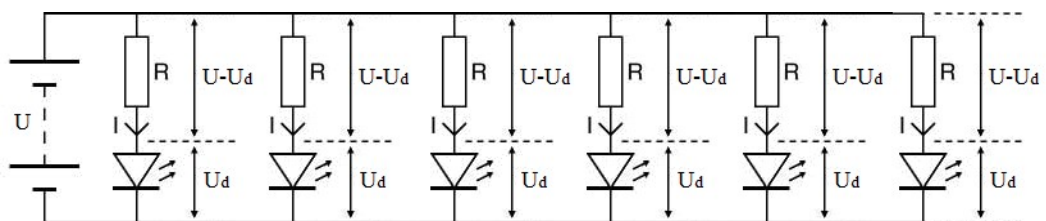


Рисунок 2.26 – Схема підключення світлодіодів показчиків повороту

Світлодіоди завжди розраховуються на певний струм. Це означає, що не існує, наприклад, п'ятивольтових або дванадцятивольтових світлодіодів. Замість цього бувають світлодіоди на струм 20 мА або 50 мА тощо. Відповідно, якщо потрібно живити світлодіод від 13,8 В (середня напруга на борту автомобіля), необхідно задати потрібний протікаючий через нього струм.

Для розрахунку R необхідно знати наступні параметри світлодіода:

- номінальний прямий струм через світлодіод I_d , А;
- падіння напруги на світлодіоді U_d в прямому напрямку, В.

Згідно другого закону Кірхгофа маємо формулу:

$$U = U_R + U_d, \quad (2.21)$$

звідки

$$U_R = U - U_d, \quad (2.22)$$

Отримуємо:

$$U_R = 13.8 - 2.1 = 11.7 \text{ В.}$$

Згідно закону Ома опір знаходимо за формулою:

$$R = \frac{U_R}{I_d}, \quad (2.23)$$

де U_R – напруга на резисторі, В;

I_d – номінальний прямий струм через світлодіод, А.

Підставивши дані, отримуємо:

$$R = \frac{11.7}{0.35} = 33.4 \text{ Ом.}$$

Вибираємо найближчий резистор з існуючого ряду опорів $R = 33 \text{ Ом.}$

Потужність, що виділяється на резисторі, при цьому буде становити:

$$P_R = I_d^2 \cdot R, \quad (2.24)$$

де R – опір, Ом;

I_d – номінальний прямий струм через світлодіод, А.

$$P_R = 0.35^2 \cdot 33 = 4.04 \text{ Вт.}$$

В цілому, режим роботи світлодіода, коли через нього протікає вказаний виробником в описі струм, може бути вкрай небезпечним на автомобілі. Це пов'язано з нестабільністю напруги бортової мережі. У разі якщо напруга збільшиться, струм, що протікає через світлодіод, також збільшиться і може перевищити максимально допустиме значення, вивівши діод з ладу. Для світлодіода ASMT-AR00 максимальний прямий струм становить 0,5 А

2.6 Денні ходові вогні на основі мікросхеми MBI5026

Розглянемо можливість створення світлодіодних денних вогнів на основі мікросхеми MAX16820. Інтегральна мікросхема MAX16820 фірми «Максім – Даллас» представляє собою імпульсний понижуючий драйвер, формуючий постійний струм для живлення світлодіодів. Драйвер забезпечує ефективно з точки зору вартості рішення для систем внутрішнього і зовнішнього автомобільного освітлення, завдань архітектурного підсвічування, світлодіодних світильників і ламп, а інших програм де використовують світлодіоди.

Драйвер MAX16820 максимально відповідає додаткам, що працюють в широкому діапазоні вхідної напруги. Вхідна напруга лежить в діапазоні від 4,5 В до 28 В. Для живлення внутрішніх схем мікросхема містить вбудований стабілізатор напруги 5 В, здатний видати в навантаження струм до 10 мА. Стабілізатор має зовнішній вихід VCC. Між цим виходом і загальним проводом включається шунтувальний конденсатор номіналом 1 мкФ.

Струмозадавальний резистор RSENSE з точністю $\pm 1\%$ визначає величину вихідного струму, а наявність входу DIM, на який може бути поданий сигнал з широтно-імпульсною модуляцією, дозволяє забезпечити плавну зміну яскравості світлодіодів.

На відміну від більшості понижувальних перетворювачів загального призначення, що використовуються для живлення світлодіодів високої яскравості, в MAX16820 застосований гістерезисний режим управління. За рахунок цього драйвер забезпечує більш швидку перехідну характеристику і оптимальне керування ключовим транзистором.

Високочутливий датчик струму і вбудована схема стабілізації забезпечують стабільність вихідного струму не гірше $\pm 5\%$ при мінімальній кількості зовнішніх елементів. MAX16820 допускають 10% пульсацію струму в котушці індуктивності. Висока частота комутації (до 2 МГц) дозволяє використовувати недорогі малогабаритні котушки індуктивності.

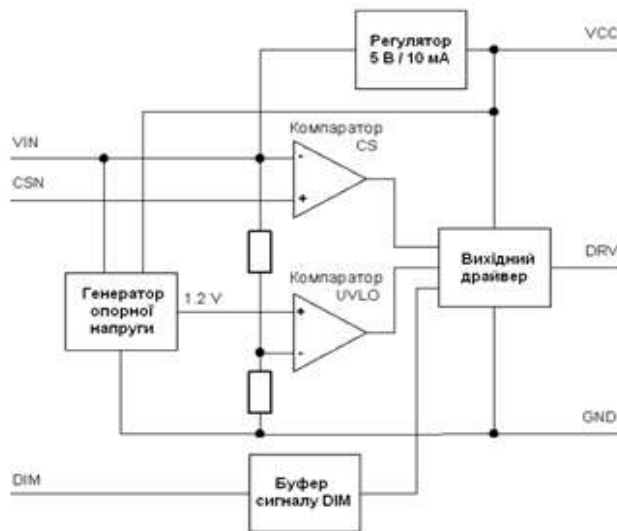


Рисунок 2.27 – Структурна схема мікросхеми MAX16820

При зниженні вхідної напруги MAX16820 включає схему блокування зниженої напруги (UVLO) з гістерезисом. Тобто, коли напруга на вході VIN падає нижче 4,5 В, на виході DRV встановлюється низький рівень, що вимикає зовнішній n-канальний польовий транзистор. Сигнал на виході DRV знову стає високим, як тільки вхідна напруга підніметься вище 5 В.

Структурна схема мікросхеми MAX16820 представлена на рис. 2.27.

Мікросхема MAX16820 працює в автомобільному температурному діапазоні від мінус 40 °С до плюс 125 °С і доступні в мініатюрних корпусах TDFN з шістьма виводами.

Розроблена схема підключення MAX16820 наведена на рис. 2.28.

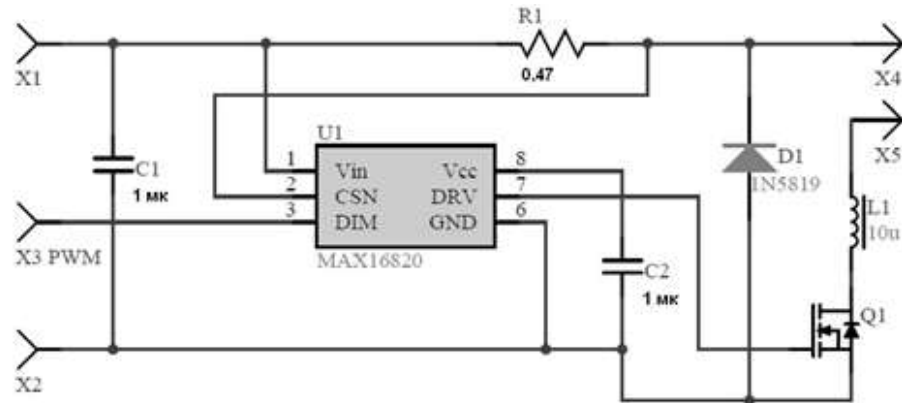


Рисунок 2.28 – Схема управління світлодіодними денними ходовими
вогнями

Для кожного денного світлового вогню використаємо 16 з'єднаних паралельно білих світлодіодів BL-FL7680UW фірми «Бетлюкс Електронікс» кожний з них зі своїм струмообмежуючим резистором. Таке включення забезпечує працездатність решти світлодіодів при виході з луду одного або декількох світлодіодів.

3 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТУ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Ергономіка системи освітлення

У мінімальний обов'язковий комплект світлосигнальних приладів для автомобілю ВАЗ-2115 входять: габаритні вогні в кількості двох передніх та двох задніх; два сигнали гальмування, розташовані ззаду; миготливі покажчики повороту з яких два передніх, два задніх і бічні; ліхтар освітлення номерного знака. Розглянемо можливу процедуру заміни штатного освітлення на світлодіодне.

