

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БЕЗПЕКОЮ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Завідувач кафедри

(підпис)

Опанасюк А.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Горячев О.Є.
(прізвище, ініціали)

Консультант
з економічної частини

(підпис)

Маценко О.М.
(прізвище, ініціали)

Студент гр.
(шифр групи)

ЕС.м-21

(підпис)

Яковлев Є.Т.
(прізвище, ініціали)

Суми 2023 р.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедри Опанасюк А.С.

«_____» _____ 2023 р.»

Завдання на кваліфікаційну роботу студентіві

Яковлеву Єгору Тимофійовичу
(прізвище, ім'я по батькові)

- 1. Тема роботи** «Система керування безпекою транспортного засобу»
Затверджено наказом по університету від «06» листопада 2023 р. № 1233-VI.
- 2. Термін здачі студентом закінченої роботи** _____
- 3. Вихідні дані до роботи** реалізація проектованої системи на мікроконтролері, невисокою вартістю і складністю структури пристрою, реагування на перевантаження у випадках аварійного гальмування і зіткнення автомобіля з перешкодою
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** 1) Огляд літератури та поставлення задачі роботи. 2) Науково-дослідна частина. 3) Розробка електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.
- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)** 1) Схема електрична структурна. 2) Схема алгоритму. 3) Схема електрична функціональна. 4) Схема електрична принципова.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		2

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

8. Керівник роботи Горячев О.Є.

9. Завдання прийняв до виконання Яковлев Є.Т.

Календарний план

№ пор.	Найменування етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури та постановка задачі проектування	06.11.2023 р.	
2	Науково-дослідницька частина	07.11.2023-12.11.2023р.	
3	Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми	15.11. 2023 р.	
4	Розробка функціональної схеми	16.11.2023 р.	
5	Розробка принципової схеми	16.11.2023-20.11.2023 р.	
6	Техніко-економічна частина	25.11. 2023 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	30.11.2023 р.	
8	Оформлення графічного матеріалу	10.12.2023 р.	
9	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	15.12.2023 р.	
10	Представлення роботи на рецензування	15.12. 2023р.	

Студент _____

Керівник роботи _____

« _____ » _____ 2023 р.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		3

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ВИБРАНИМ НАПРЯМКОМ ПРОЕКТУВАННЯ.....	8-17
1.1.Протибуксувальна система автомобіля.....	8-10
1.2. Система керування курсовою стійкістю автомобіля.....	11-15
1.3. Найпоширеніші види пасивної безпеки.....	15-16
1.4. Висновки до I розділу.....	16-17
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	18-32
2.1. Антиблокувальна гальмівна система автомобіля.....	18-32
3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33-36
3.1. Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми проектованої електронної системи.....	33-34
3.2. Обґрунтування схемотехнічного виконання.....	34-35
3.3. Розроблення функціональних схеми проєктованої електронної системи.....	35-36
4. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ У БЛОКІВ ПРОЄКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ.....	37-61
4.1. Вибір елементної бази.....	38-61
5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЄКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ.....	62-70
5.1. Дослідження величини перевантаження транспортного засобу при екстремому гальмуванні.....	62-66

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ							
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>								
<i>Розроб.</i>		Яковлев Є.Т.			Система керування безпекою транспортного засобу			<i>Лист</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перев.</i>		Горячев О.Є.								4	80	
<i>Т. контр.</i>								СумДУ гр.ЕС.м-21				
<i>Н. контр.</i>		Гапич В.М.										
<i>Затв.</i>		Опанасюк А.С.										

5.2.	Розрахунок і експериментальне дослідження впливу ухилу дорожнього покриття на коректну роботу пристрою.....	66-70
6.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	71-77
6.1.	Розрахунок повної собівартості.....	71-76
6.2.	Розрахунок ціни.....	77-76
6.3.	Висновки до техніко-економічної частини.....	77
	ВИСНОВКИ.....	78
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79-80

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

БЖ-блок живлення;

ДП-друкована плата;

ДДП- двустороння друкована плата;

МК-мікроконтролер;

ПЗ- програмне забезпечення;

ТЗ-технічне завдання;

СКБТЗ- система керування безпекою транспортного засобу;

ЕБУ- електронний блок управління;

АБС- антиблокувальна система.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Безпека дорожнього руху є одним із найважливіших питань у сучасному світі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку в дорожньо-транспортних пригодах гине понад 1,3 мільйона людей, а понад 50 мільйонів отримують травми.

Одним із найефективніших способів зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод є впровадження систем керування безпекою транспортного засобу (СКБТЗ). СКБТЗ - це комплекс технічних засобів, що призначені для попередження або зменшення наслідків дорожньо-транспортних пригод.

СКБТЗ поділяються на кілька основних типів:

- Активні СКБТЗ діють до виникнення дорожньо-транспортної пригоди та покликані запобігти їй. До них належать, наприклад, антиблокувальні гальмівні системи (ABS), системи контролю стабільності (ESP), системи попередження про зіткнення (FCW) та інші.
- Пасивні СКБТЗ діють після виникнення дорожньо-транспортної пригоди та покликані зменшити травмування пасажирів та водія. До них належать, наприклад, подушки безпеки, ремні безпеки, ударостійкі конструкції кузова та інші.
- Комбіновані СКБТЗ мають елементи як активних, так і пасивних систем.

СКБТЗ є ефективним засобом зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків. За даними досліджень, застосування СКБТЗ може призвести до зниження смертності в дорожньо-транспортних пригодах на 20-30%.

Метою даної дипломної роботи є дослідження систем керування безпекою транспортного засобу. У роботі буде розглянуто основні типи СКБТЗ, їх принципи роботи та ефективність. Також будуть розглянуті перспективи розвитку СКБТЗ.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ВИБРАНИМ НАПРЯМКОМ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Протибуксувальна система автомобіля

Протибуксувальна система (англ. Anti-Slip Regulation, ASR) - це електрогідравлічна система автомобіля, призначена для запобігання втраті тяги за допомогою контролю за пробуксовкою провідних коліс. Іноді цю систему називають системою керування силою тяги (трекшн-контроль).

Під час прискорення автомобіля, коли зайвий крутний момент призводить до швидкого підвищення частоти обертання одного або обох провідних коліс, система протибуксування підтримує прослизання провідних коліс в межах допустимого рівня, виконуючи наступні функції:

- Регулювання сили тяги;
- Підтримка курсової стійкості автомобіля.

Протибуксувальна система із замкнутим зворотним зв'язком (рис. 1.1) поєднується з блоком управління антиблокувальною системою для спільного використання її компонентів, що включають датчики частоти обертання коліс та клапани керування тиском.

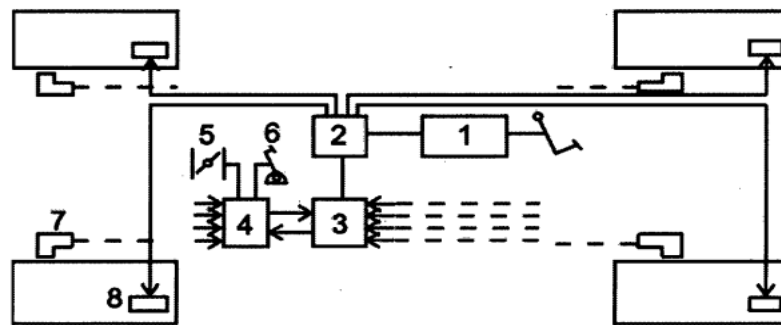


Рис. 1.1. Принципова схема протибуксувальної системи автомобіля:

- 1 - головний гальмівний циліндр; 2 - модулятор тиску ABS/ASR;
- 3 - електронний блок керування ABS/ASR; 4 – електронний блок керування тягою двигуна; 5 - датчик положення дросельної заслінки; 6 - датчик положення педалі акселератора; 7 – датчики кутової швидкості коліс; 8 - колісні гальмівні циліндри

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

Для оптимального управління (із замкнутим зворотним зв'язком) крутний момент на провідних колесах механічний зв'язок між педаллю подачі палива та дросельною заслінкою (або важелем управління паливною форсункою на дизельних двигунах) замінена на електронну систему керування. Датчик перетворює положення педалі подачі палива електричний сигнал, який потім за допомогою блоку управління використовується для генерування керуючого напруги. Серводвигун реагує цей сигнал відновленням позиції дросельної заслінки (або важеля керування паливним насосом у дизельних двигунах); потім він передає дані про положення дросельної заслінки знову в блок керування. Коротке одночасне спрацювання робочих гальм застосовується як доповнення до роботи електронної системи керування дросельною заслінкою. До стандартного гідравлічного модулятора ABS може бути підключена секція ASR, що створює додаткову гідравлічну енергію для отримання гальмівного зусилля та перемикає на роботу ASR[1].

Реакція системи узгоджується з регулюванням моменту займання суміші, що дозволяє скоротити відносно протяжні затримки моменту займання, що виникають у тому у випадку, коли крутний момент двигуна контролюється виключно за допомогою дросельної заслінки.

Існує кілька варіантів протибуксувальних систем (рис. 1.2): керування двигуном, керування двигуном-гальмами, керування двигуном з блокуванням диференціала.

Перший варіант управління не використовує гальма та не вимагає модифікації антиблокувальної гальмівної системи. Для підвищення швидкодії системи при різкому прискоренні не тільки прикривається дросельна заслінка, але й зменшується кут випередження запалення і кількість палива, що впорскується. Ці заходи сприяють збільшенню стійкості руху автомобіля.

Разом із цією системою може застосовуватися пристрій блокування диференціала, що також збільшує стійкість автомобіля при прискоренні. Подібна система керування тяговим зусиллям використовується на автомобілях із задніми провідними колесами.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У другому випадку блок електронного керування використовується антиблокувальною гальмівною системою як елемент системи управління тяговим зусиллям. Механічний зв'язок між педаллю управління подачею палива та дросельною заслінкою замінюється на електронну. Педаль управління подачею палива впливає на потенціометр, який надсилає сигнал про її становище в ЕБУ.

Датчики кутових швидкостей коліс дозволяють виявити пробуксування провідних коліс. У разі пробуксовки ЕБУ посилає сигнал для закриття дросельної заслінки. В тому випадку якщо пробуксовка починається тільки біля одного колеса, воно пригальмовується антиблокувальною гальмівною системою і одночасно прикривається дросельна заслінка[1].

Ефективними є застосування блокованого диференціала і при необхідності пригальмовування обох провідних коліс. Цей спосіб потребує додаткової гідравлічної системи, крім ABS.

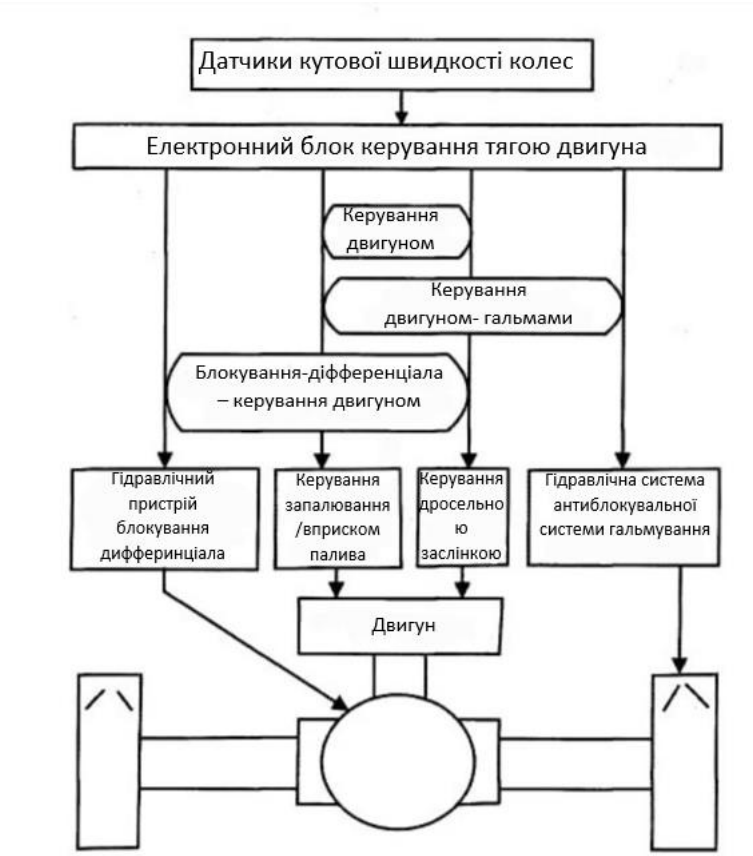


Рис. 1.2. Блок-схема варіантів протибуксувальної системи

1.2. Система керування курсовою стійкістю автомобіля

Система керування курсовою стійкістю автомобіля (англ. Vehicle Dynamic Control, VDC) являє собою систему зі зворотним зв'язком, яка дозволяє зберегти курсову стійкість під час руху автомобіля. Вона поєднана з гальмівною системою та силовою передачею.

