

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

«Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу»

Виконав: студент 4 курсу, гр. ЕМСА-216
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сергій ЯЩУК

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК

Валентин ГРАБКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

«20» вересня 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедр ЕЕФЕМ

(прізвище та ініціали)

«10» вересня 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри

«3» серпня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачкафедри

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

“18” лютого 2025 року

ЗАВДАННЯ **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ящуку Сергію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу

Керівник роботи Грабко Валентин Володимирович, к.т.н., доц. каф.КЕМСК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “20” березня 2025 року №97

2. Термін подання студентом роботи 03.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Маса механізму повороту m_m , кг – 2,5; Діаметр ходового колеса редуктора d_k , м – 0,025, швидкість обертання на холостому ході V_{xx} , м/с – 0,08, ККД механізму при номінальному навантаженні η_n – 0,6, тривалість ввімкнення ТВ, % - 65, Кількість електродвигунів, шт. – 4, Момент інерції редуктора приведений до валу двигуна J , кг м² – $15 \cdot 10^{-8}$.

4. Зміст текстової частини: 1. Загальна характеристика об'єкту дослідження. 2. Попередній розрахунок потужності електродвигунів механізму адаптивного освітлення. 3. Техніко-економічне обґрунтування вибору електроприводу системи регулювання фар. 4. Вибір електродвигуна та його перевірка. 5. Визначення оптимального варіанту системи ШІМ-перетворювача. Розробка структури схеми системи адаптивного освітлення. Розробка алгоритмів функціонування системи. Розробка схеми електричної принципової. Програма генерації ШІМ-сигналу мікроконтролера Atmega. Розрахунок динамічних режимів системи регулювання. Охорона праці. Висновки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Система адаптивного освітлення. Механізм адаптивного освітлення. Тахограма механізму регулювання. Техніко-економічне обґрунтування. Схема електрична структурна. Основний алгоритм роботи системи. Схема електрична принципова. Моделювання системи регулювання в ППП Matlab Simulink та ППП Mathcad. Висновки по роботі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	к. т. н., доц. каф. КЕМСК Грабо В.В.	18.02.2025	06.05.2025
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	18.02.2025	06.08.2025

7. Дата видачі завдання

18.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	18.02.2025	вик
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	06.05.2025	вик
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	20.05.2025	вик
4	Виконання розділу «Охорона праці»	20.05.2025	вик
5	Попередній захист БДР	03.06.2025	вик
6	Нормоконтроль БДР	03.06.2025	вик
7	Рецензування БДР	13.06.2025	вик
8	Захист БДР	20.06.2025	вик

Студент

(підпис)

Яшук С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Грабо В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 124 сторінки формату А4, на яких є 19 рисунків, 10 таблиць, список використаних джерел містить 21 найменування.

Розроблено систему автоматичного адаптивного освітлення транспортного засобу. Була розглянута конструкція механізму регулювання фар, проаналізований цикл його роботи. За поставленим технічним завданням були порашовані статичні і динамічні моменти двигунів під час перехідних процесів пуску механізму. Була визначена потрібна потужність для привідних двигунів і виконане техніко-економічне обґрунтування вибору системи електроприводу, в якості якої вибрано систему ШП-ДПС на базі мікроконтролера. Розроблено пристрій на базі мікроконтролера Atmega 128 відповідно до вимог завдання. Розроблені схеми структурна, електрична принципова, алгоритми керування системою автоматичного регулювання фар, програми. У розділі «Охорона праці» виконано системний аналіз надійності та безпеки автомобільної системи.

Ключові слова: електропривод, регулювання, адаптивне освітлення, мікропроцесор, динаміка, алгоритм, ШІМ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 104 pages of A4 format, on which there are 19 figures, 10 tables, the list of used sources contains 23 names.

A system of automatic adaptive lighting of a vehicle has been developed. The design of the headlight adjustment mechanism has been considered, its operating cycle has been analyzed. According to the technical task, the static and dynamic moments of the engines during the transient processes of starting the mechanism have been calculated. The required power for the drive motors has been determined and a feasibility study has been carried out for the choice of an electric drive system, as which the SHIP-DPS system based on a microcontroller has been selected. A device based on the Atmega 128 microcontroller has been developed in accordance with the requirements of the task. Structural and electrical schematic diagrams, control algorithms for the automatic headlight adjustment system, and programs have been developed. In the "Occupational Safety" section, a system analysis of the reliability and safety of the automotive system has been performed.

Keywords: electric drive, regulation, adaptive lighting, microprocessor, dynamics, algorithm, PWM

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Характеристики та особливості адаптивного освітлення	8
1.2 Сучасні зразки систем адаптивного освітлення	10
1.3 Механізм адаптивного освітлення.....	16
1.4 Огляд сучасних сенсорів, мікроконтролерів та інших пристроїв	17
2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ МЕХАНІЗМУ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ	25
2.1 Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми і тахограми виконавчого органу механізму регулювання	25
2.2 Визначення статичних моментів механізму.....	27
2.3 Визначення динамічних моментів механізму.....	29
2.4 Попередній розрахунок потужності привідного двигуна	33
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ	35
4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	40
4.1 Вибір електричного двигуна за його номінальними характеристиками.....	40
4.2 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода	42
4.3 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску	42
4.4 Огляд принципів побудови системи ЕП на базі ШІМ	43
4.5 Розробка структури системи адаптивного освітлення	52
4.6 Розробка алгоритмів функціонування системи автоматичного регулювання фар.....	54
5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СИСТЕМИ	

АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	65
5.1 Вибір мікроконтролера.....	65
5.2 Вибір сенсора кута повороту керма	73
5.3 Вибір сенсорів кута повороту фар.....	74
5.4 Вибір сенсорів кутів положення кузова.....	75
5.5 Вибір сенсора швидкості.....	77
5.6 Синтез принципової схеми пристрою.....	78
5.7 Програма генерації ШІМ-сигналу мікро контролера Atmega.....	85
5.8 Побудова перехідних процесів електропривода в ППП Matlab.....	88
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	93
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104
Додаток А Технічне завдання.....	107
Додаток Б Ілюстративні матеріали.....	112
Додаток В Протокол перевірки кваліфікаційної роботи.....	124

ВСТУП

Актуальність теми. Станом на сьогодні в світі експлуатується приблизно 1,2 мільярда автомобілів. Із розвитком технологій сам автомобіль істотно змінився, як і умови його експлуатації. Автомобілізація продовжує набирати обертів надзвичайно швидкими темпами. Проблематика безпеки дорожнього руху має глибоке історичне коріння — ще за часів кінного транспорту існували небезпеки на дорогах, однак із запровадженням механічних засобів пересування ця проблема загострилася. Уже в 1831 році в Лондоні стався перший зафіксований інцидент із паровим транспортом, коли віз, намагаючись уникнути зіткнення з дітьми, в'їхав у будівлю. Унаслідок пригоди загинув керманіч транспортного засобу [2].

Варто підкреслити, що сьогоднішні автомобілі мають значно кращі характеристики — вони швидші, потужніші, економічніші й комфортніші. Однак інфраструктура — вулично-дорожні мережі українських міст і сіл, а також залізничні переїзди — за останнє десятиліття майже не зазнали істотних змін. Незважаючи на технічний прогрес, рівень ДТП та кількість постраждалих на українських дорогах залишається критично високим у порівнянні з більшістю інших країн. Наприклад, у Швейцарії на кожен мільйон мешканців унаслідок ДТП гине 49 осіб, у Німеччині — 62, тоді як в Україні — 164 [3].

Сьогодні провідні світові автовиробники дедалі більше акцентують увагу на питаннях безпеки дорожнього руху. Активно вдосконалюються як пасивні, так і активні системи безпеки, а також різноманітні засоби попередження та сигналізації. Зростає інтерес до новітніх напрямів — зокрема, до систем моніторингу фізичного стану водія та адаптивних функцій автомобіля відповідно до дорожньої ситуації. Наприклад, фахівці компанії Volvo Car Corporation ведуть масштабні дослідження і розробки, спрямовані на реалізацію амбітної мети: повна відсутність ДТП за участі автомобілів Volvo у майбутньому. Одним із кроків до досягнення цілей «Стратегії-2020» є

прагнення до того, щоб у нових моделях Volvo жоден пасажир не зазнавав серйозних травм.

Керування транспортним засобом у нічний час суттєво відрізняється від денного: темрява погіршує видимість дороги та об'єктів довкола, знижує орієнтацію в просторі, а також сприяє швидшій втомі очей та зменшенню концентрації уваги. Хоча трафік уночі менш інтенсивний, загальний рівень небезпеки суттєво підвищується. За статистикою, в темну пору доби трапляється понад 50% усіх аварій на дорогах. Саме тому перед нічною поїздкою слід ретельно підготувати автомобіль і заздалегідь ознайомитися з маршрутом.

Рівень освітленості дорожнього покриття є одним із ключових факторів, що впливають на безпеку водіння у нічний час. Сучасні адаптивні системи автомобільного освітлення здебільшого забезпечують поворот фар лише в горизонтальній площині. Однак під час руху на спусках, підйомах або в гірській місцевості виникає потреба в одночасному коригуванні світла і по вертикалі. Сучасні мікропроцесорні технології дають змогу реалізувати автоматичне налаштування напрямку світлового пучка без необхідності втручання водія.

Тема роботи: "Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу" є актуальною та важливою в умовах сучасного розвитку автомобільного транспорту та умов безпеки на дорозі та вирішує позначену проблему.

Об'єктом досліджень є електрообладнання автомобіля.

Предметом дослідження є мікроконтролерна система автоматичного регулювання фар для освітлення дорожнього полотна рухомим автомобілем.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка такої мікроконтролерної системи автоматичного регулювання фар, яка забезпечить адаптацію світла фар у відповідності з умовами руху автомобіля, до яких слід віднести – швидкість руху, напрямок руху, положення кузова автомобіля щодо

землі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- розглянути особливості існуючих сучасних систем і провести їх порівняльний аналіз;
- визначити структуру системи відповідно до завдання;
- розробити спільний алгоритм роботи системи;
- розробити алгоритми обробки сигналів датчиків;
- розробити алгоритми непрямих вимірювань швидкості за положеннями кузова автомобіля;
- вибрати базовий мікропроцесорний комплект і елементну базу розроблюваного устрою;
- розробити схему електричну принципову пристрою;
- визначити заходи щодо безпеки;

Практична цінність роботи полягає в розробці мікроконтролерної системи автоматичного регулювання фар, реалізованої на комплектуючих елементах і складових частинах, що випускаються промисловістю.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Характеристики та особливості адаптивного освітлення

Сучасний автомобіль — це складна технічна система, що включає численні електронні та автоматизовані компоненти, які сприяють покращенню динамічних характеристик, зниженню шкідливих викидів, забезпеченню стійкості на дорозі, підвищенню комфорту для водія й пасажирів, а також підсиленню рівня безпеки.

Одним із ключових аспектів безпечного водіння у темну пору доби є ефективне освітлення дорожнього покриття. Система головного освітлення повинна адаптуватися до змін дорожніх умов — як у межах міста, так і на заміських трасах, перехрестях, розвилках або при зустрічному русі. Освітлювальні прилади мають змінювати свої параметри відповідно до дорожньої ситуації, направляючи світло так, щоб максимально висвітлити передбачувану траєкторію руху транспортного засобу.

Ідея повороту фар у напрямку кермування виникла майже одночасно з появою самих фар. Це логічно: набагато зручніше, коли освітлюється саме той відрізок дороги, куди спрямований автомобіль. Проте ранні механічні спроби поєднати фари з рульовим керуванням не дозволяли враховувати швидкість руху при зміні кута світлового променя. У той час чинні правила безпеки не допускали використання подібного типу освітлення, і концепція «адаптивного» світла була відхилена.

Новий виток розвитку цієї ідеї розпочала компанія Cibie: у 1967 році французькі інженери представили перший пристрій, здатний динамічно регулювати нахил фар. А вже в 1968 році на автомобілях Citroën DS почали встановлювати фари дальнього світла, що поверталися слідом за кермом.

Сьогодні концепція поворотного освітлення отримала нове життя завдяки електронним технологіям. Одне з найпростіших сучасних рішень — встановлення додаткової бокової лампи, яка автоматично вмикається під час

повороту керма або увімкнення поворотного сигналу при швидкості до 70 км/год.

Наступним етапом еволюції автомобільного освітлення стали повноцінні поворотні фари. У таких системах модулі ближнього та дальнього світла змінюють своє положення з урахуванням як кута повороту керма, так і поточної швидкості автомобіля. Автоматично керовані фари мають можливість працювати в різних режимах, і постійно адаптують напрямок світлового променя відповідно до дорожньої ситуації. Зокрема, при високій швидкості система швидше реагує на повороти керма, тоді як при повільному русі зміни кута нахилу відбуваються плавніше й повільніше. Таким чином, світловий потік автоматично узгоджується з динамікою "поля зору" водія під час маневрування на будь-якій швидкості.

Сьогодні подібними технологіями оснащується значна кількість автомобілів — від преміальних брендів, таких як Mercedes-Benz, BMW, Lexus, до масових моделей, включаючи Opel.

Ці рішення відкривають нову сторінку в розвитку автомобільного освітлення, забезпечуючи гнучке керування функціями фар залежно від дорожніх умов.

Останнє покоління таких систем засноване на використанні світлодіодної технології: фари формуються з окремих світлодіодних елементів, які вмикаються або вимикаються групами в залежності від швидкості, напрямку руху й навколишньої обстановки. Хоча LED-фари вважаються найперспективнішим напрямком, адаптивні поворотні системи залишаються затребуваними, оскільки вартість світлодіодних рішень досі є досить високою.

Системи автоматичного керування світлом сьогодні є одним із ключових напрямів розвитку сучасного автомобілебудування, спрямованих на підвищення безпеки та комфорту. Їх актуальність обумовлена стрімким прогресом в області автомобільної електроніки. Основна мета цього прогресу

— зменшення навантаження на водія, зниження втомлюваності під час керування, покращення зручності та безпеки поїздок.

За статистичними даними Федерального бюро статистики Російської Федерації, понад 40% ДТП з летальними наслідками відбуваються у нічний час, попри те, що інтенсивність руху в ці години приблизно на 80% нижча, ніж удень. Це пояснюється тим, що людина отримує до 90% дорожньої інформації за допомогою зору, однак у темряві, за умов недостатнього освітлення, цей показник може знижуватись до критичних 4%. Саме тому ефективне освітлення має вирішальне значення.

Адаптивні системи головного світла суттєво підвищують рівень безпеки під час руху в темну пору доби, особливо у складних погодних умовах — восени та взимку. Завдяки технології поворотних фар із автоматичним регулюванням напрямку світла, промінь точно слідує за траєкторією руху автомобіля в поворотах, що дозволяє водієві краще зосереджувати увагу на дорозі. Дослідження показують, що такі фари можуть покращити освітлення шляху в напрямку руху майже на 90%.

Беззаперечним є той факт, що існує нагальна потреба у розробці більш ефективних пристроїв подібного класу. Відповідно, основною метою даного дослідження є створення мікроконтролерної системи, яка забезпечує автоматичне регулювання автомобільних фар.

1.2 Сучасні зразки систем адаптивного освітлення

Система SmartBeam

Американська компанія Gentex постачає автомобілям BMW власну інтелектуальну систему керування світлом під назвою SmartBeam. Ця технологія призначена для автоматичного перемикання між ближнім і далеким світлом фар залежно від дорожньої ситуації та умов освітлення.

У системі використовується компактна відеокамера, вмонтована в корпус, яка спрямована вперед і аналізує як рівень освітленості, так і рух

об'єктів у полі зору. Якщо зафіксовано низький рівень освітлення й немає зустрічного або попутного транспорту, система автоматично активує дальнє світло. У випадку, коли виявляються фари зустрічного автомобіля або задні габарити авто попереду, SmartBeam миттєво перемикається на ближнє світло, щоб уникнути засліплення інших учасників руху.

Цікаво, що ця система інтегрована в дзеркало заднього виду з функцією автоматичного затемнення, яке також розроблене Gentex. Дзеркало знижує яскравість відблисків від фар транспорту, що наближається ззаду, підвищуючи комфорт водія вночі.

Під комерційною назвою High-Beam Assist ця технологія пропонується в комплектації з ксеноновим освітленням на моделях BMW 5, 6 та 7 серії.

Система Intelligent Light System

Сьогодні поворотні фари стали звичною опцією на багатьох сучасних автомобілях. Проте саме концерн Daimler-Chrysler першим впровадив комплексну освітлювальну систему під назвою Intelligent Light System, в якій ліва та права фари можуть рухатися незалежно одна від одної. Вони здійснюють повороти не лише в горизонтальній площині, але й регулюють кут нахилу вниз (див. рисунок 1.1). Це нагадує рух ока хамелеона, що пристосовується до навколишнього середовища.

Які переваги дає така система? Наприклад, при швидкості понад 110 км/год електронний блок керування розширює кут розсіювання ближнього світла, забезпечуючи більш широке освітлення дороги на відстані до 120 метрів. У спеціальному режимі для сільських доріг або в умовах густого туману (система розпізнає це за увімкненням задніх протитуманних ліхтарів) ліва фара нахиляється так, щоб краще висвітлювати протилежне узбіччя, направляючи світловий потік лівіше і трохи вниз.

Додаткові лампи ближнього світла мають два режими роботи — стандартний і посилений («форсований»). Крім того, при швидкості до 40

км/год, коли вмикаються покажчики повороту або здійснюється поворот керма, автоматично вмикається одна з протитуманних фар для кращого освітлення повороту.

Звичайна головна оптика



Intelligent Light System



«Протитуманне» ближнє Режим «для сільських доріг» «Форсоване»

Рисунок 1.1 – Система адаптивного освітлення Intelligent Light System

Система VARILIS

Одна з найцікавіших розробок — система VARILI, створена компанією Hella у співпраці з кількома автовиробниками. Назва розшифровується як Variable Intelligent Lighting System — змінна інтелектуальна система освітлення. Одна з її реалізацій — система Vario, що дозволяє фарі працювати у п'яти різних режимах світла. В «ксеноновому» прожекторі замість звичайного екрана, який відповідає за ближнє світло,

використовується циліндр складної конструкції. Перемикання між режимами здійснюється за допомогою обертання цього циліндра.

Наприклад, у міських умовах фари забезпечують широкий і близький світловий пучок, тоді як на автомагістралі форма ближнього світла трохи змінюється, щоб забезпечити більшу дальність освітлення. Очікується, що система Vario буде готова до серійного впровадження вже у 2006 році, а згодом європейські нормативи дозволять інтегрувати фари з GPS-навігацією.

Однією з перших компаній, що представила подібну технологію, стала BMW у 2001 році. Їхній концепт-кар X-Coupe мав асиметричний дизайн фар, які поверталися за командами GPS-навігатора, враховуючи швидкість, кут повороту керма та бічні прискорення. Навігаційна система також могла прогнозувати майбутні повороти і автоматично регулювати розподіл світла, наприклад, при перетині кордону Великої Британії, що демонструє гнучкість системи Vario.

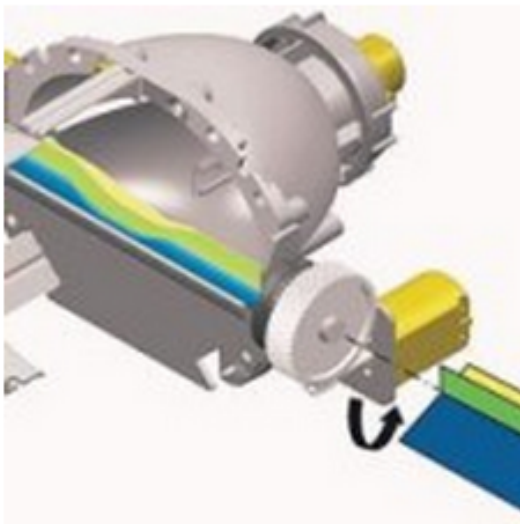


Рисунок 1.2 – Реалізація системи Vario

Сама система Vario від компанії Hella функціонує у п'яти різних режимах (див. рисунки 1.2, 1.3). Для цього звичайний екран, який формують ближнє світло, замінений спеціальним циліндром зі складною формою. Кожна утворююча цього циліндра (на малюнку позначені різними

кольорами) відповідає певному світлорозподілу. Перемикання між режимами відбувається автоматично за допомогою крокового електромотора.



Традиційне освітлення

Міське освітлення *VarioX*

Рисунок 1.3 – Ефективність систем освітлення

Система Night Vision

Компанія Bosch розробила систему нічного бачення під назвою Night Vision (див. рисунок 1.4). Ця сучасна активна інфрачервона технологія, яка наразі не має прямих аналогів на європейському ринку, значно підвищує комфорт і безпеку керування автомобілем у темний час доби. Завдяки системі водій отримує можливість чітко виявляти інших учасників руху та потенційні перешкоди на відстані до 150 метрів. Це дає змогу раніше помітити небезпечні ситуації, оперативніше реагувати на них і своєчасно вживати заходів. При цьому зона ефективної роботи Night Vision втричі більша за дальність світла звичайних фар ближнього світла, і система не створює засліплення для водіїв зустрічних автомобілів.



Рисунок 1.4 – Активна інфрачервона система нічного бачення

Керування автомобілем у темний час суттєво ускладнює процес водіння і підвищує ймовірність дорожньо-транспортних пригод. Звичайні галогенові фари ближнього світла освітлюють лише обмежену ділянку дороги та узбіччя — близько 40 метрів, тоді як використання фар далекого світла часто обмежене через ризик засліплення водіїв, що рухаються назустріч. За статистикою, ділянки доріг, де дозволено користуватися дальнім світлом, становлять лише 15% від загальної довжини доріг у Європі. Внаслідок цього керування вночі залишається дуже ризикованим: хоча на темний час доби припадає лише 20% загального пробігу, майже половина серйозних аварій трапляється саме вночі або у сутінках.

Система Night Vision від Bosch використовує спеціальну відеокамеру, розташовану за дзеркалом заднього виду. Вона фіксує ділянку дороги, освітлену двома вбудованими в передні фари автомобіля інфрачервоними лампами, які невидимі для людського ока. Отримані відеосигнали обробляються керуючим блоком і виводяться на екран у вигляді чіткої монохромної картинки з високою роздільною здатністю.

1.3 Механізм адаптивного освітлення

Приклад механізму, який реалізує функцію адаптивного освітлення, показаний на рисунку 1.5.

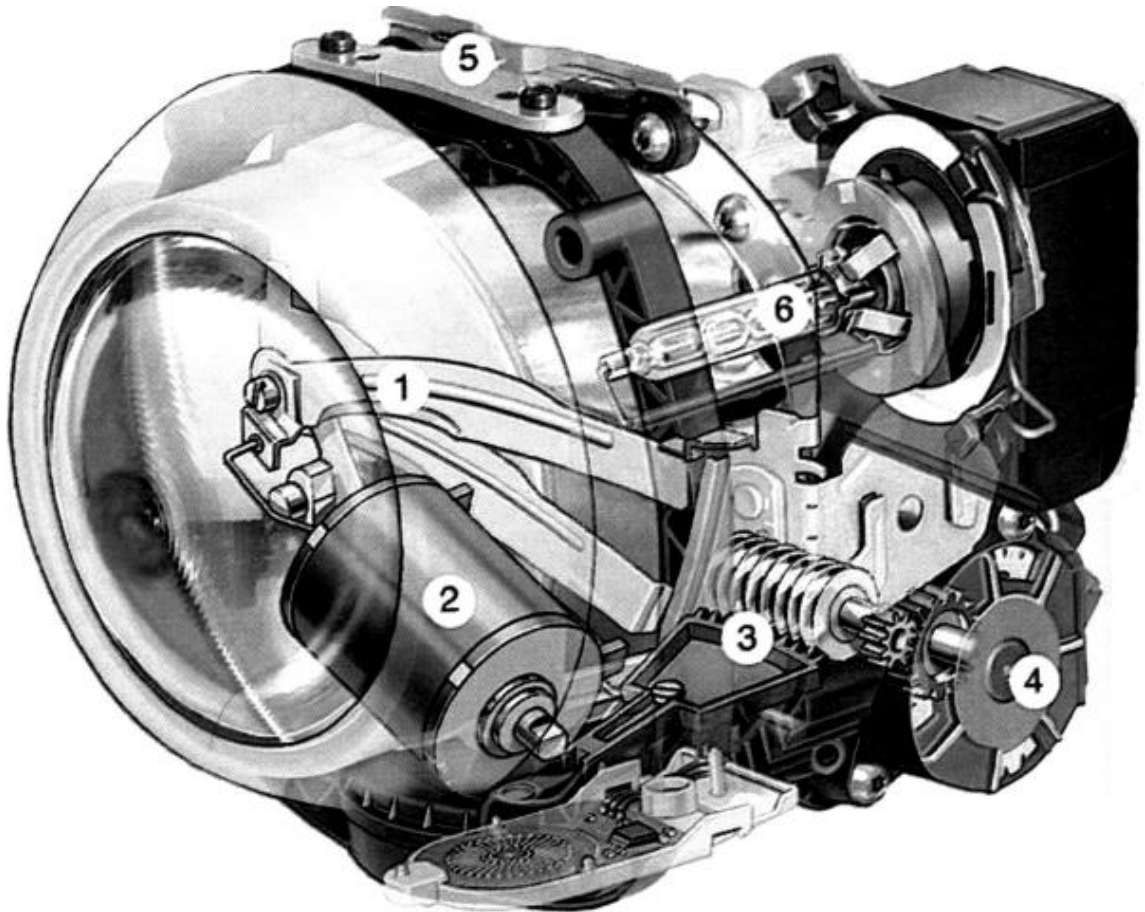


Рисунок 1.5 – Механізм регулювання адаптивним освітлення

Виконавчий механізм контролюється спеціальним контролером, який оцінює швидкість руху автомобіля та кут повороту керма.

На рисунку 1.5 позначені наступні елементи:

- 1 — оптичний модуль для ближнього та дальнього світла;
- 2 — привідний механізм (актуатор);
- 3 — черв'ячний редуктор;
- 4 — електродвигун;
- 5 — механізм, що забезпечує поворот оптичного модуля;
- 6 — лампа.

1.4 Огляд сучасних сенсорів, мікроконтролерів та інших пристроїв

Сьогодні широко застосовується мікроконтролерна та мікропроцесорна техніка, яка забезпечує швидку, точну і надійну обробку інформації, а також гнучкість завдяки можливості програмного налаштування необхідних функцій. Головним елементом мікропроцесорної системи керування є програмований однокристальний мікроконтролер, створений на основі сучасних мікропроцесорних технологій. Він оснащений розвиненими інтерфейсами, що забезпечують не лише обробку даних, а й обмін інформацією, зчитування показників з датчиків, передачу команд керування та зв'язок з електронним блоком управління автомобіля.

Залежно від конструктивних особливостей, мікроконтролери поділяються на такі типи:

- однокристальні, які мають фіксовану розрядність (8, 16 або 32 біти) та певний набір команд;
- багатокристальні (секційні) системи з можливістю збільшення розрядності слова та мікропрограмним керуванням.