Щодо освітлення салону, то драйвер на основі HV9910 та світлодіод монтується в центральний плафон освітлення салону замість звичайної лампи та патрону для неї. При цьому стандартна функція затримки вимкнення освітлення салону після закриття дверей залишається не змінною. При відкриванні дверей водія центральний плафон включається автоматично і горить до тих пір, поки двері відкриті. Після закриття дверей освітлення салону залишиться включеним ще дванадцять секунд, після чого протягом чотирьох секунд буде плавно гаснути. При включенні запалення (перед відкриттям дверей або під час роботи пристрою затримки) плафон освітлення салону згасне без затримки. При відкритті дверей в режимі затримки вимкнення освітлення світло буде горіти, поки двері буде відкрита, а при закритті дверей пристрій затримки знову вимкнеться автоматично.

Далі розглянемо модернізацію покажчиків повороту. Схема включення покажчиків повороту і аварійної сигналізації автомобіля ВАЗ-2115 представлена на рис. 3.1 [15, 16].

Модернізувати всі шість покажчиків повороту можливо аналогічно системі освітлення салону, тобто світлодіод з резистором (виконує функції драйвера) встановлюються замість стандартної лампи та її патрону.

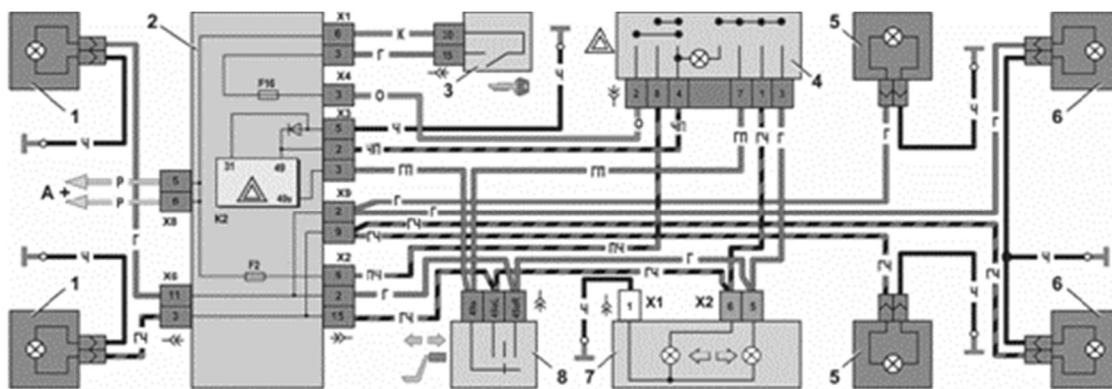


Рисунок 3.1 – Схема включення показчиків повороту і аварійної сигналізації:

1 – лампи показчиків повороту в блок-фарах; 2 – монтажний блок; 3 – вимикач запалювання, 4 – вимикач аварійної сигналізації; 5 – бокові показчики повороту; 6 – лампи показчиків повороту в зовнішніх задніх ліхтарях; 7 – комбінація приладів з контрольними лампами показчиків повороту, 8 – перемикач показчиків повороту; K2 – реле-переривник показчиків повороту і аварійної сигналізації; А – до джерела живлення

Втім, тут є проблема. В електронному поворотному реле K2 вбудовано датчик цілісності світлодіодів. Саме тому при перегріві будь-якої лампочки частота миготіння збільшується вдвічі, що сигналізує про неполадки. Відсутність лампи визначається значенням струму, що споживається лампами. Світлодіодні лампи вдвічі менше споживають струм. Саме тому на автомобілі оснащеному світлодіодами електроніка вважає що як мінімум одна з ламп перегоріла і сигналізує про це.

Доопрацювати реле поворотів K2 для роботи зі світлодіодами можна наступним чином. Реле являє собою геркон, обмотаний кількома витками товстого дроту. Обмотка включена послідовно з лампами навантаження, і при номінальному струмі виникає магнітне поле, достатнє для спрацьовування геркону. Якщо ж одна з потужних ламп перегорає, струм зменшується, поле слабшає, геркон не замикається і починається миготіння з підвищеною частотою.

Щоб уникнути цього потрібно просто замкнути геркон перемичкою. Контакти геркона виведені в середині реле вгору і до них припаяні проводки.

Якщо з'єднати їх перемичкою (можна навіть не паяти а просто трохи відігнути контакти і поставити перемичку з тонкого дроту), то незалежно від струму ламп реле буде вважати що всі лампи справні і працювати зі штатною частотою. Якщо з якихось причин потрібно буде перейти від світлодіодів назад на лампи, то досить буде зняти цю перемичку і контроль знову запрацює.

Реле поворотів знаходиться в монтажному блоці (рис. 3.2) разом з іншими реле електрообладнання автомобіля [26, 27].

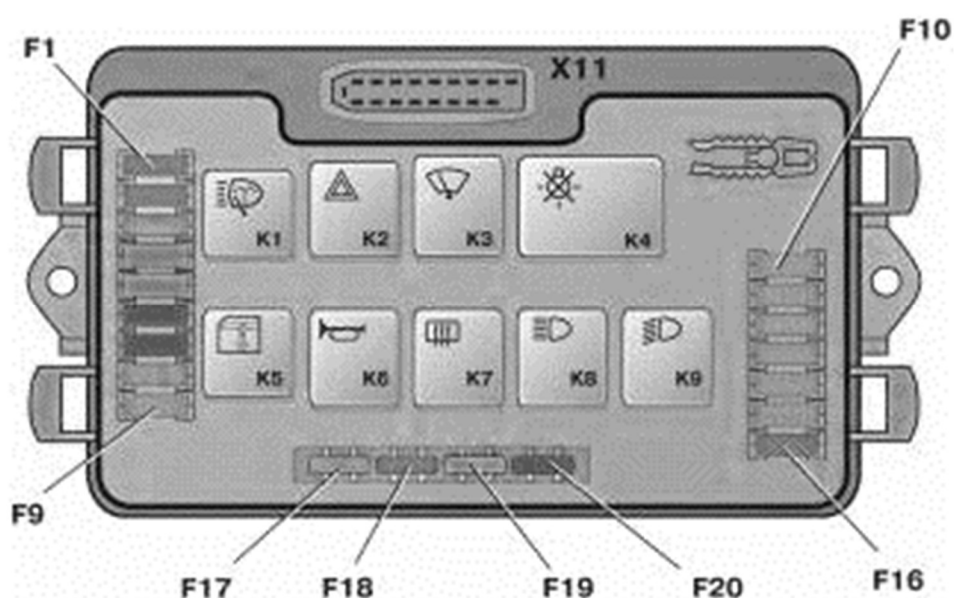


Рисунок 3.2 – Розташування реле і запобіжників в монтажному блоці:

K1 – реле включення очищувачів фар; K2 – реле–переривник показчиків повороту і аварійної сигналізації; K3 – реле очищувача вітрового скла; K4 – реле контролю справності ламп; K5 – реле включення склопідйомників; K6 – реле включення звукових сигналів; K7 – реле включення обігріву заднього скла; K8 – реле включення дальнього світла фар; K9 – реле включення ближнього світла фар; F1–F20 – плавкі запобіжники

Загалом система зовнішнього освітлення автомобіля ВАЗ–2115 представлена на рис. 3.3 [15, 16]

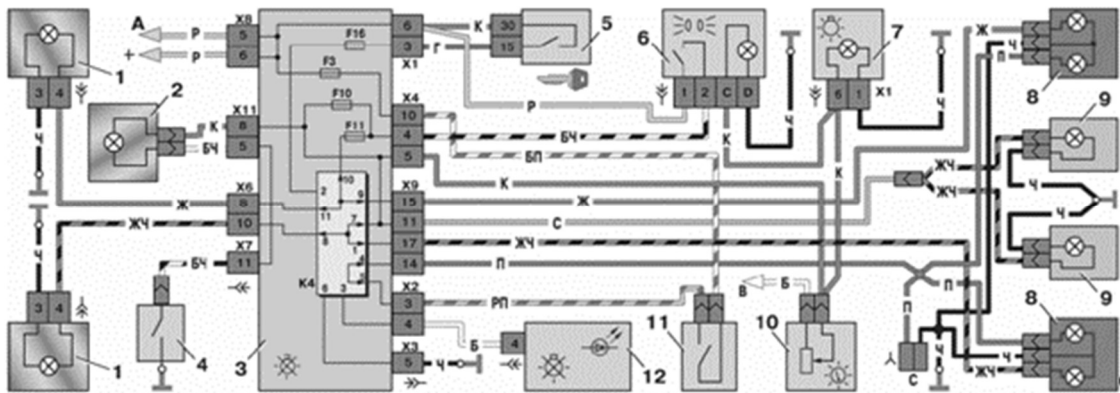


Рисунок 3.3 – Схема включення зовнішнього освітлення:

1 – лампи габаритного світла в блок-фарах, 2 – підкапотна лампа, 3 – монтажний блок, 4 – вимикач підкапотної лампи; 5 – вимикач запалювання; 6 – перемикач зовнішнього освітлення (фрагмент); 7 – контрольна лампа зовнішнього освітлення в комбінації приладів; 8 – лампи габаритного світла і стоп-сигналу в зовнішніх задніх ліхтарях; 9 – ліхтарі освітлення номерного знака; 10 – регулятор освітлення приладів; 11 – вимикач стоп-сигналу, 12 – блок бортової системи контролю; К4 – реле контролю справності ламп; А – до джерел живлення; В – до ламп підсвічування вимикачів і приладів; С – до додаткового сигналу гальмування

Для коректної роботи світлодіодної системи освітлення також потрібно уникнути спрацьовування реле К4 (рис. 3.3). Його принцип дії такий же як і у реле К2, але будова набагато складніша. Найбільш раціональним з технічної точки зору рішенням в такій ситуації бачиться вимикання контролю справності ламп. Це можна зробити, якщо видалити реле К4 з монтажного блоку, а на його місці поставити контактні перемички, які показані на рис. 3.3 усередині реле [28].

Денні ходові вогні пропонується встановити в середині переднього бамперу як показано на рис. 3.4. Сигнали гальмування знаходяться на задніх крилах автомобіля і там також достатньо місця для встановлення

запропонованих світлодіодних ламп. Додатковий сигнал гальмування встановлений у спойлері, але його заміна не потрібна оскільки він представляє собою лінійку світлодіодів червоного кольору.

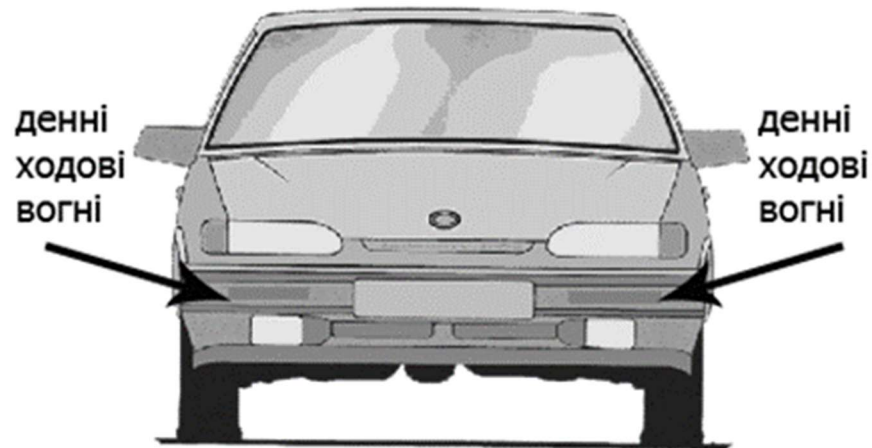


Рисунок 3.4 – Місця встановлення денних ходових вогнів

3.2 Надійність та безпека світлодіодної системи освітлення

У системах світлодіодного випромінювання зменшення потоку світла відбувається набагато швидше за люмінесцентну лампу. Причиною є швидке деградування випромінюючих елементів – білого люмінесцента і лінз полімерного типу.

Деградація кристалів. Одна з причин того, що кристал світлодіода деградує, це зростання дефектів грати кристала. При цьому кристалічні області, у яких виникають несправності, продовжують живитися енергією та створювати тепло без променів. Іншою причиною деградації є електрична міграція в кристал матеріалів, з яких зроблені електроди. Металеві атоми проникають у кристал, з якого виготовлені електроди, порушують структуру кристала, створюючи канали витоку, що в багато разів збільшує струм витоку. Значна частина струму починає проходити через металеві включення кристала, які не випромінюють світло. В результаті зменшується напруга на електродах світлодіода і зменшується світловий потік [6].

Цей процес проходить значно швидше при високій робочій температурі та при роботах світлодіодів зі струмами, що перевищують номінальні величини. Залежність показників деградації кристалів від зворотного значення робочого струму представлена на рис. 3.5 [12].

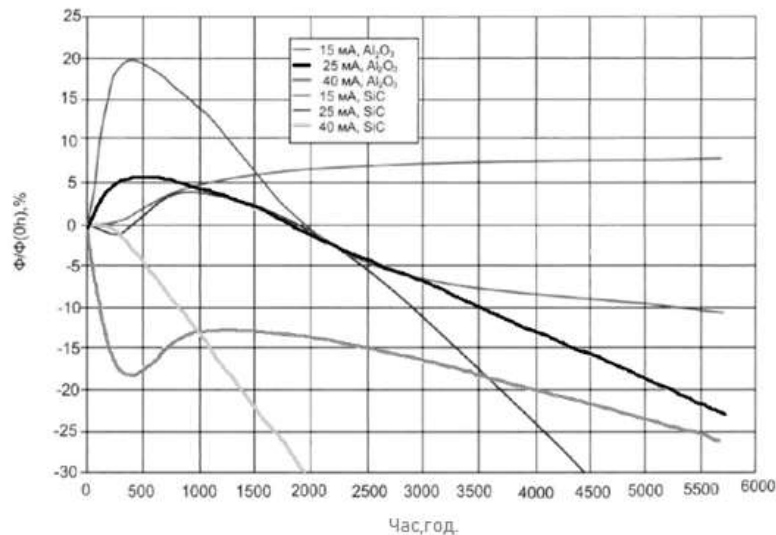


Рисунок 3.5 – Залежність показників деградації світлового потоку світлодіодів від щільності струму

Деякі виробники спеціально підвищують робочий струм світлодіода для отримання більшої яскравості, але при цьому не забезпечують відповідний відвід тепла. Як наслідок, термін служби кристала значно скорочується.

На думку деяких фахівців, до виникнення дефектів в кристалічній решітці може привести дія статичної електрики.

Деградація люмінофора. Деградація люмінофора є основною причиною зниження світлового потоку світлодіодів. Більшість люмінофорів поступово втрачають свою ефективність, що може бути пов'язано як зі зміною валентності активаторів за рахунок окислення, так і деградацією кристалічної решітки, коли атоми дифундують через матеріал і хімічно реагують з навколишнім середовищем. Ці процеси протікають через велике питоме променисте навантаження і високі температури, оскільки люмінофор наноситься безпосередньо на кристал, який нагрівається і має велику густину випромінювання. Висока температура люмінофора може бути причиною безвипромінювальних переходів і оборотного зниження квантового виходу люмінесценції і світлового потоку світлодіода. Спільний вплив високого

питомого навантаження оптичного випромінювання і високої температури здатні спровокувати кооперативні процеси, що призводять до перебудови структури випромінювальних центрів і стати причиною незворотного зниження квантового виходу люмінесценції і старіння світлодіода. В результаті деградації відбувається не тільки зниження квантового виходу люмінофора, але й зміна спектральних характеристик його світіння.

Наприклад, при старінні люмінофора помітно проявляється синій відтінок світіння світлодіода, що пов'язано як зі зміною властивостей самого люмінофора, так і з тим, що в спектрі починає домінувати власне випромінювання кристала.

Що стосується безпечності світлодіодів, то безперервно зростаючі інтенсивність і щільність автомобільного руху на вулицях міст і на магістралях, особливо в темний час доби, зажадали введення специфічних вимог для забезпечення безпеки.

Основною проблемою освітлення дороги автомобільними фарами є необхідність забезпечення задоволення суперечливих вимог: гарне освітлення дороги на досить велику відстань і зменшення сліпучої дії фар на водіїв зустрічних автомобілів.

Відомі спроби знайти компромісне рішення шляхом створення спеціальних фар з особливим світлорозподілом, при якому сила світла променів, що йдуть вище горизонтальної площини, була б менше. Однак ці спроби не увінчалися успіхом. Поступово прийшли до висновку, що потрібно змінювати силу світла і розподіл світлового потоку фар при роз'їзді з зустрічними автомобілями. Так з'явилися фари з двухнитковими лампами дальнього і ближнього світла. Нитка дальнього світла розташована у фокусі відбивача, нитка ближнього світла – поза фокусом, в результаті чого світловий пучок ближнього світла пом'якшує осліплюючу дію фар зустрічних автомобілів.