Система VDC випереджає випередження або запізнення повороту автомобіля під час керування ним. Переваги ABS та ASR розвиваються системою VDC за рахунок підвищення активної безпеки руху під час керування автомобілем за наступними пунктами:

- забезпечення водія активною допомогою навіть у критичних динамічних ситуаціях;
- збільшення курсової стійкості автомобіля навіть за гранично складних умов дорожнього руху для всіх режимів експлуатації, таких як повне або часткове гальмування, рух накатом, розгін, гальмування двигуном, зміна навантажень;
- Підвищення стійкості руху навіть під час екстремальних маневрів управління (аварійна ситуація);
- Поліпшення керованості при гранично складних умовах дорожнього руху;
- найкраще використання потенціалу зчеплення між шинами та дорожнім покриттям залежно від умов руху по порівняно з ABS та ASR[2].

На характеристику кермового керування автомобіля можна вплинути за допомогою ковзання шин. У системі VDC ця характеристика шин використовується в цілях впровадження сервоуправління.

Система VDC керує не лише швидкістю навколо вертикальної осі, а й курсовим кутом. VDC не обмежується режимами роботи систем ABS та ASR, але також поширюється на режим руху автомобіля накатом і приводиться в дію в час часткового гальмування на межі можливості керування автомобілем [2].

Управління автомобілем на межі фізичних можливостей має враховувати три ступені свободи автомобіля на площині дороги (подовжня та поперечна складові руху та поворот щодо вертикальної осі). Спочатку необхідно визначити, як правильно повинен поводитися автомобіль відповідно до дій водія (номінальна

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

поведінка) і як він власне себе веде на дорозі (дійсна поведінка). З метою мінімізації різниці між номінальною та дійсною поведінкою, сили дії на шину повинні керуватися виконавчими механізмами.

На рис. 1.3 показана структура управління курсовою стійкістю автомобіля, що складається з головного контролера VDC та контролерів ковзання. За допомогою головного контролера вводиться значення номінальної величини прослизання λ_N для контролера ковзання. Наступний блок визначає змінну контрольованого стану (курсний кут автомобіля) [2]..

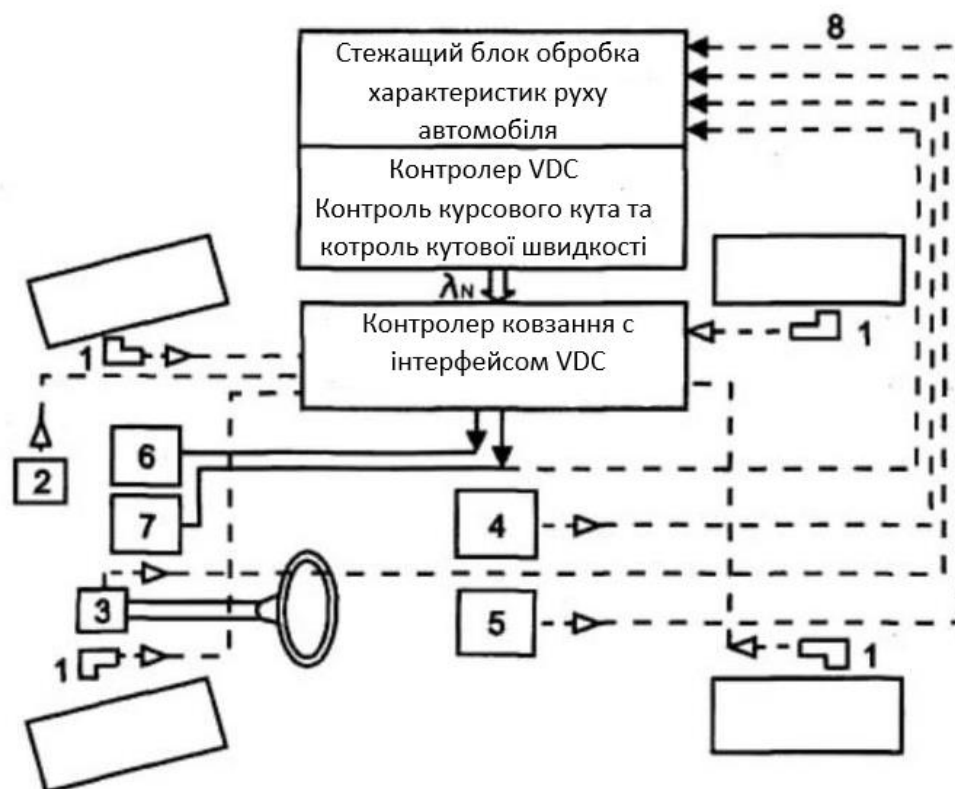


Рис. 1.3. Принципова схема системи управління курсовою стійкістю автомобіля:

1 – датчики швидкості обертання коліс; 2 - датчик тиску в гальмівній системі; 3 - датчик положення кермового колеса; 4 - датчик кутової швидкості щодо вертикальної осі; 5 – датчик поперечного прискорення; 6 – модулятор тиску; 7 - електронний блок керування тягою двигуна; 8 – сигнали датчиків для VDC; λ_N - номінальне прослизання шини

Оцінюються сигнали від датчика положення рульового колеса, датчика тиску в гальмівній системі та органів управління робочого двигуна. Крім швидкості руху автомобіля обчислюються необхідні характеристики коефіцієнтів зчеплення між шинами і дорожнім покриттям. Ці параметри оцінюються на основі сигналів, що отримуються від датчиків швидкості обертання коліс, поперечного прискорення, кутової швидкості щодо вертикальної осі та тиску в гальмівній системі. Потім розраховується момент щодо вертикальної осі, який необхідний наближеного приведення параметрів дійсного стану до параметрів необхідного стану. З метою отримання необхідного моменту нишпорення необхідно, щоб зміни у величинах відносного ковзання коліс визначалися за допомогою контролера VDC. Потім ці величини встановлюються з використанням контролерів ковзання і тягового зусилля допомогою виконавчого механізму гідравлічної гальмівної системи (модулятора тиску) та електронного блоку управління тягою двигуна. У цій системі застосовується метод послідовних наближень компонентів ABS та ASR. Гідравлічний модулятор із розширеними функціями ASR допускає високий рівень динамічного гальмування всіх коліс за будь-яких існуючих температур і в той же час надійно підтримує необхідне поділ гальмівних контурів.

Необхідний крутний момент двигуна може бути встановлений за допомогою керування роботою двигуна через інтерфейс CAN. Далі розглянемо, як поводить себе автомобіль під час роботи ПЗЗ[2].

ПЗС реагує на критичні ситуації в тому випадку, якщо відомо, куди має намір їхати водій і куди насправді їде автомобіль. Відповідь на перше питання система отримує від датчиків, що визначають кут повороту кермового колеса та кутові швидкості коліс автомобіля. Відповідь на друге питання можна отримати, вимірявши кут повороту автомобіля навколо вертикальної осі та величину його поперечного прискорення. Якщо від датчиків надходять різні відповіді на згадані вище питання, існує ймовірність виникнення критичної ситуації, при якій необхідне втручання ПЗС. Критична ситуація може виявлятися у двох варіантах поведінки автомобіля: недостатня та надмірна повертаність автомобіля.

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У разі недостатньої поворотності автомобіля ПЗЗ дозовано підгальмовує заднє колесо на внутрішній стороні повороту, а також впливає на системи керування роботою двигуна та АКП (якщо автомобіль обладнаний автоматичною трансмісією). В результаті додавання до суми сил гальмівної сили, прикладеної до вищезгаданого колеса, вектор результуючої сили, що діє на автомобіль, повертається у бік повороту та повертає машину на задану траєкторію руху, запобігаючи виїзду за межі проїзної частини та забезпечуючи тим самим вписуваність у поворот.

У разі надмірної поворотності автомобіля ПЗЗ дозовано підгальмовує переднє колесо на зовнішній стороні повороту та впливає на системи керування роботою двигуна та АКП (якщо автомобіль обладнаний автоматичною трансмісією). Внаслідок чого вектор результуючої сили, що діє на автомобіль, повертається назовні повороту, запобігаючи тим самим занесення автомобіля і наступне за ним некероване обертання навколо вертикальної осі. Ще однією поширеною ситуацією, в якій потрібне втручання ПЗЗ, є об'їзд перешкоди, що несподівано виникла на дорозі. У разі якщо автомобіль не обладнаний ПЗЗ, події часто розвиваються по наступного сценарію. Щоб уникнути зіткнення з перешкодою, що несподівано виникла, водій різко повертає вліво, а потім, щоб повернутися на раніше займану смугу, - праворуч. В результаті автомобіль різко повертається і виникає занесення задніх коліс, що переходить у некероване обертання автомобіля навколо вертикальної осі.

Розвиток ситуації у випадку з автомобілем, обладнаним ПЗЗ виглядає дещо інакше. Водій намагається об'їхати перешкоду, як і у першому випадку. За сигналами датчиків ПЗЗ розпізнає нестабільний режим руху автомобіля, що виник. Здійснює необхідні обчислення та (як контрзаходи) підгальмовує ліве заднє колесо, сприяючи цим повороту автомобіля. При цьому сила бокового відведення передніх коліс зберігається. Поки машина рухається дугою вліво, водій починає повертати кермо вправо. Щоб сприяти повороту автомобіля вправо, ПЗЗ підгальмовує праве переднє колесо. Задні колеса при цьому обертаються вільно для чого оптимізується діюча на них бічна сила відведення.

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

Зміна смуги руху, що здійснена водієм, може викликати різкий поворот автомобіля навколо вертикальної осі. Щоб запобігти занесення задніх коліс, підгальмовується ліве переднє колесо. У особливо критичних ситуаціях це гальмування має бути дуже інтенсивним, щоб обмежити наростання бічної сили відведення, що діє на передні колеса.

Рекомендується вимикати ПЗЗ при «розгойдуванні» автомобіля, що застряг у глибокому снігу або пухкому ґрунті, їзді з ланцюгами протиковзання та перевірки автомобіля на динамометричному стенді. Вимкнення ПЗЗ здійснюється натисканням кнопкового вимикача на панелі приладів, включення – повторним натисканням на вказану клавішу. При запуску двигуна ПЗЗ перебуває у робочому режимі.

1.3. Найпоширеніші види пасивної безпеки

Пасивна безпека автомобіля включає в себе заходи, спрямовані на зменшення травматичності та захист пасажирів у випадку аварії. Ось декілька найпоширеніших видів пасивної безпеки в автомобілях:

1. Поясні системи безпеки:

- Пасивні ремені безпеки: Ремені безпеки відіграють важливу роль у стримуванні пасажирів під час аварії, що запобігає їхньому руху вперед і вниз.
- Поперечні наплічники: Деякі автомобілі оснащені системами, які забезпечують додаткову підтримку утримання пасажирів у сидінні.

2. Подушки безпеки:

- Подушка безпеки водія та пасажирів: Автомобілі зазвичай мають подушки безпеки для водія та переднього пасажирів, які активуються при сильному зіткненні, зменшуючи ризик травм.
- Бічні подушки безпеки: Деякі автомобілі володіють бічними подушками безпеки для додаткового захисту у випадку бічного зіткнення.

3. Абсорбційні зони та енергопоглинання:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

- Зони деформації кузова: Ці зони призначені для поглиблення і розсіювання енергії при зіткненні, зменшуючи вплив на пасажирів.
 - Енергопоглинання у бамперах: Деякі автомобілі мають бампери, спроектовані для поглиблення енергії у випадку невеликого зіткнення.
4. Стійкість конструкції автомобіля:
- Сталі категорії високої міцності: Використання спеціальних видів сталі допомагає забезпечити стійкість та міцність кузова автомобіля.
5. Захист від перекидання:
- Стабілізаційні системи та контроль стабільності: Деякі автомобілі оснащені системами, які допомагають у запобіганні перекиданню транспортного засобу.
6. Захист від бокового удару:
- Безпечні двері: Автомобілі можуть мати зміцнені рами дверей і додаткові заходи для захисту пасажирів у випадку бокового зіткнення.
7. Системи екстреної сигналізації:
- Автоматичне включення аварійних світлових сигналів та відключення двигуна: Ці системи допомагають зменшити ризик додаткових травм після аварії[3].

Ці заходи спільно спрямовані на максимальне зменшення травматичності та підвищення безпеки пасажирів у випадку автомобільних пригод.

1.4. Висновки до першого розділу і постановка задачі проектування

У цьому розділі було проведено аналітичний огляд та аналіз існуючої системи безпеки транспортного засобу. Проводиться порівняння між аналогічними існуючими рішеннями в автомобільній промисловості і проєктованими пристроями

Аналізуючи аналогічну структурну схему пристрою, були виявлені наступні недоліки:

1. Висока вартість існуючих систем безпеки;

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. У разі аварійного відключення акумулятора неможливість повторного використання;
3. Неможливість установки обладнання на автомобілі, які непередбачені виробником;
4. Досить висока складність.