Сучасні мікроконтролери здебільшого базуються на архітектурі RISC — це процесори, що виконують обмежений, але оптимізований набір інструкцій, що забезпечує високу продуктивність. Крім того, поширеними є безакумуляторні контролери, де операції виконуються над будь-яким регістром загального призначення, що значно зменшує кількість операцій передачі даних і підвищує ефективність роботи.

З точки зору організації пам'яті та доступу до неї, такі контролери побудовані за принципом Гарвардської архітектури, яка передбачає роздільні шини для команд і даних, що також сприяє збільшенню продуктивності.

Основними характеристиками мікроконтролера є: швидкодія, розрядність, обсяг пам'яті та наявність інтерфейсів.

Швидкодія — це кількість операцій, які мікроконтролер може виконати

за секунду. Сучасні контролери мають високу швидкість, достатню для виконання більшості завдань автоматизованого управління автомобільними системами.

Розрядність характеризує обсяг інформації, яку мікроконтролер обробляє за одну операцію. Наприклад, 8-розрядний процесор обробляє 8 біт за операцію, а 32-розрядний — 32 біти. Вона впливає на швидкість роботи мікроконтролера і, як наслідок, на швидкість всієї системи. Сам мікроконтролер виконує обробку даних, що надходять і зберігаються в його пам'яті, під керуванням програми, також записаної в пам'яті.

Внутрішня шина даних з'єднує основні блоки мікроконтролера. У системах використовуються три типи шин: даних, адрес і управління. Розрядність внутрішньої шини даних повинна відповідати розрядності самого мікроконтролера. Так, у 8-розрядного контролера внутрішня шина даних має 8 ліній, якими передаються байти (слова) послідовно. По шині даних передається не лише інформація для обробки, але й командна інформація.

Низька розрядність шини даних може обмежувати складність і кількість команд, тому ця характеристика є дуже важливою та значною мірою визначає архітектуру мікроконтролера. Шина даних працює у двобічному режимі передачі — дані можуть передаватися в обох напрямках, але не одночасно.

Для роботи мікроконтролера необхідна програма — послідовність команд — і дані, над якими ці команди виконують операції. Основна пам'ять складається з двох видів запам'ятовуючих пристроїв: оперативного (ОЗУ) і постійного (ПЗУ).

Постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗУ) містить програму та незмінні дані: стандартні підпрограми, таблиці, коди фізичних констант та постійних коефіцієнтів. Інформація в ПЗУ записується заздалегідь і під час роботи мікроконтролера лише зчитується. Таким чином, ПЗУ працює у

режимах зберігання та зчитування. Для можливості зміни програми зручно використовувати перепрограмування ПЗУ (ППЗУ).

Оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗУ) використовується для зберігання тимчасових даних та проміжних результатів обчислень. Він допускає зміну вмісту під час виконання програми. Мікроконтролер може читати з ОЗУ дані та коди команд, а після обробки записувати туди нові результати, замінюючи старі. Таким чином, ОЗУ працює в режимах запису, зчитування і збереження інформації.

До мікропроцесора оперативна (ОЗУ) і постійна (ПЗУ) пам'ять підключаються через шину даних (ШД). Звернення до конкретних комірок пам'яті здійснюється за допомогою адрес, які передаються по шині адреси (ША). Для виконання операцій читання чи запису мікропроцесор генерує спеціальні керуючі сигнали: RD (читання) та WR (запис). Вибірка ОЗУ або ПЗУ відбувається через сигнали вибірки — CSRAM для оперативної та CSROM для постійної пам'яті. Пам'ять інформує мікропроцесор про готовність до операції за допомогою сигналу готовності. Всі ці сигнали разом формують шину управління (ШУ).

Джерелом інформації для мікропроцесора є датчики, які надають дані про стан керованого об'єкта та положення виконавчих механізмів. Через датчики здійснюється зворотний зв'язок між об'єктом управління і системою керування.

Сенсори (або вимірювальні перетворювачі, сенсори) — це ключові елементи багатьох автоматичних систем. Вони забезпечують отримання інформації про параметри контрольованої системи або пристрою.

Сенсор — це пристрій, який перетворює контрольовану фізичну величину (температуру, тиск, частоту, силу світла, електричну напругу, струм тощо) у сигнал, зручний для вимірювання, передачі, зберігання, обробки або реєстрації. Іноді цей сигнал використовується також для впливу на керовані процеси.

Простіше кажучи, сенсор перетворює вхідний фізичний вплив у зручний для подальшого використання електричний чи інший сигнал.

Застосовувані сенсори мають велике різноманіття і можуть класифікуватися за різними ознаками. Залежно від того, яку фізичну величину вони вимірюють, датчики поділяють на такі типи:

- датчики механічних переміщень (як лінійних, так і кутових);
- пневматичні датчики;
- електричні датчики;
- витратоміри;
- датчики швидкості;
- датчики прискорення;
- датчики зусилля;
- температурні датчики;
- датчики тиску та інші.

За типом вихідного сигналу, який формується в результаті перетворення вимірюваної величини, датчики поділяють на неелектричні та електричні. Електричні датчики можуть бути:

- з вихідним сигналом постійного струму (напруги або електрорушійної сили);
- з вихідним сигналом амплітуди змінного струму (напруги або ЗДС);
- з вихідним сигналом частоти змінного струму (напруги або ЗДС);
- а також датчики опору (активного, індуктивного або ємнісного типу) та інші.

Більшість сенсорів є електричними, що пояснюється такими перевагами електричних вимірювань:

- електричні сигнали легко і швидко передавати на великі відстані;
- електричні величини є універсальними, оскільки будь-які інші фізичні параметри можна перетворити в електричні сигнали і навпаки;
- вони легко конвертуються у цифровий код, що забезпечує високу

точність, чутливість і швидкодію вимірювальних систем.

За принципом роботи сенсори поділяються на два основні типи: генераторні та параметричні (також їх називають датчиками-модуляторами). Генераторні датчики безпосередньо перетворюють вимірювану величину в електричний сигнал. Параметричні ж датчики змінюють один із електричних параметрів — опір (R), індуктивність (L) або ємність (C) — залежно від вхідної величини.

Розрізняють три класи сенсорів:

- аналогові датчики, т. Е. Датчики, що виробляють аналоговий сигнал, пропорційно зміні вхідної величини;
- цифрові датчики, що генерують послідовність імпульсів або двійкове слово;
- бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів: "включено / вимкнено" (інакше кажучи, 0 або 1); набули широкого поширення завдяки своїй простоті.

Основні вимоги до сенсорів включають:

- однозначну та стабільну залежність вихідного сигналу від вхідної величини протягом часу;
- високу чутливість до змін вимірюваного параметра;
- компактні розміри та невелику вагу;
- відсутність впливу на сам контрольований процес чи параметр (тобто мінімальний зворотний вплив);
- надійну роботу в різних умовах експлуатації;
- можливість різних способів монтажу.

Отже, датчики служать для перетворення неелектричних показників в електричні необхідні параметри.

У досліджуваній системі застосовуються такі датчики:

- сенсор кута повороту кермового колеса;
- сенсор положення кузова автомобіля;

- сенсор кутового положення фар.

Завдання сенсорів кута повороту рульового колеса та положення кузова полягає у точному визначенні кута повороту осі рульового механізму та положення кузова у двох осях відповідно. Існує кілька типів таких датчиків: оптичні, магніторезистивні, потенціометричні та інші. Для нашої системи оберемо один із популярних високоточних безконтактних датчиків кута повороту, який працює на основі ефекту Холла, що забезпечує тривалий термін служби. Хоча можна використовувати й інші типи датчиків, основними критеріями вибору є точність вимірювань та вартість пристрою.

Сенсор кута повороту фари використовується для забезпечення зворотного зв'язку: він відстежує кут повороту фарового прожектора і передає цю інформацію мікроконтролеру. Цей датчик повністю аналогічний датчику кута повороту рульового колеса. Для кожної фари потрібно по два таких датчика — всього чотири сенсори для обох фар.

Як уже зазначалося, для визначення кута повороту фар необхідно враховувати дані про швидкість автомобіля та кут повороту рульового колеса. Датчики кута повороту фар і керма генерують постійне напруження, пропорційне куту повороту. Щоб процесор системи міг обробляти ці дані, аналогові сигнали з датчиків потрібно перетворити в цифрові за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

Сигнал, що надходить з датчика швидкості, є частотним. Оскільки мікроконтролер обробляє інформацію у вигляді цифрових кодів, цей частотний сигнал потрібно перетворити в цифровий код за допомогою спеціального перетворювача «частота-код».

Вихідні сигнали від датчиків зазвичай мають амплітуду близько 12 В — це напруга бортової мережі автомобіля. Однак для роботи мікроконтролера такі сигнали потрібно знизити до рівня 5 В, що відповідає напрузі живлення контролера. Для цього використовуються перетворювачі рівня сигналу.

Аналогічна ситуація і з сигналами від органів управління — наприклад, сигналами від вимикача повороту або зовнішнього освітлення, які теж мають напругу 12 В або 24 В (залежно від системи). Оскільки вхідні сигнали мікроконтролера не повинні перевищувати 5 В, для приведення рівня сигналів до допустимого значення застосовують перетворювачі рівня дискретних сигналів. Це дозволяє безпечно подавати сигнали на входи мікроконтролера.

Для мікроконтролера навантаженням виступають пристрої з високим споживанням струму, такі як електродвигуни та освітлювальні лампи. Для їх керування використовуються комутаційні елементи — наприклад, ключі або твердотільні реле, які управляються сигналами з низьким струмом (не більше 20 мА), але при цьому комутують навантаження з великими струмами (понад 0,5 А). Цим вихідним підсилювачам також необхідне живлення від бортової мережі автомобіля, зазвичай +12 В.

Система управління поворотом фар повинна обмінюватися даними з іншими електронними блоками автомобіля і мати можливість проходити діагностику. Для цього рекомендується використовувати контролер з підтримкою шини CAN. Технологія CAN здобула всесвітнє визнання як універсальна, надійна та ефективна платформа для обміну даними в автомобільних, промислових та пересувних системах. Вона забезпечує передачу процесуальних даних та інформації введення-виведення між різними пристроями розподіленої системи.

Логічні елементи системи працюють від напруги живлення 5 В, тоді як бортова мережа автомобіля забезпечує 12 В. Тому для живлення системи потрібен блок перетворення напруги, який забезпечить стабільне живлення всіх компонентів системи від автомобільної мережі.

Висновок: Дослідження питання адаптивного освітлення транспортного засобу є надзвичайно важливим з кількох ключових причин:

1. Покращення безпеки руху

Адаптивне освітлення дозволяє краще освітлювати дорогу залежно від умов руху, швидкості, погоди та навколишнього середовища. Це сприяє підвищенню видимості для водія, що знижує ризик аварій, особливо в темний час доби або за складних погодних умов.

2. Зменшення засліплення інших учасників руху.

Технології адаптивного освітлення здатні автоматично регулювати інтенсивність і напрямок світла, щоб уникнути засліплення зустрічних водіїв або пішоходів. Це робить рух більш комфортним і безпечним для всіх учасників дорожнього руху.

3. Енергоефективність і довговічність

Адаптивні системи освітлення використовують сучасні світлодіодні технології та інтелектуальні алгоритми, що дозволяє економити енергію і знижувати знос освітлювальних приладів, зменшуючи витрати на обслуговування.

4. Інтеграція з системами допомоги водієві

Адаптивне освітлення часто працює у комплексі з іншими електронними системами автомобіля, такими як камери, датчики та системи автоматичного керування. Це дозволяє створювати більш складні та ефективні рішення для підвищення безпеки.

5. Підвищення комфорту водія

Автоматичне регулювання освітлення знижує навантаження на водія, оскільки йому не потрібно вручну змінювати режим фар чи світлових сигналів. Це сприяє більш комфортному і спокійному керуванню.

Таким чином, дослідження адаптивного освітлення транспортного засобу має велике значення для розвитку безпечних, ефективних і комфортних автомобільних систем, що відповідають сучасним вимогам та стандартам дорожнього руху.

2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ МЕХАНІЗМУ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

В роботі розглядається система адаптивного освітлення транспортного засобу. Приведення в рух кожної із фар (може бути від двох до чотирьох для різних марок легкових автомобілів) здійснюється приводним двигуном. Тому виконаємо наближений розрахунок потужності електродвигуна повороту фари освітлення.

2.1 Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми і тахограми виконавчого органу механізму регулювання

2.1.1 Визначення часу роботи механізму та фактичної тривалості включення

Цикл роботи повороту фари складається з двох технологічних операцій.

По заданій тривалості включення $TB_{\text{зад}} \%$ і часу циклу $t_{\text{ц}}$ (приймаємо рівним 5 с.) визначаємо загальний час роботи:

$$t_p = TB_{\text{зад}} \% \cdot t_{\text{ц}} = 0,65 \cdot 5 = 3,25 \text{ (с)}. \quad (2.1)$$

Середній час роботи механізму регулювання :

$$t_{\text{оп.ср.}} = t_p / 2 = 3,25 / 2 = 1,625 \text{ (с)}. \quad (2.2)$$

Сумарний час на паузи:

$$\Sigma t_{\text{п}} = t_{\text{ц}} - t_p = 5 - 3,25 = 1,75 \text{ (с)}. \quad (2.3)$$

Середній час на кожну паузу:

$$t_{\text{п}} = \Sigma t_{\text{п}} / 2 = 1,75 / 2 = 0,875 \text{ (с)}. \quad (2.4)$$

Час розгону і гальмування двигуна для навантаженого режиму:

$$t_{p.r} = t_r = V / a_{нав} = 0,08 / 0,45 = 0,17 \text{ (с)}. \quad (2.5)$$

Час розгону і гальмування без вантажу:

$$t_{p.k} = t_r = V / a_{xx} = 0,08 / 0,5 = 0,16 \text{ (с)}. \quad (2.6)$$

Установлений час руху з вантажем. Оскільки гальмування відбувається шляхом відключення від напруги приводних двигунів, то час гальмування не враховується.

$$t_y = t_{оп.ср} - t_{p.r} = 1,625 - 0,17 = 1,455 \text{ (с)}. \quad (2.7)$$

Установлений час руху без вантажу:

$$t_y = t_{оп.ср} - t_{p.k} = 1,625 - 0,16 = 1,465 \text{ (с)}. \quad (2.8)$$

Установлений час гальмування:

$$t_r = t_{p.r} + t_{p.k} = 0,16 + 0,17 = 0,33 \text{ (с)}. \quad (2.9)$$

2.1.2 Визначення коефіцієнта корисної дії

Загальний коефіцієнт корисної дії системи:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{red} \cdot \eta_{gm}, \quad (2.10)$$

η_{red} — номінальний ККД редуктора ($\eta_{red} = 0.72$);

η_{gm} — номінальний ККД привідного механізму ($\eta_{gm} = 0.6$).

$$\eta_{\Sigma} = 0,72 \cdot 0,6 = 0,432 .$$

2.2 Визначення статичних моментів механізму

Максимальне тягове зусилля при усталеному русі механізму повороту визначається по формулі:

$$F_{tg} = (W_{vn} + W_k + W_i) \cdot G_{gm}, \quad (2.11)$$

де W_{vn} – внутрішній опір в привідному механізмі;

W_k – опір тертю;

W_i – опір інерції при зрушенні з місця.

$$W_{vn} = 0,091 \cdot G_{gm}, \quad (2.12)$$

$$W_k = 0,175 \cdot G_{gm}, \quad (2.13)$$

$$W_i = 0,02 \cdot G_{gm}, \quad (2.14)$$

$$G_{gm} = m_{gm} \cdot g. \quad (2.15)$$

де m_{gm} – маса фари разом із механізмом її кріплення та повороту;

g – прискорення вільного падіння ($g = 9.81 \text{ м/с}^2$).

$$G_{gm} = 2,5 \cdot 9,81 = 24.525 \text{ (Н)},$$

$$W_{vn} = 0,091 \cdot 24.525 = 2.229 \text{ (Н)},$$

$$W_k = 0,175 \cdot 24.525 = 4.287 \text{ (Н)},$$

$$W_i = 0,02 \cdot 24.525 = 0.49 \text{ (Н)}.$$

Обрахуємо максимальне поворотне зусилля механізму повороту (регулювання):

$$F_{tg} = (2.229 + 4.287 + 0.49) \cdot 24.525 = 171.671 \text{ (Н)}.$$

Для знаходження максимального тягового зусилля завантаженої машини потрібно знайти її вагу :

$$G_{gm1}=m_{gm1} \cdot g. \quad (2.16)$$

де m_{gm1} — маса фари разом із механізмом її кріплення та повороту під навантаженням.

$$G_{gm1}=2,8 \cdot 9,81=27.468 \text{ (Н)},$$

$$W_{vn1}=0,091 \cdot 27.468 =2.497 \text{ (Н)},$$

$$W_{k1}=0,175 \cdot 27.468 =4.802 \text{ (Н)},$$

$$W_{i1}=0,02 \cdot 27.468 =0.549 \text{ (Н)}.$$

Максимальне поворотне зусилля завантаженого механізму повороту (регулювання):

$$F_{tg1} = (2.497 + 4.802 + 0.549) \cdot 27.468 =215.345 \text{ (Н)}.$$

Для визначення приведенного статичного моменту двигуна необхідно врахувати передаточне число передаточного механізму (редуктора):

$$i = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_k \cdot n}{V \cdot 60}, \quad (2.17)$$

де r_k — радіус шестерні редуктора,

i — передаточне число редуктора,

n — частота обертання привідного двигуна,

V — швидкість не завантаженої гусеничної машини.

$$i = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.013 \cdot 10000}{0.08 \cdot 60} = 163.625 .$$

Статичний момент двигуна при роботі без навантаження:

$$M_{st} = \frac{F_{tg} \cdot r_k}{\eta_{\Sigma} \cdot i}, \quad (2.18)$$

$$M_{st} = \frac{171.671 \cdot 0.013}{163.625 \cdot 0.432} = 0.031 \text{ (Н·м)}.$$

Статичний момент двигуна при роботі під навантаженням:

$$M_{stl} = \frac{215.345 \cdot 0.013}{163.625 \cdot 0.432} = 0.037 \text{ (Н·м)}.$$

Для визначення статичних потужностей механізму необхідно визначити кутові швидкості приведені до валу двигуна не завантаженого і завантаженого механізму регулювання (повороту) фар. Визначимо кутові швидкості шківів передачі:

$$\omega_k = \frac{V}{r_k}, \quad (2.19)$$

$$\omega_{kl} = \frac{V_l}{r_k}, \quad (2.20)$$

де V – швидкість не завантаженого приводного механізму;

V_l – швидкість завантаженого приводного механізму.

$$\omega_k = \frac{0.08}{0.013} = 6,153(\text{с}^{-1}),$$

$$\omega_{kl} = \frac{0.07}{0.013} = 5.384(\text{с}^{-1}).$$

Визначимо приведені до валу двигуна кутові швидкості механізму:

$$\omega_d = \omega_k \cdot i, \quad (2.21)$$

$$\omega_{dl} = \omega_{kl} \cdot i, \quad (2.22)$$

$$\omega_d = 6,153 \cdot 163.625 = 1006,923(\text{с}^{-1}),$$

$$\omega_{dl} = 5.384 \cdot 163.625 = 881.057(\text{с}^{-1}).$$

2.3 Визначення динамічних моментів механізму

Спершу необхідно визначити приведені моменти інерції, віднесені до вала незавантаженого механізму регулювання. Розрахунок приведених моментів інерції базується на правилі, що загальний момент інерції системи дорівнює сумі моментів інерції окремих рухомих елементів, приведених до вала двигуна.

$$J = J_1 \left(\frac{\omega_1}{\omega_d} \right)^2 + \dots + J_n \left(\frac{\omega_n}{\omega_d} \right)^2. \quad (2.23)$$

Для рухомих частин механізму, що виконують поступальний рух, здійснюється також на основі рівності закону кінетичної енергії:

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = J \frac{\omega_{\text{лб}}^2}{2}. \quad (2.24)$$

Звідки момент інерції, приведений до валу двигуна:

$$J = m_{\Sigma} \cdot \left(\frac{V}{\omega_d} \right)^2. \quad (2.25)$$

Оскільки в нашому випадку механізм має елементи, що виконують поворотний рух, то сумарний приведений до валу двигуна момент інерції буде мати вигляд:

$$J = J_p + J_M \cdot \frac{1}{i^2} + J_{\text{гм}} \cdot \frac{1}{i^2} + m_{\text{гм}} \cdot \left(\frac{V}{\omega_d} \right)^2, \quad (2.26)$$

де J_M – момент інерції муфти,

$J_{\text{гм}}$ – момент інерції обертового механізму ($J_{\text{гм}}=0,0002 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$)

i – передаточне число редуктора.

Момент інерції муфти:

$$J_M = \frac{GD_M^2}{4}. \quad (2.27)$$

Момент інерції редуктора:

$$J_p = \frac{GD_p^2}{4}, \quad (2.28)$$

де GD_M^2 і GD_p^2 – махові моменти муфти і редуктора відповідно ($GD_M^2 = 0.00000004$, $GD_p^2 = 0.00000006$ кг·м²).

$$J_M = \frac{0.00000004}{4} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ (кг·м}^2\text{)},$$

$$J_p = \frac{0.00000006}{4} = 15 \cdot 10^{-8} \text{ (кг·м}^2\text{)}.$$

Сумарний момент інерції без навантаження:

$$J = 0.00000001 + 0.00000015 + \frac{0.00002}{163.625^2} + 2.5 \cdot \left(\frac{0.08}{1006.923} \right)^2 = 0.000000267 \text{ (кг·м}^2\text{)}.$$

Момент інерції механізму в режимі навантаження:

$$J_1 = J_M + J_p + J_{гм} \cdot \frac{1}{i^2} + m_{гм1} \cdot \left(\frac{V_1}{\omega_{д1}} \right)^2, \quad (2.29)$$

$$J_1 = 0.00000001 + 0.00000015 + \frac{0.00002}{163.625^2} + 2.8 \cdot \left(\frac{0.07}{881.057} \right)^2 = 0.000000268 \text{ (кг·м}^2\text{)}.$$

Визначимо кутове прискорення механізму:

$$\varepsilon = \frac{a}{\rho}, \quad (2.30)$$

де ρ – радіус приведення.

$$\rho = \frac{D}{2 \cdot i}, \quad (2.31)$$

$$\rho = \frac{0.025}{2 \cdot 163.625} = 76 \cdot 10^{-6},$$

$$\varepsilon = \frac{0.5}{76 \cdot 10^{-6}} = 6545 \text{ (рад/сек}^2\text{)}.$$

Визначимо моменти механізму під час пуску і гальмування:

При пуску з навантаженням:

$$M_{dl} = M_{stl} + J_1 \cdot \varepsilon, \quad (2.32)$$

$$M_{dl} = 0.037 + 0.000000268 \cdot 6545 = 0.038 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

При пуску на холостому ході:

$$M_d = M_{st} + J \cdot \varepsilon, \quad (2.33)$$

$$M_d = 0.031 + 0.000000267 \cdot 6545 = 0.032 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

За отриманими розрахунками побудуємо тахограму роботи механізму (рисунок 2.1).

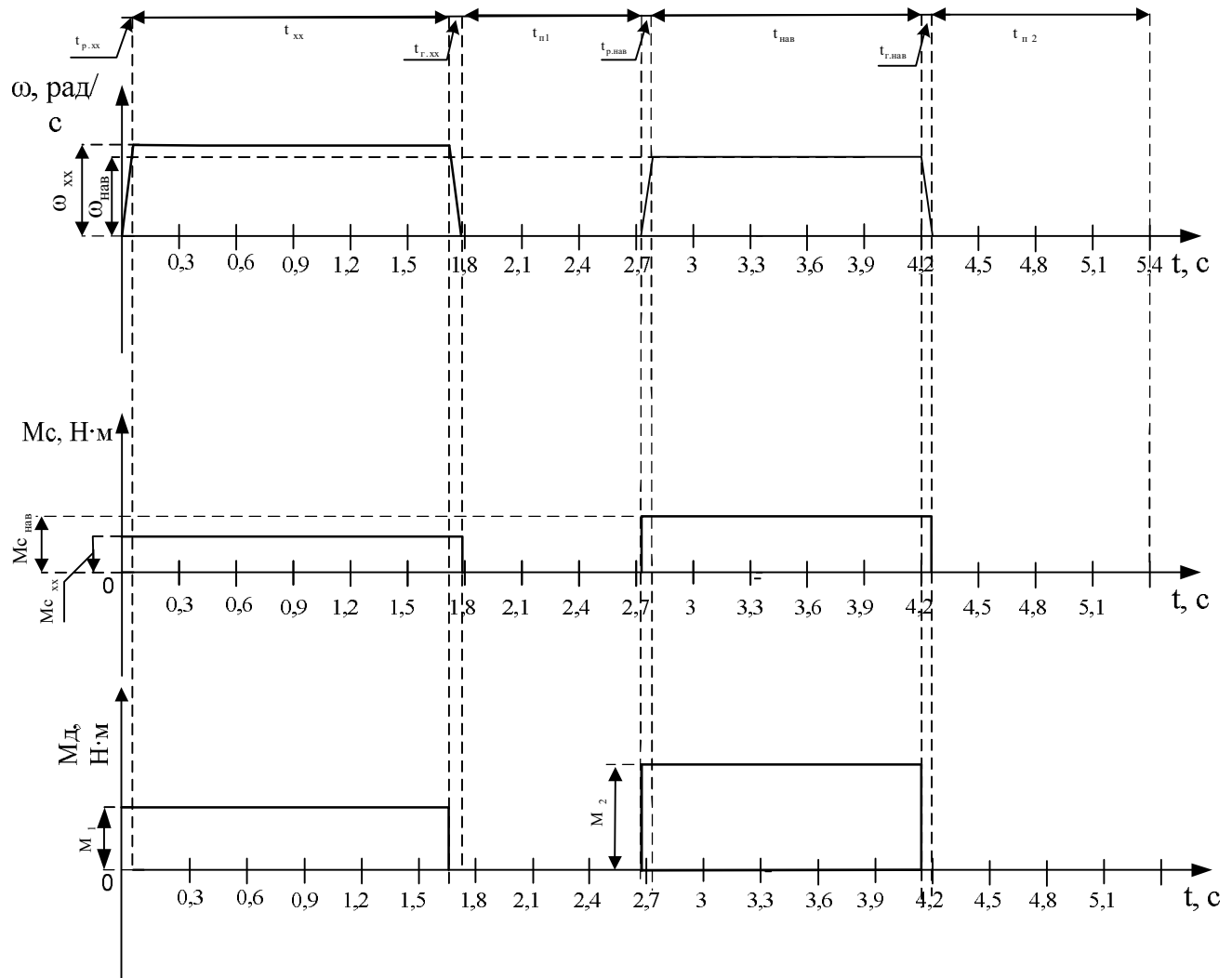


Рисунок 2.1 – Тахограма механізму регулювання

2.4 Попередній розрахунок потужності привідного двигуна

Для розрахунку потужності привідного двигуна скористаємось формулою:

$$P_{gm} = \frac{F_{tg}}{\eta_{\Sigma} \cdot i}, \quad (2.34)$$

$$P_{gm} = \frac{215,345}{0,432 \cdot 163,625} = 15,38 \text{ (Вт)}.$$

Враховуючи коефіцієнт запасу визначимо потужність привідних двигунів:

$$P = k_z \cdot P_{gm}, \quad (2.35)$$

$$P = 1,3 \cdot 5,38 = 19,9 \text{ (Вт)}.$$

Висновок: Було проведено аналіз робочого циклу механізму регулювання фар легкового автомобіля. На основі отриманих даних розраховані часові інтервали роботи механізму, а також статичні і динамічні моменти. За цими показниками побудована тахограма роботи механізму регулювання. Використовуючи відповідні формули для визначення потужності приводних двигунів системи автоматичного регулювання фар, було розраховано необхідну потужність для кожного потенційного двигуна, який може бути використаний у системі.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Серед множини існуючих систем є система електроприводу, яка може бути використана для приводу системи регулювання повороту фар легкового автомобіля, а саме система ШПП-ДПС. Але в деяких випадках можна використати і систему ПЧ-АД. У першій системі є багато мінусів, таких як: малий КПД, менш жорстка механічна характеристика, але її плюси полягають в тому, що можна використовувати компактні джерела струму (аккумулятори і батареї), які не прив'язують механізм до джерел змінного струму шнуром та кабелями, також слід зазначити широкі межі регулювання швидкості (від 0 до $\omega_{\text{ном}}$) та більш простий пуск і реверс двигуна. Друга система має також ряд недоліків крім потреби в живленні від мережі змінного струму, двигуни потрібної потужності виготовляються зазвичай з живленням від однофазної мережі, а тому в ньому використовується пусковий конденсатор і інші додаткові деталі, що збільшують його розміри і вагу. У випадку легкового автомобіля даний варіант фізично досить складно реалізувати.