Існує дві системи світлорозподілу фар, які забезпечують несліпуче ближнє світло фар: європейська та американська. Європейська та американська системи ближнього світла, взяті кожна окремо, рівноцінні. Однак при зустрічному роз'їзді автомобілів, обладнаних європейської та американської системами ближнього

світла, їх водії ставляться в різні умови, і водій автомобіля, що має європейську систему, засліплюється в більшій мірі. Правда, обидві системи забезпечують не сліпучу дію тільки на прямій і рівній ділянці дороги при точній установці оптичних осей фар і своєчасному перемиканні на ближнє світло (на відстані 15 сантиметрів між автомобілями).

Сучасні швидкості і інтенсивність автомобільного руху вночі вимагають забезпечення зустрічного роз'їзду без зниження швидкості. Звідси стає зрозумілим завдання – знизити осліплюючу дію для водіїв зустрічних автомобілів лише в смузі зустрічного руху, забезпечуючи на достатній відстані хорошу видимість на смузі руху. Прагнення збільшити дальність видимості при високих швидкостях руху призвело до застосування більш потужних ламп; так з'явилися автомобільні галогенні лампи, що мають приблизно в півтора рази більшу силу світла. У цих ламп при потужності від 55 Вт до 60 Вт світловий потік приблизно вдвічі більше, ніж у звичайних ламп потужністю від 40 до 45 Вт. Проте внаслідок великої сили світла галогенних ламп збільшується небезпека засліплення водіїв при зустрічному роз'їзді автомобілів і потрібне ретельне регулювання напрямку променів фар.

В автомобілебудуванні досить давно застосовуються фари прямокутної форми. У прямокутних фар більше площа світловідбивача, більший світловий потік, отже, вони краще освітлюють дорогу. Крім того, форма розсіювача, витягнута в горизонтальній площині, дозволяє легше отримати гарний розподіл світлового пучка ближнього світла. Висота прямокутних фар менше, і їх легше вписати в передню частину автомобіля між капотом і буфером. Застосування в аматорському автомобілебудуванні чотирьохфарної системи з фарами зменшеного діаметру (145 мм) теж дозволяє знизити висоту капоту і передньої частини автомобіля.

4 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДІВ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В даний час, як енергозберігаючі джерела світла, найчастіше застосовуються люмінесцентні лампи з вмістом ртуті, і після закінчення експлуатації їх слід обов'язково утилізувати, як відходи від ртуті. Але при експлуатації в приміщенні може бути розгерметизовано люмінесцентну лампу, яка може спровокувати отруєння людини. У звичайному люмінесценті міститься близько 100 мкг ртутної пари, а гранично допустимий рівень концентрації речовини в населених пунктах становить 0,0003 мг/м². Відповідно, якщо випадково розбити одну лампочку в приміщенні 40 кв.м., концентрація пари складе 2,5 мг/м² що в 8 тисяч разів більше за безпечну норму. Також люмінесцентні виробники не люблять пам'ятати про те, скільки ламп, зрештою, виявляється на сміттєзвалищі, хоча прийняті суворі заходи переробки ламп, оскільки одна з розбитих ламп може зробити 27 кубів води непридатною. За підсумками роботи в Україні щороку на 1 мільйон людей припадає близько 75 тисяч відпрацьованих ламп. Ціна на утилізацію люмінесцентної лампи в кількості однієї тисячі штук складає 520 гривень. Неважко сказати, що річні витрати тільки для утилізації ламп повинні становити близько 5 400 000 гривень. [8]

Також в останніх дослідженнях показано, що лампи з енергозбереженням у людей з чутливою шкірою можуть викликати подразнення, а іноді запалення областей шкіри .

У світлодіодній конструкції не використовуються шкідливі речовини, наприклад, ртуть, і не потрібна спеціальна утилізація. У світлодіодах немає інфрачервоних, ультрафіолетів та інших шкідливих випромінювань. Найголовніше - вони чистіші, нешкідливіші і здатні служити протягом десятків років.

Тепер ми проведемо порівняльне дослідження впливу світлодіодів, ламп люмінесцентного світла та ламп розжарювання на людину, довкілля. Біле світло, що випромінюється світлодіодами, найбільш сприйнятливим до ока людини, ніж

жовте світло, що випромінює лампи розжарювання. За даними наукових досліджень, біле світло підвищує сприйняття кольорів, а також контраст та глибина видимих просторів. А також підвищує видимість у темряві майже від 40 % до 100 % порівнюючи з усіма іншими спектрами. При цьому завдяки спеціальному розрахованому куту падіння світлодіодні лампи не сліплять, на відміну від газорозрядних ламп які світять на 360 градусів. У той самий час контраст світлодіодів в 400 разів перевершує світло інших штучних джерел. Світлодіодна лампа не володіє постійним мерехтінням, таким, як люмінесцентні лампи. Це знижує надмірне навантаження на очі і сприятливо позначається на стані здоров'я людини.

Хоча світлодіоди, пропоновані покупцями, є безпечною та екологічно чистою альтернативою традиційній лампі в роботі [18] стверджуються, що вони справді містять свинець, миш'як, десятки інших, потенційно небезпечних речовин. Про це свідчить дослідження американського Департаменту охорони здоров'я та боротьби із хворобами. За словами керівника цього відділу Оладела Огунсеїтана, світлодіоди є новим поколінням систем освітлення, але, намагаючись знайти оптимальні рішення для економії енергоресурсів, потрібно виявляти обережність у тому, що нові технології є токсичними. Вчені департаменту досліджували світлодіоди різних кольорів автомобільних фар та стоп сигналів. Виявилось, що у малопотужних червоних світлодіодах свинцю містилося у 8 разів більше, ніж у нормі. Білий світлодіод містить менше нікелю, але водночас має більшу концентрацію нікотину. Попередні результати дослідження показали, що у зв'язку з великим вмістом свинцю, миш'яку, малопотужний червоний світлодіод несе ризик розвитку раку. Свинець і миш'як, а також багато інших металів світлодіодів і деталей, пов'язані з ними, викликають рак, нервові порушення, нирки, гіпертонія, висипання на шкірі, інші захворювання. Звичайно, контакт із світлодіодом автоматично не призводить до раку, а може стати поворотним моментом у разі постійного впливу інших канцерогенів.

Вчені попередили про те, що ще більша небезпека становлять світлодіоди, якщо, наприклад, маленьким дітям тягнуться в рот яскраві лампи. Тому існує ризик отруєнь речовинами, які є присутніми на кожній стадії процесу виробництва, застосування та утилізації світлодіодів. Споживачам, виробникам та службам екстреної допомоги слід знати це й бути обережніше: використовувати маски та рукавички при збиранні зламаних світлодіодів, а самі світлодіоди потрібно переробляти як небезпечні залишки, але зараз світлодіоди не вважаються токсичними матеріалами та вивозять на звичайне звалище.

Також прилади з застосуванням світлодіодів повинні відповідати нормативам фітотобіологічної безпеки. Переоцінка місця світлодіодів в правилах безпеки мала значний вплив на процес впровадження на ринок не тільки приладів з використанням світлодіодів, але також будь-яких приладів, що містять не лазерні джерела випромінювання [8].

Останнім часом питання потенційної небезпеки оптичних променів для організму людства ставився лише лазерам і ультрафіолетовим джерелам. Втім, подібне ставлення допустиме було й раніше, коли світлодіодна потужність була далеко не на сучасних рівнях. Подивившись на багато сучасних світлодіодів, можна легко переконатися в тому, що їхня оптична потужність збільшується. В результаті поточної ситуації виникає потреба у розробці відповідних правил фітотобіологічної безпеки світлодіодних ламп.

Фотобіологія – це дослідження взаємодії оптичних випромінювань та живих організмів. Оптичне випромінювання називається електромагнітним випромінюванням з діапазоном довжин хвиль від 100 нм у глибокому ультрафіолетовому діапазоні до 1мм у далекому інфрачервоному діапазоні. Втім, у практичному плані діапазон часто обмежується величиною від 200 нм до 3000 нм. Ця обмеженість виникає через атмосферне поглинання довжин хвиль понад 200 нм, а також незначний вплив низьких енергій фотонів на далекі інфрачервоні області.

У зв'язку з тим, що тканина має сильний коефіцієнт поглинання випромінювання оптичних променів, і глибина поглинання коливається від декількох мікрон для ультрафіолету і кілька міліметрів для інфрачервоного, очевидно, що для очей і шкіри людини є найбільша загроза випромінювання. Біологічним відгуком на таке опромінення є процеси трансформації енергії, пов'язані з двома широкими категоріями фотохімічних та теплових взаємодій. Фотохімічна взаємодія переважає у короткому спектрі, у якому фотони мають найбільшу енергію, а тепла взаємодія домінує у довгому спектрі. Коли фотохімічна взаємодія відбувається, світло певної довжини хвилі, а потім енергія збуджує молекули клітин електронів, які викликають розпад або перебудову в них хімічних сполук.