З урахуванням вказаних недоліків наявного пристрою, а також зважаючи на технічне завдання, було прийняте рішення про розробку системи керування безпекою транспортного засобу, яка буде задовольняти наступним вимогам:

1. Керування системою на базі сучасного мікроконтролера, що дозволить не тільки забезпечити високу швидкодію пристрою, що необхідно для вчасного реагування на потенційну небезпеку під час руху транспортного засобу, і також спростити його структуру.
2. Забезпечення невисокої вартості і складності структури пристрою.
3. Пристрій повинен забезпечувати реагування на перевантаження у двох діапазонах. Перший діапазон відповідає аварійному гальмуванню і має виконувати функцію запобігання нещасних випадків. Другий діапазон відповідає зіткненню автомобіля з перешкодою, повинен виконувати функцію зменшення наслідків дорожньо-транспортної пригоди

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Антиблокувальна гальмівна система автомобіля

Антиблокувальна гальмівна система (англ. Antilock Brake System, ABS) перешкоджає блокуванню коліс автомобіля при гальмуванні і тим самим забезпечує безпеку руху та швидку зупинку автомобіля.

Автомобільне колесо у процесі гальмування уповільнює своє обертання в широкому діапазоні швидкостей від вільного кочення до блокування, тобто. рухається щодо дорожнього полотна з ковзанням. Ступінь прослизання визначається ставленням різниці швидкості автомобіля та окружної швидкості обертання колеса до швидкості автомобіля. Від цієї величини залежить коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою, отже, і гальмівна сила на колесі автомобіля.

Типова залежність коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою φ від прослизання S (рис. 2.1.) досягає максимального значення коефіцієнта зчеплення в поздовжньому напрямку. Для отримання максимального уповільнення автомобіля і, отже, найменшого гальмівного шляху (близького до оптимального гальмування) необхідно, щоб колеса при гальмуванні мали ковзання, що відповідає максимальному значенню коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою в поздовжньому напрямку.

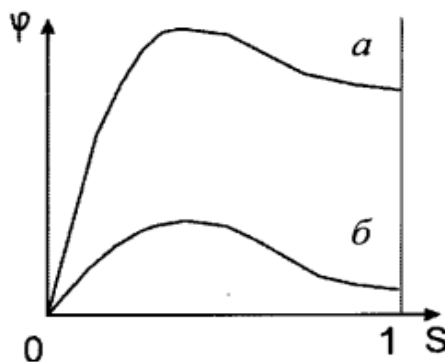


Рис. 2.1. Залежність коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою φ від ковзання S (а і б - коефіцієнти S відповідно на сухому та обледенілому бетоні)

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Для вирішення такого завдання і використовується антиблокувальна гальмівна система.

При екстреному гальмуванні звичайна гальмівна система забезпечує гальмування коліс до повного блокування. Як показують дослідження, оптимальне гальмування, порівняно з гальмуванням до блокування колеса, дозволяє зменшити гальмівний шлях автомобіля на сухій дорозі на 20%, а на мокрій та покритій льодом – на 50-60 %. При цьому коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою у поперечному напрямку також має високу значення, що, у свою чергу, підвищує стійкість та керованість автомобіля при гальмуванні.

У сучасних автомобілях антиблокувальна гальмівна система керує всіма колесами автомобіля, але можливі і інші варіанти[4].

Структурна схема антиблокувальної гальмівної системи з зворотним зв'язком представлена на рис. 2.2. Електронний блок управління (ЕБУ) зібрано з урахуванням інтегральних мікросхем із застосуванням цифрової технології. Він складається з чотирьох блоків та семи мікросхем:

- вхідний підсилювач ABS для формування та посилення сигналів датчика швидкості колеса;
- блок обчислень ABS для виконання логічних операцій, порівняння кутових швидкостей коліс, визначення пробуксування коліс, їх уповільнення та для формування команд виконавчому механізму;
- блок управління ABS, що є підсилювачем потужності для приводу електромагнітних клапанів у модуляторі тиску;
- Блок контролю справності ABS. У разі виникнення несправності цей блок відключає антиблокувальну систему. При цьому основна гальмівна система (без регулювання) залишається у робочому стані.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

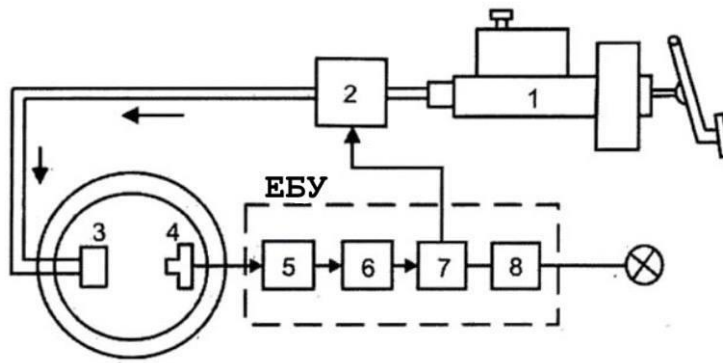


Рис. 2.2. Антиблокувальна гальмівна система (ABS) із зворотним зв'язком:

1 - головний гальмівний циліндр; 2 – модулятор тиску; 3 - колісний гальмовий циліндр; 4 – датчик швидкості колеса; 5 - вхідний підсилювач ABS; 6 - блок обчислень ABS; 7 - блок керування ABS; 8 - блок контролю справності ABS

З теорії автомобіля відомо, що кочення колеса в процесі його гальмування може відбуватися тільки в тому випадку, коли гальмівний момент, що прикладається до колеса, врівноважується реактивним моментом, рівним добутку нормального навантаження P_z , що діє на колесо, на поздовжній коефіцієнт його зчеплення із дорогою $\Phi_{\text{п}}$. Величина коефіцієнта зчеплення $\Phi_{\text{п}}$ залежить як від стану дорожнього покриття, так і від величини прослизання колеса по відношенню до покриття. Величину прослизання колеса оцінюють безрозмірним коефіцієнтом

$$s = (v_a - v_T)/v_a, \quad (2.1.)$$

де v_a - Швидкість автомобіля; v_T - швидкість колеса в точці його зіткнення з дорожнім покриттям[4].

У разі збільшення s від нуля до певної величини $S_{\text{кр}}$ (рис. 2.3.) відбувається збільшення коефіцієнта $\Phi_{\text{п}}$. У діапазоні значень $s = S_{\text{кр}} - 1$ зі збільшенням значення s коефіцієнт фд зменшується. Внаслідок цього якщо гальмівний момент M_T , що прикладається до колеса, не перевищить значення $P_2\Phi_{\text{пmax}}$, то в процесі гальмування автомобіля матиме місце кочення колеса при одночасному його

ковзанні. Величина цього прослизання встановиться саме такою, якій необхідний отримання коефіцієнта $\phi_{пт}$ » що визначається виразом $\phi_{пт} = M_T/P_Z$.

Якщо ж момент M_T виявиться більшим за вираз $P_Z\phi_{птmax}$, то навіть при значенні $S=S_{кр}$ реактивний момент не зможе врівноважити гальмівний момент. В результаті цього ковзання s перевищить значення $S_{кр}$, що спричинить подальше зменшення коефіцієнта $\Phi_{п}$ і зрештою викличе блокування колеса.

Оскільки при $s=1$ коефіцієнт $\Phi_{п}$ значно менше значення $\phi_{птmax}$, гальмівні якості автомобіля при блокуванні коліс суттєво погіршуються. Блокування коліс автомобіля вкрай небажане ще й тому, що в цьому випадку відбувається різке зменшення поперечного (бічного) коефіцієнта зчеплення ϕ_b колеса з дорогою, як це показано на рис. 2.3. В результаті можуть бути втрачені стійкість та керуваність автомобіля[4].

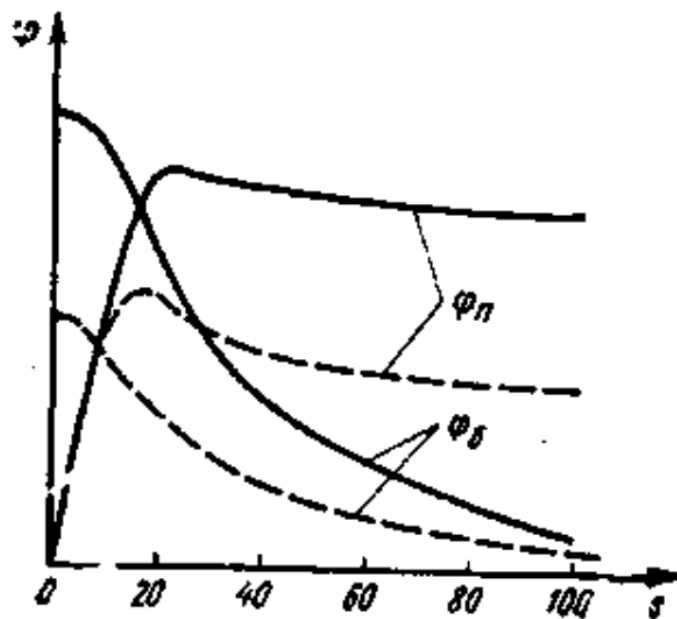


Рис. 2.3. Залежність поздовжнього ϕ_p та поперечного ϕ_b коефіцієнтів зчеплення автомобільного колеса від величини його прослизання s :

----- суха дорога;

- - - - - слизька дорога

Очевидно, що названі небезпечні наслідки можуть мати місце у разі гальмування автомобіля при низьких значеннях коефіцієнтів зчеплення $\Phi_{п}$ та $\Phi_{б}$. Тому основним завданням антиблокувальних гальмівних систем є підтримка в

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

процесі гальмування автомобіля такого гальмівного моменту, який при даному стані дорожнього покриття виключить можливість блокування коліс і забезпечить максимально можливий ефект гальмування.

Для вирішення цього завдання антиблокувальна система (АБС) повинна в залежності від характеру зміни частоти обертання коліс, що загальмовуються, автоматично змінювати тиск в циліндрах або гальмівні камери виконавчих гальмівних механізмів. При цьому необхідно забезпечити високу швидкодію регулювання тиску, для чого використовують швидкодіючі клапанні пристрої з електромагнітним приводом (так звані модулятори тиску)[5].

Багаторічний досвід розробки та дослідження антиблокувальних пристроїв показав, що дуже жорсткі вимоги до цих пристроїв можуть бути задоволені лише за умови застосування електронних систем керування. В даний час вже серійно випускається ряд електронних антиблокувальних гальмівних систем на базі як електронних блоків з жорсткою логікою, так і мікропроцесорних комплектів. Вони призначені для автомобілів, що мають гідравлічний та пневматичний привід гальмівних механізмів, причому може бути забезпечене індивідуальне керування процесом гальмування кожного з коліс і одночасний вплив на кілька коліс, що загальмовуються[5].

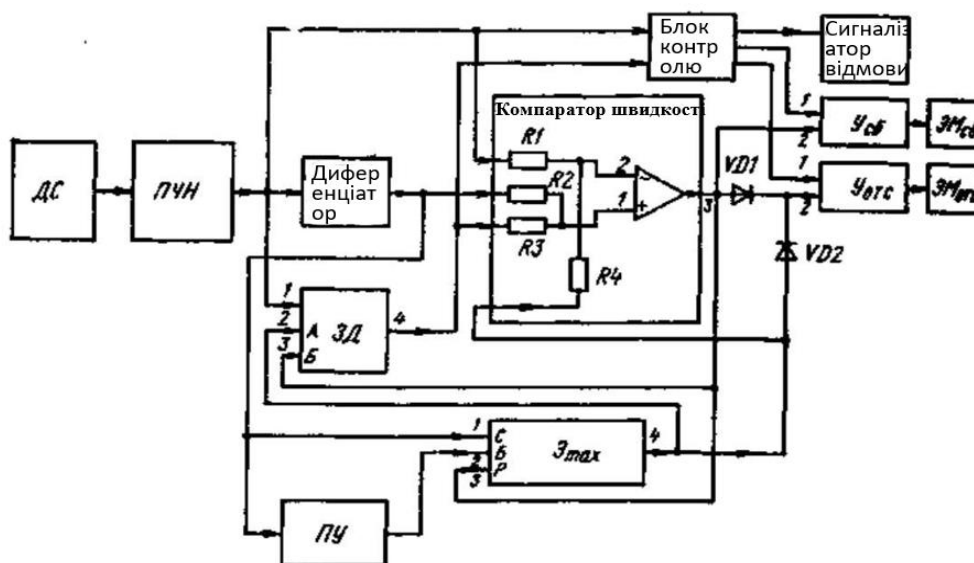


Рис. 2.4. Структурна схема електронної антиблокувальної системи керування гальмами

Розглянемо принцип дії різних АБС. Слід зазначити, що для забезпечення нормального функціонування системи вона повинна безперервно порівнювати швидкість автомобіля та частоту обертання колеса, що загальмовується.

Основна складність вирішення цього завдання пов'язана з відсутністю надійних та простих прямих методів визначення швидкості автомобіля, тобто методів, не пов'язаних із вимірюванням частоти обертання його коліс. Тому для оцінки швидкості автомобіля в АБС використовують ті чи інші непрямі методи, переважно засновані на запам'ятовуванні частоти обертання коліс у певні періоди часу. Спосіб вирішення даної задачі та подальша обробка одержуваного сигналу є факторами, що істотно впливають на алгоритм АБС.