В такому випадках, коли технічні вимоги до електропривода можуть бути задоволені декількома різними системами електричного приводу і одного технічного порівняння недостатньо для остаточного прийняття рішення необхідним є їх економічна оцінка, яка базується на критерії приведених затрат.

Визначимо приведені затрати для системи електроприводу ШПП-ДПС. Приведені затрати визначаються:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (3.1)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості);

K – капітальні затрати;

C – загальні додаткові відрахування.

Річні капітальні затрати:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (3.2)$$

$$K = D + CK, \quad (3.3)$$

де D – вартість двигунів ($D = 8412$ грн.);

CK – вартість системи керування ($CK = 3840$ грн.);

$$K = 8412 + 3840 = 12252 \text{ (грн.)}$$

Річні капітальні затрати:

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 12252 = 2082,8 \text{ (грн.)}$$

Загальні відрахування на обслуговування системи електропривода:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (3.4)$$

де C_A – амортизаційні відрахування;

C_P – відрахування на ремонт електрообладнання;

C_D – додаткові витрати, що враховують втрати енергії в стаціонарних і перехідних режимах роботи електропривода;

C_{Oi} – відрахування на обслуговування.

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (3.5)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 41812 = 4181,2 \text{ (грн/рік)}$$

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (3.6)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 41812 = 836,2 \text{ (грн/рік)}$$

$$C_D = \Delta P_{\Sigma} \cdot c, \quad (3.7)$$

де c – система електропривода адаптивного світлення отримує живлення від бортової системи живлення автомобіля. Для розрахунку витрат електричної енергії приймаємо вартість кВт год для побутового споживача, Фіксована ціна на електричну енергію для побутових споживачів з 1 червня 2024 року до 30 квітня 2025 року включно становитиме 4,32 грн за 1 кВт·год (з урахуванням ПДВ) незалежно від місячного обсягу споживання

ΔP_{Σ} – сумарні втрати потужності в стаціонарних та перехідних режимах роботи.

$$\Delta P_{\Sigma} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (3.8)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності ($k_3 = 0,8$);

Φ – дійсний фонд часу роботи електропривода за рік;

$\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи.

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}, \quad (3.9)$$

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,4$);

$$\Delta P_{\text{ном}} = 0,02 \cdot \frac{1 - 0,4}{0,4} = 0,03 \text{ (кВт)},$$

Враховуючи, що в системі електропривода регулювання фар автомобіля використовується 4 приводних двигуни, тому вище отриманий показник перемножуємо на кількість двигунів:

$$\Delta P_{\text{ном}} = 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ (кВт)}.$$

$\Delta P_{\text{перех.}}$ – додаткові втрати потужності в перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (3.10)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 0,12 = 0,012 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік:

$$\Phi = \xi \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot t_{\text{р.в.}} \quad (3.11)$$

де ξ – відносна тривалість ввімкнення згідно тахограми ($\xi=0.65$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів або днів використання автомобіля за рік
($Z_{\text{р.д.}} = 260$ днів/рік);

$t_{\text{р.в.}}$ – тривалість використання автомобіля водієм на протязі доби
($t_{\text{р.в.}} = 10$ год).

$$\Phi = 0,65 \cdot 260 \cdot 10 = 1690 \text{ (год/рік)}.$$

$$\Delta P_{\Sigma} = (0,12 + 0,012) \cdot 0,8 \cdot 1690 = 178,5 \text{ (кВт/рік)}.$$

$$C_{\text{д}} = 178,5 \cdot 4,32 = 771,12 \text{ грн.}$$

Варто відзначити, що показник додаткових витрат, що враховують втрати енергії в стаціонарних і перехідних режимах роботи електропривода, є досить умовним та скоріше відносним. Це пов'язано із тим, що безпосереднього споживання електроенергії змінного струму із мережі не відбувається, оскільки система електроприводу системи регулювання фар живиться переважно від акумуляторної батареї.

$$C_0 = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{д}} + C_{\text{р}}), \quad (3.12)$$

$$C_0 = 0,05 (4181,2 + 2090,6 + 771,12) = 352,14 \text{ грн.}$$

$$З = 0,17 \cdot 41812 + 7394,9 = 14502,9$$

Для іншого типу електроприводу проведено аналогічні розрахунки, результати яких занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика систем електропривода

Показник	Система електричного привода	
	РКС-ДПС	ШП-ДПС
Вартість двигуна Д, грн.	4103	4103
Загальна вартість двигунів (4 приводних двигуна)	16412	16412
Вартість системи керування СК, грн.	22300	25400
Капітальні затрати К, грн.	38712	41812
Річні капітальні затрати $K_{річн}$, грн./рік	6581,04	7108,04
Амортизаційні відрахування C_A , грн./рік	3871,2	4181,2
Відрахування на ремонт C_P , грн./рік	1935,6	2090,6
Додаткові відрахування C_D , грн./рік	771	771
Відрахування на обслуговування C_O , грн./рік	328,89	352,14
Загальні відрахування C , грн./рік	6906,69	7394,94
Приведені затрати Z , грн./рік	13487,73	14502,98

Висновок: В даному розділі виконано економічний розрахунок доцільності використання двох систем ЕП, що задовільняють виконанню даної задачі дослідження. Як показав розрахунок більш економічно вигідною є система РКС-ДПС, проте різниця показників приведених затрат не є дуже великою. З технічної точки зору, враховуючи переваги обслуговування та технічні характеристики обох систем, варто відзначити, що більш сучасною та оптимальною є все-таки система ШП-ДПС.

Системи ЕП на базі двигунів змінного струму навіть не розглядались, оскільки потребують живлення напругою мінімум 110 В, що є неприйнятним у випадку нашого досліджуваного об'єкту.

4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

4.1 Вибір електричного двигуна за його номінальними характеристиками

Особливістю серійних двигунів є те, що вони мають досить великий динамічний момент, проте їх швидкість обертання значно знижується при збільшенні навантаження. Через це для приводу гусеничного механізму було обрано шунтові двигуни.

Чому ж вибір зупинився саме на шунтових двигунах? Причина полягає в тому, що шунтові двигуни практично не змінюють свою швидкість обертання при зміні навантаження (це видно на кривій Б на рисунку 4.1). Наприклад, серійні двигуни типу МУ при збільшенні навантаження на 20-30% знижують швидкість обертання більш ніж на 1500 об/хв, тоді як шунтові двигуни при такому ж зміні навантаження зменшують оберти лише на 100-200 об/хв. Це робить їх більш стабільними та ефективними для задачі регулювання фар.

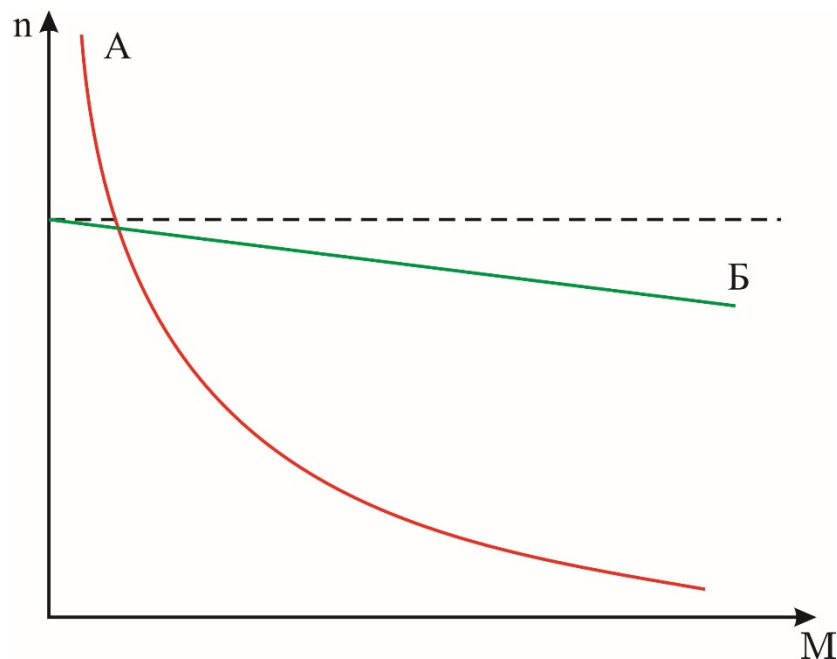


Рисунок 4.1 – Зміна числа обертів з збільшенням навантаження:

А – серійного двигуна; Б – шунтового двигуна

Шунтові електродвигуни часто використовуються на різних суднових моделях і добре зарекомендували себе, зокрема, двигуни типів Д-25-Т та ДРВ-20. Для малих моделей популярні електромотори з постійними магнітами, корисна потужність яких зазвичай не перевищує 30 Вт. Мотори з потужністю понад 30 Вт зустрічаються досить рідко.

Електродвигуни потужністю 5–10 Вт застосовуються в малогабаритних моделях водотоннажністю до 3–4 кг. Двигуни потужністю 15–30 Вт використовують у радіокерованих моделях фігурного курсу, швидкісних керованих моделях і самохідних моделях цивільних суден водотоннажністю 10–18 кг. Для найменших моделей або автоматики застосовують двигуни з потужністю менше 5 Вт.

Найпоширенішими є електродвигуни зі збудженням від постійних магнітів типів ДП, ДПМ, ДПР та Д. Аналізуючи інформацію про типові мікродвигуни та області їх застосування, можна зробити висновок, що для даної потужності найбільш підходящими є двигуни типів Д-25-Т та ДРВ-20, які мають добру репутацію в моделюванні.

Враховуючи вимоги до швидкості обертання, необхідну потужність та техніко-економічні показники, було обрано двигун постійного струму паралельного збудження ДРВ-20. Його паспортні характеристики наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 5.1 – Паспортні дані двигуна типу ДРВ-20

Параметри	Значення
Номинальна потужність P_n , Вт	40
Номинальна частота обертання n_n , об/хв	10000
Номинальний струм статора I_n , А	2,5
Номинальне КПД $\eta_{ном}$	0,4
Номинальний момент $M_{ном}$, г·см	300
Номинальна напруга живлення $U_{ном}$, В	27
Момент інерції двигуна $J_{дв}$, кг·м ²	0.0000006

4.2 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода

Визначимо фактичний момент інерції системи електроприводу:

- на холостому ході:

$$J_{\Sigma} = J + K_3 J_d, \quad (4.1)$$

$$J_{\Sigma} = 0.000000267 + 1.1 \cdot 0.0000006 = 0.000000927 (\text{Н} \cdot \text{м}^2).$$

- під навантаженням:

$$J_{\Sigma 1} = J_1 + J_d, \quad (4.2)$$

$$J_{\Sigma 1} = 0.000000268 + 1.1 \cdot 0.0000006 = 0.000000928 (\text{Н} \cdot \text{м}^2).$$

Визначимо динамічні моменти електроприводу враховуючи момент інерції двигуна:

- момент під час пуску на холостому ході:

$$M_{\Sigma} = M_{st} + J_{\Sigma} \cdot \varepsilon, \quad (4.3)$$

$$M_{\Sigma} = 0.031 + 0.000000927 \cdot 6545 = 0.037 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

- момент під час пуску під навантаженням:

$$M_{\Sigma \text{п.нав.}} = M_{c_{\text{нав}}} + J_{\Sigma \text{нав}} \cdot \varepsilon, \quad (4.4)$$

$$M_{\Sigma \text{п.нав.}} = 0.037 + 0.000000928 \cdot 6545 = 0.043 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

4.3 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску

Перевірку привідного двигуна за нагрівом виконуємо за методом еквівалентного моменту, який полягає у порівнянні номінального моменту

двигуна та деякого середнього значення моменту опору за один технологічний цикл:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{дл}}^2 \cdot t_{\text{р.наб}} + M_{\text{с}}^2 \cdot t_{\text{наб}} + M_{\text{дл}}^2 \cdot t_{\text{р.хх}} + M_{\text{с}}^2 \cdot t_{\text{хх}}}{t_{\text{р.наб}} \cdot \beta_{\text{р}} + t_{\text{р.хх}} \cdot \beta_{\text{р}} + t_{\text{хх}} \cdot \beta_{\text{хх}} + t_{\text{п}} \cdot \beta_0 + t_{\text{гнаб}} \cdot \beta_0 + t_{\text{гхх}} \cdot \beta_0}}, \quad (4.5)$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{0.038^2 \cdot 0.17 + 0.037^2 \cdot 58.33 + 0.032^2 \cdot 0.16 + 0.031^2 \cdot 58.34}{0.17 \cdot 0.75 + 58.33 \cdot 0.864 + 0.16 \cdot 0.75 + 58.34 \cdot 0.75 + 63 \cdot 1 + 0.33 \cdot 1}} = 0.0293 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Визначимо номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{ном.д}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}}, \quad (4.6)$$

$$M_{\text{ном.д}} = 2 \cdot 9550 \cdot \frac{0.02}{10000} = 0.0382 \text{ (Н} \cdot \text{м)},$$

$$0.0382 > 0.0293.$$

4.4 Огляд принципів побудови системи ЕП на базі ШІМ

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ, англ. pulse width modulation, PWM) полягає у використанні періодичної послідовності прямокутних імпульсів як несучого сигналу, при цьому інформація кодується тривалістю цих імпульсів (див. рисунок 5.1).

Регулювання напруги живлення споживача за допомогою такого імпульсного сигналу називається імпульсним регулюванням. Його суть полягає в періодичному дозуванні енергії, що передається від джерела живлення до навантаження і, за потреби, назад. Змінюючи параметри вихідних імпульсів, можна керувати напругою на навантаженні: їх тривалості τ_u та періоду проходження T . Звідси можна отримати кілька способів імпульсного регулювання, а саме:

- 1) широтно-імпульсний, при якому $\tau_u = \text{var}$, $T = \text{const}$;
- 2) частотно-імпульсний, при якому $\tau_u = \text{const}$, $T = \text{var}$;
- 3) широтно-частотний, при якому $\tau_u = \text{var}$, $T = \text{var}$.

Найбільш поширеним є широтно-імпульсне регулювання, при якому переваги імпульсних методів керування виявляються найяскравіше.

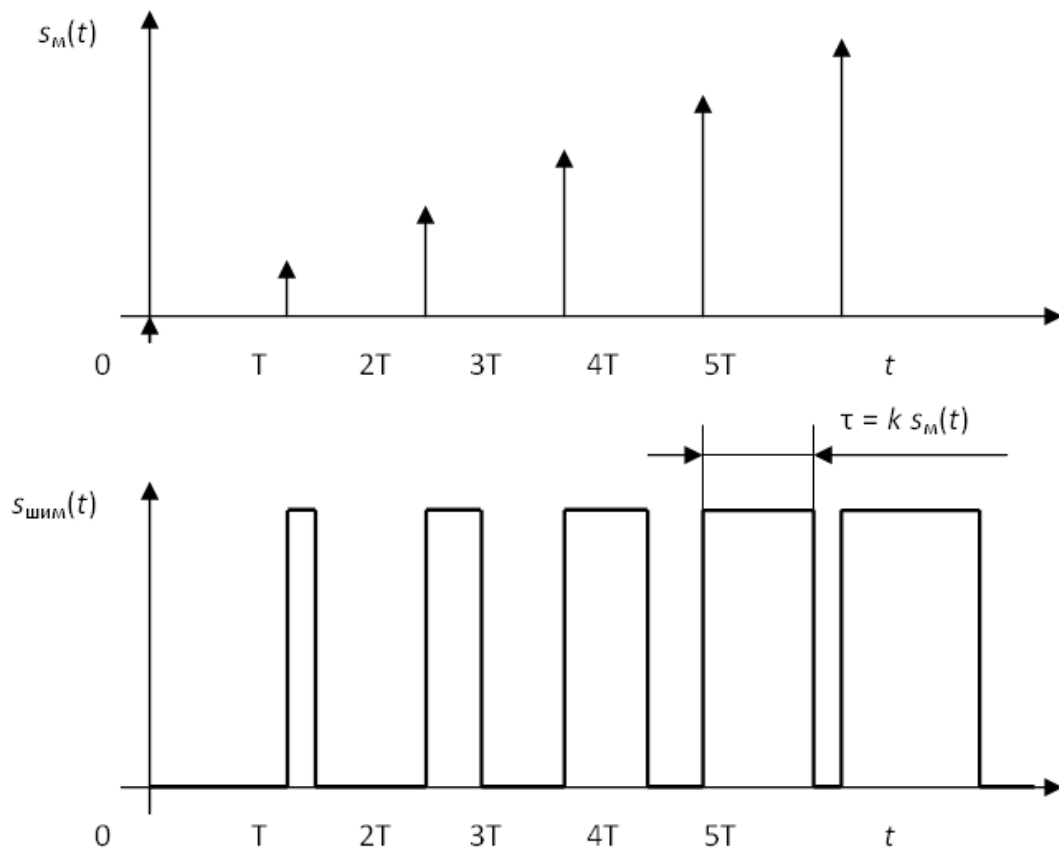


Рисунок 4.1 – Широтно-імпульсна модуляція

Вихідні каскади широтно-імпульсних перетворювачів зазвичай виконуються на повністю керованих ключах — транзисторах або двонапівперіодних тиристорах, замикання і розмикання яких здійснюється за допомогою керуючих імпульсів.

Для вихідної потужності до кількох десятків кіловат найбільш доцільним є застосування транзисторів.

Основні переваги транзисторних імпульсних перетворювачів у порівнянні з тиристорними полягають у високій частоті комутації, що забезпечує більш сприятливий спектр вихідної напруги і струму, а також у повній керованості, яка дозволяє уникнути використання примусових комутаційних пристроїв.

Недоліком транзисторних перетворювачів є наявність комутаційних перенапруг на транзисторах. Через це їх широко використовують у джерелах вторинного живлення для обчислювальної техніки, системах зв'язку, пристроях автоматики, а також в автоматизованих системах електроприводу малої та середньої потужності.

Класифікація широтно-імпульсних перетворювачів.

Широтно-імпульсні перетворювачі (ШІП) можна класифікувати за рядом ознак.

Як вказувалося вище, шіп можна розрізняти залежно від типу використовуваних в силовій частині напівпровідникових приладів:

- а) ШІП на повністю керованих вентилях;
- б) ШІП на тиристорах.

Зазначені шіп поділяють на нереверсивні і реверсивні.

Нереверсивні ШІП перетворювачі змінюють вхідну напругу в імпульси з постійною амплітудою та полярністю, але з різною тривалістю.

Реверсивні ШІП можуть перетворювати вхідну напругу або в змінну напругу з різною тривалістю напівперіодів, або в імпульси з постійною амплітудою, але різною тривалістю і полярністю.

Нереверсивні ШІП поділяються на три типи залежно від способу підключення:

- Понижуючі ШІП – керований напівпровідниковий елемент і дросель фільтра підключені послідовно з навантаженням;
- Підвищуючі ШІП – дросель підключається послідовно, а керований вентиль – паралельно навантаженню;
- Інвертуючі ШІП – керований вентиль включений послідовно, а дросель – паралельно навантаженню.

Зосередимося на широтно-імпульсних перетворювачах понижуючого типу. Такий імпульсний перетворювач призначений для перетворення постійної напруги. Напівпровідникові керовані ключі, що регулюють

передачу електроенергії від джерела живлення до навантаження, працюють у двох станах: «замкнений» (включений) та «розімкнений» (вимкнений).

На рисунку 4.2, а наведено широко поширений варіант імпульсного перетворювача напруги понижуючого типу (ИПП-1) з діод-транзисторним перемикачем, схема заміщення якого показана на рисунку 4.2, б.

Роль регулюючого елемента виконує транзистор VT. У вихідний ланцюг перетворювача входить навантаження Z_H активно-індуктивного характеру та згладжуючий фільтр, який в загальному випадку містить дросель L_ϕ і конденсатор C_ϕ .

Діод VD, підключений у зворотному напрямку відносно напруги на вихідному ланцюзі, є обов'язковим елементом схеми. Його призначення — забезпечити замкнений контур для струму навантаження під час розмикання керуючого ключа.

Під час інтервалу, коли ключ SW1 (рисунок 4.2, в) увімкнений, напруга живлення U_d підключається до згладжуючого фільтру і вихідна напруга $U_H = U_d$.

Зворотній діод VD закритий, і струм навантаження i_H протікає безпосередньо від джерела живлення. Максимальне значення струму досягається в момент розмикання ключа SW1 (рисунок 4.2, г).

Після цього напруга на дроселі змінює полярність, і струм через навантаження починає зменшуватися, протікаючи по колу через зворотній діод, при цьому напруга на навантаженні U_H дорівнює 0.

Після замикання ключа SW2 схема може працювати в різних режимах, які залежать від характеру зміни струму.

Наприкінці періоду подачі напруги струм I_H може залишатися позитивним або ставати нульовим. Перший випадок називають режимом безперервного струму, який ілюструють часові діаграми на рисунку 4.3. Цей режим виникає, коли в кінці інтервалу зберігається частина енергії,

накопиченої реактивними елементами — дроселем L_Φ та індуктивністю навантаження L_h .

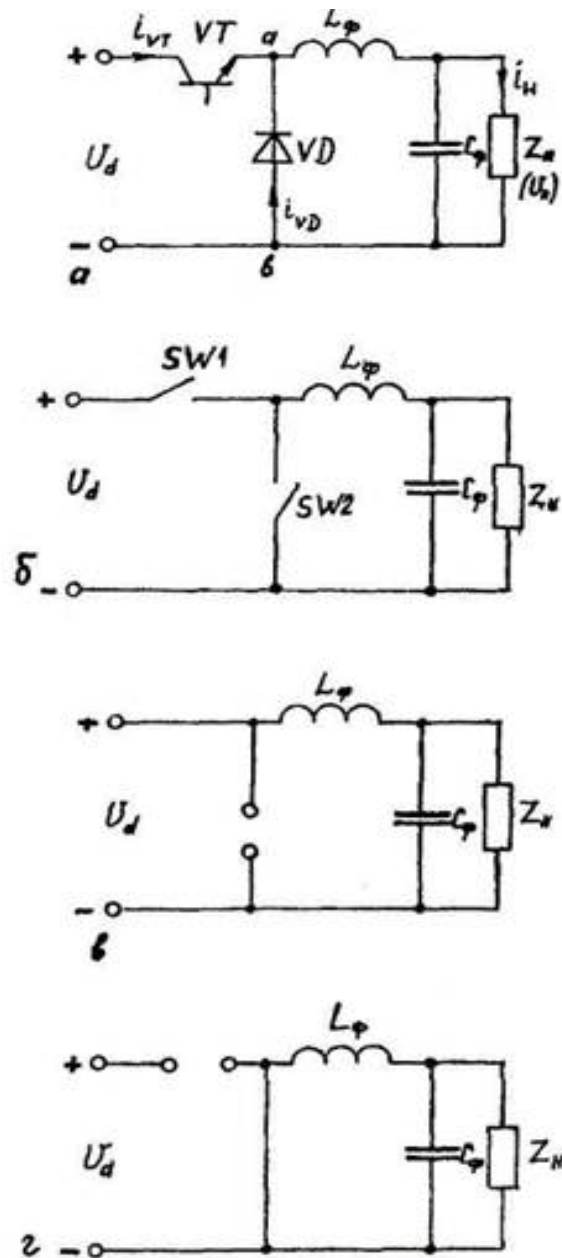


Рисунок 4.2 – Імпульсний перетворювач понижуючого типу з діод-транзисторним перемикачем.

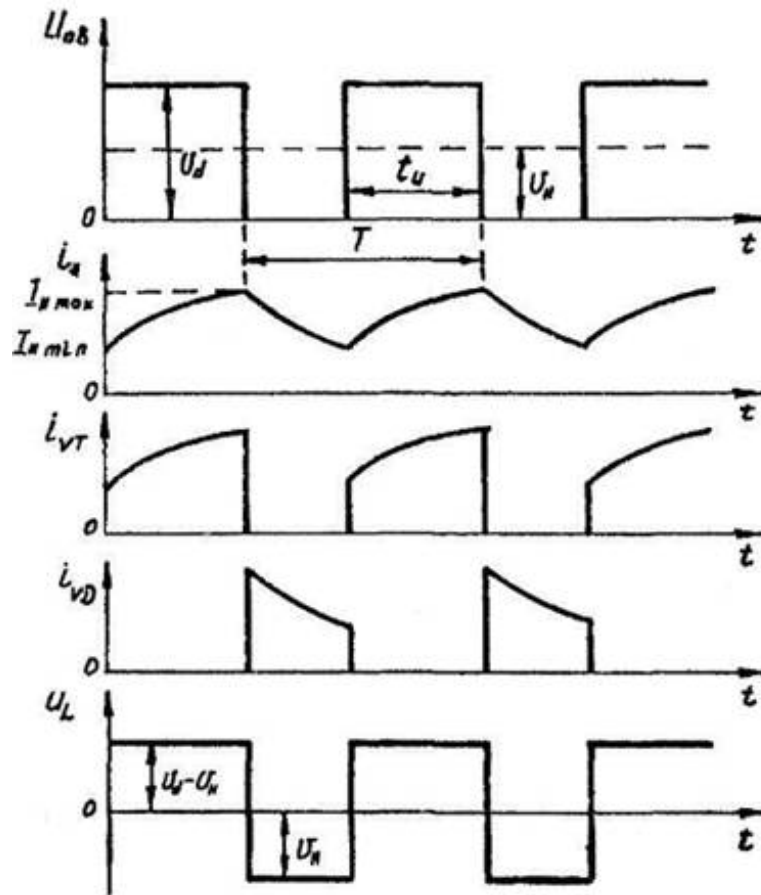


Рисунок 4.3 – Часові діаграми напруги і струмів понижуючого перетворювача в режимі безперервного струму

Якщо ж запас енергії відсутній (дорівнює нулю), то виникає другий режим — режим переривчастого струму (див. рисунок 4.4).