Це може безпосередньо впливати на ДНК, прив'язуючи основні пари один до одного і створюючи розрив у ланцюгу ДНК. В якості побічного явища при цьому можуть створюватися високоактивні вільні радикали. Вони можуть взаємодіяти з ДНК і викликати перебудову її структури, а в інших клітинах, таких як фоторецептори клітковини, вони можуть викликати порушення молекулярної функції і загибель клітини. Відомо, що пошкодження ДНК, вчасно не усунуте, може потенційно привести до виникнення раку.

Механізм, заснований на теплових взаємодіях, полягає у поглинанні світла, відповідних підвищеннях температур незахищених ділянок, що призводить до детермінації білків та температурних руйнувань клітини. Хоча теплові взаємодії становлять один і той самий ступінь ризику на всіх хвилях, сильна залежність фотохімічної взаємодії від хвильової довжини характеризується функцією визначення ризику. Ці функції являють собою зворотні функції дози, або енергії, які потрібні для певного рівня нормальної реакції, що залежить від довжини хвилі: для низького рівня потрібно більше дози та навпаки.

Більш того, в той час як вплив теплового випромінювання низької інтенсивності може бути ослаблено відведенням тепла від опромінені ділянки, то фотохімічні взаємодії зазвичай підкоряються закону Бунзена-Роско про взаємозалежність.

Цей закон свідчить, що процеси фотохімічного походження залежить від доз, тобто. тривалий вплив низькоінтенсивного випромінювання призводить до такого ж пошкодження, як і короточасне опромінення високоінтенсивним випромінюванням.

Обговорюючи небезпеки для шкіри і очей, слід розглянути три сценарії: опромінення шкіри, опромінення зовнішньої поверхні ока (рогівки, слизової оболонки і кришталика) і опромінення сітківки.

У процесі опромінення шкіри частина світла, а частина що залишилась через епідермію та дермальну поверхню потрапляє в людину. Основна небезпека шкіри – це випромінювання ультрафіолету, який внаслідок фотохімічних взаємодій може прямо пошкодити ДНК, а також викликати відомі запальні реакції у вигляді сонячного опіку. Ще одна небезпека полягає у формуванні активного вільного радикала, який може атакувати і ДНК та інших клітин шкіри, наприклад колагену. Цей протеїн забезпечує еластичність шкіри, таким чином пошкодження колагену призводить до порушення еластичності тканин, а в результаті до утворення дрібних зморшок, а також до шкіри, що старіє. Існує і небезпека теплових опіків, але ступінь виявлення зазвичай обмежена болем. Завдяки повторному опроміненню ультрафіолетом шкіра може виробляти захисний механізм: розширення зовнішнього шару шкіри сприяє зменшенню проникнення, а також виходить поглинаючий меланін ультрафіолет, що призводить до ефекту засмаглої шкіри. Основна небезпека полягає в діапазоні випромінювання якого можуть спричинити засліплення за допомогою зварювання фотокератиту або снігової хвороби - запальні фотохімічні реакції, що виникають в області рогівки та слизових оболонок. Ще можливий розвиток катаракти УФ помутніння щитовидної залози. У діапазоні ІЧ реакція на тривалу інтенсивність опромінення може бути інфрачервоною катарактою. Згідно з спектральними характеристиками прозорості кришталика розглянути опромінення сітки слід лише в межах від 300 Нм до 1400 Нм. Винятком є особливий випадок афакічність ока, у якому кришталик ще не сформувався чи видалений у процесі лікування.

Механізм переважного ушкодження при виявленні що перевищує десять секунд є фотохімічною реакцією на блакитні кольори фоторецепторів, які створюються вільними радикалами, що руйнують фоторецептори та епітелій сітки. Протягом більш короткого періоду опромінення виникає небезпека теплової взаємодії, що викликає детермінацію протеїнів та найважливіших біологічних елементів сітки.

Око має низку механізмів захисту, що реагують лише на видимі подразники в діапазоні від 380 Нм до 780 Нм. Це реакції моргання, руху голови та звуження зіниці для обмеження кількості світла та безперервні рухи зіниць (саккад), які дозволяють уникнути тривалого опромінення однією сітківкою області.

При аналізі цих фотобіологічних проблем Міжнародна комісія захисту від неіонізуючого випромінювання виклала значення величини граничних впливів на кожну з розглянутих небезпек. Ці показники ґрунтувалися на порозі руйнувань, викликаних впливом оптичних променів випромінювання в експериментах над тканинами тварин.

Хоча таким чином і визначився показник захисту, в розрахунок не були прийняті аномальна світлочутливість або присутність фотосенсітайзерів в тілі або в шкірі (включаючи певні фармацевтичні препарати, косметику та рослини). У 1993 році, коли компанією «Нічіа» були створені рентабельні GaN світлодіоди, в перший раз були розглянуті проблеми фітобіологічної безпеки світлодіодів, так як міжнародна електротехнічна комісія (МЕК) прийняла рішення включити світлодіоди в рамки існуючих стандартів для лазерів IEC60825. Таке рішення мало подвійну мотивацію. У першу чергу, при цьому світлодіоди можна було б вважати технологічним посередником між лазерними та звичайними лампами через їх вузький спектральний діапазон, невеликий розмір і перспективно вузький просторовий розподіл випромінювання в простір. Другою причиною було використання інфрачервоних діодів у системах волокно-оптичного зв'язку, де застосовувалися і діоди лазерного випромінювання. У 1996 і 2001 роках робилися спроби по кращому позиціонуванню світлодіодів в рамках лазерних

стандартів, головним чином за рахунок перегляду принципів безпеки, що мало наслідки для всіх типів лазерів. Однак при цьому виникли проблеми, пов'язані з тим, що рівні небезпеки були завищені, в основному через те, що не був прийнятий до уваги факт розхідності світлодіодного випромінювання.

Паралельно з розробкою IEC60825, світлотехнічне інженерне товариство Північної Америки (IESNA) опублікувало в 1996 році документ ANSI / IESNA RP27.1 «Рекомендовані нормативи фітотбіологічної безпеки для ламп і лампових систем: загальні вимоги». Цей документ очолив цілий ряд нормативів, які стосуються нелазерних джерел випромінювання. У 2002 р. МЕК взяла за основу ANSI / IESNA RP27.1, щоб опублікувати свій стандарт S009/E-2002 «Фотобіологічна безпека ламп та лампових систем», тим самим поширивши ці норми по всьому світу.

Беручи до уваги, що застосування лазерних нормативів до світлодіодів розглядалося фахівцями як ультраконсервативне, а також враховуючи прогрес в області продуктивності світлодіодів і супутнє йому розширення областей практичного їх застосування, МЕК прийняла рішення прибрати світлодіоди з лазерних стандартів, змінивши в 2007 році IEC 60825. Винятком стали застосування світлодіодів в волоконній оптиці та зв'язку на відкритому просторі. Ця зміна зажадала створення альтернативних правил для світлодіодів.

У 2006 р. МЕК використовувала існуючі нормативи міжнародної комісії з висвітлення CIE S009/E-2002, щоб видати документ «Фотобіологічна безпека ламп та лампових систем», що має подвійний логотип, у співпраці з МКО.

Завданням даного документа було забезпечення нормативів оцінки фітотбіологічної безпеки ламп та лампових систем, виключаючи лазери, що випромінюють світло в діапазоні від 200 Нм до 3000 Нм.

Тому, враховуючи все вищесказане, можна зробити висновок, що, незважаючи на те, що стандарти утилізації світлодіодних ламп не регламентовані, їх впровадження вважається за доцільне у зв'язку з невеликим вмістом важкого металу у світлодіодних лампах і широким їх застосуванням у техніці.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ

5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації

У роботі здійснюється модернізація світлотехнічного обладнання легкових автомобілів із використанням світлодіодних ламп. Суть проведених досліджень - розробка схем стабілізації струму, що проходить по світлодіоду для різних елементів освітлення салону, сигналів гальма, поворотних сигналів, освітлення приладів, вибір світлодіода, що має необхідну силу світла і необхідний прямий струм. Ці схеми розраховані на основі світлодіодних мікросхем HV9910, спеціалізованих світлодіодних мікросхем NUD4001, перетворювача DC-DC MC-34063 та обмежувача струму, що проходить світлодіодом через резистор. Регулювання сили світла в салоні та панелі приладів здійснюється за допомогою світлодіодного сигналу, який не знижує ККД світлодіода.