Відомо дуже велика кількість різних алгоритмів АБС, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Проте за більшістю показників на даний час перевага надається алгоритмам, заснованих на зіставленні реальної частоти обертання колеса та так званої опорної частоти обертання, що розраховується у кожний момент часу системою управління.

У більшості сучасних АБС зміна тиску у виконавчих пристроях гальмівних систем організовано за трифазовим циклом. При такому циклі поряд із процесами збільшення чи зменшення тиску в циліндрах (або камерах) гальмівного приводу передбачена також фаза (звана «відсіканням») підтримки у яких постійного тиску. Протягом цієї фази робоча порожнина циліндрів (або гальмівних камер) від'єднана як від джерела тиску, так і від атмосфери (при пневмоприводі гальмівних механізмів) або від порожнини зливу (при гідроприводі гальмівних механізмів) [5].

Завдяки високій чутливості системи управління процес підтримки нею необхідного гальмівного зусилля забезпечується з допомогою безперервного повторення циклів регулювання тиску. Частота проходження цих циклів становить 5 - 10 Гц. За цих умов наявність фази «відсічення» дозволяє суттєво зменшити витрати стисненого повітря або знизити подачу гідронасосу [4].

На першому етапі застосування АБС виявилися їх серйозні недоліки, основний з яких - недостатня надійність. В результаті подальшого

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

доопрацювання АБС ці недоліки були усунені, і в нинішній час антиблокувальні системи набувають все більшого поширення. Однак щодо високої вартості цих систем вони в основному використовуються на магістральних багатовісних автопоїздах.

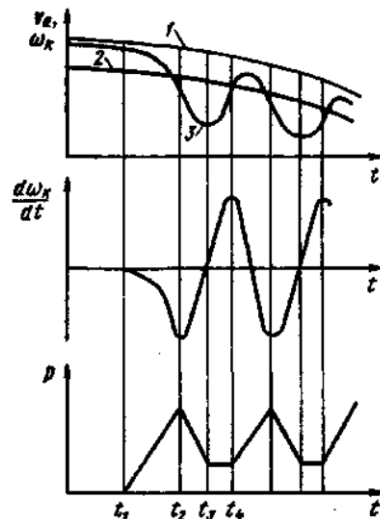


Рис. 2.5. Зміна швидкості v_w , ω_k і $d\omega_w/dt$ і тиску P під час роботи антиблокувальної системи:

1 - частота обертання колеса, пропорційна швидкості автомобіля; 2 - частота обертання колеса при «ідеальному» режимі гальмування; 3 - фактична частота обертання колеса

Як приклад реалізації АБС з урахуванням аналогової схемотехніки розглянемо принцип дії системи такого типу, розробленої для автомобілів із пневмоприводом гальмівних механізмів. Система управління діє за трифазним циклом, а її алгоритм заснований на зіставленні «опорного» сигналу з сигналом, що визначає фактичну частоту обертання колеса, що загальмовується. Розглянемо принцип дії системи керування. Вважатимемо, що гальмування автомобіля відбувається на слизькій дорозі, внаслідок чого в процесі гальмування частота обертання загальмовуваного колеса знижується швидше, ніж зменшується швидкість автомобіля v_a . На t_v - час початку гальмування, а t_z - час, при якому різниця сигналів, що визначаються кривими 1 і 5, досягне заданої величини. У момент часу t_z гальмівна камера відключається від джерела тиску та

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

одночасно з'єднується з атмосферою, що забезпечує переведення системи регулювання у фазу «скидання» тиску. Падіння тиску P продовжуватиметься доти, доки внаслідок зменшення гальмівного моменту не припиниться уповільнення колеса [4].

У цей час ($t=t_3$) відбудеться зміна знака похідної dw_k/dt , у результаті виробиться сигнал для припинення зниження тиску в гальмівній камері шляхом переведення системи регулювання в режим «відсікання».

Таблиця 2.1.

Стан загальмовуваного колеса	Режим роботи ЗД	Напруга на входах А і Б задатчика		$U_{зд}$	Швидкість зміни напруги на вході еадатчика $dU_{зд}/dt$. В/с
		U_A	U_B		
Не блокується Гальмування розгін	Стеження	Н	Н	$0,7U_{пчн}$	$<3,5$
	Пам'ять		В	Постійне,	
	перезапис	В	Н	Рівне U_3 до $0,7$ $U_{п4Н}$	$>3,5$ Будь-яка

В – високий рівень напруги; Н - низький рівень напруги; $U_{зд0}$ - опорна напруга на виході задатчика

Гальмівна система має певну інерційність, тому уповільнення колеса дещо відстає за часом від падіння тиску у гальмівній камері. В результаті на момент, коли припиняється уповільнення колеса, тиск у гальмівній камері встигає знизитися більшою мірою, ніж це було б необхідно в у разі високої швидкодії гальмівної системи. Внаслідок цього в період дії фази відсікання матиме місце розгін колеса. Коли в процесі цього Розгону при $t=t_4$ прискорення колеса і, отже,

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

похідна dw_k/dt досягнуть максимуму, це означатиме, що зчеплення колеса з дорогою відновилося, у зв'язку з чим слід збільшити гальмівний момент. Виходячи з цього, система управління подає команду до переходу від фази «відсікання» до фази «збільшення» тиску.

Після цього весь описаний процес роботи системи багаторазово повторюватиметься, причому сигнал, визначальний частоту обертання колеса, у кожному новому циклі буде порівнюватися з відкоригованим для цього циклу "опорним" сигналом [5].

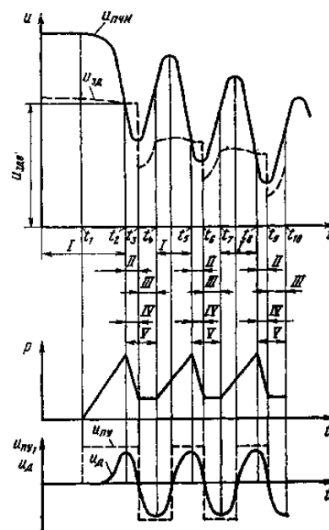


Рис. 2.6. Зміна тиску в гальмівній камері та електричних сигналів елементів антиблокувальні системи в процесі гальмування автомобіля:

I - стеження; II – пам'ять; III - перепис; IV - скидання тиску: V - відсікання;

$$U_d = -k \, dw/dt$$

У разі реалізації «ідеального» управління процесом гальмування під час якого підтримувалася б постійної величина $s=s_{кр}$, характер зміни частоти обертання відповідав би кривою 2. Чим менше відрізняються криві 2 та 3, тим досконаліше робота АБС.

Основним елементом АБС є задатчик ЗД "опорного" рівня швидкості, з яким зіставляється фактична частота обертання колеса. Цей задатчик виконує функції пам'яті. Залежно від сигналів, що надходять через резистори R_1 - R_4 (див. рис. 2.5), на його входи, він працює в одному з трьох режимів.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

Співвідношення між напругою $U_{пчн}$ на виході ПЧН і напругою $U_{зд}$ на виході задатчика, а також темп зміни напруги $U_{зд}$ в режимі стеження, виключають можливість зменшення напруги $U_{пчн}$ нижче значення $U_{зд}$ у процесі гальмування автомобіля, що відбувається без блокування коліс, навіть за максимально можливої його ефективності (уповільнення до 5 м/с²). Однак якщо у процесі гальмування автомобіля з'явиться тенденція до блокування колеса, то частота його обертання різко зменшиться і задатчик не встигне «відстежити» зміну напруги $U_{пчн}$. В результаті цього матиме місце співвідношення $U_{зд} > U_{пчн}$.

Внаслідок цього в момент часу t_z напруга, що підводиться від виходу 4 задатчика до неінвертуючого входу 1 компаратора швидкості, виявиться вище напруги, що підводиться до його входу, що інвертує 2 від виходу ПЧН. В результаті на виході 3 компаратора швидкості і, отже, на вході Б задатчика з'явиться напруга високого рівня, під дією якого задатчик перейде в режим пам'яті. При цьому напруга на виході задатчика встановиться рівним значенню $U_{здо}$, яке на рис. 2.7. відповідає часу t_z . Після появи напруги високого рівня на виході 3 компаратора швидкості через підсилювачі $У_{сб}$ та $У_{отс}$ (див. рис. 2.5.) виробляється команда включення електромагнітів $ЕМ_{сб}$ та $ЗМ_{отс}$ управління модуляторами, здійснюють скидання тиску та «відсічення». Внаслідок зниження при цьому тиску P у гальмівній камері (див. рис. 2.7.) зменшиться уповільнення колеса і, як наслідок, знизиться рівень позитивної напруги U_d на виході диференціатора. Коли уповільнення колеса припиниться і почнеться його розгін, напруга U_d змінить свій знак, тобто стане негативним. В результаті цього буде приведено в дію $E_{тах}$ виявлення максимуму прискорення (див. рис. 2.5.) [5].

Цей елемент виконаний таким чином, що напруга на його виході має високий рівень тільки при одночасному дотриманні двох умов:

- напруга на вході елемента має бути негативною;
- рівень негативної напруги на сигнальному вході 1 елемента не повинен змінюватися або зростати. У разі його зменшення напруга на виході 4 елемента падає до низького рівня.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для чіткої фіксації моменту зміни полярності напруги на виході диференціатора використовується пороговий пристрій ПУ диференціатора, який перетворює плавно змінюється вихідна напруга диференціатора сигнал ЦПУ прямокутної форми (див. рис. 2.7., штрихова лінія). Даний сигнал підводиться до блокуючого входу 2 елемента виявлення максимуму, завдяки чому поява високого рівня напруги на виході цього елемента може мати місце тільки в періоди, коли напруга на виході порогового пристрою ПУ має негативну полярність, тобто в періоди розгону колеса.

З'єднання сигнального входу елемента 1 виявлення максимуму з виходом диференціатора забезпечує отримання напруги високого рівня на виході елемента лише у періоди, коли має місце збільшення прискорення колеса. На рис. 2.6. цей період відповідає інтервалу часу, обмеженому точками t_3 і t_4 , але в рис. 2.7. - ділянцям, обмеженим точками $t_3 - t_4$, $t_6 - t_7$, $t_9 - t_{10}$.

За рахунок з'єднання виходу елемента виявлення максимуму з входом задатчика А (див. рис. 2.5.) одночасно з появою високого рівня напруги на виході 4 елементи така ж напруга підводиться до входу А задатчика. Внаслідок цього задатчик переводиться в режим «перепис».

Крім того, завдяки з'єднанню виходу елемента виявлення максимуму з входом, що інвертує 2 компаратора швидкості забезпечується переведення цього компаратора в режим з низьким рівнем вихідного напруги[5].

Останнє призводить до вимкнення підсилювача $U_{сб}$ електромагніту $EM_{сб}$ модулятора, що управляє випуском повітря з гальмівної сервокамери, тобто припинення «скидання» тиску. Але електромагніт $EM_{отс}$ модулятора відсічки при цьому продовжує залишатися включеним, оскільки до входу його підсилювача підводиться напруга високого рівня від виходу елемента виявлення максимуму.

Відключення електромагніту $EM_{отс}$ модулятора «відсічення» від джерела живлення відбувається лише після того, як внаслідок зменшення прискорення колеса (точки t_4 , t_7 , t_{10}) напруга U_d на виході диференціатора починає

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

зменшуватися (див. рис. 2.7.), що призводить до зменшення до нуля напруги на виході елемента виявлення максимуму.

Далі весь цикл регулювання тиску у гальмівній системі багаторазово повторюється. Опорним сигналом для системи управління є напруга $U_{здо}$, що фіксується на виході задатчика періоди "пам'яті". У кожному новому циклі роботи системи рівень запам'ятовуваної напруги $U_{здо}$ зменшується порівняно з його рівнем у попередньому циклі. Іншими словами, «опорний» сигнал фіксований у точках t_2, t_5, U , весь час змінюється відповідно до швидкості руху автомобіля, що і потрібна для функціонування системи управління.

Якщо в процесі гальмування автомобіля на слизькій дорозі має місце особливо інтенсивне зниження частоти обертання колеса, то це викликає відповідне збільшення напруги позитивної полярності на виході диференціатора. Підключення виходу диференціатора до неінвертованого входу 1 компаратора швидкості призводить до підвищення рівня напруги на цьому вході компаратора, внаслідок чого напруга високого рівня на його виході з'являється раніше, ніж унаслідок уповільнення колеса напруга на виході ПЧН знизиться до 70% його початкової величини.

Завдяки цьому сигнал на "скидання" тиску буде виданий з випередженням, що і потрібно для підвищення ефективності дії АБС.