Зміна струму в навантаженні значною мірою визначає кількісні співвідношення, які описують роботу схем імпульсних перетворювачів напруги.

Варто зазначити, що режим безперервного струму, особливо при високій потужності навантаження і широкому діапазоні її зміни, має переваги порівняно з режимом переривчастого струму, забезпечуючи кращі характеристики перетворювачів.

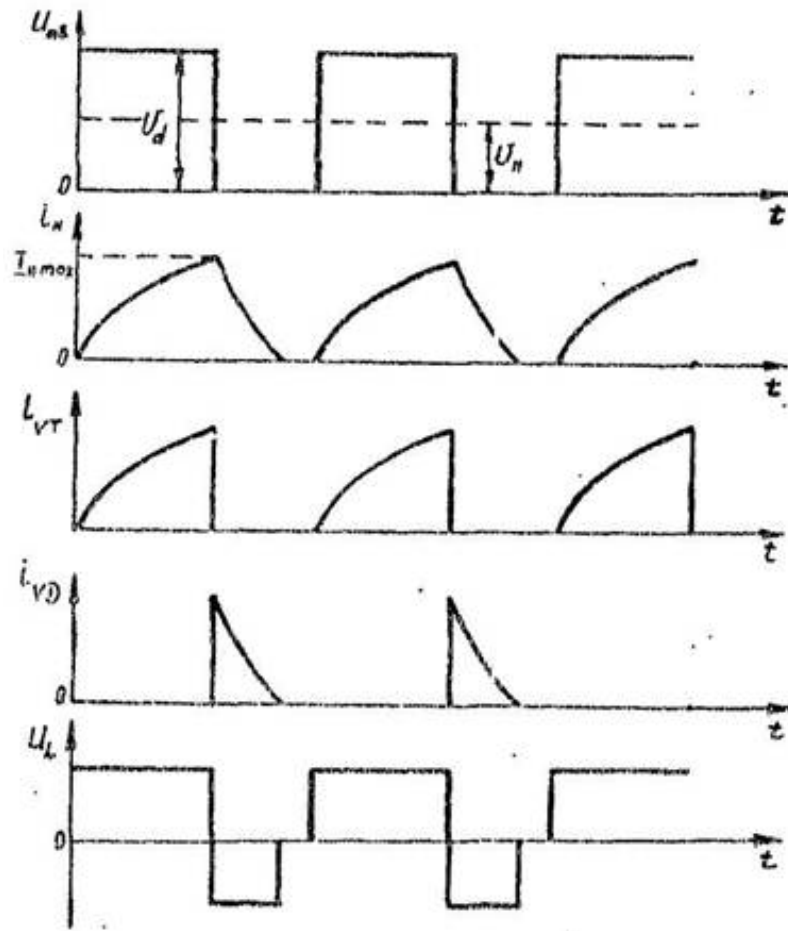


Рисунок 4.4 – Часові діаграми напруги ж струмів понижуючого перетворювача в режимі безперервного струму

Середнє значення напруги на навантаженні рівне:

$$U_H = \frac{1}{T} \cdot \int_0^{\tau_H} U_d dt = U_d \frac{\tau_H}{T} = U_d \cdot \gamma, \quad (4.1)$$

де γ – коефіцієнт заповнення імпульсів ($\gamma = \tau_H / T$);

τ_H – тривалість імпульсів;

T – період комутації;

U_d – напруга джерела.

Отже, змінюючи коефіцієнт заповнення, можна регулювати середнє значення напруги на навантаженні широтно-імпульсного перетворювача. Для

понижуючих перетворювачів це значення завжди менше напруги джерела живлення.

Миттєві значення струму навантаження під час імпульсів і пауз можна визначити різними методами, зокрема, шляхом розв'язання диференціальних рівнянь, які описують електромагнітні процеси в перетворювачі.

У режимі безперервного струму ці рівняння приймають спрощений вигляд за умови, що внутрішній опір джерела живлення та активний опір дроселя наближаються до нуля.

$$\begin{cases} U_d = L \frac{di}{dt} + R_H \cdot i, & 0 < t < \gamma T; \\ 0 = L \frac{di}{dt} + R_H \cdot i, & \gamma T < t < T, \end{cases} \quad (4.2)$$

де L – сумарна індуктивність фільтра та навантаження; R_H -активний опір ланцюга навантаження.

Рішення для струму навантаження має вигляд:

$$i_H(t) = \begin{cases} i_{H_1}(t) = \frac{U_d}{R_H} \left(1 - \frac{1-ab}{1-a} \cdot e^{-\frac{R_H}{L}t} \right), & 0 < t < \gamma T; \\ i_{H_2}(t) = \frac{U_d}{R_H} \frac{1-b^{-1}}{1-a} \cdot e^{-\frac{R_H}{L}t}, & \gamma T < t < T, \end{cases} \quad (4.3)$$

$$a = \exp\left(-\frac{T}{T_H}\right), \quad (4.4)$$

$$b = \exp\left(\frac{\tau_H}{T_H}\right), \quad (4.5)$$

Постійна часу кола навантаження.

$$T_H = \frac{L}{R_H}. \quad (4.6)$$

Максимальні та мінімальні значення струму навантаження (тобто струму через транзистор і зворотній діод) визначаються за допомогою виразу (4.2) для відповідних моментів часу $t = 0$ і $t = t_H$:

$$I_{H\min} = \frac{U_d}{R_H} \cdot \frac{(b-1) \cdot a}{1-a}, \quad (4.7)$$

$$I_{H\max} = \frac{U_d}{R_H} \cdot \frac{1-b^{-1}}{1-a}. \quad (4.8)$$

Амплітуда пульсацій струму навантаження

$$\Delta I = I_{H\max} - I_{H\min} = \frac{U_d}{R_H} \cdot \frac{(1-b^{-1})(1-b \cdot a)}{1-a}. \quad (4.9)$$

З виразу (4.9) випливає, що амплітуда максимальна при $\gamma = 0,5$.

Середнє значення струму навантаження визначається середнім значенням напруги і опором навантаження.

$$I_H = I_{VT} + I_{VD} = \frac{1}{T} \int_0^{\tau_H} i_{H1}(t) dt + \frac{1}{T} \int_0^{T-\tau_H} i_{H2}(t) dt = \frac{U_d}{R_H} \cdot \gamma \quad (4.10)$$

У режимі переривчастого струму амплітуда розмаху пульсацій струму залежить від його максимального значення:

$$\Delta I = I_{H\max} = \frac{U_d}{R_H} \cdot (1-b^{-1}). \quad (4.11)$$

Отже, підсумовуючи, можна сказати, що найбільш доцільним варіантом системи широтно-імпульсного перетворювача є понижуючий тип. Наступним етапом проектування є вибір оптимальної схеми такого перетворювача та детальний підбір її складових компонентів.

4.5 Розробка структури системи адаптивного освітлення

Всі блоки системи, описані у пункті 2.2 «Огляд сучасних сенсорів, мікроконтролерів та інших пристроїв», формують структурну схему розроблюваної мікроконтролерної системи адаптивного освітлення, яка зображена на рисунку 4.5.

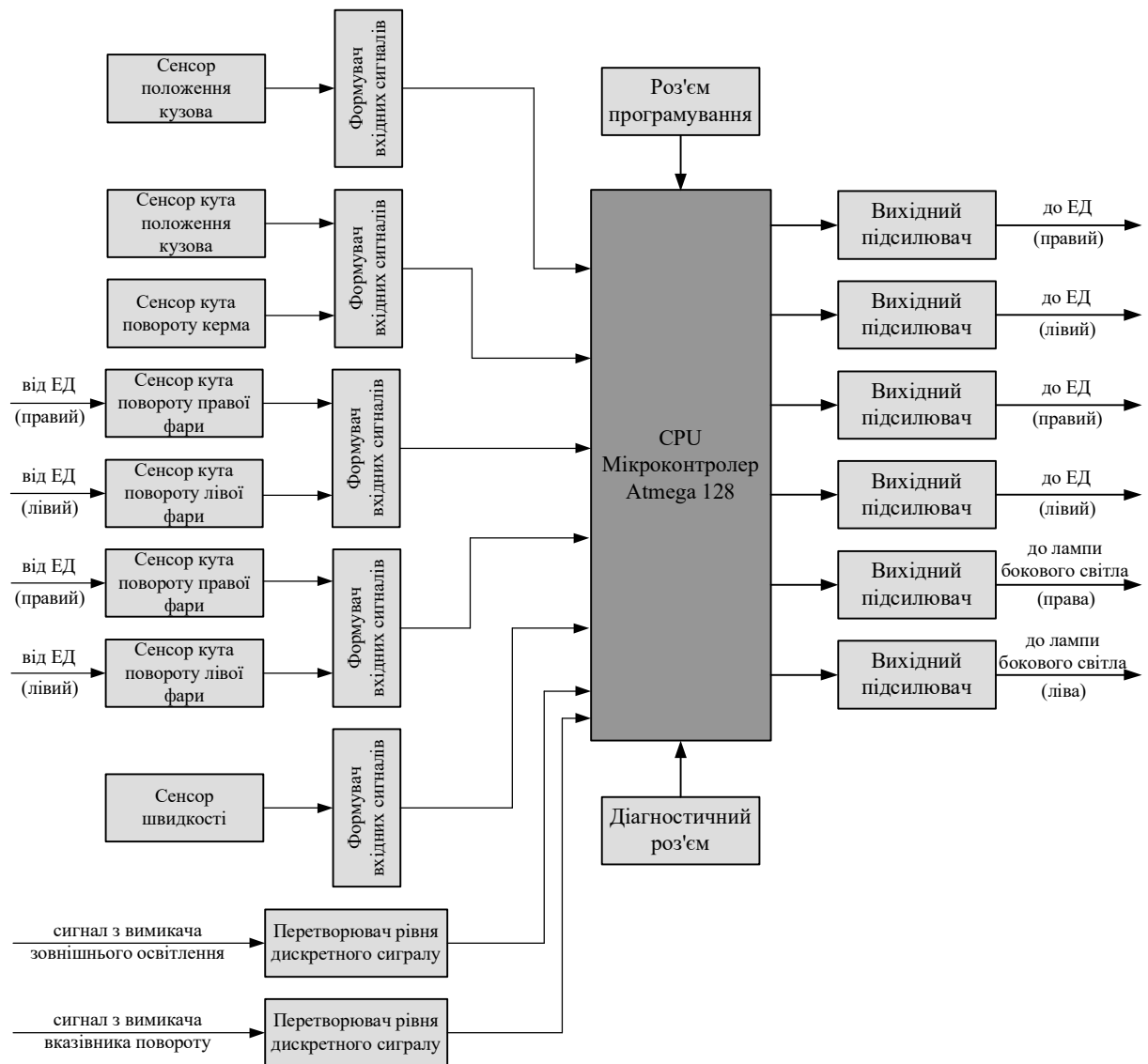


Рисунок 4.5 – Структурна схема пристрою мікроконтролерної системи автоматичного регулювання фар

Система включає два сенсори положення кузова, які призначені для формування сигналів, пропорційних відхиленню кузова від горизонтального положення в двох осях — OX та OY. Вісь OX розташована вздовж

поздовжньої осі симетрії автомобіля і відповідає за визначення диферента (куту тангажу). Вісь ОУ спрямована поперечно і відображає крен автомобіля під час руху.

Алгоритми керування фарами можуть вимагати не лише визначення положення кузова, а й оцінку швидкості його зміни. У цій роботі передбачено застосування алгоритмічного методу для оцінювання швидкості на основі отриманих даних про положення.

Разом із сенсорами положення кузова на формувачі вхідних сигналів подаються вихідні сигнали сенсора кута повороту рульового колеса, а також сенсори кутів повороту фар, які здатні повертатися у горизонтальному та вертикальному напрямках. Особливою рисою роботи системи управління поворотом фар у вертикальній площині є підвищена вимога до швидкодії при рухові по нерівній дорозі.

Формувачі вхідних сигналів для цих сенсорів виконані у вигляді масштабуючих та буферних підсилювачів, які узгоджують рівень та потужність сигналів із входами мікроконтролера.

Сигнали з формувачів надходять на багатоканальний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), вбудований у мікроконтролер.

Вихід сенсора швидкості є імпульсним сигналом, тому для його обробки застосовується масштабуючий підсилювач та одинібратор, що формує меандр з фіксованою тривалістю імпульсу. Вихід цього перетворювача підключається до дискретного входу мікроконтролера, який обробляє сигнал за допомогою переривання, що викликається позитивним фронтом імпульсу.

Дискретними сигналами є сигнали сигналізації ввімкненого освітлення та показника повороту. Вони подаються на дискретні входи мікроконтролера та обробляються за допомогою переривань, що викликаються позитивним фронтом імпульсу.

Вихідні сигнали системи подаються на підсилювачі, які забезпечують гальванічну розв'язку та посилення сигналів з портів мікроконтролера. Аналогові сигнали для управління поворотом фар формуються на виходах багатоканального ЦАП, вбудованого у мікроконтролер.

Сигнали включення ламп бічного світла є дискретними та подаються на відповідні виходи дискретних портів.

Для програмування та діагностики системи управління передбачені спеціальні роз'єми. Щоб зменшити кількість використовуваних портів, передбачається, що програмування і діагностика здійснюватимуться через один спільний порт — для цього може бути використаний паралельний порт.

Програмування та діагностика системи здійснюються за допомогою персонального комп'ютера або ноутбука, що вимагає наявності відповідного інтерфейсу зв'язку. У разі використання ноутбука може виникнути потреба у перетворювачі рівнів сигналів, який адаптує напругу послідовного інтерфейсу до 3 В.

4.6 Розробка алгоритмів функціонування системи автоматичного регулювання фар

4.6.1 Основний алгоритм роботи системи

Система управління поворотом фар по горизонталі активується при включенні зовнішнього освітлення при $T = 1$, тобто при ввімкненні ближнього або дальнього світла, та автоматично переходить у режим тестування. У цьому режимі перевіряються контролер, всі сенсори та навантаження системи.. При $T = 0$ система управління поворотом фар не активується.

Результати тестування передаються через CAN-інтерфейс на інформаційне табло автомобіля для інформування водія. У разі виявлення несправності будь-якого елемента системи на табло відображається відповідне повідомлення, а система управління поворотом фар не

запускається. В такому випадку фари працюватимуть у стандартному режимі без функції автоматичного повороту.

Після успішного проходження тестування система переходить у режим визначення швидкості руху автомобіля, який є ключовим параметром для її роботи. Залежно від швидкості руху система працює за двома алгоритмами: при швидкості менше 50 км/год електроприводи, що відповідають за поворот фар, не активуються, а робота системи обмежується своєчасним включенням бічного освітлення. Включення бічного світла відбувається при швидкості до 50 км/год одночасно з увімкненням покажчика повороту. При досягненні швидкості 50 км/год і вище система переходить до іншого алгоритму, що передбачає активне керування поворотом фар ($P \neq 0$) і при відхиленні рульового колеса ($U_p \neq 0$). Сторона, в яку відбувається відхилення рульового колеса, повинна збігатися зі стороною, на якій включений покажчик повороту, тобто після опитування сенсора U_p і розрахунку кута U_p : $\& U_p = U_{pi} - U_{pi-1}$, визначаємо яку лампу бічного освітлення потрібно задіяти: ліву (Лл) або праву (Лп). Вимкнення бічного освітлення відбувається при розпрямленні траєкторії руху автомобіля, тобто при поверненні рульового колеса в положення прямолінійного руху ($U_p = 0$) або при виключенні покажчика повороту. Вимкнення оптичного елемента не відбувається, якщо зберігається відхилення рульового колеса, навіть при збільшенні чи зменшенні цього відхилення. При зменшенні відхилення рульового колеса бічне освітлення не вимикається до моменту автоматичного виключення покажчика повороту. Після виключення лампи бічного освітлення система переходить у режим визначення швидкості руху автомобіля, і якщо швидкість менша за 50 км/год, алгоритм роботи системи повторюється заново.

Якщо при визначенні швидкості автомобіля система зафіксувала рух зі швидкістю, що перевищує $V > 50 \text{ км / год}$, система починає працювати з прожекторами фар, бічне освітлення не активується.

Спочатку система визначає точну швидкість руху автомобіля, і якщо вона перевищує 50 км/год, далі визначається кут повороту рульового колеса. Отримані точні значення надходять на мікроконтролер, який їх обробляє та розраховує кут, на який необхідно повернути прожектори фар:

$$U_{fg} = (U_{pi} - U_{pi-1}) \cdot K. \quad (4.12)$$

Прожектори фар обертаються в межах 22 градусів: при повороті внутрішній прожектор повертається максимум на 7 градусів, а зовнішній — на 15 градусів. Обчислений кут повороту фар подається у вигляді сигналу на електродвигуни, які повертають прожектори на необхідний кут.

$$A = U_{fg} \cdot U. \quad (4.13)$$

Сенсори кута повороту фар фіксують фактичне положення фар і передають ці дані мікроконтролеру, забезпечуючи зворотний зв'язок у системі. Мікроконтролер порівнює заданий ним кут повороту з реальним кутом, який показують датчики, і при необхідності коригує команду з урахуванням поточного положення фар. Якщо отримані від датчиків значення співпадають із розрахованими, механізм фіксує фари в цьому положенні, доки не надійдуть нові команди для зміни кута. Мікроконтролер постійно обчислює нові кути повороту, враховуючи те, що швидкість і напрямок руху автомобіля постійно змінюються. При високих швидкостях поворот фар відбувається швидше, а при низьких — механізм уповільнює рух фар. Крім того, мікроконтролер розраховує оптимальну швидкість повороту фар, що дозволяє правильно спрямовувати світловий пучок відповідно до зміни поля зору водія під час маневрів на різних швидкостях.

Якщо швидкість автомобіля знижується і стає меншою за 50 км/год, а рульове колесо знаходиться близько до нульового положення, система переходить до керування включенням бічного освітлення відповідно до описаного раніше алгоритму. Однак, якщо перед цим фари вже були

повернені на певний кут, система не може відразу переключитися на управління бічним освітленням. Це необхідна умова для того, щоб після відхилення фар вони змогли повернутися у положення прямолінійного освітлення.

$$A = U_{fg} \cdot U. \quad (4.14)$$

Отже, якщо система активує керування поворотом фар, вона не зможе перейти до режиму управління бічним освітленням, поки прожектори не повернуться у початкове, нульове положення. Основний алгоритм роботи системи автоматичного регулювання фар представлений на рисунку 4.6.

Якщо при визначенні швидкості автомобіля система фіксує, що швидкість менша за 50 км/год, то раніше описаний алгоритм роботи повторюється необхідну кількість разів для того, щоб фари повернулися у початкове, нейтральне положення. Це важливо для забезпечення правильного спрямування світлового пучка при подальшому режимі роботи. Після повернення фар у початкове положення, за умови, що кермо знаходиться близько до центрального положення (тобто без значного відхилення), система переходить у режим повторного визначення швидкості автомобіля. На основі цих даних відбувається вибір подальшого режиму роботи: якщо швидкість залишається нижчою за 50 км/год, активується алгоритм керування бічним освітленням, який забезпечує відповідне освітлення при повільному русі і маневруванні; якщо ж швидкість зростає і перевищує 50 км/год, система знову переходить до управління поворотом фар, регулюючи кут їх нахилу відповідно до кута повороту керма та швидкісних параметрів руху. Такий підхід забезпечує плавний і безперервний перехід між режимами роботи системи, адаптуючись до змін у русі автомобіля і гарантує оптимальне освітлення дороги за будь-яких умов.

4.6.2 Алгоритми обробки сигналів сенсорів

Сигнали з сенсорів проходять такі етапи попередньої обробки:

- перевірка на достовірності;
- дискретна фільтрація;
- перевірка на технологічні границі.

Перевірка достовірності полягає в контролі того, щоб швидкість зміни сигналів з сенсорів не перевищувала встановлені граничні значення. Це дозволяє виявити можливі помилки або несправності у вимірюваннях. Алгоритм перевірки можна описати як послідовність дій, яка включає зчитування сигналів, обчислення їхньої швидкості зміни, порівняння з граничними значеннями та прийняття рішення про коректність даних або необхідність їх корекції чи відхилення.

1. Зчитується сигнал i -ого сенсора $X_i(k)$, де k – поточний дискретний момент часу. Якщо виконується умова

$$|x_i(k) - x_i(k-1)| < \epsilon_i, \quad (4.15)$$

то сигнал з сенсора вважається достовірним. Відбувається перехід на пункт 3 даного алгоритму. В перший момент часу, при $k=1$, перевірка на достовірність не виконується.

2. Виконується збільшення лічильника недостовірних значень сигналів сенсорів

$$n_i = n_i + 1. \quad (4.16)$$

Якщо $n_i > 3$, то видається повідомлення про несправність сенсора i здійснюється перехід на кінець алгоритму.

3. Сигнал від сенсора визнається достовірним, після чого застосовується дискретна фільтрація. Процес фільтрації здійснюється за допомогою першопорядкового низькочастотного фільтра, який описується відповідним рівнянням:

$$T_i \frac{dy_i(t)}{dt} = -y_i(t) + x_i(t), \quad (4.17)$$

де T_i – постійна часу фільтра;

$y_i(t)$ – вихід фільтра;

$x_i(t)$ – вхід фільтра.

Оскільки рівняння (4.17) реалізується на ЕОМ, його потрібно привести до дискретного вигляду. Для цього використовують метод інтегрування Ейлера, що полягає в кусочно-постійній апроксимації інтегрованої функції. В результаті рівняння (4.17) набуває наступної форми:

$$y_i(k) = y_i(k-1) + \frac{h}{T_i} [-y_i(k-1) + x_i(k-1)], \quad (4.18)$$

де h – інтервал дискретизації.

Алгоритм здійснює згладжування високочастотних шумів вхідних сигналів. Високочастотними є шуми, смуга пропускання яких вище значення $2/T_i$. При цьому для різних сенсорів постійні часу можуть бути різними.

Перевірка на вихід за технологічні межі полягає у контролі того, чи не перевищують сигнали сенсорів встановлені мінімальні та максимальні допустимі значення. Ця перевірка виконується відповідно до наведених виразів

$$y_i(k) < y_i^{\max}, \quad (4.19)$$

$$y_i(k) > y_i^{\min}. \quad (4.20)$$

Якщо вирази (4.19) та (4.20) не виконуються, то здійснюється подача відповідної сигналізації про вихід в неприпустимі експлуатаційні режими.

5. Кінець алгоритму.

4.6.3 Алгоритм оцінювання швидкості за показами положення

Оцінювання швидкостей зміни положень здійснюється відповідно до алгоритмів.

Алгоритм оцінювання швидкості визначається виразом

$$\begin{cases} \frac{dx_{i1}(t)}{dt} = x_{i2} + k_{i1}(z_i - x_{i1}), \\ \frac{dx_{i2}(t)}{dt} = k_{i2}(z_i - x_{i1}), \end{cases} \quad (4.21)$$

де $x_{i1}(t), x_{i2}(t)$ – змінні стану спостерігачів похідних, $i = 1, 2, \dots, N_{\max}$;

$z_1 = y, z_i = x_{i-12}, i = 2, 3, \dots, N_{\max}$ – вхідні сигнали спостерігачів;

k_{i1}, k_{i2} – параметри, які визначаються вимогами до швидкодії і якості придушення шумів.

Відомо, що в лінійних системах підвищення швидкодії зазвичай супроводжується збільшенням рівня шумів. Тому коефіцієнти підсилення спостерігача розраховуються за такими формулами:

$$\begin{cases} k_{i1} = k_{i0} + L_i f(z_i - x_{i1}), \\ k_{i2} = q k_{i1}, \end{cases} \quad (4.22)$$

де L_i – позитивні постійні параметри;

$f(z_i - x_{i1})$ – позитивно певні функції;

z_i – вхідна величина блоку спостерігача;

k_{i0} – позитивний постійний параметр;

q – позитивний постійний параметр;

x_{i1} – перша змінна блоку спостерігача.

Припустимо тепер, що на вхід спостерігача діє випадковий сигнал, що має спектральну функцію

$$S(\omega) = \frac{2a\tau_k}{1 + \tau_k^2 \omega^2}, \quad (4.23)$$

де a – дисперсія випадкового шуму;

τ_k – час кореляції шуму;

ω – частота.

У цьому випадку, в області малих відхилень, коли величина помилки оцінювання прагне до нуля

$$f(z_i - x_{i1}) \rightarrow 0, \quad (4.24)$$

отримаємо наступні оцінки відношення дисперсій на вході і виходах блоку спостерігача (4.22), (4.23):

$$\frac{D_{x_{i1}}}{D_{z_i}} = \frac{\tau_k(k_{10} + q) + \tau_k^2 q k_{10}}{1 + \tau_k k_{10} + \tau_k^2 q k_{10}}, \quad (4.25)$$

$$\frac{D_{x_{i2}}}{D_{z_i}} = \frac{\tau_k q^2 k_{10}}{1 + \tau_k k_{10} + \tau_k^2 q k_{10}}, \quad (4.26)$$

де $D_{x_{i1}}, D_{z_i}, D_{x_{i2}}$ – дисперсії вхідного і вихідного сигналів ланки спостерігача.

Таким чином, параметри оцінювання швидкостей визначаються наступним чином.

1. Вихідними даними є: час кореляції шуму датчиків τ_k , дисперсія шуму датчика a ; необхідне співвідношення між дисперсіями вхідного і вихідного сигналів $\frac{D_{x_{i2}}}{D_{z_i}}$.

2. Обчислюємо коефіцієнти підсилення спостерігача. З визначення для цієї величини отримуємо співвідношення між коефіцієнтами підсилення нелінійного релейного параметричного (РНП) спостерігача

$$k_2 = q \cdot k_1. \quad (4.27)$$

Для встановлення динамічних параметрів спостерігача обираємо налаштування за технічним оптимумом, що забезпечує відсутність коливань при максимальній швидкодії, тобто кратні корені:

$$k_2 = \frac{k_1^2}{4}. \quad (4.28)$$

Прирівнюючи (4.24) і (4.25), знаходимо q :

$$q = \frac{k_1}{4}. \quad (4.29)$$

Підставляємо (4.26) і значення часу кореляції шуму τ_k і необхідного співвідношення дисперсій $\frac{D_{x_{12}}}{D_{z_1}}$ в формулу (4.23). В результаті отримуємо рівняння третього порядку щодо коефіцієнта k_1 , вирішуючи яке отримуємо три кореня. Два комплексних кореня відкидаємо, а дійсний корінь залишається завжди позитивний, він визначає значення коефіцієнта k_1 .