Очікується економічний ефект модернізації в тому, що світлова віддача збільшуватиметься при зниженні енергоспоживання, значно підвищення терміну експлуатації світлодіодів у порівнянні зі стандартними світлодіодами. Виробники вважають, що термін експлуатації світлодіодів становить 50 000 років або 6 років постійної роботи. Це зумовлено нетеплою природою променів і відповідно відсутністю нитки, як у лампах розжарення. А через відсутність скляних колб світлодіоди відрізняються дуже надійністю та механічною міцністю.

Спеціалізовані схеми забезпечують їхню довговічність, стабілізуючи протікаючий струм. Це пояснюється тим, що незначні зміни прямої напруги на світлодіоді викликають різкі скачки струму через світлодіод. Також падіння напруги світлодіодів різних кольорів досить сильно відрізняється. Цей фактор приймається залежно від послідовного вмикання світлодіода.

Такі світлодіодні схеми стабілізують струм імпульсно-лінійно. У цьому дослідженні розглядаються лише лінійні стабілізатори світлодіодів, оскільки їхня низька ціна та невелика кількість зовнішніх елементів.

Для визначення ефективності запропонованої модернізації освітлення ми порівнюємо витрати часу та часу на таку модернізацію освітлення зі світлодіодними лампами та стандартними розжарюваннями лампами.

5.2 Розрахунок вартості модернізації

Вартість модернізації системи освітлення складається з вартості матеріальних затрат, вартості електроенергії, заробітної плати електромеханіка. Проведемо аналіз собівартості матеріальних затрат для створення світлодіодних ламп.

Для створення високоефективного освітлення салону використано мікросхему HV9910 (рис. 2.4). Вартість запропонованої схеми управління світлодіодами зведено у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Собівартість компонентів схеми на основі HV9910

Найменування компоненту	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4
HV9910	1	33	33
Діод BAT54	1	0.53	0.53
Котушка індуктивності CD43	1	1	1
Транзистор NDF03N60	1	4.54	4.54
Резистори	2	0.42	0.84
Конденсатори	3	5	15
Світлодіод XP-G Cree	1	40	40
Разом			98.91

Собівартість розробленої схеми для освітлення приладів на панелі перед водієм (рис. 2.12) поелементно представлена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість схеми освітлення панелі приладів

Найменування компоненту	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
NUD4001	2	24	48
Резистори	3	0.42	1.26
Транзистор PDTD113	1	7.30	7.30
Світлодіод RD3YG139F1	5	4,4	22
Разом			78,56

Вартість створення світлодіодних сигналів гальмування на основі мікросхеми DC–DC конвертера MC34063 представлена в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Собівартість схеми управління на основі MC34063

Найменування компоненту	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4
MC34063	1	22	22
Резистори	3	0,42	1,26
Конденсатори	3	5	15
Діод 1N5819	1	1,13	1,13
Котушка індуктивності CD43	1	1	1
Світлодіод ASMT–AR00	1	157	157
Разом			197,4

Для розробленої схеми підключення денних ходових вогнів на основі мікросхеми MAX16820 собівартість представлена у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Собівартість денних ходових вогнів

Найменування компоненту	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
MAX16820	1	43	43
Резистори	17	0,42	7,14
Конденсатори	2	5	10
Котушка індуктивності CD43	1	1	1
Транзистор NDF03N60	1	4,54	4,54
Діод 1N5819	1	1,13	1,13
Світлодіод FL7680UW	16	4,4	70,4
Разом			137,21

Світові прилади показчиків поворотів працюють короткий час тому створення спеціальної схеми управління їх роботою не є доцільним. Прийmemo загальну вартість складових в розмірі двадцяти гривень.

Розрахуємо загальну собівартість матеріальних затрат на виготовлення світлодіодних ламп врахувавши що на автомобілі встановлюється по два сигнали гальмування та ходових вогню та шість показчиків повороту за формулою:

$$C_{\text{МЗ}} = C_{\text{ОС}} + C_{\text{ОПП}} + 2 \cdot C_{\text{СГ}} + 2 \cdot C_{\text{ОДВ}} + 6 \cdot C_{\text{ОП}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{МЗ}}$ – загальна вартість матеріальних затрат, грн;

$C_{\text{ОС}}$ – вартість освітлення салону, грн;

$C_{\text{ОПП}}$ – вартість освітлення панелі приладів, грн;

$C_{\text{СГ}}$ – вартість освітлення сигналу гальмування, грн;

$C_{\text{ОДВ}}$ – вартість сигналу денних ходових вогнів, грн;

$C_{\text{ОП}}$ – вартість освітлення показчиків повороту, грн.

$$C_{\text{МЗ}} = 98,91 + 78,56 + 2 \cdot 51 + 2 \cdot 137,21 + 6 \cdot 20 = 673,89 \text{ грн},$$

Для того щоб електромеханік запаяв одну плату йому потрібна година. Для встановлення її на автомобіль йому потрібно ще півгодини. Тоді витрати на заробітну платню, враховуючи єдиний соціальний внесок (22 %) будуть становити за формулою:

$$C_{\text{ЗП}} = [Q_1 \cdot S_{\text{ГОД}} + Q_2 \cdot S_{\text{ГОД}} \cdot (1 + 0,5)] \cdot 0,22, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{ЗП}}$ – заробітна платня електромеханіка за модернізацію 1 автомобіля, грн.;

Q_1 – кількість показчиків повороту, 6 шт.;

Q_2 – кількість печатних плат для одного автомобіля, 6 шт.;

$S_{\text{ГОД}}$ – вартість однієї години роботи електромеханіка, 80 грн.

Підставивши дані,отримаємо:

$$C_{ЗП} = [6 \cdot 80 + 6 \cdot 80 \cdot (1 + 0,5)] \cdot 0,22 = 264 \text{ грн,}$$

Затрати на електроенергію розраховуємо приймаючи потужність паяльника електромонтера 45 Вт за формулою:

$$C_{ВЕ} = \frac{45 \cdot 6}{1000} \cdot S_{іккВ}, \quad (5.3)$$

де $C_{ВЕ}$ – вартість спожитої електроенергії, грн.;

$S_{іккВ}$ – вартість 1 кВт електроенергії, 1,44 грн.

$$C_{ВЕ} = \frac{45 \cdot 6}{1000} \cdot 1.44 = 0.38 \text{ грн,}$$

Загальна вартість виробництва складає:

$$C_{ВП} = C_{МЗ} + C_{ЗП} + C_{ВЕ}, \quad (5.4)$$

де $C_{ВЕ}$ – вартість спожитої електроенергії, грн.;

$C_{ЗП}$ – заробітна платня електромеханіка за модернізацію 1 автомобіля, грн.;

$C_{МЗ}$ – загальна вартість матеріальних затрат, грн.;

$$C_{ВП} = 673,89 + 264 + 0,38 = 940,4 \text{ грн,}$$

Адміністративні затрати умовно приймемо 10 % від вартості виробництва, що становить приблизно 100 гривень. Враховуючи все вище перераховане загальна собівартість модернізації становить 1040 гривень.

Далі розрахуємо вартість аналогічних рішень.

Аналог №1. Лампи розжарювання для стоп-сигналів та покажчиків повороту типу P21W 8 шт.. Для освітлення салону можна використати лампу Festoon Lamps Halogen HMB51 12V 10W. Для денних ходових вогнів - лампа P21W 2шт. Загальна вартість аналогу 1 становить 524 грн. Собівартість аналогу 1 занесена до таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Собівартість аналогу 1

Найменування компонента	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4
Лампи розжарювання для стоп-сигналів P21W	8	49	392
Лампа Festoon Lamps Halogen HMB51 12V 10W	1	30	30
Для денних ходових вогнів - лампа P21W	2	49	98
Разом			524

Аналог №2. Галогенні лампи для стоп-сигналів та покажчиків повороту типу Н1 8 шт. Лампу Н4 можна використати для денних ходових вогнів 2 шт. Лампа Н3 придатна для освітлення салону. Загальна вартість аналогу 2 становить 717 грн. Собівартість аналогу 2 занесена до таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Собівартість аналогу 2

Найменування компонента	Кількість	Вартість за 1 шт., грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4
Галогенні лампи для стоп-сигналів та покажчиків повороту типу Н1	8	55	440
Галогенні лампи для денних ходових вогнів типу Н4	2	107	214
Галогенна лампа придатна для освітлення салону Н3	1	59	59
Разом			717

Далі розрахуємо за допомогою табл. 5.7 порівняльний коефіцієнт функціональності по кожному з аналогічних виробів.