Вихід компаратора швидкості з'єднаний із входом 3 елемента виявлення максимуму (див. рис. 2.5.). Особливість цього зв'язку полягає в тому, що при наявності напруги на вході 3 елемента наводиться в дію його блок запам'ятовування даної напруги, яка є вирішальною для дії елемента. Це запам'ятовування є відносно нетривалим, тому для створення можливості появи напруги високого рівня на виході елемента виявлення максимуму (за наявності відповідного рівня напруги на його сигнальному вході 1) необхідно, щоб періодично до його входу 3 підводилося напруження від виходу компаратора швидкості.

Ця умова виявиться виконаною при гальмуванні автомобіля на слизькій дорозі, коли внаслідок різкого зменшення частоти обертання коліс буде мати

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

місце увімкнення компаратора швидкості з появою з його виході напруги високого рівня (у періоди «пам'яті»).

Інакше діє система керування у разі, наприклад, руху автомобіля на спуску зі збільшенням його швидкості. При цьому водій може почати гальмувати автомобіль шляхом включення гальм[5].

У процесі розгону автомобіля диференціатор виробляє напругу негативної полярності, яке є сигналом для увімкнення елемента виявлення максимуму. Якщо при цьому не запобігти включення даного елемента, то буде реалізовано режим «відсікання», тобто мимоволі припиниться гальмування автомобіля, що зовсім неприпустимо.

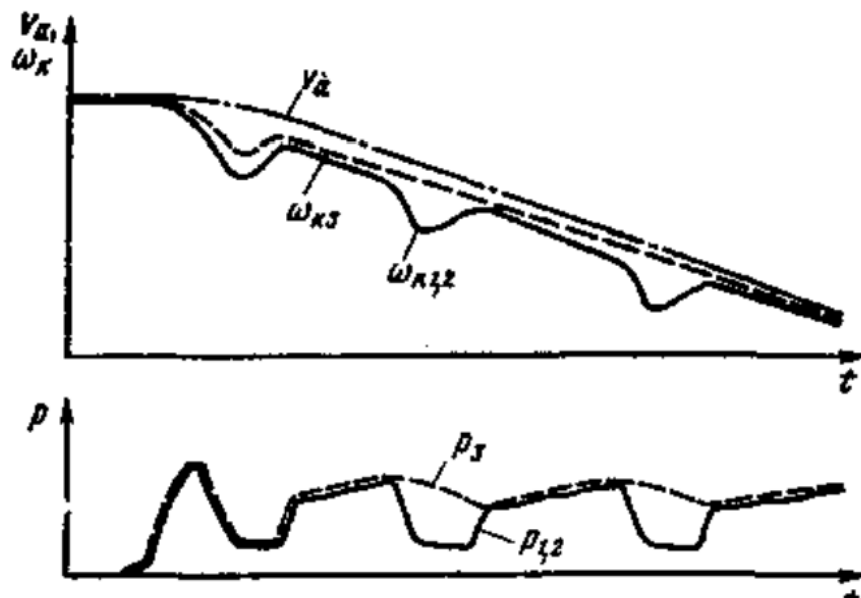


Рис. 2.7. Зміна кутової швидкості $\omega_{1,2}$ і ω_3 , швидкості v_a , тиску $P_{1,2}$ і P_a при роботі антиблокувальні системи тягача

Така дія АБС, однак, виявляється неможливою, оскільки в процесі розгону автомобіля $U_{пчн} > U_{зд}$, тобто компаратор швидкості не спрацьовує і внаслідок цього напруга до входу 3 елемента виявлення максимуму не підводиться.

Дуже важливим елементом АБС є блок контролю її справності. У його завдання входить автоматичне вимикання електромагнітів модуляторів скидання та відсічення при появі несправності в системі управління. Одночасно має бути

приведена в дію сигналізація, що повідомляє водія про наявність несправності в АБС.

На входи блоку контролю подається напруга від виходів ПЧН та задатчика. Сигналом несправності АБС є порушення нормального співвідношення між $U_{пчн}$ та $U_{зд}$ протягом періоду часу більше 1 с.

У цьому випадку на виході блоку контролю, по-перше, виробляються команди вимкнення підсилювачів управління модуляторами «скидання» і відсічення і, по-друге, подається команда на включення сигналізатора відмови АБС (наприклад, аварійної лампи).

Останнім часом з'явилася велика кількість повідомлень про створення та серійне виробництво різних антиблокувальних гальмівних систем на базі мікропроцесорних комплектів. Такий шлях створення антиблокувальних систем є цілком виправданим, оскільки застосування мікропроцесорів дозволяє найкраще здійснювати оптимальне управління гальмами з урахуванням великої кількості факторів, які впливають процес гальмування автомобілів.

Можна, щоправда, відзначити, що мікропроцесорні АБС з огляду на високу їхню вартість поки що в основному застосовуються на великовантажних автомобілях та тягачах.

Як приклад такого застосування можна вказати на мікропроцесорну АБС, якою обладнуються тривісні напівпричепи великої вантажопідйомності із пневмоприводом гальмівних механізмів. Ця система містить два канали керування гальмівними механізмами, один з яких використовується для регулювання тиску $P_{1,2}$ у гальмівних камерах першої та другої осей, а другий канал здійснює регулювання тиску P_3 у камерах третьої осі[5].

Порівняння характеристик зміни кутової швидкості $w_{к1,2}$ і $w_{к3}$ коліс першої, другої та третьої осей швидкості автомобіля v_a (рис. 1.8.) показує, що застосування АБС забезпечує незначну розбіжність між ними у процесі гальмування. Це свідчить про ефективність АБС.

У автомобілів, що містять АБС, при виході з ладу гальмівних систем зберігається звичайний привід гальмівних механізмів. Досвід експлуатації

					ЕЛТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

автомобілів з АБС показав, що за наявності такої системи у водія виробляються нові навички керування процесом гальмування. Тому у разі раптового відмови АБС водій може не забезпечити необхідної ефективності гальмування автомобіля. Внаслідок цього до надійності АБС і навіть до надійності електронного блоку пред'являють особливо жорсткі вимоги [5].

Це особливо важливо для мікропроцесорних АБС. При розробці схемотехніки електронних блоків таких систем вживають спеціальних заходів для попередження збоїв у роботі. Досягають цього як внаслідок апаратного забезпечення, і застосуванням спеціальних -перешкодостійких програм. Дані рішення частково нагадують схемотехніку елементів захисту від неправильного функціонування мікропроцесорних систем керування ГМП.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми проектованої електронної системи

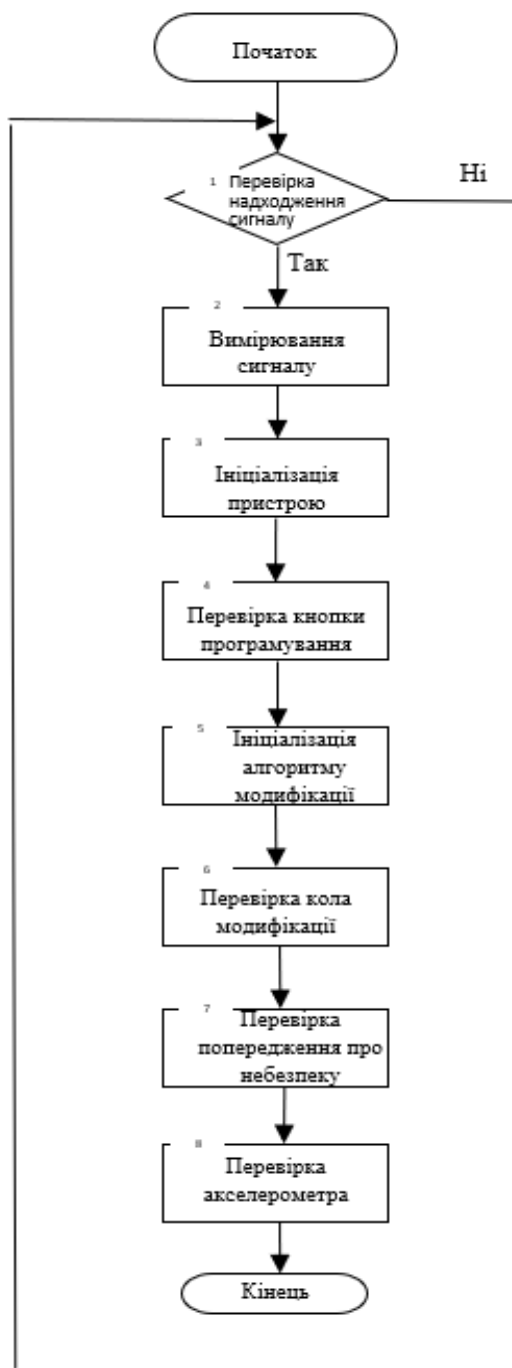


Рис. 3.1.– Блок-схема алгоритму функціонування пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Етап 1. Перевірка надходження сигналу, (1)якщо сигнал є вимірювання сигналу (2) сигналу немає- повтор.

Етап 2. Вимірювання сигналу.

Етап 3. Ініціалізація пристрою.

Етап 4. Перевірка кнопки програмування.

Етап 5. Ініціалізація алгоритму модифікації.

Етап 6. Перевірка кола модифікації.

Етап 7. Перевірка попередження про небезпеку.

Етап 8. Перевірка акселерометра[6].

3.2. Обґрунтування схемотехнічного виконання

Розглянувши особливості конструкції і тип системи активної безпеки на автомобільному транспорті і визначившись з функціональними можливостями пристрою, необхідно скласти його структурну схему.

На рис. 3.2 показана структурна схема активного пристрою безпеки транспортного засобу, заснованого на апаратній платформі Atmega328.

Позначення на рисунку:

- Увх-живлення пристрою від бортової напруги автомобіля;
- Устаб-Блок живлення і коло стабілізації напруги для мікроконтролера;
- Паливний насос-розвідний ключ для електричного кола бензонасоса;
- Стоп-сигнал-клавіша включення для електричного кола стоп-сигналу;
- Спалах попередження про небезпеку-клавіша включення для ланцюга електричної сигналізації;
- DTS-32-Кнопка для програмування і модифікації алгоритмів пристрою;
- G-сенсор являє собою 3-осьовий цифровий акселерометр MMA8452.

Живлення здійснюється від бортової мережі автомобіля шляхом стабілізації напруги і зниження його до 5в.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

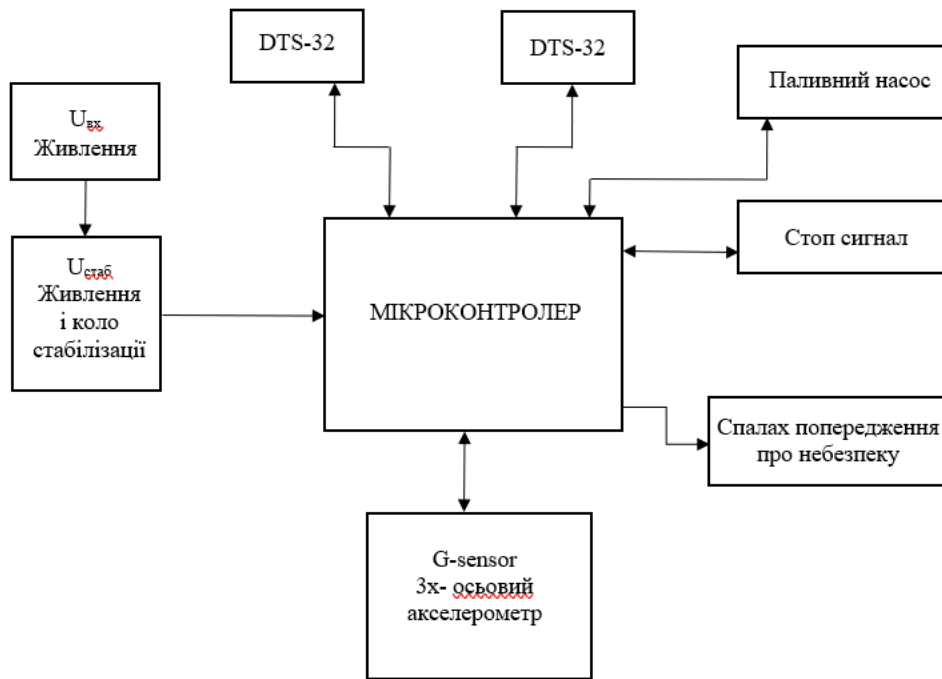


Рис. 3.2. -Структурна схема пристрою активної безпеки мікроконтролера МК-Atmega328;

Як видно з структурної схеми, Мікроконтролер ATMED328(МС) є основним, який керує стандартною системою автомобіля. Завдяки йому ви можете запрограмувати і налаштувати пристрій активної безпеки автомобіля.

Отже, завершивши перший етап створення системи, тобто розробку структурної схеми пристрою, можемо працювати над проектуванням електричної схеми пристрою[7].

3.3. Розроблення функціональної схеми проєктованої електронної системи

Схема електрична функціональна для мікроконтролера ATmega328 включає наступні основні елементи:

1. Мікроконтролер ATmega328: Це центральний елемент схеми, який виконує обробку програми та управляє різними з'єднаними пристроями.