Далі з виразу (4.25) визначаємо значення k_2 .

3. Коефіцієнт L_i вибирається на основі значення дисперсії таким чином, щоб у разі, коли помилка оцінки вихідної координати перевищує амплітуду шумів, похідна $L_i f(z_i - x_{il})$ швидко наростає, а в іншому випадку – зменшується.

Нехай нелінійна функція обрана у вигляді:

$$L_i f(z_i - x_{il}) = L_i (z_i - x_{il})^2 = [l_i (z_i - x_{il})]^2. \quad (4.30)$$

Тоді коефіцієнт L_i розраховується виходячи із співвідношення:

$$L = l^2 = \frac{1}{(3a)^2}. \quad (4.31)$$

Коефіцієнт 3 походить із правила «трьох сигм», згідно з яким амплітуда нормального випадкового шуму з ймовірністю 0,996 не перевищує трьох стандартних відхилень (сигм) цього шуму.

Припустимо, наприклад, задано наступні вихідні дані:

$$\tau_k = 10^{-3},$$

$$a = 0.01;$$

$$\frac{D_{x_{i2}}}{D_{z_i}} = 3.$$

Застосовуючи викладену методику, одержуємо такі значення коефіцієнтів нелінійного РНП: $k_1 = 36,78$, $k_2 = 338,19$.

Тепер з виразу (4.28) обчислюємо:

$$l = \frac{1}{3a} \approx 33, \quad L = 33^2 = 1089.$$

5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

5.1 Вибір мікроконтролера

Основним елементом пристрою, який контролює всі процеси та виконує необхідні обчислення в системі, є мікроконтролер (МК). На сьогодні існує широкий вибір мікроконтролерів різного призначення, які відрізняються архітектурою, продуктивністю, розрядністю, організацією зовнішньої шини, набором комунікаційних інтерфейсів, можливістю обробки аналогових сигналів тощо. Багато мікроконтролерів мають у своєму складі інтегровані аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), контролери інтерфейсів, постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП) з командами (масові або перепрограмовувані), оперативну пам'ять (ОЗП) та порти вводу-виводу.

Для вибору мікроконтролера, який зможе ефективно виконувати покладені функції, необхідно сформулювати основні вимоги. Продуктивність мікроконтролера в значній мірі залежить від тактової частоти його роботи, тому для досліджуваної системи з урахуванням можливого розширення та ускладнення алгоритмів і програмного забезпечення вона повинна бути не менше 20 МГц.

Кількість необхідних аналогових входів, виходячи зі структурної схеми пристрою, має становити щонайменше 5. Похибка вимірювань параметрів функціонування автомобіля зазвичай не повинна перевищувати 1%, що вимагає розрядності АЦП не менше 10 біт.

Як основний комунікаційний інтерфейс між електронними блоками управління автомобіля найширше застосовується CAN-шина. Для підвищення надійності роботи бажано мати два CAN-канали — основний і резервний, тому мікроконтролер повинен підтримувати роботу з CAN-інтерфейсом.

В даному пристрої використовуємо мікроконтролер типу Atmega128.

З метою забезпечення високої продуктивності та можливості

паралельного виконання операцій, мікроконтролери AVR побудовані на основі гарвардської архітектури, яка передбачає роздільне зберігання та обробку програмного коду і даних. Це досягається завдяки наявності окремих пам'ятей і шин для програм та даних. Команди з пам'яті програм виконуються за принципом однорівневої конвеєризації: поки одна команда виконується, наступна вже попередньо зчитується з пам'яті, що дозволяє досягти виконання однієї інструкції за один машинний цикл. Пам'ять програм реалізована у вигляді внутрішньосистемної флеш-пам'яті, що дозволяє перепрограмування прямо в системі.

В основі архітектури знаходиться регістровий файл із швидким доступом, який містить 32 8-бітні робочі регістри загального призначення. Завдяки одноктактному доступу до цих регістрів, арифметико-логічний пристрій (АЛП) також працює в одноктактному режимі, що суттєво підвищує загальну швидкодію системи.

Шість із 32 регістрів можуть використовуватись у вигляді трьох 16-бітних регістрів непрямої адресації — X, Y і Z регістрів, що забезпечує ефективну адресацію в межах пам'яті даних. Один із цих регістрів може також використовуватись для доступу до таблиць у флеш-пам'яті програм.

АЛП підтримує виконання арифметичних і логічних операцій як між регістрами, так і між регістром і константою, а також операції над одним регістром. Після кожної операції відповідні прапори в регістрі статусу автоматично оновлюються, що дозволяє оцінити результат обчислень.

Система переривань в AVR-мікроконтролерах гнучка і розгалужена — кожне джерело переривання має власний вектор у пам'яті програм, а також окремий біт дозволу. Крім того, можливий загальний дозвіл або заборона всіх переривань через статусний регістр. За потреби, переривання можуть бути відключені програмно через біти захисту завантажувального сектора BLB02 або BLB12, що дозволяє гнучко керувати поведінкою мікроконтролера в залежності від стану програмного лічильника.

Існують два основні типи переривань, які реалізуються в мікроконтролерах. Перший тип активується у відповідь на певну подію, яка призводить до встановлення прапора переривання. Коли це відбувається, мікроконтролер змінює значення програмного лічильника на адресу відповідного вектора переривання і починає виконання підпрограми обробки цього переривання. Після завершення обробки прапор переривання автоматично скидається апаратно. Крім того, його можна скинути програмно — записом логічної одиниці в відповідний розряд регістра.

Якщо переривання виникає, але відповідне йому джерело було заборонене (тобто прапор дозволу переривання скинутий), то сам прапор переривання все одно встановлюється і зберігається до моменту, поки дозвіл не буде відновлено. Аналогічна ситуація виникає у випадку, якщо загальний дозвіл на обробку переривань вимкнено (глобальний прапор дозволу). У цьому випадку також прапори відповідних переривань встановлюються і зберігаються, а обробка виконується пізніше — у міру дозволу, згідно з визначеним пріоритетом. Це дозволяє мікроконтролеру не втратити важливу подію і забезпечити надійне реагування навіть у складних ситуаціях.

Другий тип переривань у мікроконтролерах активується негайно після виконання умови, яка його викликає. Особливістю цього типу є те, що такі переривання можуть не мати відповідного прапора в регістрі, який сигналізує про їхню активацію. Якщо умова для виникнення переривання зникає до моменту його дозволу, запит на переривання просто не враховується, тобто ігнорується системою.

Час реакції на запит переривання становить щонайменше 4 машинні цикли — це час, необхідний для переключення на обробку відповідної підпрограми переривання. Після цього мікроконтролер починає виконувати інструкції з вектора переривання. Повернення з обробки переривання також займає 4 машинних цикли, протягом яких відновлюється основний хід виконання програми.

Що стосується апаратної частини, мікроконтролер ATmega128 оснащений 128 кбайт внутрішньої флеш-пам'яті, яка може бути перепрограмована без вилучення з пристрою. Ця пам'ять розділена на два логічні сектори — область завантаження (bootloader) і область прикладної програми, що дозволяє реалізувати захищене оновлення прошивки. Окрім цього, мікроконтролер має 4 Кбайт вбудованої статичної оперативної пам'яті (SRAM) для зберігання змінних під час виконання програми, а також підтримує підключення до 64 Кбайт зовнішнього статичного ОЗП, що забезпечує розширення обчислювальних можливостей системи при необхідності.

Основним джерелом синхронізації для ATmega128 є кварцовий генератор, що підключається до входів XTAL1 і XTAL2. Для задання частоти може використовуватися або кварцевий, або керамічний резонатор.

Мікроконтролер ATmega128 підтримує до восьми зовнішніх переривань, а також переривання від таймерів, що робить його цілком придатним для використання в системі автоматичного регулювання фар легкового автомобіля. Крім того, він дозволяє формувати переривання по завершенню аналого-цифрового перетворення (АЦП), а також по зміні стану аналогового компаратора, що значно розширює функціональні можливості при роботі з аналоговими сенсорами та сигналами.

Контролер обладнаний вісьмома універсальними паралельними портами вводу-виводу. Для кожного з портів у пам'яті вводу-виводу зарезервовано по три регістри: PORTx — регістр даних, який визначає логічний рівень на виводах (при роботі в режимі виводу); DDRx — регістр напрямку, який задає, чи працює відповідний вивід як вхід або вихід; PINx — регістр, що відображає поточний стан сигналів на виводах, і доступний лише для читання.

Більшість виводів підтримують альтернативні функції на додаток до універсального цифрового вводу-виводу.

Контролер оснащений вбудованим 8-розрядним аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП), що дозволяє обробляти аналогові сигнали з сенсорів, необхідні для коректної роботи системи автоматичного регулювання фар. Цього достатньо для отримання основної інформації про положення кузова, рульового керування та інших параметрів з точністю, прийнятною для роботи в автомобільній електроніці.

Окрім того, мікроконтролер має у своєму складі кілька таймерів, здатних генерувати широтно-імпульсні сигнали (ШІМ). Це особливо важливо для управління електродвигунами, що здійснюють поворот прожекторів фар у горизонтальній та вертикальній площинах. Таймери забезпечують можливість гнучко змінювати частоту та коефіцієнт заповнення ШІМ-сигналів, що дозволяє точно керувати положенням фар відповідно до обчислених мікроконтролером значень. Таким чином, ATmega128 повністю відповідає функціональним вимогам проектованої системи.

Аналогово-цифровий перетворювач має наступні параметри:

- 10-розрядний дозвіл;
- інтегральна нелінійність 0.5 молодшого розряду;
- абсолютна похибка ± 2 мл. розр.;
- час перетворення 65 - 260 мкс;
- Частота перетворення до 15 тис. перетворень в 1 секунду при максимальному дозволі;
- 8 мультиплексованих однополярних входів;
- 7 диференціальних входних каналів;
- 2 диференціальних входних канали з опціональним посиленням на 10 і 200;
- представлення результату з лівостороннім або правостороннім вирівнюванням в 16-розр. слів;
- вибіркового внутрішнього ІОН на 2,56В;
- режими одиночного перетворення і автоматичного перезапуску;

- переривання по завершенню перетворення АЦП;
- механізм придушення шумів в режимі сну.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) здійснює трансформацію аналогового сигналу на вході у 10-бітове цифрове значення, використовуючи алгоритм послідовного наближення. Найменший цифровий код відповідає напрузі GND, тоді як найбільший — напрузі, що дорівнює AREF за вирахуванням одного найменшого значущого біта. До контакту AREF можна під'єднати або напругу AVCC, або внутрішнє опорне джерело на 1,22 В, для чого в регістрі ADMUX необхідно встановити відповідні біти REFSn. Хоча вбудоване опорне джерело на 2,56 В розміщується всередині мікроконтролера, до його виходу дозволено підключити конденсатор фільтрації, щоб зменшити вплив шумів. Саме тому цей вихід виведено на контакт AREF.

Основні електричні характеристики Atmega 128 представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні електричні характеристики Atmega 128

Робоча температура	-55°C...+125°C
Температура зберігання	-65°C...+150°C
Напруга на будь-якому виводі по відношенню до загального живлення, крім RESET	-1.0V ... VCC+0.5V
Напруга на виводі скидання RESET по відношенню до загальної	-1.0V ... +13.0V
Максимальна робоча напруга	6.0 V
Постійний струм через лінію вводу-виводу	40.0 mA
Постійний струм через виводи VCC и GND	200.0 mA

Статичні характеристики мікроконтролерів Atmega 128 приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Статичні характеристики Atmega 128

Позначення	Параметр	Умови вимірювання	Хв.	Ном.	Макс.	Од. вим.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
V_{OH}	Вихідна напруга високого рівня (4)(порти A,B,C,D)	$I_{OH} = -20 \text{ мА}, V_{CC} = 5\text{В}$ $I_{OH} = -10 \text{ мА}, V_{CC} = 3\text{В}$	4.0 2.2	—	—	В
V_{IL1}	Вхідна напруга низького рівня	Вивід XTAL1, обрана зовнішня синхронізація	-0.5	—	$0.1 V_{CC}^{(1)}$	В
V_{IL2}	Вхідна напруга низького рівня	Вивід скидання RESET	-0.5	—	$0.2 V_{CC}^{(1)}$	В
V_{IH}	Вхідна напруга високого рівня	Крім виводів XTAL1 , RESET	$0.6 V_{CC}^{(2)}$	—	$V_{CC} + 0.5$	В
V_{IH1}	Вхідна напруга високого рівня	Вивід XTAL1, обрана зовнішня синхронізація	$0.7 V_{CC}^{(2)}$	—	$V_{CC} + 0.5$	В
V_{IH2}	Вхідна напруга високого рівня	Вивід скидання RESET	$0.85 V_{CC}^{(2)}$	—	$V_{CC} + 0.5$	В
V_{OL}	Вихідна напруга низького рівня ⁽³⁾ (порти A,B,C,D, E, F, G)	$I_{OL} = 20 \text{ мА}, V_{CC} = 5\text{В}$ $I_{OL} = 10 \text{ мА}, V_{CC} = 3\text{В}$	—	—	0.7 0.5	В

Продовження таблиці 5.2 – Статичні характеристики Atmega 128

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
V_{OH}	Вихідна напруга високого рівня (4)(порти A,B,C,D)	$I_{OH} = -20 \text{ мА}, V_{CC} = 5\text{В}$ $I_{OH} = -10 \text{ мА}, V_{CC} = 3\text{В}$	4.0 2.2	—	—	В
I_{IL}	Вхідний струм витоку через лінію введення-виведення	$V_{CC} = 5.5\text{В}$, лог. 0 (абс. значення)	—	—	8.0	мкА
I_{IH}	Вхідний струм витоку через лінію введення-виведення	$V_{CC} = 5.5\text{В}$, лог. 1 (абс. значення)	—	—	8.0	мкА
R_{RST}	Опір підтягує резистора на вході скидання	—	30	—	100	кОм
R_{PEN}	Опір підтягує резистора на вході PEN	—	25	—	100	кОм
R_{PU}	Опір підтягує резистора на лініях введення-виведення	—	20	—	100	кОм
I_{CC}	Поживаний струм	4 МГц, $V_{CC} = 3\text{В}$, активний режим (ATmega128L)	—	—	5	мА
		8 МГц, $V_{CC} = 5\text{В}$, активний режим (ATmega128)	—	—	20	мА
		4 МГц, $V_{CC} = 3\text{В}$, режим холостого ходу (ATmega128L)	—	—	2	мА

		8 МГц, $V_{CC} = 5V$, режим холостого ходу (ATmega128)	—	—	12	мА
	Режим вимкнення (Power-down) ⁽⁵⁾	Стор. таймер включений, $V_{CC} = 3V$	—	< 25	40	мкА
		Стор. таймер відключений, $V_{CC} = 3V$	—	< 10	25	мкА
V_{ACIO}	Вхідна напруга зсуву аналогового компаратора	$V_{CC} = 5V$ $V_{BX} = V_{CC}/2$	—	—	40	мВ
I_{ACLK}	Вхідний струм витоку аналогового компаратора	$V_{CC} = 5V$ $V_{BX} = V_{CC}/2$	-50	—	50	нА
t_{ACID}	Затримка на ініціалізацію аналогового компаратора	$V_{CC} = 2.7V$ $V_{CC} = 5.0V$	750 500	—	—	нс
t_{ACID}	Затримка поширенню сигналу в аналоговому компараторе	$V_{CC} = 2.7V$ $V_{CC} = 5.0V$	750500	—	—	нс

Для зв'язку з CAN-шиною використовується перетворювач, входи якого можна підключити до універсального синхронного і асинхронного послідовного прийомопередавача (УСАПП), призначеного для організації гнучкого послідовного зв'язку.

Відмінні особливості даного приймача наступні.

1. Повнодуплексна робота (роздільні регістри послідовного прийому і передачі).
2. Асинхронна або синхронна робота.
3. Ведуче або підпорядковане тактування зв'язку в синхронному режимі роботи.
4. Висока роздільна здатність генератора швидкості зв'язку.
5. Підтримка формату переданих даних з 5, 6, 7, 8 або 9 бітами даних і 1 або 2 стоп-бітами.
6. Апаратна генерація і перевірка біту паритету (парність / непарність).
7. Визначення переповнення даних.
8. Визначення помилки в структурі посилання.
9. Фільтрація шуму з детектуванням помилкового старт-біта і

цифровим ФНЧ.

10. Три роздільних переривання по завершенні передачі, звільнення регістра переданих даних і завершенні прийому.

11. Режим многопроцесорного зв'язку.

12. Режим подвоєння швидкості зв'язку в асинхронному режимі.

Для системи автоматичного регулювання фар буде використаний промисловий варіант виконання даного контролера, з напругою живлення 2.7 - 5.5 В. Тип корпусу 64А представлений на рисунку 5.1.

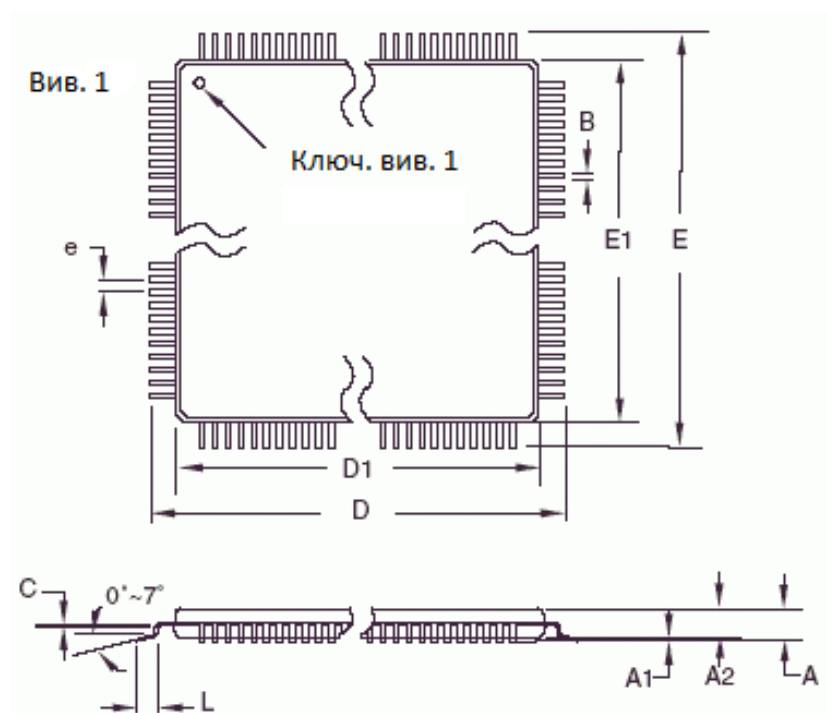


Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд мікроконтролера Atmega 128

5.2 Вибір сенсора кута повороту керма

Для визначення кута повороту кермового колеса та фар доцільно застосовувати датчики кута, виготовлені компанією Honeywell, що працюють на основі ефекту Холла, який гарантує високу точність зчитування. Однією з найбільш ефективних моделей серед високоточних безконтактних сенсорів є RPN1A112. Цей пристрій має герметичний корпус із ступенем захисту IP67, стандартне з'єднання типу AMP та передбачені отвори для монтажу. Модель

спеціально адаптована для використання в автомобільній сфері [6], [7].

Основним елементом датчика є обертовий вал діаметром 6 мм, що виступає з корпусу на 10 мм. В середині вала встановлено два постійних магніти, магнітне поле яких діє на інтегральну схему з елементами Холла. Завдяки цьому перетворюється кут повороту в аналоговий сигнал постійної напруги.

У пристрої передбачено додаткові електронні схеми, які відповідають за підсилення сигналу, його лінеаризацію, а також захист вихідного кола від короткого замикання та живлення — від неправильного підключення полярності. Сенсор здатен вимірювати кут у межах від -90° до $+90^\circ$, формуючи відповідну напругу в діапазоні від 0,25 до 4,75 В, при цьому забезпечується точність вимірювання $\pm 0,5^\circ$. Незважаючи на це, сам вал сенсора може безперешкодно обертатись на повні 360° , а відхилення від лінійності вихідної характеристики не перевищує $2,5^\circ$ [6], [7].

При інтеграції цього сенсора з приводом рульового управління доцільно застосувати підвищувальний редуктор. Співвідношення діаметрів шестерень має становити 1:4 — провідна (на рульовому валу) у чотири рази більша за ведену (з'єднану з віссю сенсора). Це дозволяє сенсору охопити ширший діапазон — від -360° до $+360^\circ$, що суттєво перевищує фактичний кут обертання рульового колеса (в середньому близько 3 повних обертів, тобто приблизно від -540° до $+540^\circ$). Хоча таке передавальне співвідношення знижує точність до $\pm 20^\circ$, це не є критичним, оскільки відхилення у 2° рульового колеса практично не впливають на загальну точність керування.

5.3 Вибір сенсорів кута повороту фар

Для визначення кута повороту фар також застосовується сенсор моделі RPN1A112. У цьому випадку пристрій монтується безпосередньо на механізми приводу фар, без використання редуктора. Таким чином, він фіксує поворот у межах від -90° до $+90^\circ$, зберігаючи точність вимірювання на

рівні $\pm 0,5\%$.

Вихідні сигнали аналогових датчиків, які контролюють повороти фар і рульового колеса, представлені змінною напругою в межах приблизно від 0 до 4,5 В. Цей аналоговий сигнал подається на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП), інтегрованого у мікропроцесор. Для коректної роботи АЦП необхідна відповідна опорна напруга, яка має дорівнювати максимальному рівню вхідного сигналу — тобто 4,5 В. При подачі такої напруги на вхід перетворювача, він формує максимальне значення цифрового коду відповідно до своєї розрядності.

5.4 Вибір сенсорів кутів положення кузова

Для визначення положення кузова пропонується використовувати магнітострикційні датчики, які широко застосовуються в автомобільній електроніці та промисловості завдяки своїй здатності точно фіксувати значні лінійні переміщення. Такі сенсори часто використовують для контролю підвіски — положення кузова та коліс, регулювання положення педалей акселератора та гальма, сидінь, а також ходу лінійних приводів систем рульового управління і перемикання передач.

Магнітострикція — це властивість деяких кристалічних матеріалів, переважно ферромагнітних, змінювати свої розміри або форму під впливом зовнішнього магнітного поля. Це явище, при якому матеріал деформується під дією магнітного поля, називається магнітострикційним ефектом.

Оскільки вплив магнітного поля спричиняє механічне напруження в матеріалі, що змінює його фізичні властивості, існує і зворотній процес — ефект Віллари. Він полягає в тому, що прикладання зовнішньої механічної сили (наприклад, розтягнення, кручення або вигину), що викликає напругу в магнітострикційному матеріалі, призводить до зміни його магнітних властивостей, зокрема магнітної проникності.

Зазвичай сигнал абсолютного положення від магнітострикційного

сенсора подається у вигляді аналогової напруги, пропорційної вимірюваному значенню. Водночас магнітострикційні перетворювачі можуть видавати і інші типи вихідних сигналів: фіксовану напругу, стабільний струм, широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ), цифрові імпульси старт-стоп, а також інтерфейси CANbus, Profibus, SSI, HART та інші. Типові варіанти вихідних сигналів магнітострикційних сенсорів наведені на рисунку 5.2.

В даному випадку для нашого досліджуваного механізму пропонується використовувати сенсор GSPR, представлений на рисунку 5.3.

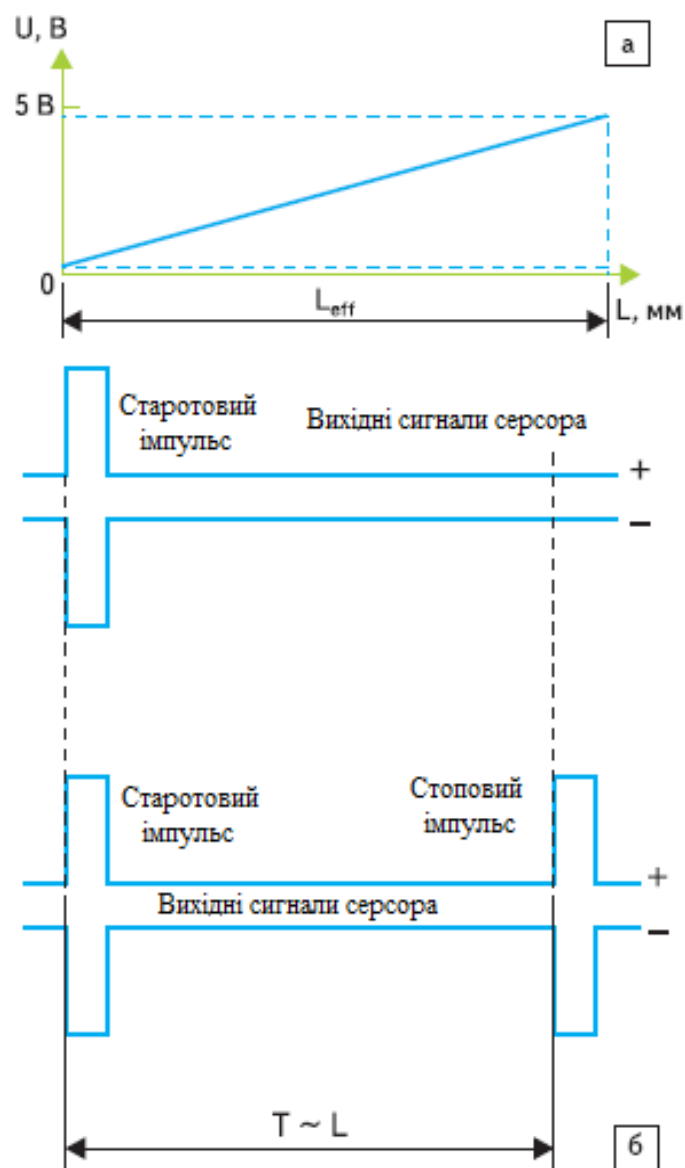


Рисунок 5.2 – Стандартні вихідні сигнали магнітострикційних сенсорів положення

Сенсор має такі характеристики:

- вихідний сигнал аналоговий від 0,1 до 4,9 В;
- статична характеристика лінійна;
- підтримка ШІМ-виходу;
- нелінійність 0,15 мм;
- повторюваність 25 мкм;
- напруга живлення 5 В;
- споживаний струм 40 мА;
- робоча температура від -40 до +75 градусів;
- клас захисту IP40 (за замовленням IP67).



Рисунок 5.3 – Сенсор типу CSPR сімейства CSP MTS в металевому корпусі з класом захисту IP67 для автомобіля

5.5 Вибір сенсора швидкості

В якості сенсора швидкості використовується штатний автомобільний сенсор швидкості, представлений на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 – Сенсор швидкості автомобіля

Сенсор швидкості автомобіля (виробництва США) побудований на основі ефекту Холла і формує частотно-імпульсний сигнал, який подається на контролер. Частота цих імпульсів прямо пропорційна швидкості транспортного засобу. Контролер, використовуючи цей сигнал, регулює роботу двигуна на холостому ході, керуючи подачею повітря через обхідний канал дросельної заслінки за допомогою відповідного регулятора. Датчик генерує приблизно 6004 імпульси на кожен кілометр пройденого автомобілем шляху. Шляхом вимірювання часу між послідовними імпульсами контролер визначає поточну швидкість руху. Крім того, цей сигнал може бути використаний спідометром на приладовій панелі.