Функціональна ціна розробки становить $1040/2=520$ грн. Функціональна ціна аналога №1 та аналога №2 відповідно складає $524/0,296 = 1770,2$ грн. та $717/0,442=1622,2$ грн.

Таблиця 5.7 – Розрахунок функціональної ціни

Параметр (ранг важливості)	Розробка	Аналог 1	Аналог 2
Термін служби джерела світла, час	50000 (0,2)	1000 (0,016)	5000 (0,02)
Кількість ламп, замінних протягом експлуатації, шт.	1(0,2)	10(0,02)	5(0,01)
Споживана потужність, Вт	5 (0,2)	24 (0,042)	10 (0,1)
Пусковий струм, А	0,34 (0,2)	2,1 (0,032)	1,8 (0,038)
Споживаний струм, А	0,34 (0,2)	1,4 (0,048)	1,0 (0,068)
Вібростійкість	так (0,2)	ні (0)	ні (0)
Стійкість до перепадів напруги	так (0,2)	ні (0)	ні (0)
Контрастність і передача кольору, К	5000(0,2)	2200(0,088)	3000(0,12)
Час до повного включення, хв.	1/60 (0,2)	1/240(0,05)	1/140(0,086)
Загальний ранг важливості	2	0,296	0,442

5.3 Розрахунок експлуатаційних затрат

Розрахуємо зниження використання палива за рахунок зменшення споживаного струму світлодіодами порівняно з лампами розжарювання. Прийmemo середній пробіг автомобіля на рівні 50 000 км/рік, середню швидкість у міському циклі руху 20 км/год., тоді час руху становить:

$$t = \frac{C_{p\text{прзарік}}}{C_{p\text{швидкість}}}, \quad (5.5)$$

де $C_{p\text{прзарік}}$ – середній пробіг автомобіля на рік, км/рік;

$C_{p\text{швидкість}}$ – середня швидкість у міському циклі руху, км/год.

Отже час руху на рік становить:

$$t = \frac{50000}{20} = 2500 \text{ год,}$$

Найбільший вклад в економію палива будуть вносити денні ходові вогні. Розрахуємо струм споживання світлодіодних ходових вогнів, враховуючи що один світлодіод споживає 0,015 А, а їх в двох вогнях 32 штуки, тоді струм дорівнює:

$$I_{\text{спожхв}} = I_{\text{світлодіод}} \cdot 32, \quad (5.6)$$

де $I_{\text{світлодіод}}$ – споживання струму одним світлодіодом, А;

32 – кількість світлодіодів, шт.

$$I_{\text{спожхв}} = 0,015 \cdot 32 = 0,48 \text{ А,}$$

Двоє денних вогнів з нитками розжарювання по 55 Вт кожний споживають:

$$I_{\text{спождв}} = 2 \cdot \frac{P_{\text{спождв}}}{U_{\text{спождв}}}, \quad (5.7)$$

де $P_{\text{спождв}}$ – споживання потужності, Вт;

$U_{\text{спождв}}$ – номінальна напруга, В;

2 – кількість денних вогнів, шт.

Отримаємо:

$$I_{\text{спождв}} = 2 \cdot \frac{55}{13,8} = 7,8 \text{ А,}$$

Припустимо, що на протязі кожних 24 годин руху, денні вогні працюють 16 годин, тоді за рік вони будуть працювати:

$$t_{\text{ppik}} = t \cdot \frac{t_{\text{рдоба}}}{24}, \quad (5.8)$$

де $t_{\text{рдоба}}$ – кількість задіяного часу денними вогнями, год.

t – час руху на рік, год;

24 – кількість годин в добі, год.

$$t_{\text{ppik}} = 2500 \cdot \frac{16}{24} = 1667 \text{ год,}$$

Зменшення споживання струму світлодіодними денними вогнями порівняно з лампами розжарювання складає

$$I_{\text{різниця}} = I_{\text{спождв}} - I_{\text{спожхв}}, \quad (5.9)$$

де $I_{\text{спождв}}$ – споживання струму денними вогнями, А;

$I_{\text{спожхв}}$ – споживання струму лампами розжарювання, А.

$$I_{\text{різниця}} = 7,8 - 0,48 = 7,32 \text{ А,}$$

Кількість зекономленого палива розрахуємо шляхом порівняння виробленої двигуном енергії. Розрахуємо економію енергії, котру міг би виробити генератор.

Вона становить:

$$E_{\text{економ}} = I_{\text{різниця}} \cdot \frac{U_{\text{спож}}}{1000}, \quad (5.10)$$

де $I_{\text{різниця}}$ – різниця споживання струму світлодіодними денними вогнями порівняно з лампами розжарювання, А.

$U_{\text{спож}}$ – номінальна напруга, В.

$$E_{\text{економ}} = 7,32 \cdot \frac{13,8}{1000} = 0,101 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Приймаючи середній ККД генератора на рівні 60 %, знаходимо енергію, котру повинен виробити з пального двигун внутрішнього згоряння

$$E_{\text{вироб60\%}} = E_{\text{економ}} \cdot \frac{100}{60}, \quad (5.11)$$

де $E_{\text{економ}}$ – економія енергії, котру міг би виробити генератор, кВт · год

100 – максимальне значення ККД, %;

60 – середній ККД генератора, %.

$$E_{\text{вироб60\%}} = 0,101 \cdot \frac{100}{60} = 0,1683 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

З іншого боку відомо що на подолання одного 1 км. автомобіль у середньому витрачає 0,15 кВт·год.

Прийmemo ККД двигуна внутрішнього згоряння на рівні 30 %, а трансмісії – 95 %.

Тоді двигун на подолання 1 км. Виробляє:

$$E_{\text{вироб30\%}} = E_{\text{витр1км}} \cdot \frac{100}{30} \cdot \frac{100}{95}, \quad (5.11)$$

де $E_{\text{витр1км}}$ – витрата енергії, на подолання одного 1 км, кВт · год

95 – середній ККД трансмісії, %;

60 – середній ККД генератора, %.

$$E_{\text{вироб30\%}} = 0,15 \cdot \frac{100}{30} \cdot \frac{100}{95} = 0,53 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Приймаючи витрату палива 10 л. на 100 км., знаходимо що автомобіль на подолання одного 1 км. Витрати становлять 0,1 л. Приймаємо зекономлене паливо на протязі 1 год. за x та складаємо пропорцію:

$$\frac{x}{Q} \cdot \frac{E_{\text{вироб60\%}}}{E_{\text{вироб30\%}}}, \quad (5.12)$$

де Q – витрата палива на подолання 1 км, л;

$E_{\text{вироб30\%}}$ – вироблена енергія на подолання 1 км при ККД двигуна внутрішнього згоряння на рівні 30 %;

$E_{\text{вироб60\%}}$ – вироблена енергія на подолання 1 км при ККД двигуна внутрішнього згоряння на рівні 60 %;

$$x = \frac{0,1 \cdot 0,1683}{0,53} = 0,03175 \text{ л,}$$

Приймаючи вартість палива на рівні 30,6 грн. за 1 л., знаходимо що економія від встановлення світлодіодних денних ходових вогнів за 1 год. становить :

$$W_{\text{1год}} = x \cdot N, \quad (5.13)$$

де x – зекономлене паливо на протязі 1 год., л;

N – вартість палива за 1 л, грн.

$$W_{\text{1год}} = 0,03175 \cdot 30,6 = 0,9715 \text{ грн,}$$

Тоді економія за рік становитиме:

$$W_{\text{рік}} = W_{\text{1год}} \cdot t_{\text{ррік}}, \quad (5.14)$$

де $W_{\text{1год}}$ – економія від встановлення світлодіодних денних ходових вогнів за 1 год, грн;

$t_{\text{ррік}}$ – кількість годин роботи, год.

$$W_{\text{рік}} = 0,9715 \cdot 1667 = 1619,57 \text{ грн},$$

Припустимо що всі інші модернізовані освітлюючі прилади на кожні 24 год. руху автомобіля працюють 1 год. Тоді за рік вони будуть працювати

$$t_{\text{ррікмпр}} = t \cdot \frac{t_1}{24}, \quad (5.15)$$

де t_1 – кількість годин роботи за добу, год;

t – час руху на рік, год.

$$t_{\text{ррікмпр}} = 2500 \cdot \frac{1}{24} = 104,2 \text{ год},$$

. Нехай зменшення споживання струму при цьому становить 4 А. Значить буде економитись

$$W_{\text{1годоп}} = I_{\text{спожстр}} \cdot U_{\text{спож}} \cdot \frac{100}{60}, \quad (5.16)$$

де $I_{\text{спожстр}}$ – зменшення споживання струму, А.