2. Конденсатори: Конденсатори можуть бути використані для стабілізації живлення та для інших елементів схеми.
3. Індикаторні світлодіоди (LED): Використовуються для візуального відображення різних станів мікроконтролера або його підсистем.
4. Резистори: Використовуються для обмеження струму, захисту елементів схеми і створення необхідних опорів.
5. Живлення: джерело живлення для схеми, від акумулятора або від мережі з використанням стабілізатора напруги[9].

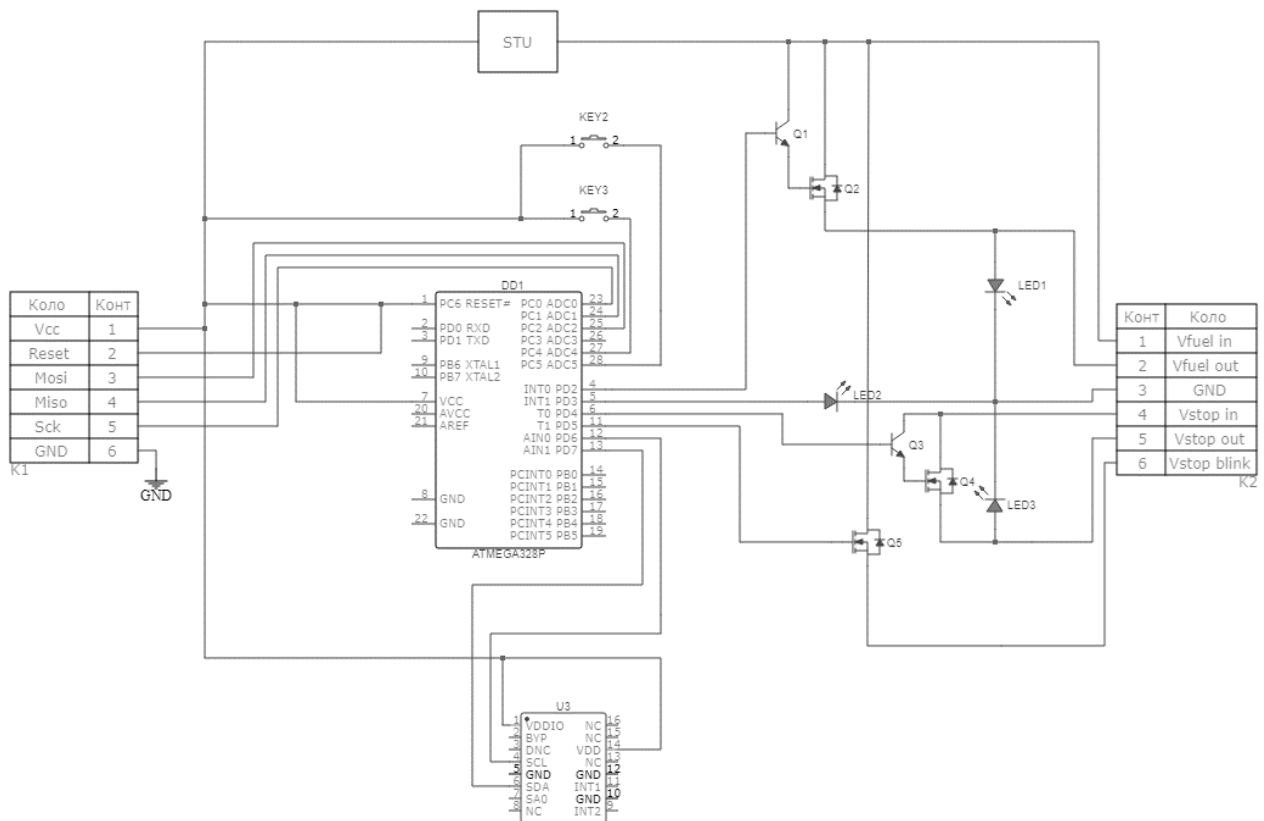


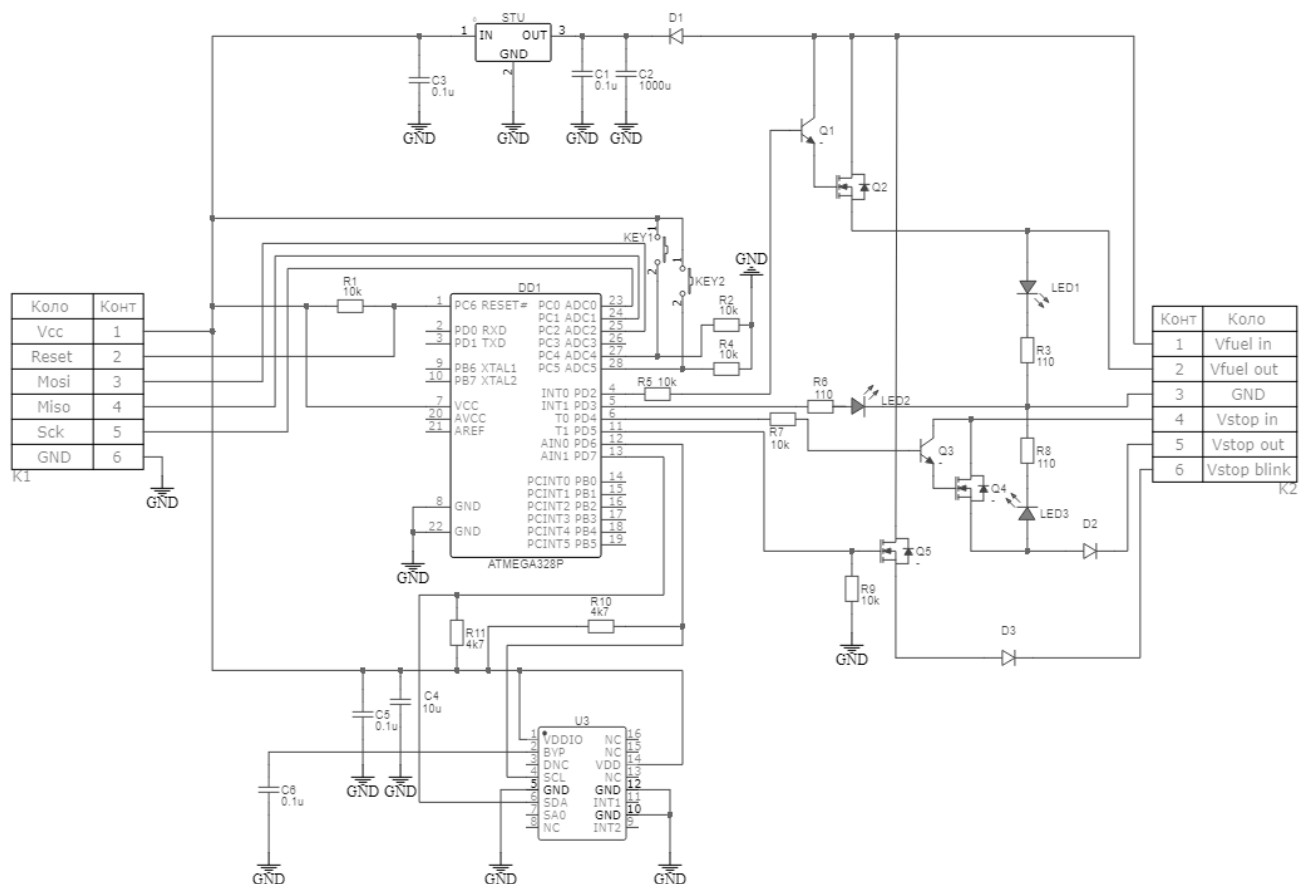
Рис. 3.3. – Схема електрична функціональна

Висновки до третього розділу

1. У цьому розділі був розроблений алгоритм роботи пристрою активної безпеки транспортного засобу.
2. Була розроблена і описана структурна схема.

4. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ У БЛОКІВ ПРОЄКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ

Електрична схема принципова пристрою активної безпеки автомобіля показана на рис. 4.1.



Ця електрична схема використовує мікроконтролер Atmega328 для автоматичного управління системою автомобіля. Пристрій вмикається автоматично при запуску паливного насоса автомобіля. Робочий процес автоматизований завдяки постійному потоку даних від 3-осьового акселерометра. Мікропроцесор отримує дані від акселерометра і, аналізуючи їх, виконує програмовані події або залишається в режимі ремонту. Він діє як вимикач живлення для управління бортовою системою автомобіля. Система має три світлодіода: білий, червоний і зелений [10].

Червоний світлодіод використовується як індикатор, його яскравість аналогічна стоп-сигналу. Зелений світлодіод імітує сигнал бензонасоса,

показуючи, чи є він увімкненим. Білі світлодіоди використовуються при налаштуванні.

Схема використовує послідовний периферійний інтерфейс (SPI) для завантаження програми в мікроконтролер. SPI включає VCC (напруга живлення), reset (перезавантаження), MOSI, MISO, SCK (програмний вихід), GND (загальний).

Для стабілізації напруги живлення мікроконтролера використовуються діоди, електролітичні конденсатори C1, керамічні конденсатори C5, лінійні стабілізатори напруги та керамічні конденсатори C6. Діод VD1 захищає від помилкового підключення живлення, а також запобігає обходу конденсатора C1. Електролітичний конденсатор C1 і керамічний конденсатор C5 використовуються для фільтрації вхідної потужності, а керамічний конденсатор S6 для фільтрації вихідної напруги. Лінійний регулятор напруги DA1 знижує напругу до рівня, придатного для мікроконтролера.

Інформація від акселерометра передається на мікропроцесор через канали SDA/SCL. Підключення акселерометра відбувається згідно з технічними вимогами, включаючи використання конденсаторів S2, S3 і S4 та резисторів R2, R7, R8 з опором комунікацій[8].

4.1 Вибір елементної бази

При виборі елементної бази для пристрою активної безпеки для автомобіля враховуються наступні фактори:

- Пристрої повинні забезпечувати безперервну роботу в певних кліматичних умовах;
- Вони повинні володіти високою надійністю і відмово стійкістю;
- Повинні мати низьку вартість і поширеність;
- Повинні бути прості в налаштуванні і експлуатації;

Що стосується пристроїв, розроблених в цій роботі, то вони є основними в системі, тому ми розглянемо і виберемо апаратну платформу індивідуально. Також розглянемо активні і пасивні елементи окремо.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вибір мікроконтролера

Для реалізації пристрою і його нормальної роботи необхідно вибрати Мікроконтролер відповідно до схеми принципової електричної схеми. 3.2, який повинен мати інтерфейси SDA та SCL, також має цифровий вихід щонайменше на 6 каналів.

З урахуванням цих параметрів був обраний Мікроконтролер Atmel ATmega328

Мікроконтролер ATmega328 є однією з популярних моделей, що входять до сімейства AVR мікроконтролерів, вироблених компанією Microchip Technology (раніше - Atmel). ATmega328 часто використовується в різних проектах, особливо в області розвитку вбудованих систем та DIY-проектах. Ось деякі характеристики та особливості мікроконтролера ATmega328[6]:

1. Архітектура:

- ATmega328 використовує модифіковану RISC-архітектуру (Reduced Instruction Set Computing) з набором команд AVR.

2. Робоча частота:

- Здатен працювати при різних робочих частотах, часто від 1 до 20 МГц.

3. Об'єм пам'яті:

- 32 КБ флеш-пам'яті для програмного коду.
- 2 КБ ОЗП (оперативна пам'ять) для зберігання змінних та даних.

4. Введення/Виведення (I/O):

- 23 порти введення/виведення, зокрема 14 цифрових та 6 аналогових входів/виходів.

5. Аналого-цифровий перетворювач (ADC):

- Вбудований 10-бітний ADC для аналогового вимірювання.

6. Таймери та лічильники:

- Вбудовані таймери та лічильники, що дозволяють реалізовувати різноманітні функції, такі як затримки, ШИМ (ширина імпульсу модуляції) та інші.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

7. Засоби комунікації:

- Підтримка UART (асинхронний/синхронний обмін даними).
- SPI (Serial Peripheral Interface) та I2C (Inter-Integrated Circuit) для зв'язку з іншими пристроями.

8. Інтегрований EEPROM:

- Вбудована EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) для зберігання постійних даних.

9. Захист та споживана потужність:

- Захист від перевантаження та захист від перевертання полярності.
- Низька споживана потужність у режимі сну.

10. Робоча температура:

- Зазвичай працює у широкому діапазоні температур для застосувань у різних середовищах.

Мікроконтролер Atmega328 широко використовується у розробці різноманітних пристроїв, включаючи ардуіно-плати, датчики, робототехніку та інші електронні пристрої[11].