Імпульсний датчик швидкості підключається до входу таймера/лічильника мікропроцесора, що значно спрощує обробку та обчислення частоти отриманих сигналів програмним забезпеченням.

5.6 Синтез принципової схеми пристрою

Приведемо опис технічних рішень, реалізованих в схемі електричній принциповій та принцип їх дії.

Сенсор швидкості автомобіля підключається через вхідний резистивний подільник, утворений резисторами R1 та R2. Для зменшення впливу високочастотних завад використовується конденсатор C1, що виконує функцію фільтра. Потім імпульсний сигнал надходить на формувач імпульсів

на основі мікросхеми 133ТЛ1, яка перетворює його у цифрові імпульси, що подаються на дискретний вхід мікроконтролера. Для захисту від перенапруги в схемі застосовано діод VD1. Принципова електрична схема системи автоматичного регулювання наведена на рисунку 7.5.

Сигнали від вимикачів зовнішнього освітлення та показчиків повороту також підключаються до портів мікропроцесора через резистивні подільники, які складаються з резисторів R17, R18 та R19, R20. Аналогічно до подільника R1, R2, ці ланцюги призначені для зниження рівня напруги на перемикачах до рівня TTL (приблизно 5 В), щоб забезпечити формування логічного сигналу «1». Значення опорів у цих подільниках визначаються за відповідними формулами:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R1 + R2}{R1}, \quad (5.1)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R17 + R18}{R17}, \quad (5.2)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R19 + R20}{R19}, \quad (5.3)$$

где U_1 – вхідна напруга 12 В;

U_2 – вихідна напруга логічного рівня 5 В.

Рівняння (5.1)–(5.3) задають співвідношення, необхідні для визначення значень трьох резисторів. Інші резистори обираються з урахуванням обмеження максимально допустимого струму.

Максимальний струм, який може проходити через вхід мікропроцесора, становить приблизно 10 мА. Щоб уникнути перевантаження входу мікроконтролера, проведемо розрахунок параметрів резистивного подільника для системи автоматичного регулювання фар.

Робочий струм складає 5 мА. Тоді опори R1, R17 і R19 визначаються

за формулами:

$$R_1 = \frac{12\text{ В}}{5\text{ мА}} = 2,4\text{ КОм}, \quad (5.4)$$

$$R_{17} = \frac{12\text{ В}}{5\text{ мА}} = 2,4\text{ КОм}, \quad (5.5)$$

$$R_{18} = \frac{12\text{ В}}{5\text{ мА}} = 2,4\text{ КОм}, \quad (5.6)$$

Відповідно, опори R_2 , R_{18} і R_{20} знаходяться із математичних співвідношень (7.1) - (7.3)

$$R_2 = R_1 \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) = 2,4 \left(\frac{12}{5} - 1 \right) = 3,36\text{ КОм}, \quad (5.7)$$

$$R_{18} = R_{17} \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) = 2,4 \left(\frac{12}{5} - 1 \right) = 3,36\text{ КОм}, \quad (5.8)$$

$$R_{20} = R_{19} \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) = 2,4 \left(\frac{12}{5} - 1 \right) = 3,36\text{ КОм}, \quad (5.9)$$

Опори вибираються зі стандартного ряду. Найбільш близьке значення становить 3,4 кОм.

Напруги, які надходять з аналогових сенсорів, знаходяться в діапазонах 0...4,5 В і 0,1...4,9 В, що відповідає допустимим рівням для подачі на аналого-цифровий перетворювач. Для забезпечення узгодження по потужності між джерелом сигналу та мікропроцесором застосовуються підсилювальні каскади на основі операційних підсилювачів типу КР572УД1. Кожен з підсилювачів має коефіцієнт передачі -1, тобто працює в конфігурації інверсного повторювача. З урахуванням цього можна записати рівняння для розрахунку резисторів R_3 і R_4 :

$$-1 = -\frac{R_4}{R_3}. \quad (5.10)$$

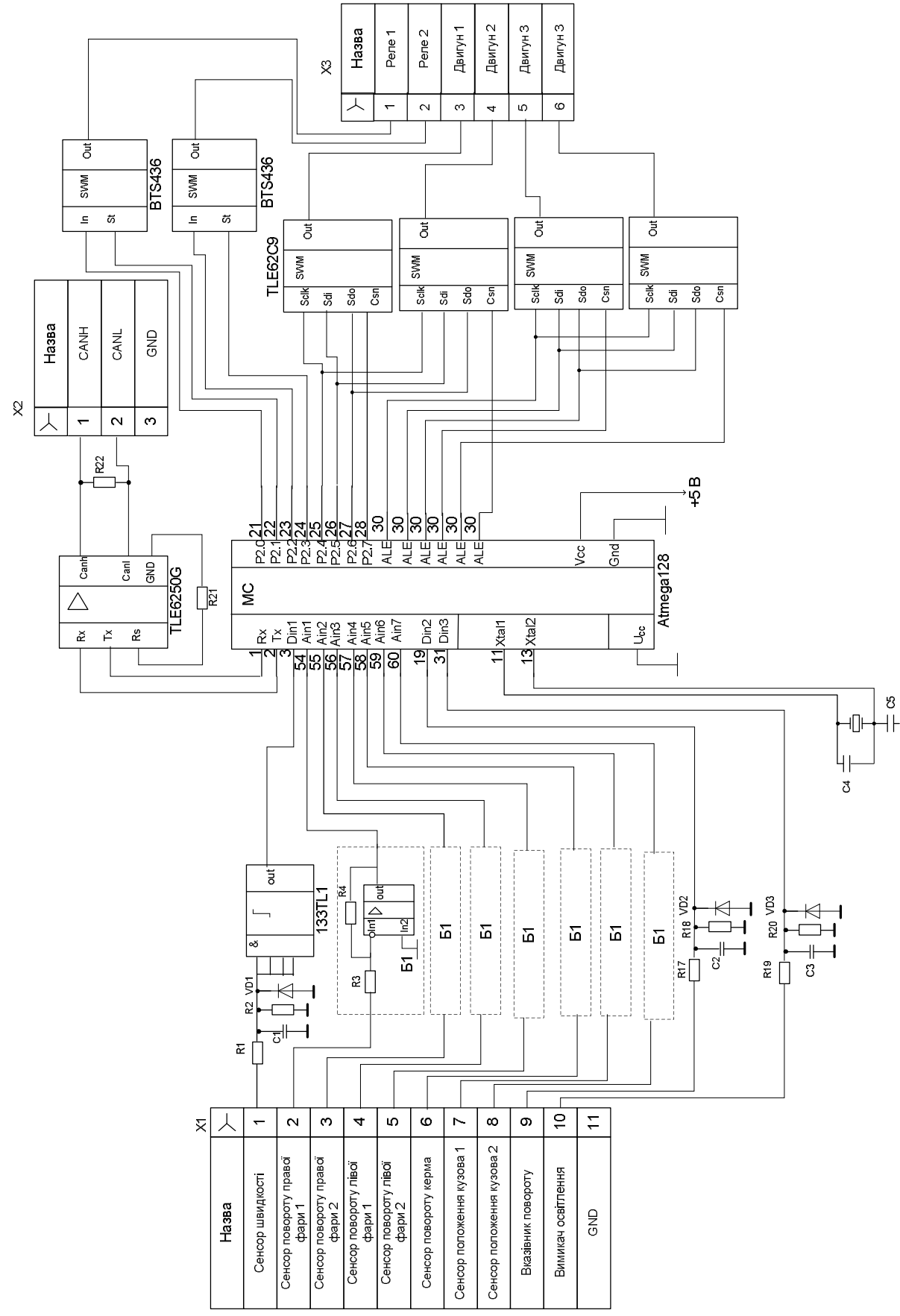


Рисунок 5.5 – Схема електрична принципова мікроконтролерної системи автоматичного регулювання фар

Оскільки вхідний опір ОП по постійному струму є великим, то для того, щоб вхідний струм мікроконтролера визначався вихідним струмом підсилювача, досить виконати співвідношення:

$$R3 + R4 \gg R_{\text{вых}}, \quad (5.11)$$

де $R_{\text{вых}}$ – вихідний опір операційного підсилювача, рівне близько 1 кОм.

Виходячи їх співвідношення (7.11) виберемо опір R3:

$$R3 = 10 \text{ кОм}. \quad (5.12)$$

Тоді опір R4 знаходиться із співвідношення (7.10)

$$R4 = R3 = 10 \text{ кОм}. \quad (5.13)$$

Аналогічним чином розраховуються всі резистори блоків, позначених на принциповій схемі Б1.

Створений пристрій має підтримувати програмне керування вмиканням і вимиканням додаткових фар головного освітлення. Для цього використовуються драйвери потужних ключів типу BTS436, які здійснюють комутацію напруги бортової мережі для живлення фар [4]. Керування цими ключами відбувається за допомогою логічних сигналів, що надходять з мікроконтролера.

Мікросхеми BTS436 оснащені логічними діагностичними виходами, які забезпечують зворотний зв'язок про поточний стан ключа. Це дозволяє мікропроцесору виявляти несправності як у самій мікросхемі, так і у підключеному навантаженні. Зокрема, можна розпізнати такі відхилення, як обрив ланцюга навантаження, коротке замикання на масу або перегрів ключа, після чого пристрій може автоматично вжити відповідних заходів реагування.

Мікросхеми типу BTS436 використовуються для керування вмиканням ламп додаткового бокового освітлення. Оскільки через ці лампи проходить значний струм — приблизно 4 А, можна очікувати, що ключі BTS436 будуть

нагріватися. Це небажано, зважаючи на їхнє розміщення поблизу мікроконтролера.

Для зменшення теплового навантаження вирішено використовувати додаткові електромагнітні реле, які вмикаються за допомогою BTS436. Реле K1.1 та K2.1 забезпечують комутацію ламп додаткового головного освітлення. При цьому самі реле повинні бути винесені на окрему друковану плату, щоб мінімізувати вплив електромагнітних перешкод на цифрову частину схеми. Основні електричні характеристики мікросхеми BTS436 представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні електричні характеристики мікросхеми BTS436

Назва параметру	Позначення	Значення
Опір активного режиму	RON	38мОм
Робоча напруга	Vp(оп)	4.7S .. .41V
Номінальний струм навантаження	IL(NOM)	9.8A
Обмеження струму	IL(SCr)	40A

Поворот фар здійснюється за допомогою електродвигунів, які керуються командами від мікропроцесора. До кожної фари підключено окремий електромотор, загалом їх чотири [2]. Для керування ними використовується драйвер TLE6209 — це потужний ключовий елемент, керований сигналами з портів мікроконтролера. Порти з'єднані з таймерами, які формують широтно-імпульсні сигнали (ШИМ) для управління двигунами.

Мікросхема TLE6209 оснащена вбудованим захистом від перегріву, перевищення та зниження напруги живлення. Крім того, її виходи мають захист у вигляді зворотних діодів. Таблиця 5.4 містить основні електричні характеристики драйвера TLE6209.

Таблиця 5.4 – Основні електричні характеристики мікросхеми TLE6209

Назва параметру		Позначення	Значення
Максимальна напруга живлення		VOP _{max}	40В
Максимальний струм навантаження	постійний	ILOAD _{nom}	6А
	піковий	ILOAD _{max}	7А
Опір одного ключа		IL(NOM)	R _{sw}

Приймач CAN реалізований на мікросхемі TLE6250G і підключений до гнізда CAN XS8 через опір R22 рівне 120 Ом.

Схема живлення мікросхем, зображена на рисунку 7.6, передбачає використання двох стабілізаторів напруги. Перший із них забезпечує живлення основних вузлів мікропроцесора, а також логічних керуючих ланцюгів драйверів, які управляють електродвигунами повороту додаткових фар головного освітлення. Напруга стабілізації цього джерела становить 5 В.

Другий стабілізатор відповідає за живлення процесорного ядра мікроконтролера і забезпечує стабільну напругу 2,5 В. Для реалізації стабілізатора на 5 В використовується мікросхема KP142EH5Б, а для формування напруги 2,5 В застосовується стабілізатор на базі мікросхеми KP142EH12Б.

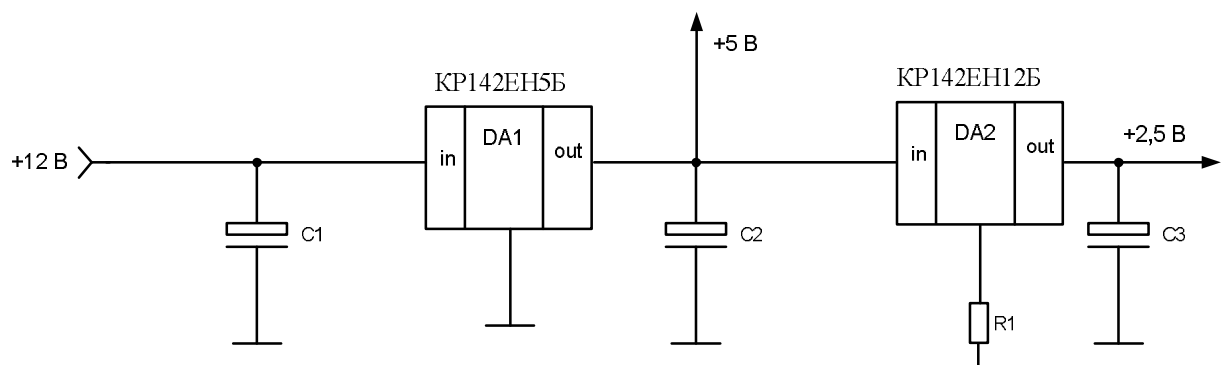


Рисунок 5.6 – Схема живлення ядра процесора

Обидві ці мікросхеми являють собою трививідні лінійні стабілізатори напруги. Останній з них є регульованим і необхідна напруга на його виході задається за допомогою регульованого опору R1.

5.7 Програма генерації ШІМ-сигналу мікро контролера Atmega

Нехай необхідно запрограмувати ШІМ сигнал з частотою 40 КГц і скважністю 50%. Інтервал відліку $T_i = 25$ мкс. Частота роботи контролера становить $f_T = 4$ МГц. Кількість тактів відліку дорівнює

$$N_T = \frac{T_i}{T} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{0,25 \cdot 10^{-6}} = 100 \quad (5.14)$$

Щоб запрограмувати ШІМ-режим, звернемося до таблиці 5.5, де наведені варіанти режимів роботи таймерів, які встановлюються за допомогою регістрів TCCR1A і TCCR1B. Управління виходами ШІМ сигналу здійснюється через біти COM1xx та COM0xx, які описані в таблиці 8.1.

Обираємо останній режим із таблиці 5.6 і другий режим із таблиці 5.7. Це означає, що в регістр TCCR1A потрібно записати значення 83, а в регістр TCCR1B — 25. Коли значення таймера досягне тих чисел, що записані в регістри OCR1A та OCR1B, сигнал ШІМ змінюватиме свій стан на протилежний. Значення в OCR1A визначає максимальне число, після якого таймер обнуляється. Оскільки ширина імпульсу (шпаруватість) становить 50% при максимальному значенні 100, то в регістр OCR1B потрібно записати 50, а в OCR1A — 100.

Приклад програми наведено нижче.

Тіло програми:

```
.include "m128def.inc"
```

```
.def temp = r16
```

```
jmp Start ; вектор переривання по включенню живлення, скидання або  
скидання від сторожового таймера;
```

```
RESET.
```

Таблиця 5.4 – Режими роботи таймера 1

WGM3	WGM2	WGM1	WGM0	Режим	Рахунок до
0	0	0	0	Нормальний	FFFF
0	0	0	1	ШІМ з корекцією фази	FF
0	0	1	0	ШІМ з корекцією фази	1FF
0	0	1	1	ШІМ з корекцією фази	3FF
0	1	0	0	Скидання при співпадінні	OCRA
0	1	0	1	Швидкий ШІМ	FF
0	1	1	0	Швидкий ШІМ	1FF
0	1	1	1	Швидкий ШІМ	3FF
1	0	0	0	ШІМ з корекцією фази і частоти	ICR
1	0	0	1	ШІМ з корекцією фази і частоти	OCRA
1	0	1	0	ШІМ з корекцією фази	ICR
1	0	1	1	ШІМ з корекцією фази	OCRA
1	1	0	0	Скидання при співпадінні	ICR
1	1	0	1	резерв	
1	1	1	0	Швидкий ШІМ	ICR
1	1	1	1	Швидкий ШІМ	OCRA

Таблиця 5.6 – Поведінка ШІМ-виходів

COM1	COM0	Сигнал
0	0	відключений
0	1	змінюється на протилежний
1	0	скидання в «0»
1	1	скидання в «1»

Основна програма

Start:

```
ldi temp, high(RAMEND) ; встановлюємо вказівник стеку
```

```
out SPH, temp
```

```
ldi temp, low(RAMEND)
```

```
out SPL, temp
```

```

ldi temp, 0xff;          настройка порта В на вихід
out  ddrb,temp

ldi temp, 83;            встановлюємо режим роботи таймера
out  TCCR1A, temp ;

ldi temp, 25             ;
out  TCCR1B, temp

ldi temp,0x32;           задаємо момент перемикання таймера
out  OCR1BL,temp

ldi temp,0x64;           задаємо момент скидання таймера
out  OCR1AL,temp

m1:      ;              нескінченний цикл
wdr
jmp m1

```


5.8 Побудова перехідних процесів електропривода в ППП Matlab

Перехідний (динамічний) режим роботи електропривода — це режим, за якого система переходить із одного сталого стану в інший. У цьому режимі одночасно та взаємопов'язано відбуваються механічні, електромагнітні та теплові процеси. Проте, коли зміни відбуваються швидко, теплові процеси, як правило, незначно впливають на інші, тому при аналізі перехідних процесів зазвичай зміни температурного стану двигуна не враховуються. Таким чином, розглядаються лише механічні й електромагнітні складові, які разом утворюють електромеханічний перехідний процес.

Проаналізувавши режим роботи при переході з одного усталеного стану привода до другого, побудовано відповідні залежності ($\omega=f(t)$; $M=f(t)$; $I=f(t)$).

Аналіз і власне моделювання процесів будемо здійснювати в ППП Matlab Simulink.

Модель ШПД в ППП Matlab Simulink зображена на рисунку 5.7.

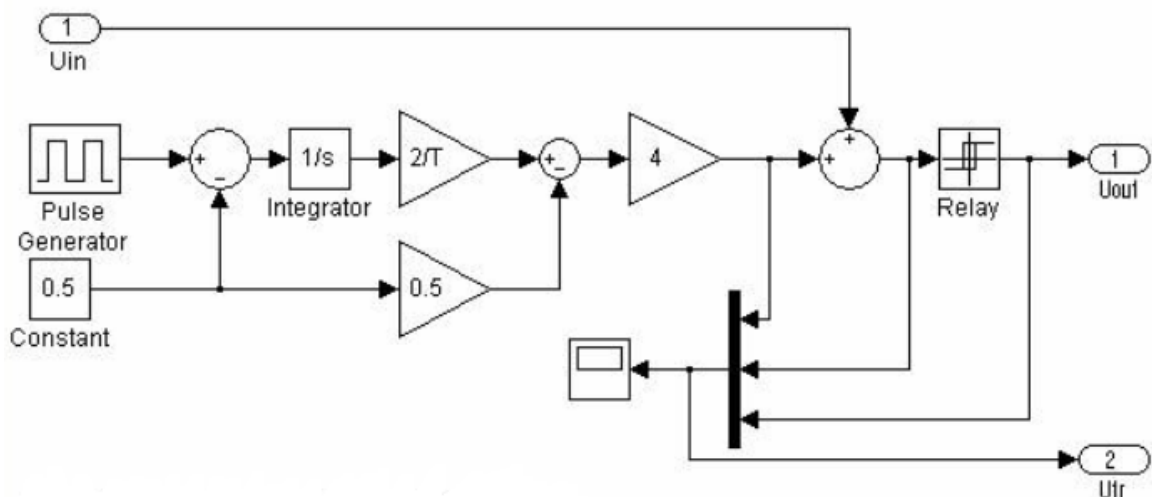


Рисунок 5.7 – Модель ШПД-ДПС в ППП Matlab Simulink

Також для моделювання можна використовувати вбудовану в ППП Matlab модель ДПС, що представлена на рисунку 5.8. Задання параметрів моделі ДПС в ППП Matlab Simulink зображено на рисунку 5.9.

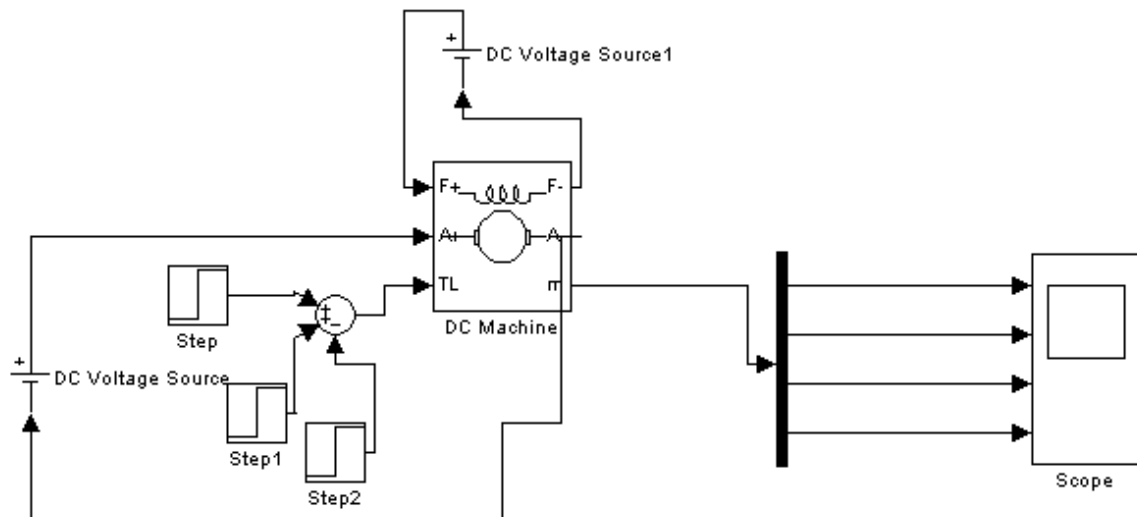


Рисунок 5.10 – Модель ДПС в ППП Matlab Simulink

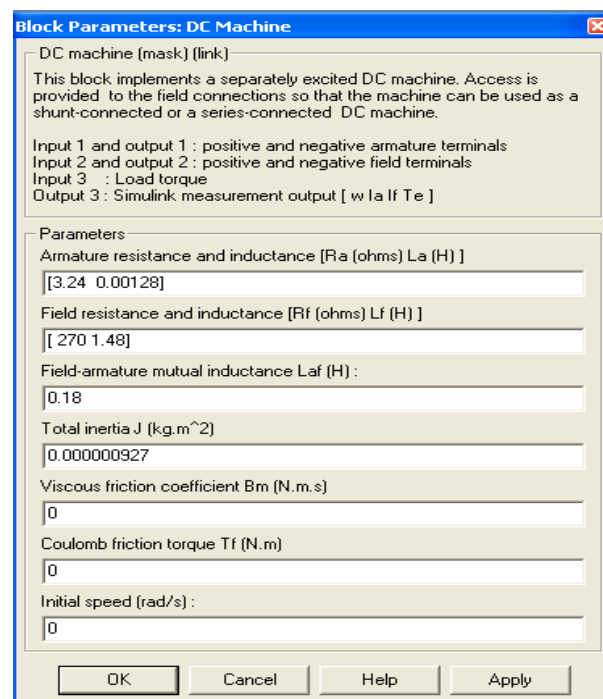


Рисунок 5.11 – Задання параметрів моделі ДПС в ППП Matlab Simulink

Характеристики результати моделювання зображено на рисунку 5.12.

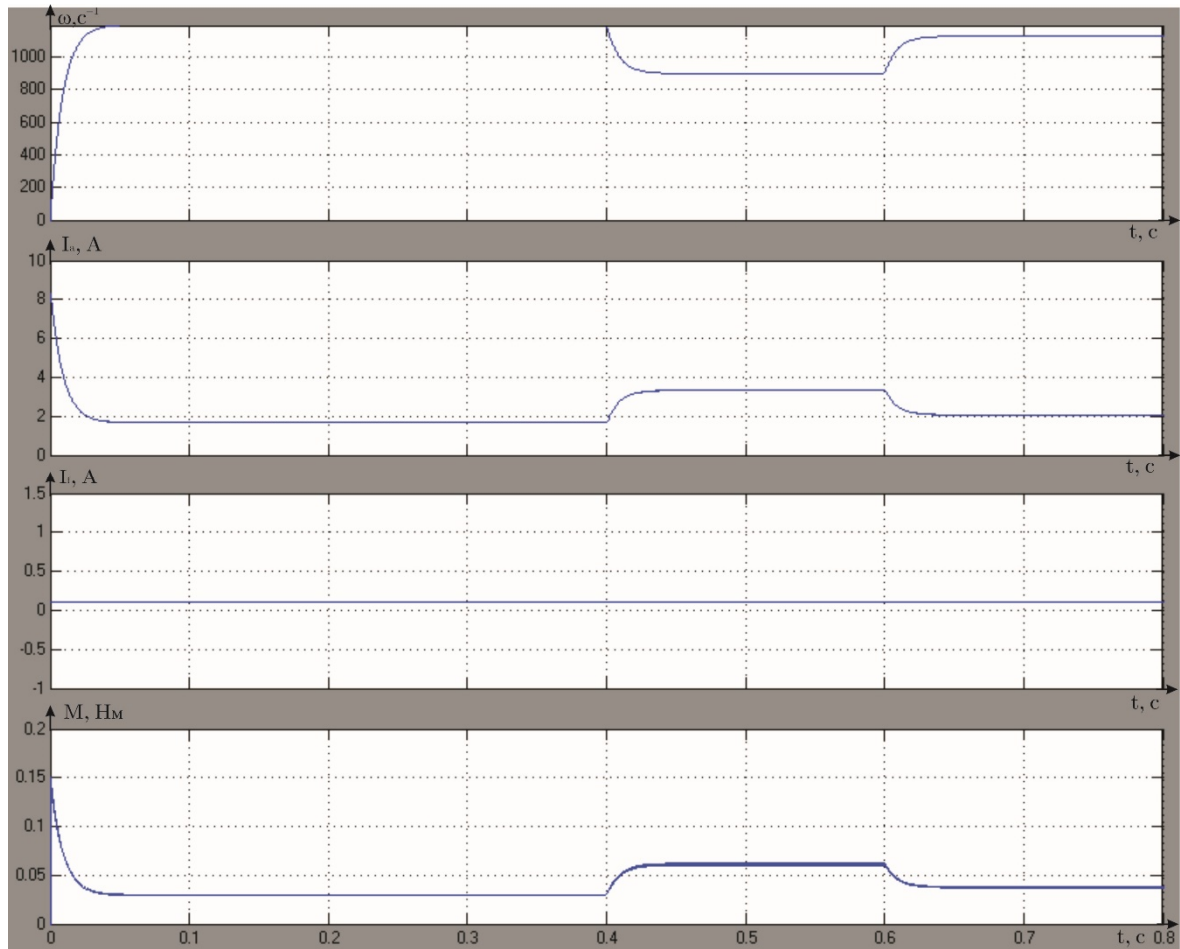


Рисунок 5.12 – Графіки $\omega(t)$, $I_a(t)$, $I_f(t)$, $M(t)$

Варто відзначити, що пускові струми знаходяться в межах $7I_n$, значення швидкості і моменту на валу після деякого перехідного процесу досягають свого уставленого значення, це дає змогу сказати що двигун промодельований вірно.