$U_{\text{спож}}$ – номінальна напруга, В.

$$W_{\text{1годоп}} = 4 \cdot 13,8 \cdot \frac{100}{60} = 92 \text{ Вт} \cdot \text{год},$$

За один рік. буде зекономлено

$$X_{\text{оп}} = W_{1\text{годоп}} \cdot \frac{x}{E_{\text{вироб30\%}}} \cdot t_{\text{ррікмпр}}, \quad (5.17)$$

де $W_{1\text{годоп}}$ – енергія освітлюючих приладів зекономлена за кожні 24 год, Вт · год;

x – зекономлене паливо на протязі 1 год., л ;

$E_{\text{вироб30\%}}$ – витрата енергії, на подолання одного 1 км, кВт · год;

$t_{\text{ррікмпр}}$ – кількість часу роботи освітлюючих приладів за 1 рік, год.

$$X_{\text{оп}} = 0,092 \cdot \frac{0,1}{0,53} \cdot 104,2 = 1,8 \text{ л,}$$

За 1 рік буде зекономлено 1,8 л., або в грошовому еквіваленті 55,35 грн.

Загальна економія світлодіодного освітлення автомобіля порівняно з лампами розжарювання протягом 1 року становитиме:

$$W_{\text{загрік}} = W_{\text{рік}} + W_{\text{рікоп}}, \quad (5.18)$$

де $W_{\text{рік}}$ – економія від встановлення світлодіодних денних ходових вогнів, грн;

$W_{\text{рікоп}}$ – економія від встановлення світлодіодного освітлення, грн.

$$W_{\text{загрік}} = \cdot 1619,57 + 55,35 = 1674,35 \text{ грн,}$$

Нехай автомобіль експлуатувався на протязі 3 років, тоді економія становить 5023,05 грн.

Відносний економічний ефект знайдемо як відношення економії при експлуатації до вартості модернізації, за формулою:

$$K_{\text{відн}} = \frac{W_{\text{заг3рік}}}{C_{\text{ВП}}}, \quad (5.19)$$

де $W_{\text{заг3рік}}$ – загальна економія за 3 роки експлуатації, грн;

$C_{\text{ВП}}$ – загальна вартість виробництва, грн.

$$K_{\text{відн}} = \frac{5023,05}{1040} \approx 5 \text{ разів},$$

Розглянемо економію заміни для парку техніки яка складає дванадцять автомобілів працюючих в тих самих умовах. Загальна економія на світотехніці для парку машин, становить:

$$W_{\text{заг3рік12}} = W_{\text{заг3рік}} \cdot 12, \quad (5.20)$$

де $W_{\text{заг3рік}}$ – загальна економія за 3 роки експлуатації одного автомобіля, грн

12 – кількість автомобілів, шт.

Підставив дані, отримуємо:

$$W_{\text{заг3рік12}} = 5023,05 \cdot 12 = 60276,6 \text{ грн.}$$

Підсумовуючи вище описані економічні розрахунки можна дійти висновку, що виконана заміна ламп розжарювання на світлодіодні є актуальною, оскільки світлодіоди мають на багато довший термін служби і є економічно доцільними.

Економія за три роки експлуатації для одного автомобіля становить п'ять тисяч двадцять три гривні, що дає нам змогу економити на світотехніці для парку в кількості дванадцяти машин грошей в розмірі шістдесят тисяч двісті сімдесят шість гривень, що є вигідною перспективою за для економії коштів підприємства.

ВИСНОВКИ

У першій частині роботи було проведено аналіз освітлення легкових автомобілів, що дало нам повноцінну характеристику елементів освітлення сучасних автомобілів з використанням світлодіодів та дослідили систему освітлення як основу для подальшої модернізації.

У другій частині даного проекту була розроблена пропозиція щодо модернізації системи освітлення. Для прикладу було обрано достатньо сучасний автомобіль ВАЗ–2115 але в той же час на ньому встановлено система освітлення з використанням звичайних ламп. Суть виконаних досліджень полягає в розробці схем стабілізації протікаючого струму через світлодіод для різних елементів системи освітлення, вибору світлодіода з необхідною силою світла та достатнім прямим струмом.

В двох наступних частинах була розглянута ергономіка автомобільного освітлення та екологічні аспекти в цій промисловості, що дає нам змогу ознайомитись з взаємодією людини та системи освітлення. В результаті було покращено світловий потік, як в салоні автомобіля так і в зовнішньому освітленні. Завдяки цьому була знижена осліплююча дія для водія та зустрічних автомобілів, забезпечуючи на достатній відстані хорошу видимість на зустрічній смузі руху, що в свою чергу підвищує безпеку руху автомобілів на дорозі.

В економічній частині були визначені розрахунки з яких можна дійти висновку, що виконана заміна ламп розжарювання на світлодіодні є актуальною, оскільки світлодіоди мають на багато довший термін служби, не мають великого пускового струму, стійкі до вібрацій, мають менший час спрацьовування, що особливо актуально на високих швидкостях руху. Як показав розрахунок, світлодіодні лампи мають більшу ціну, але в той час завдяки високій функціональності, їх функціональна ціна майже нижче в два рази ніж у найближчого аналога. Економія палива від використання є такою, що майже повністю окупає вартість заміни звичайних ламп на світлодіодні вже за рік експлуатації автомобіля в міському циклі руху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Галушак В.С., Сошинов А.Г., Артюхов І.І., Угаров Г.Г, Стратегія розвитку енергозбереження у вуличному освітленні. // Науковий журнал «Сучасні проблеми науки та освіти». – 2009. – Т.1, №5. – С. 3–5.
2. Коган Л.М. Світлодіодні освітлювальні прилади. // Світлотехніка. 2002. – Т.1, №5 – С. 16–20.
3. Басов В.Б., Світлодіоди – переваги та недоліки. // Електроніка 2010. – Т.1, №6. – С. 35–37.
4. Термін служби світлодіодних світильників: рекомендації щодо тестування. //Сучасна світлотехніка. –2010. Т.1, – №6.
5. А.Т. Овчаров, Б.В. Акімов. Деградація випромінювальних характеристик люмінесцентних ламп з позиції фотостійкості люмінофорів. / Матеріали доповіді семінару: Енергетика: економія, надійність, безпека. Томск, 20 – 21 вересня 1998 р. – С. 34–35.
6. А.Т. Овчаров, А.А. Вилісов, Е.В. Широкова. Фотоіндукована корекція параметрів випромінюючих діодів. / Вісті вузів, 1997, с №8 . – 114 с.
7. А. Поліщук, А. Туркін. Деградація напівпровідникових світлодіодів на основі нітриду галію та його твердих розчинів. / жур.: Компоненти та технології, 2008, – Т.1, №2. – С. 18–22.
8. С. Нікіфоров. Повість про «вічну» молодість світлодіодів. / жур.: Напівпровідникова світлотехніка, 2010, – Т.1, №4. – С. 32–36.
9. Вказівки – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.premierelectric.com/files/supertex/pdf/hv9910.pdf> – Дата доступу 13.11.2021. – Назва з екрану.
10. Електричні компоненти – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/166742/ONSEMI/NUD4001> – Дата доступу 13.11.2021. – Назва з екрану.

11. Електричні компоненти – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/2182.pdf> – Дата доступу 14.11.2021. – Назва з екрану.
12. Електричні компоненти – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS009299.PDF> – Дата доступу 14.11.2021. – Назва з екрану.
13. Електричні компоненти – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/2300/501448_DS.pdf – Дата доступу 14.11.2021. – Назва з екрану.
14. ВАЗ-2115. Посібник з ремонту. Москва.: «Третій Рим», 2005, – Т.1, №6. – 304 с.
15. Косарев С.Н., Мельнікова Л.А. та ін. ВАЗ-2115–14. Керівництво по ремонту, експлуатації та технічного обслуговування, Москва.: «Третій Рим», 2004, – Т.1, №4. – 138 с.
16. Пристрій, технічне обслуговування та ремонт автомобілів: Навч. / Ю.І. Боровских, Ю.В. Буралєв, К.А. Морозов, В.М. Нікіфоров, А.І. Фешенко – Москва: Вища школа; Видавничий центр «Академія», 1997.– 528 с.
17. Новини науки – [Електронний ресурс] – Режим доступу http://rnd.cnews.ru/tech/news/line/index_science.shtml?2011/02/16/428077 – Дата доступу 18.11.2021. – Назва з екрану.
18. Журнал «Світлодіодне освітлення» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://leds-magazine.ru/fotobiologiya1.html> – Дата доступу 21.11.2021. – Назва з екрану.