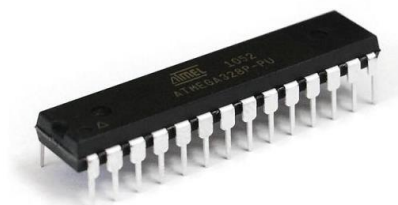


Рис 4.1. Зовнішній вигляд мікроконтролера *Atmega 328*

Також Мікроконтролер, як зазначено в технічній документації, представлений в декількох типах корпусів, але тільки 1 підходить для установки в отвір. Це корпус DIP-28. Його розміри вказані під контуром 2.4, і всі розміри вказані в міліметрах.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

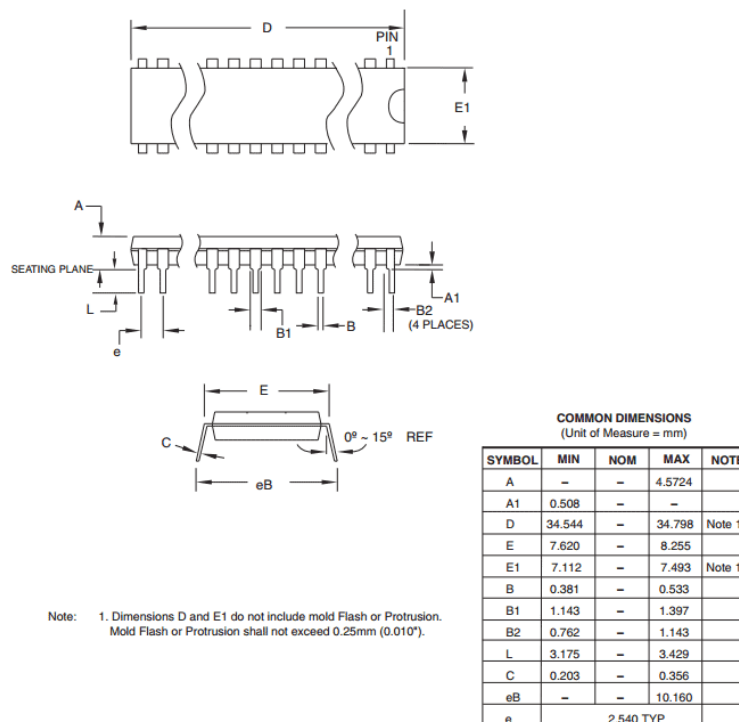


Рисунок 4.2. — Установчі розміри мікроконтролера *Atmega 328* в корпусі *DIP-28*

Вибір 3х вісьового акселерометру

MMA8452Q - це триосевий акселерометр, вироблений компанією NXP Semiconductors. Основні характеристики цього акселерометра включають:

1. Три виміри акселерації:
 - Датчик вимірює прискорення вздовж трьох взаємно перпендикулярних вісей: X, Y та Z.
2. Інтерфейс зв'язку:
 - Підтримка I2C (Inter-Integrated Circuit).
3. Діапазон вимірювань:
 - Можливість вимірювання акселерації в межах вибраного діапазону, наприклад, $\pm 2g$, $\pm 4g$ або $\pm 8g$.
4. Роздільна здатність:
 - 8 біт для режиму зменшеної точності.
 - 14 біт для режиму високої точності.
5. Режим низької споживаної потужності:

- Датчик підтримує різні режими споживання енергії для ефективного використання.
6. Вбудований температурний сенсор:
- Датчик також має вбудований температурний сенсор для вимірювання температури.
7. Програмовані преривання:
- Можливість програмувати акселерометр для генерування преривань в разі досягнення певних умов (наприклад, визначена величина акселерації).
8. Інші особливості:
- Широкий діапазон напруги живлення.
 - Автоматична компенсація температурних коливань.
 - Захист від перевантаження та низького рівня напруги.

Цей акселерометр часто використовується в різних застосунках, таких як вбудовані системи, пристрої Internet of Things (IoT), робототехніка та інші області, де вимірювання акселерації є важливим параметром. Перед використанням завжди рекомендується ознайомитися з документацією виробника та використовувати відповідні бібліотеки або програмне забезпечення для легкості розробки[10].

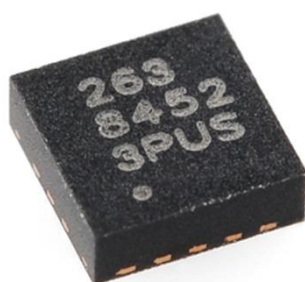


Рисунок 4.3. — Зовнішній вигляд акселерометра
MMA8452Q в корпусі *QFN*

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

Оскільки світлодіоди повинні бути встановлені на передній панелі пристрою, обрано корпус, який забезпечує таку можливість. Додатково пропонується кілька типів корпусів, і вони можуть бути закріплені в спеціальному тримачі для захисту від зовнішніх факторів. Зовнішній вигляд світлодіодів в цьому корпусі показаний на рисунку 4.5. [11]



Рисунок 4.5. — Зовнішній вигляд світлодіодів в корпусі *L-934S*

Розміри корпусу *L-934S* вказані на рис. 4.6., всі розміри вказані в міліметрах.

BL-L314 Series

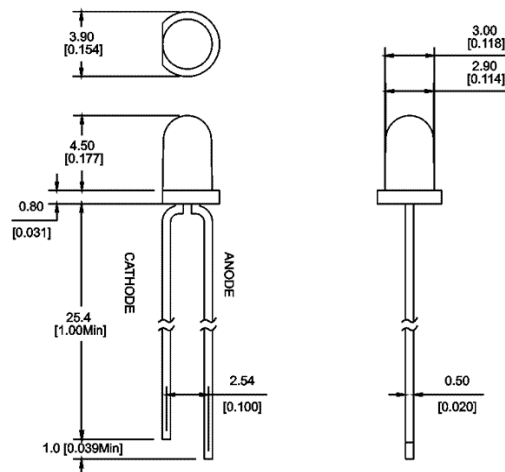


Рисунок 4.6. — Розміри корпусу *L-934S*

Вибір транзистора

Це пов'язано з тим, що транзистор, що керує живленням паливної системи автомобіля, повинен мати більшу потужність, ніж транзистор, що керує технологією освітлення, і для зміни двох інших алгоритмів необхідні 2 транзистора. Це означає, що при відсутності керуючого сигналу від мікроконтролера клавіша живлення завжди буде відкрита. А коли з'явився сигнал від МК, вона закрилася. Отже, при виборі транзистора VT1 вихідними

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

параметрами є максимальний струм стоку: 10А і максимальна напруга витоку на стоці: 14,5В.

Тому в якості ключа живлення паливної системи автомобіля для управління вихідними параметрами ми вибрали транзистор типу MOSFET SSM40N03р з наступними параметрами: Максимально допустима напруга витоку на стоці: 30В, Максимальна споживана потужність: 70Вт, максимально допустима напруга витоку на затворі: 20в, максимально допустимий струм постійного стоку: 40А, Максимальна температура каналу: 150°C, час наростання: 60нС, вихідна ємність: 380пФ, опір витоку при відкритому зливі Транзистор: 0,017 Ом ;

Корпус даного транзистору був обраний, з можливістю встановити радіатор, а саме *TO-220SG*, його зовнішній вигляд зображено на рис. 2.9:



Рисунок 4.7 — Зовнішній вигляд транзистору корпусі *TO-220SG*

На рис. 4.8. представлено розміри транзистору в корпусі *TO-220 SG*, всі розміри вказані в міліметрах.

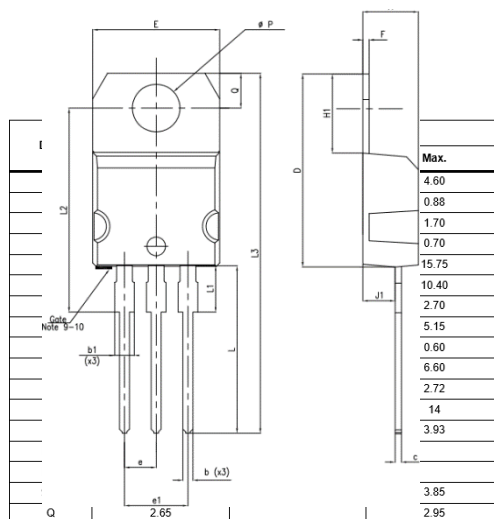


Рисунок 4.8. — Розміри корпусу *TO-220 SG*

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

Вихідні параметри для вибору транзистора VT2, VT3: Максимальний струм стоку: 5А; Максимальна напруга витоку на стоці: 14,5В[12].

IRL2703PBF був обраний за допомогою транзисторів VT1–ТО-220sgта VT2 та VT3 водному корпусі. Максимально допустима напруга витоку на стоці: 30В, Максимальна споживана потужність: 40Вт, Максимально допустима напруга витоку на затворі: 16в, Максимально допустимий струм постійного стоку: 24А, Максимальна температура каналу: 150°C, час наростання: 140нс, вихідна ємність: 250Пф, опір витоку на стоці відкритого транзистора: 0,060 Ом;

Транзистори Vt4 і VT5 необхідні для підтримки транзисторів vt1 і VT2 відкритими без відправки керуючого сигналу від мікроконтролера. В якості транзисторів Vt4 і VT5 був обраний мало сигнальний транзистор bss129. Це транзистор n-типу з вбудованими каналами. Якщо на затворі немає джерела живлення, вони мають низький опір, а при появі напруги на затворі вони збільшують свій опір, тобто відключають канал. Він має такі параметри: Максимально допустима напруга витоку на стоці: 240 В; Максимальна втрата потужності: 1Вт; Максимально допустима напруга витоку на затворі: більше 14в; Максимально допустимий струм постійного стоку: 0,15А, Максимальна температура каналу: 150°C, час наростання: 10нс, Вихідна потужність: 20Пф, відкритий транзисторний стік опір витоку: 7 Ом;

Основний корпус цього транзистора обраний як ТО-92, і його зовнішній вигляд показаний на рис. 4.9[13].

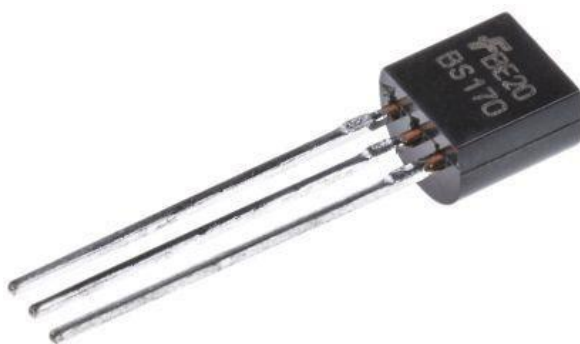


Рисунок 4.9. — Зовнішній вигляд транзистору корпусі ТО-92

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

На рис. 4.10. представлено розміри транзистору в корпусі ТО-92, всі розміри вказані в міліметрах.

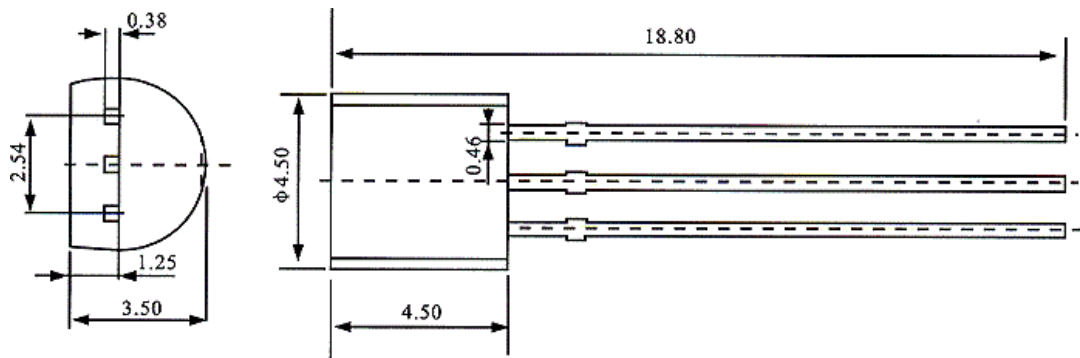


Рисунок 4.10. — Розміри корпусу *ТО-92*

Як бачимо, обрані транзистори повністю задовольняють вихідним параметрам.

Стабілізатор напруги

Максимальне значення напруги, що подається на вхід пристрою, відповідає максимальному значенню бортового напруги транспортного засобу в 14,5 в, зазначеному на транспортному засобі, а потім падіння напруги стабілізатора[12]:

$U_{\text{пад.}DA1} = U_{\text{макс.Ж}} - U_{\text{стаб.}DA1} = 14,5 - 5 = 9,5\text{В}$ де $U_{\text{пад.}DA1}$ падіння напруги стабілізатора; $U_{\text{макс.Ж}}$ - Максимальне значення напруги живлення; $U_{\text{стаб.}DA1}$ - мале значення стабільної напруги.

Обчисліть струм через лінійний регулятор напруги. Струм, що споживається мікроконтролером разом з іншими елементами схеми, що живляться через Мікроконтролер, становить близько 80 мА. Струм, споживаний акселерометром, становить 30 мА. Після цього:

$$I_{DA1} \approx I_M + I_A = 80 + 30 = 110, \quad (4.1)$$

де I_{DA1} - струм, що проходить через лінійний регулятор напруги, I_M - струм, споживаний мікроконтролером, I_A - струм, споживаний акселерометром.