Модельовання ШПП в ППП Mahtcad

Представлення послідовності прямокутних імпульсів різної тривалості можна записати у вигляді ряду Фур'є:

$$s_t = \frac{A \cdot \tau_0}{T} + \sum_{k=1} \left(\frac{2 \cdot A}{\pi \cdot k} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot k \cdot \tau_0}{T}\right) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot t}{T}\right) \right), \quad (5.15)$$

де A – амплітуда коливань;

T – період імпульсів;

τ_0 – початкова тривалість імпульсів.

Спочатку у передавачі була сформована послідовність прямокутних уніполярних імпульсів, тривалість яких залежить τ_0 . На рисунку 5.13 зображено часову діаграму тривалості імпульсів. Залежність τ_0 від часу представлено на рисунку 5.13.

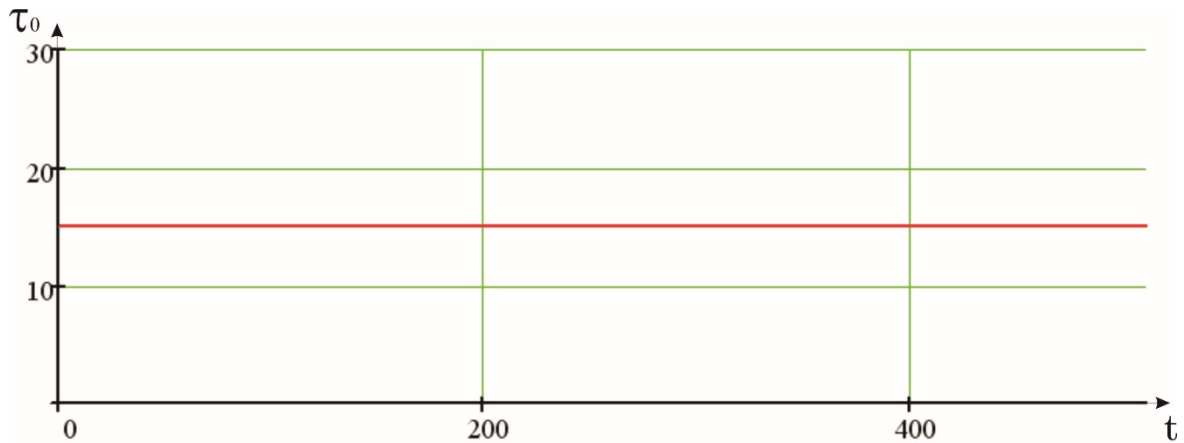


Рисунок 5.13– Залежність τ_0 від часу

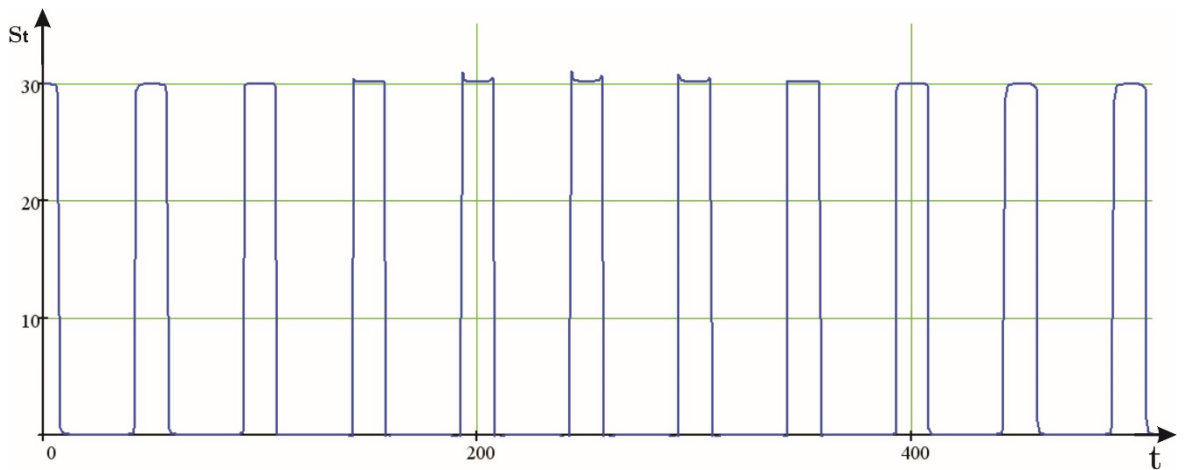


Рисунок 5.14 – Часова діаграма тривалості імпульсів

Потім була сформована послідовність прямокутних уніполярні імпульсів, тривалість яких є функцією від часу $\tau(t)$.

$$sm_t = \frac{A \cdot \tau(t)}{T} + \sum_{k=1}^{nk} \left(\frac{2 \cdot A}{\pi \cdot k} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot k \cdot \tau(t)}{T}\right) \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot t}{T}\right) \right), (5.16)$$

Щоб сформувати послідовність імпульсів, яка б відповідала плавному розгону двигуна приймемо

$$\tau(t) = \left(\frac{t}{16}\right) + \tau_0, \quad (5.17)$$

На рисунку 5.15 та рисунку 5.16 зображено закон зміни тривалості імпульсів і ШІМ функцію.

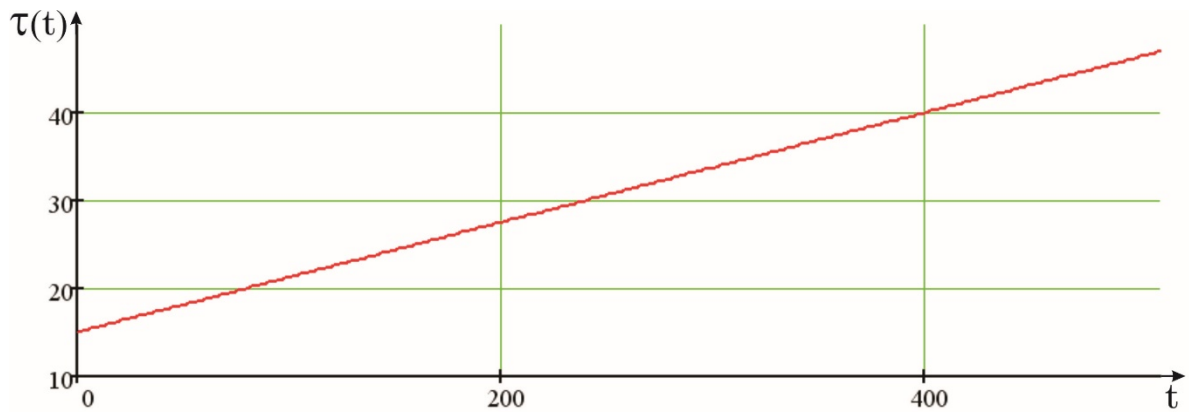


Рисунок 5.15 – Закон зміни тривалості імпульсів

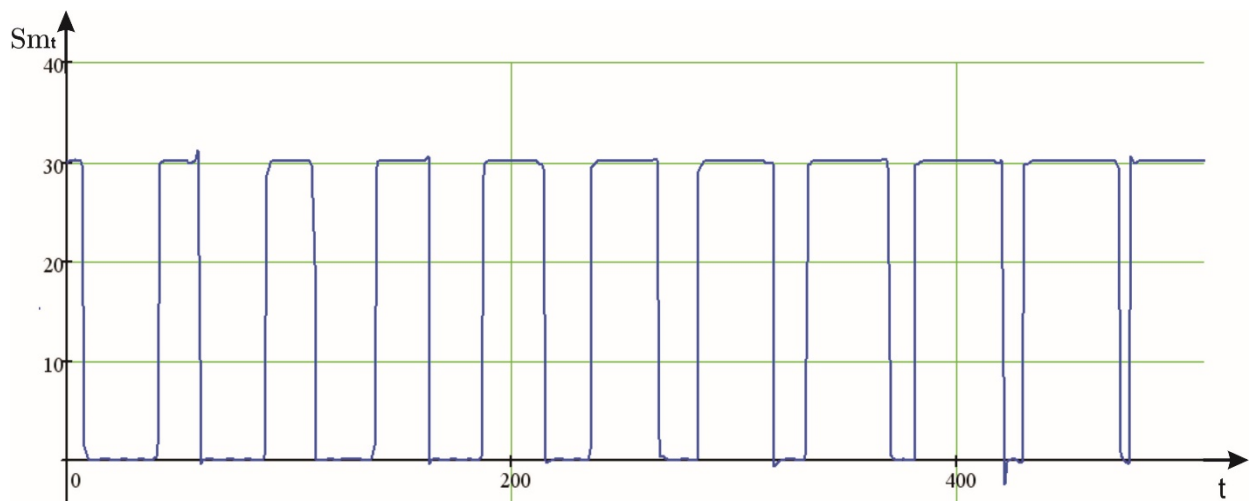


Рисунок 5.16 – ШІМ функція

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

На станції технічного обслуговування автомобілів (СТО), де обслуговується система автоматичного регулювання фар легкового автомобіля, передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці. Усі металеві неструмовідні частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори згідно ГОСТ 12.0.003-74, які впливають на електромонтерів, що здійснюють діагностику автомобілів та обслуговують діагностичний стенд на СТО:

- фізичні:
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:
- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочого місця

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

Комплексне оснащення робочого місця є необхідною передумовою ефективної організації процесу праці. Однак іншою важливою умовою є раціональне просторове розміщення засобів оснащення на робочому місці так, щоб забезпечити зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, економію рухів і пересувань працівника, зручну робочу позу, хороший огляд робочої зони, безпеку праці, економію виробничої площі, зручний взаємозв'язок із суміжними робочими місцями, з підлеглими і керівниками. Забезпечення цих умов досягається в ході планування робочих місць, яке ми коротко визначаємо як найраціональніше просторове розміщення матеріальних елементів виробництва, що складають оснащення робочого місця, та самого працівника.

Схема приміщення необхідного для виконання проектно-конструкторських робіт представлено на рисунку 6.1.

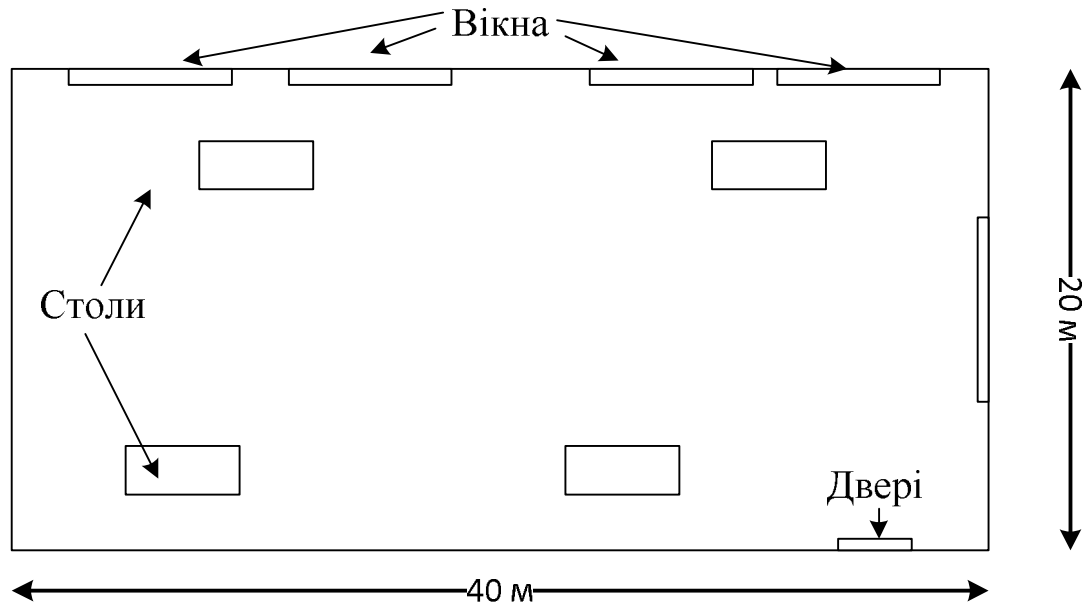


Рисунок 6.1 – Схема приміщення СТО

6.1.2 Електробезпека

Живлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. У приміщенні станції технічного обслуговування гібридних автомобілів використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності такого фактору як струмопровідний пил, приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в

рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені. Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізолюваним проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження). Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт IIa.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості IIa	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення нормованих значень руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 6.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Окис вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати металевий пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.
- принаймні, двічі в рік проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення. КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності; розряд - IV; підрозряд зорової роботи – а; контраст об'єкту розпізнавання – малий; характеристика фону – темний.

Бокове КЕО, %: природне 1,5; суміщене 0,9.

Нормовані значення КЕО для приміщень визначаються за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (6.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,75 = 1,2\%,$$

де e_H – значення КЕО для будинків;

m – коефіцієнт сонячності клімату - 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення $e_{\text{тп}}$ передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

6.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 6.3 – Рівень звукового тиску.

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

6.2.5 Виробничі вібрації

У нашому цеху присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с-2	ДБ	м·с-2·10-2	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Висновки: Проведено огляд та планування заходів щодо безпечної експлуатації об'єкта дослідження із врахуванням режимів його функціонування.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розв'язувалась задача розробки автоматичної системи адаптивного освітлення транспортного засобу. Була розглянута конструкція даного механізму, проаналізований цикл його роботи. За поставленим технічним завданням були пораховані статичні і динамічні моменти двигунів під час перехідних процесів пуску механізму. Була визначена потрібна потужність для приводних двигунів і виконане техніко-економічне обґрунтування вибору системи електроприводу, в якості якої вибрано систему ШПП-ДПС на базі мікроконтролера.

По результатах наповнення дипломного проекту на тему "Модернізація системи регулювання фар легкового автомобіля» розроблено пристрій на базі мікроконтролера Atmega 128 відповідно до вимог завдання.

Мікроконтролер Atmega 128 дозволяє при максимальній продуктивності забезпечувати паралельну роботу різних сенсорів. Команди в пам'яті програм виконуються з однорівневою конвеєризацією. У процесі виконання однієї інструкції наступна команда попередньо зчитується з пам'яті програм. Дана концепція дозволяє виконувати одну інструкцію за один машинний цикл. Пам'ять програм являє собою всередині системно програмовану флеш-пам'ять.

Вирішено питання вибору сенсорів, виконавчих механізмів і напруги живлення. Сигнали з датчиків проходять такі етапи попередньої обробки:

- перевірка на достовірності;
- дискретна фільтрація;
- перевірка на технологічні кордони.

Розроблені схеми структурна, електрична принципова, алгоритми керування системою автоматичного регулювання фар, програми.

У розділі «Охорона праці» виконано системний аналіз надійності та безпеки автомобільної системи. Розроблено дерево відмов і заходи з

електробезпеки та пожежної безпеки, визначені шкідливі для екології фактори, основним з яких є забруднення повітря, запропоновані різні види пристроїв для очищення повітря.

Розроблена в бакалаврській кваліфікаційній роботі система реалізована на комплектуючих елементах і складових частинах, що випускаються промисловістю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаша І.К. Наукові основи забезпечення безпеки на автомобільному транспорті України: Автореф. дис. д.т.н : 05.22.02 Харківський автомобільно-дорожній інститут. – Х., 2007. – 37 с.
2. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2
3. Post-buckled precompressed (PBP) piezoelectric ac- 10 tuators for UAV flight control: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Vos Roelof, Barrett Ron, Krakkers Lars, van Tooren Michel // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730E/1-61730E/12.
4. Способи керування частотою обертання вентильних двигунів / В. І. Ткачук, В. Г. Гайдук / Вісн. Львів. політ. ін-та. – 2001. – с. 202 – 208.
5. Design of elevator control surface actuated by LIPCA for small unmanned air vehicle: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Yoon K. J., Setiawan Hery, Goo N. S. // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730D/1- 61730D/8.
6. Розрахунок потужності електродвигуна і ємності акумуляторної батареї електроприводу електровелосипеда / М. О. Ісип, Р.Ю. Семененко, С. Гончаров / Інновації молоді в машинобудуванні №2.
7. Довгань С.М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання. - Дніпропетровськ: НГА України, 2001. -137с.
8. Голуб А.П., Кузнецов Б.І., Опришко І.О., Соляник В.П.. Системи керування електроприводами: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1992. – 352 с.

9. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

10. Modelling of sensed speed control of BLDC motor using MATLAB/SIMULINK / Basim Alsayid, Wael A. Salah, Yazeed Alawneh.

11. Луценко В. В. «Векторне управління безколекторним електродвигуном як метод підвищення енергоефективності бпла», ві всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів "енергетична безпека та енергоефективність на транспорті" УДК 629.7.03:629.7.014-519, 2019, 4.

12. Денисов, Ю. О., Шаповалов, О. Л., Середа, О. В., & Куц, Є. В. (2021). Оптимізація енергодинамічних процесів у системі керування приводом стабілізації польоту безпілотного літального апарата. Технічні науки та технології, (3(13), 187–195. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3\(13\)-187-195](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3(13)-187-195).

13. Johan Holtz, Juntao Quan “Sensorless vector control of induction motors at very low speed using a nonlinear inverter model and parameter identification”/ IEEE Transactions on industry applications, Vol. 38, No. 4, July/Aug2002, pp. 1087-1095.

14. Зеленов А.Б., Шевченко І.С., Андреева Н.І. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводів постійного струму з вентильними перетворювачами. Навч. посіб. для студ. вузів. - Алчевськ: ДГМІ, 2002. - 400 с.

15. Луценко В. В. «Система керування синхронним електродвигуном» дипломний проект на здобуття освітнього ступеню «Бакалавр» зі спеціальності 46 с.–151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» 2019 р.

16. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. - 404 с.

17. Бутенко М.С. Автоматизована система керування електроприводами БПЛА. Дипломний проект / М.С. Бутенко, Р.С. Волянський; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ : 2023. – 72с.

18. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. –46 с.

19. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. – Вінниця 2003. –46 с. управління моментом синхронного двигателя с постоянными магнитами. Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4.

20. НПАОП 40.1-1.32-01.(ДНАОП 0.00-1.32-01).Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.[Чинний від 2002-01-01].URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

21. Закон України "Про охорону праці " № 2694 - XII. Від 1992.10.14– Відомості Верховної Ради України, 1992 р. – 668 с.

22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

23. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profdom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

« 4 » 03 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

08-24.БДР.023.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

Валентин ГРАБКО

« 4 » 03 2025 р.

Виконав: ст. гр. ЕМСА-216

Сергій ЯЩУК

« 04 » 03 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу».

Скорочене найменування розробки – «Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу».

Замовник – Кафедра компютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських кваліфікаційних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Система автоматичного регулювання призначена для забезпечення адаптації світла фар легкового автомобіля у відповідності з умовами руху автомобіля, до яких слід віднести – швидкість руху, напрямок руху, положення кузова автомобіля щодо землі.

4 Вимоги до розробки

Електропривод регулювання фар повинен забезпечувати надійну роботу в повторно-короткочасному режимі при частих змінах умов переміщення транспортного засобу. Експлуатація здійснюється в умовах підвищеної вологості повітря, вібрації та при широких межах зміни температури навколишнього середовища.

Система має надавати можливість, залежно від умов руху, управляти положенням основних фар, у вертикальній і горизонтальній площинах. Система має зчитувати інформацію з датчиків швидкості автомобіля, повороту рульового колеса, положення кузова.

5 Комплектація розробки

Виріб складається з привідних електродвигунів та автоматичної системи регулювання, побудованої на базі мікроконтролера фірми Atmel.

6 Технічні характеристики

Потужність двигуна, Вт 20

Кількість двигунів, шт. 4

Основні електричні характеристики Atmega 128

Робоча температура	-55°C...+125°C
Температура зберігання	-65°C...+150°C
Напруга на будь-якому виводі по відношенню до загального живлення, крім RESET	-1.0V ... VCC+0.5V
Напруга на виводі скидання RESET по відношенню до загальної	-1.0V ... +13.0V
Максимальна робоча напруга	6.0 V
Постійний струм через лінію вводу-виводу	40.0 mA
Постійний струм через виводи VCC и GND	200.0 mA

7 Елементна база

Двигуни, провідники, кабелі, мікросхеми, драйвери і т.п. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

8 Конструктивне виконання

Система виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні із використанням печатних плат.

9 Показники технологічності

Система автоматичного регулювання – двигуни, мікросхеми, драйвери,

блоки, стабілізатори, елементи керування і захисту, провідники тощо. Виконується на сучасній елементній базі. Монтаж системи, заземлення, струмопровід повинні відповідати правилам улаштування електроустановок.

10 Джерела розробки

1. Шаша І.К. Наукові основи забезпечення безпеки на автомобільному транспорті України: Автореф. дис. д.т.н : 05.22.02 Харківський автомобільно-дорожній інститут. – Х., 2007. – 37 с.

2. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2

3. Post-buckled precompressed (PBP) piezoelectric ac- 10 tuators for UAV flight control: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Vos Roelof, Barrett Ron, Krakkers Lars, van Tooren Michel // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730E/1-61730E/12.

4. Способи керування частотою обертання вентильних двигунів / В. І. Ткачук, В. Г. Гайдук / Вісн. Львів. політ. ін-та. – 2001. – с. 202 – 208.

5. Design of elevator control surface actuated by LIPCA for small unmanned air vehicle: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Yoon K. J., Setiawan Hery, Goo N. S. // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730D/1- 61730D/8.

11 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється на спеціалізованих станціях фахівцями відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється

мінімум один раз на місяць. Ремонт здійснюється фахівцями з електромеханічних систем автоматизації мікропроцесорної техніки.

12 Живлення електропривода

Живлення електропривода та системи адаптивного освітлення здійснюється від самодостатньої бортової системи живлення обладнання транспортного засобу.

13 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

14. Матеріали, що подаються до захисту БКР

Пояснювальна записка БКР, ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук рецензента, протоколи складання державних іспитів, анотації до БКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення БКР діючим вимогам.

15. Вимоги до оформлення БКР

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи у Вінницькому національному технічному університеті (БКР, МКР)», 2024 р.

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО АДАПТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ
ЛЕГКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Мета, задачі та об'єкт дослідження

Об'єктом бакалаврської кваліфікаційної роботи є досліджень є електрообладнання автомобіля

Предметом дослідження є мікроконтролерна система автоматичного регулювання фар для освітлення дорожнього полотна рухомим автомобілем.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка такої мікроконтролерної системи автоматичного регулювання фар, яка забезпечить адаптацію світла фар у відповідності з умовами руху автомобіля, до яких слід віднести – швидкість руху, напрямок руху, положення кузова автомобіля щодо землі.

В процесі виконання поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- розглянути особливості існуючих сучасних систем і провести їх порівняльний аналіз;
- визначити структуру системи відповідно до завдання;
- розробити спільний алгоритм роботи системи;
- розробити алгоритми обробки сигналів датчиків;
- розробити алгоритми непрямих вимірювань швидкості за положеннями кузова автомобіля;
- вибрати базовий мікропроцесорний комплект і елементну базу розроблюваного устрою;
- розробити схему електричну принципову пристрою;
- визначити заходи щодо безпеки;

Загальна характеристика, будова, особливості електровоза



Традиційне освітлення

Міське освітлення *VarioX*

Рисунок 1.3 – Ефективність систем освітлення

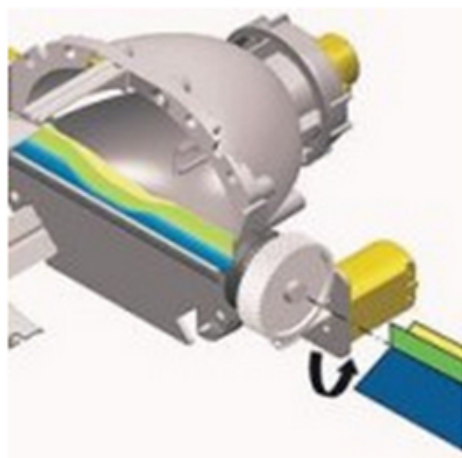


Рисунок 1.2 – Реалізація системи Vario

Звичайна головна оптика



Intelligent Light System



«титуманне» ближнє Режим «для сільських доріг» «Форсоване»

Рисунок 1.1 – Система адаптивного освітлення Intelligent Light System



Розрахунок потужності двигуна, побудова тахограми механізму

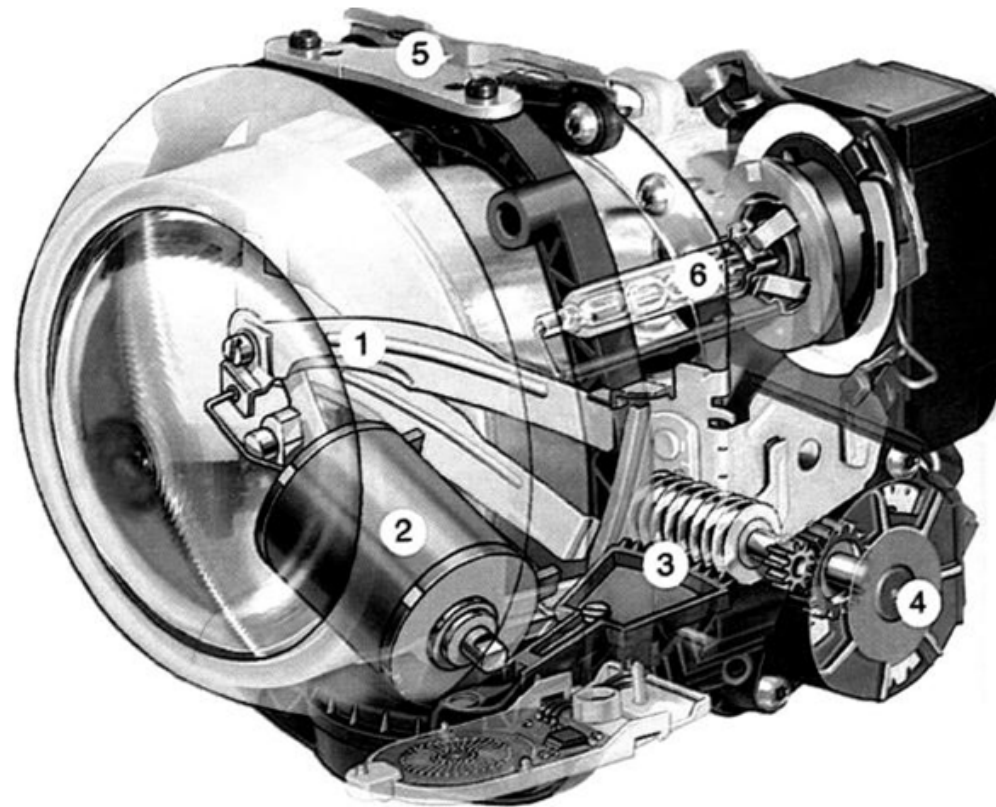


Рисунок 1.5 – Механізм регулювання адаптивним освітлення

На рисунку 1.5 позначені наступні елементи:

- 1 — оптичний модуль для ближнього та дальнього світла;
- 2 — привідний механізм (актуатор);
- 3 — черв'ячний редуктор;
- 4 — електродвигун; 5 — механізм, що забезпечує поворот оптичного модуля; 6 — лампа.

Техніко-економічне обґрунтування вибору

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика систем електропривода

Показник	Система електричного привода	
	РКС-ДПС	ШП-ДПС
Вартість двигуна Д, грн.	4103	4103
Загальна вартість двигунів (4 приводних двигуна)	16412	16412
Вартість системи керування СК, грн.	22300	25400
Капітальні затрати К, грн.	38712	41812
Річні капітальні затрати $K_{річн}$, грн./рік	6581,04	7108,04
Амортизаційні відрахування C_A , грн./рік	3871,2	4181,2
Відрахування на ремонт C_P , грн./рік	1935,6	2090,6
Додаткові відрахування C_D , грн./рік	771	771
Відрахування на обслуговування C_O , грн./рік	328,89	352,14
Загальні відрахування C , грн./рік	6906,69	7394,94
Приведені затрати З, грн./рік	13487,73	14502,98

Аналіз принципів реалізації системи керування ЕП типу ШІП

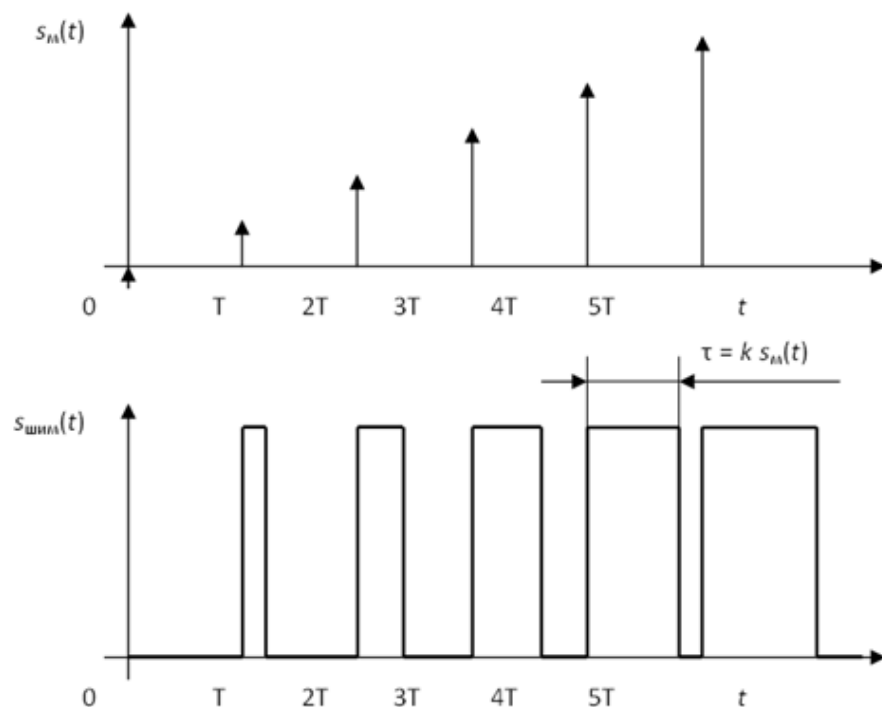


Рисунок 4.1 – Широтно-імпульсна модуляція

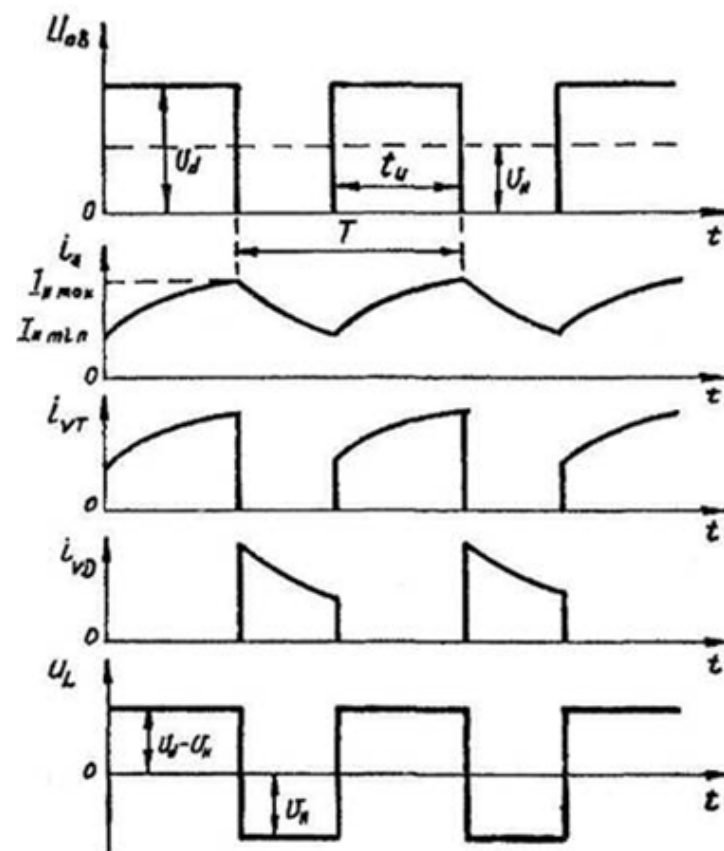


Рисунок 4.3 – Часові діаграми напруги і струмів понижуючого перетворювача в режимі безперервного струму

Розробка структурної схеми системи керування ЕП типу ШП

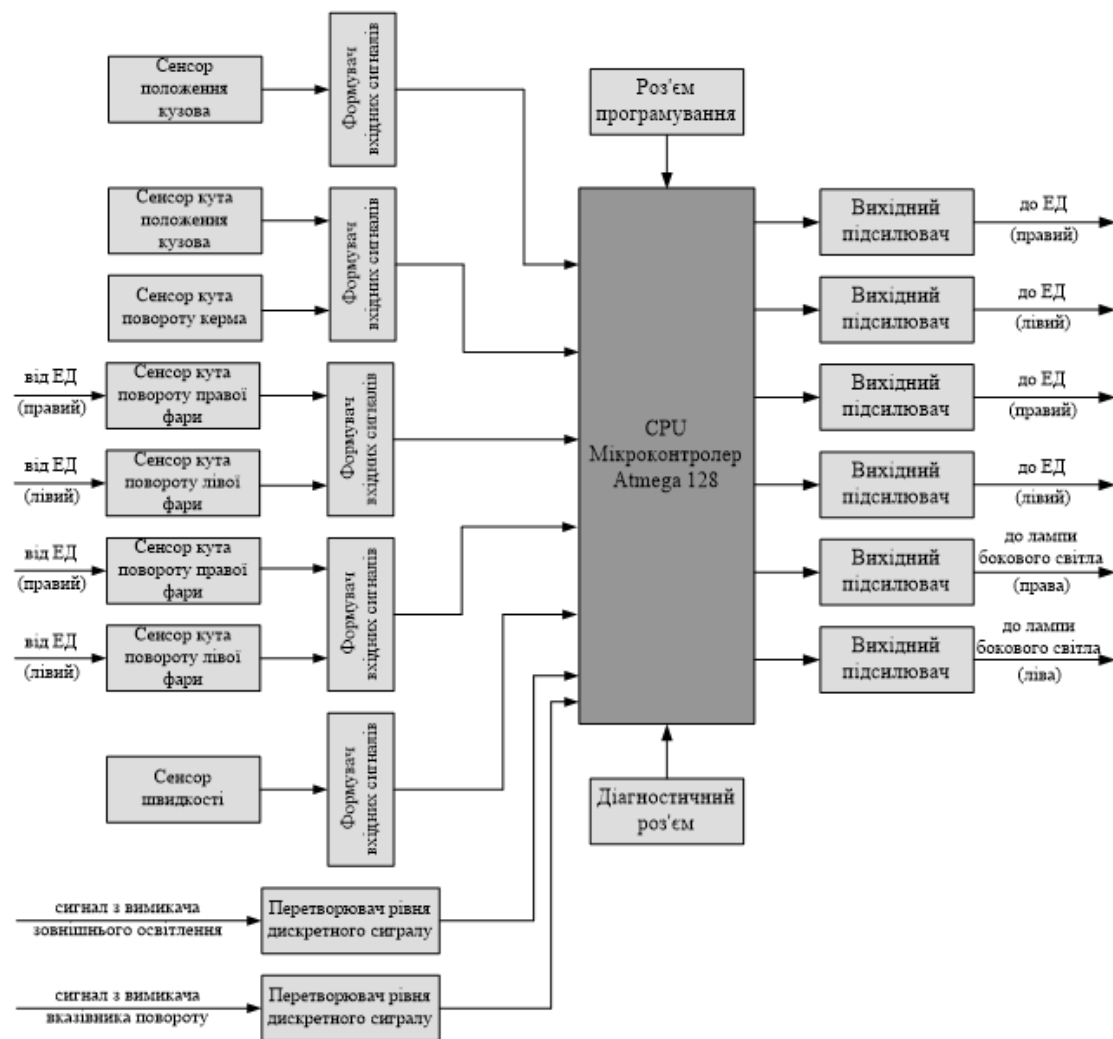


Рисунок 4.5 – Структурна схема пристрою мікроконтролерної системи адаптивного освітлення

Розробка алгоритмів функціонування системи адаптивного освітлення

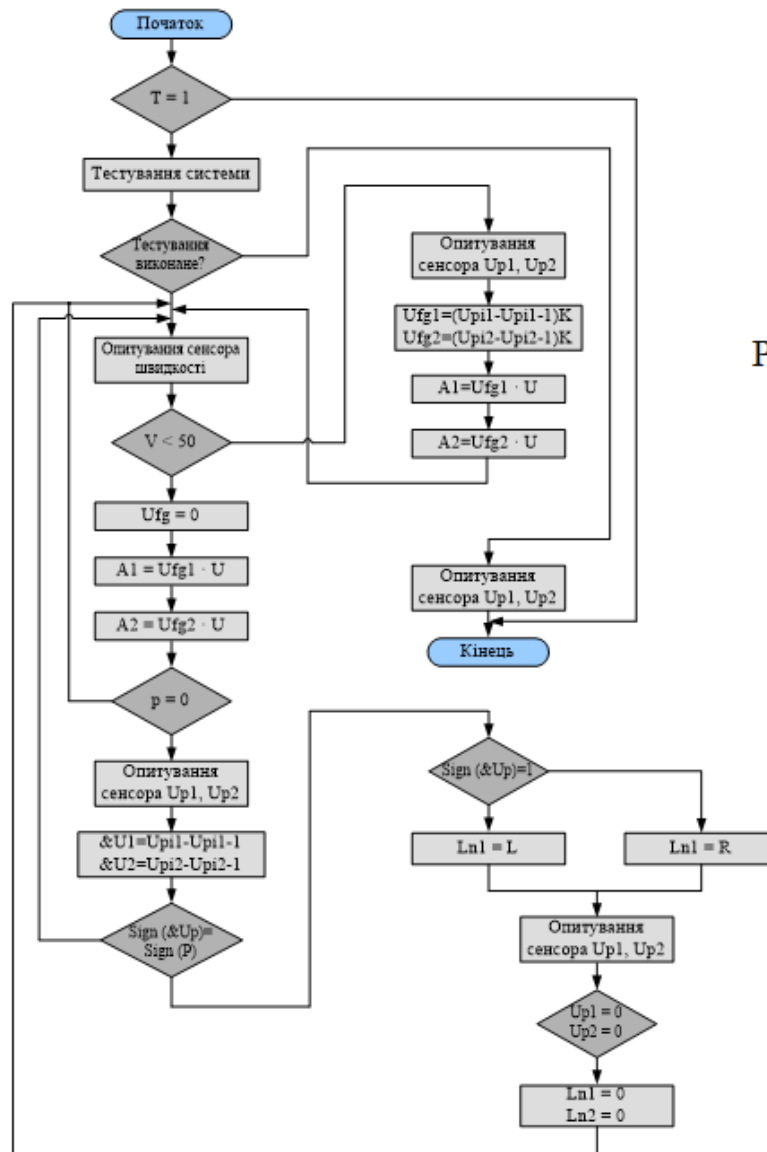


Рисунок 4.6 – Основний алгоритм роботи системи адаптивного освітлення

Вибір елементів кола керування системи адаптивного освітлення

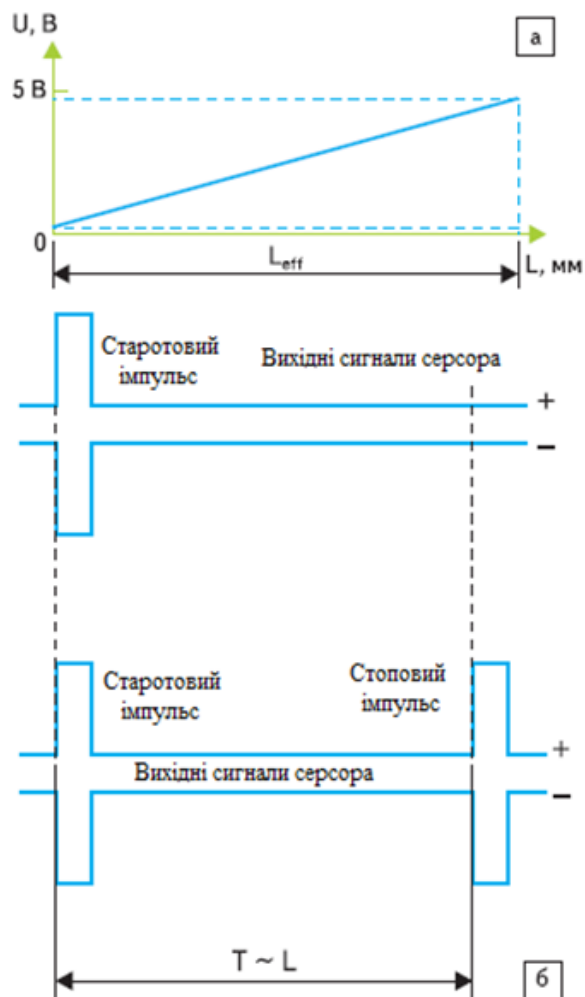


Рисунок 5.2 – Стандартні вихідні сигнали магнітострикційних сенсорів положення



Рисунок 5.3 – Сенсор типу CSPR сімейства CSPMTS в металевому корпусі з класом захисту IP67 для автомобіля



Рисунок 5.4 – Сенсор швидкості автомобіля

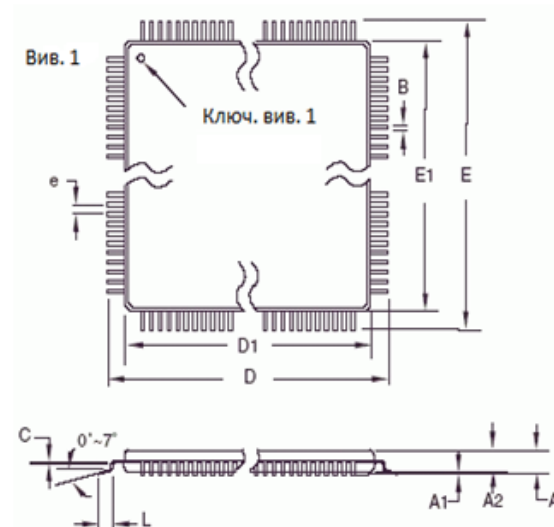
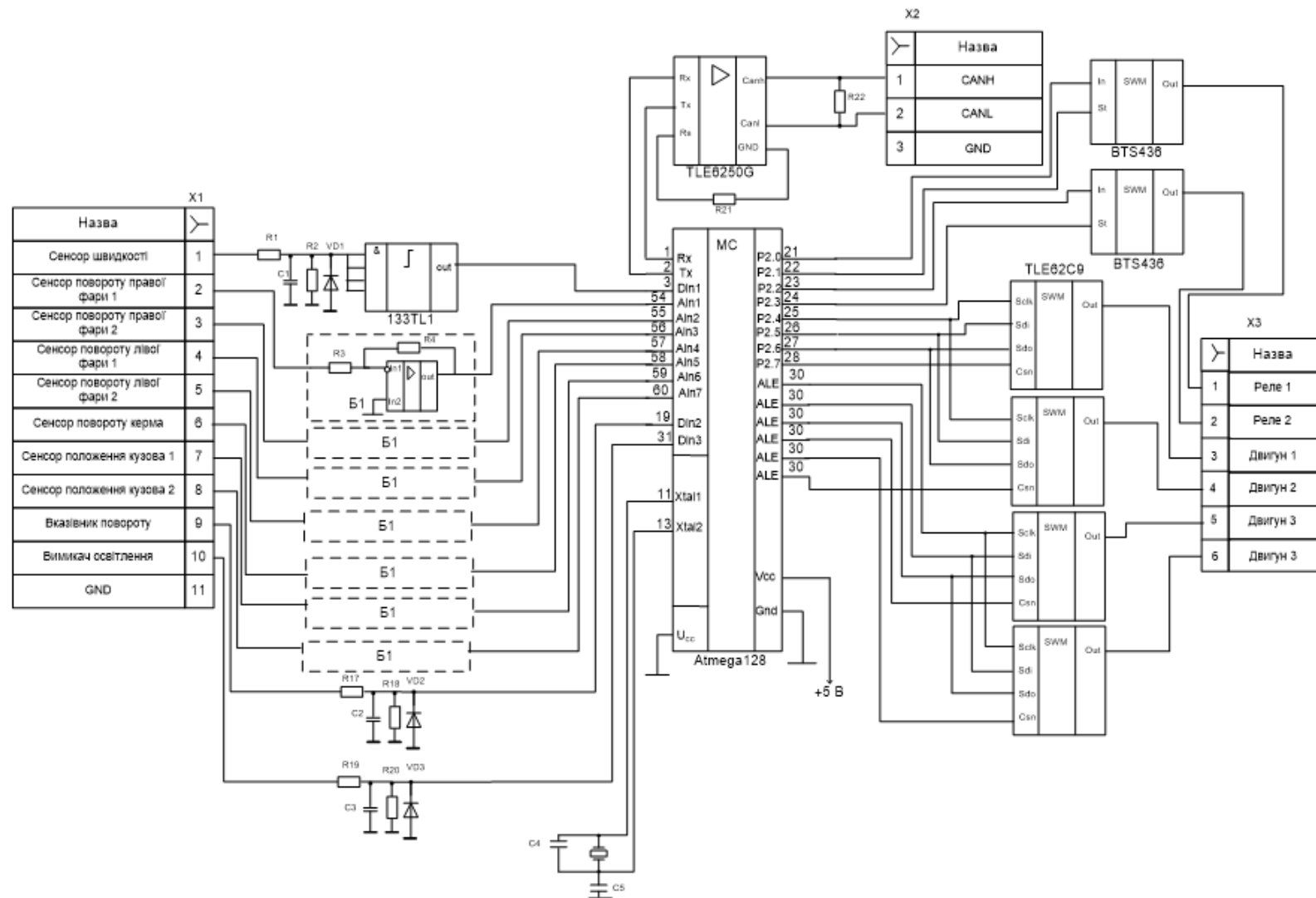


Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд мікроконтролера Atmega 128

Схема електрична принципова системи керування адаптивного освітлення



Моделювання динамічних режимів роботи системи ЕП

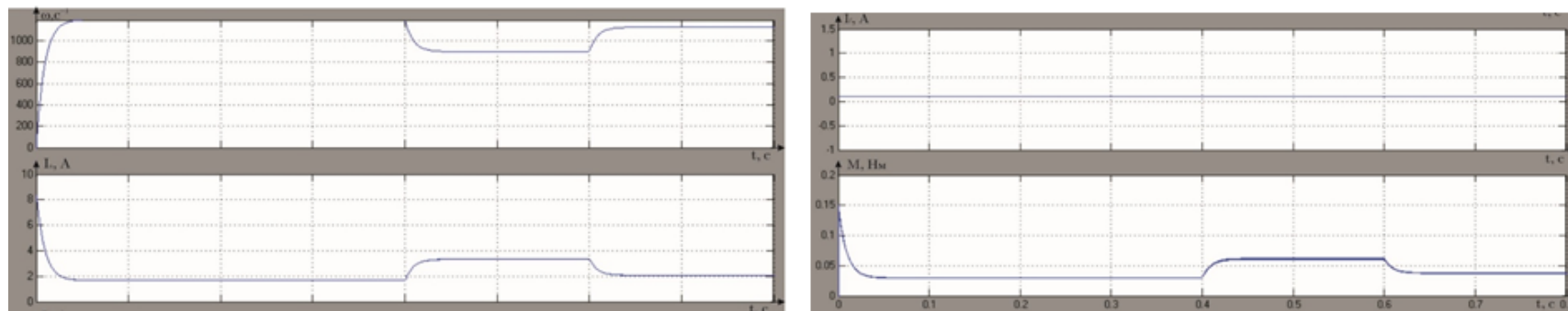


Рисунок 5.12 – Графіки перехідних процесів керування ЕП системи адаптивного освітлення

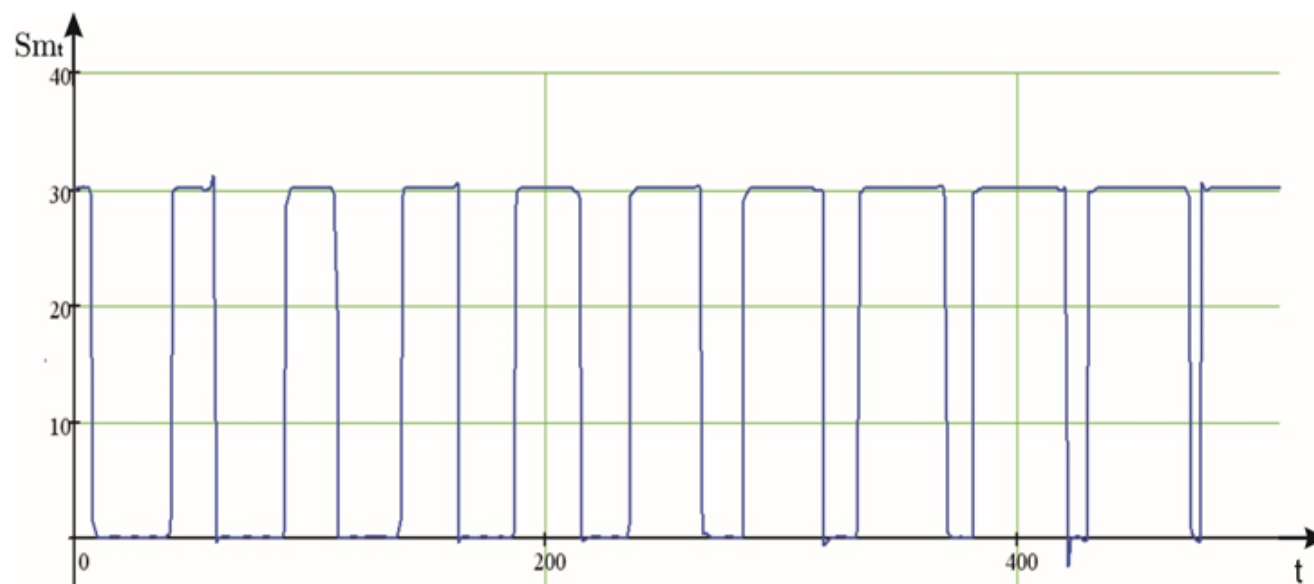


Рисунок 5.11 – ШІМ-Функція формування сигналу керування для системи керування ЕП

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розв'язувалась задача розробки автоматичної системи адаптивного освітлення транспортного засобу. Була розглянута конструкція даного механізму, проаналізований цикл його роботи. За поставленим технічним завданням були порашовані статичні і динамічні моменти двигунів під час перехідних процесів пуску механізму. Була визначена потрібна потужність для привідних двигунів і виконане техніко-економічне обґрунтування вибору системи електроприводу, в якості якої вибрано систему ШПП-ДПС на базі мікроконтролера.

По результатам наповнення дипломного проекту на тему "Модернізація системи регулювання фар легкового автомобіля» розроблено пристрій на базі мікроконтролера Atmega 128 відповідно до вимог завдання.

Мікроконтролер Atmega 128 дозволяє при максимальній продуктивності забезпечувати паралельну роботу різних сенсорів. Команди в пам'яті програм виконуються з однорівневою конвеєризацією. У процесі виконання однієї інструкції наступна команда попередньо зчитується з пам'яті програм. Дана концепція дозволяє виконувати одну інструкцію за один машинний цикл. Пам'ять програм являє собою всередині системно програмовану флеш-пам'ять.

Вирішено питання вибору сенсорів, виконавчих механізмів і напруги живлення. Сигнали з датчиків проходять такі етапи попередньої обробки:

- перевірка на достовірності;
- дискретна фільтрація;
- перевірка на технологічні кордони.

Розроблені схеми структурна, електрична принципова, алгоритми керування системою автоматичного регулювання фар, програми.

У розділі «Охорона праці» виконано системний аналіз надійності та безпеки автомобільної системи. Розроблено дерево відмов і заходи з електробезпеки та пожежної безпеки, визначені шкідливі для екології фактори, основним з яких є забруднення повітря, запропоновані різні види пристроїв для очищення повітря.

Розроблена в бакалаврській кваліфікаційній роботі система реалізована на комплектуючих елементах і складових частинах, що випускаються промисловістю.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Система автоматичного адаптивного освітлення легкового транспортного засобу

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕМСА-216

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 22.44%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Зав. кафедри КЕМСК Мошноріз М.М.

(прізвище, ініціали, посада)

Гарант ОП

Мошноріз М.М.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Яшук С.О.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БКР.023.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	<u>Система автоматичного</u> <u>адаптивного освітлення</u> <u>легкового транспортного засобу</u>	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Яшук С.		<i>Яшук</i>	20.05				
Перевірив	Габко В.А.		<i>Габко</i>	20.05				
Т. контр.								
						Аркуш	Аркушів	
<i>Реценз</i>	<i>Шинка</i>			20.06		ВНТУ, гр. ЕМСА-216		
Норм кон.	<i>Габко</i>		<i>Габко</i>	03.06				
Затверд.	Мошноріз М.М.		<i>Мошноріз</i>	03.06				