Розрахуємо споживану потужність лінійного регулятора напруги:

$$P_{DA1} = U_{\text{пад.}DA1} I_{DA1} = 9,5 * 0,11 = 1,05 \quad (4.2)$$

де P_{DA1} - лінійні втрати потужності стабілізатора напруги.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

Враховуючи ці параметри, ми вирішили вибрати лінійний регулятор напруги кіа7805АР від КЕС[15].

Цей стабілізатор має наступні основні характеристики: Максимальна вхідна напруга: 35 В; Максимальна розсіюється потужність за допомогою радіатора: 30 Вт; Максимальна розсіюється потужність без радіатора: 1,1 Вт; Номінальна стабільна напруга: 5 В; Робоча температура: –40–150С; Температура зберігання: –50-105С.

Вибрані лінійні стабілізатори виробляються компанією КЕС в різних корпусах, але, розрахувавши потужність, що виділяється в стабілізаторі, необхідно було використовувати корпус, що забезпечує можливість установки на цей елемент радіатора для відводу тепла. Тому був обраний корпус ТО-220sg. Його зовнішній вигляд і монтажні розміри показані на малюнку вище 4.7. 4.8.

Вибір і розрахунок резистора

Резистор R1 обмежує струм через світлодіод HL1, а каталог, в якому вибрано світлодіод, показує, що номінальний струм, що споживається цим світлодіодом, становить 20 мА, а номінальне значення напруги живлення - 2,8 В.:

$$U_{R1} = U_{\text{стабДА1}} - U_{\text{HL1}} = 5 - 2,8 = 2,2 \text{ В} \quad (4.3)$$

де U_{R1} -падіння напруги на резисторі R1, $U_{\text{стабДА1}}$ -номінальне значення стабілізуючої напруги, U_{HL1} -номінальне значення напруги живлення світлодіода HL1[12].

Світлодіоди та резистори підключені послідовно, і, як відомо, у всіх точках схеми струм, підключений послідовно, однаковий, тому Номінальний струм, що споживається світлодіодом, повинен протікати через резистор, тобто 20 мА. Давайте розрахуємо номінальний опір цього резистора:

$$R_{R1} = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{2,2}{0,02} = 110 \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де R_{R1} - опір резистора R1, а I_{R1} - струм, що проходить через резистор R1.

Обчисліть потужність, що виділяється резистору R1:

$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I_{R1} = 2,2 \cdot 0,02 = 0,11 \text{ Вт} \quad (4.5),$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

де P_{R1} - Потужність, призначена резистору R1.

З деяких номінальних значень ми вибрали резистор R1 з опором 110 Ом і потужністю 0,125 Вт.

Резистор R2 підключає вихід від джерела до мікроконтролера для заземлення до панелі програмного управління мікроконтролера рекомендується вибирати резистор з опором від 3,3 до 27 Ком. Експериментально було досліджено, що опір цього резистора має становити 10 Ком. Давайте розрахуємо Максимальний струм через цей резистор:

$$I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_{R2}} = \frac{5}{10000} = 500 \text{ мкА}, \quad (4,6)$$

де U_{R2} -максимальне значення напруги на резисторі R2, R_{R2} - опір резистора R2, а I_{R2} -струм через резистор R2.

Давайте розрахуємо потужність цього резистора:

$$P_{R2} = U_{R2} \cdot I_{R2} = 5 \cdot 0,0005 = 2,5 \text{ мВт}, \quad (4,7)$$

де P_{R2} -потужність резистора R2.

З номінального значення був обраний резистор з опором 10 Ком і потужністю 0,125 Вт[13].

Резистор R3 вибирається таким же чином, як і резистор R2. Вихідні дані не змінилися, тому опір і потужність резистора R3 точно такі ж, як у резистора R2.

Резистор R4 підтягує вивід RESET мікроконтролера до напруги живлення від джерела до мікроконтролера рекомендується вибирати резистор з опором 3,3 ~27 кВт. Експериментально було досліджено, що опір цього резистора має становити 10 Ком. Давайте розрахуємо максимальний струм через цей резистор:

$$I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_{R4}} = \frac{5}{10000} = 500 \text{ мкА}, \quad (4,8)$$

де U_{R4} -максимальне значення напруги на резисторі R4, R_{R4} - опір резистора R4, а I_{R4} -струм через резистор R4.

Давайте розрахуємо потужність цього резистора:

$$P_{R4} = U_{R4} \cdot I_{R4} = 5 \cdot 0,0005 = 2,5 \text{ мВт}, \quad (4,9)$$

де P_{R4} - потужність резистора R4.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З номінального значення був обраний резистор з опором 10 Ком і потужністю 0,125 Вт.

Розрахунок резисторів R5 і R6 проводиться за аналогією з резистором R1 і повністю йому відповідає. Це пояснюється тим, що номінальний струм живлення та напруга живлення відповідних світлодіодів HL2 та HL3 не відрізняються від HL1[12].

Номінальне значення резистора R7 зазначено в технічному документі цифрового акселерометра, що відповідає 4,7 Ком. Давайте розрахуємо Максимальний струм через цей резистор:

$$I_{R7} = \frac{U_{R7}}{R_{R7}} = \frac{5}{4700} = 1 \text{ мА}, \quad (4,10)$$

де U_{R7} -максимальне значення напруги на резисторі R7, R_{R7} - опір резистора R7, а I_{R7} -струм, що протікає через резистор R7.

Давайте розрахуємо потужність цього резистора:

$$P_{R7} = U_{R7} \cdot I_{R7} = 5 \cdot 0,001 = 5 \text{ мВт}, \quad (4.11)$$

де P_{R7} - потужність резистора R7.

Виходячи з номінального значення, ми вибрали резистор з опором 4,7 кОм і потужністю 0,125 Вт.

Резистор R8 вибирається таким же чином, як і резистор R7. Його опір не змінився, тому струм, що протікає, і потужність резистора R8 точно такі ж, як і резистор R7.

Розрахункова потужність всіх резисторів в пристрої не перевищує 0,11 Вт, тому ми вирішили використовувати всі резистори з номінальною потужністю 0,125 Вт[13].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

На рис 4.11 показано зовнішній вигляд та розміри SMD1206 резистора на 0,125 Вт.

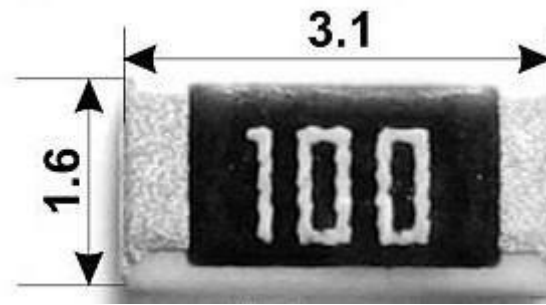


Рис 4.11-зовнішній вигляд і розміри корпусу SMD1206

Вибір діода

Струм протікає через діод VD1 і споживається мікроконтролером разом з іншими елементами схеми, що живляться через нього. Це значення струму розраховується при виборі лінійного регулятора напруги і становить 110 мА. Крім того, максимальна напруга, що подається на діод VD1, становить 14,5 в.

Отже, важливими параметрами при виборі цього елемента є: Максимальна прикладена напруга: 14,5 в; струм, споживаний пристроєм: 110 мА; для надійної роботи пристрою характеристики діода повинні бути гірше зазначених. З урахуванням таких параметрів обраний діод 1N4007 з діода, основні параметри якого наступні: Максимальна зворотна напруга: 700 В; Максимальний прямий струм: 1 А; Максимальне падіння напруги в прямому Напрямок: 1 вольт; Робоча температура 440-150С; Температура зберігання: -50-150°С[11]

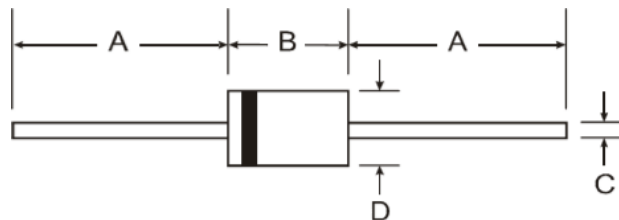
					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

Був обраний діод 1N4007 , діод доступний у декількох корпусах компанії, а в документації до пропонованого корпусу був обраний корпус DO-41. На малюнку 4.12 показаний зовнішній вигляд діода в корпусі DO-41.



Рисунок 4.12 — Зовнішній вигляд діода 1N4007 в корпусі DO-41

Розміри корпусу DO-41 вказані на рис. 4.13, всі розміри вказані в міліметрах.



Dim	DO-41 Plastic	
	Min	Max
A	25.40	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72
All Dimensions in mm		

Рисунок 4.13 — Розміри корпусу DO-41

Через діоди VD2 і VD3 протікає досить великий струм, який споживається освітлювальним обладнанням і паливною системою автомобіля.

Також максимальна напруга, що подається на діод VD1, становить 14,5 В.

Тому важливими параметрами при виборі цього елемента є: Максимальна подається напруга: 14,5В струм, споживаний пристроєм: до 6А для надійної

роботи пристрою характеристики діода повинні бути не гірше налаштувань. З урахуванням таких параметрів вибирається діод 10A05–Т з діода, основні параметри якого наступні: Максимальна зворотна напруга: 600В; максимальний прямий струм: 10А; максимальне падіння прямої напруги: 1В; Робоча температура:–40 –150С; Температура зберігання:–50-150С[11].

Діод 10A05-Т, вибраний з діодів, доступний у корпусі R6. На рис. 4.14 показаний зовнішній вигляд діода в корпусі R6.

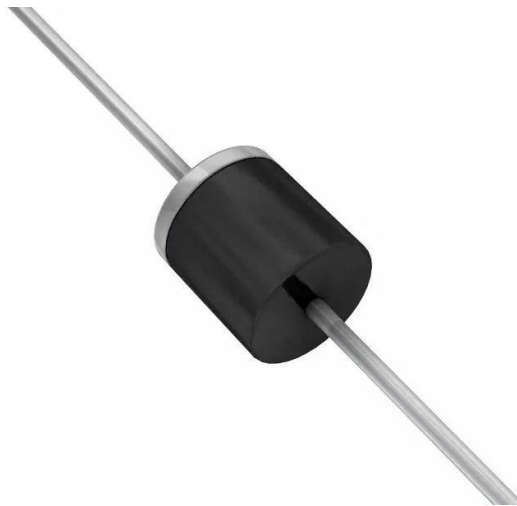
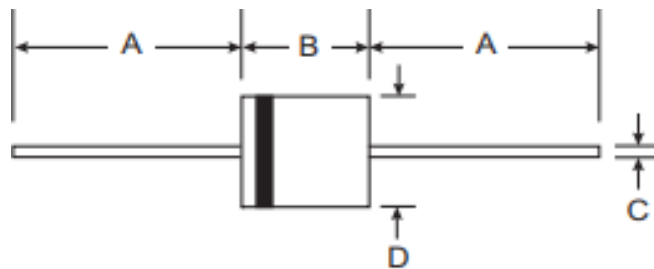


Рисунок 4.14 — Зовнішній вигляд діода *10A05-Т* в корпусі *R6*

Розміри корпусу R6 вказані на рис. 4.15, всі розміри вказані в міліметрах.



R-6		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	8.60	9.10
C	1.20	1.30
D	8.60	9.10
All Dimensions in mm		

Рисунок 4.15 — Розміри корпусу *R6*

Вибір і розрахунок конденсатора

Електролітичний конденсатор С1 функціонує як фільтр низьких частот і вибирається наступним чином. Оскільки напруга живлення подається на цей конденсатор, напруга на конденсаторі обчислюється як амплітудне значення напруги наступним чином:

$$U_{C1} = U_{\text{макс.Ж}} \cdot \sqrt{2} = 14,5 \cdot \sqrt{2} = 20,5 \text{ В (4.11)}$$

де U_{C1} — напруга конденсатора С1; $U_{\text{макс.Ж}}$ — максимальне значення напруги живлення.

Оскільки 16 В і 25 В є найбільш близькими з численних номінальних значень, обирається вище значення, а саме 25 В. Таким чином, визначається ємність конденсатора. З метою точності та безперебійної роботи мікроконтролера, стрибок напруги не повинен перевищувати 0,1% від напруги живлення. Враховуючи це, ємність обирається на основі розрахунку 1000 мкФ на 1А, що витрачається схемою. У нашому випадку, частина схеми, яка живить мікроконтролер, споживає 110 мА. За допомогою розрахунків визначено, що достатньо використовувати ємність 110 мкФ. Однак враховуючи, що електролітичні конденсатори швидко старіють, і враховуючи, що це автомобільний пристрій, було вирішено врахувати додатковий запас ємності, і обрано конденсатор ємністю 1000 мкФ.

Конденсатор С1 обраний виробником JWCO з каталогу серії LF і має наступні основні характеристики: Колір: Чорний; Діапазон робочих температур: -40-105С; Ємність: 1000 мкФ; Напруга: 25 В; Точність $\pm 20\%$. На малюнку 1 представлений зовнішній вигляд конденсатора. 2.18.



Рисунок 4.16 — Зовнішній вигляд електролітичного конденсатора

JWCO

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

Розміри цього конденсатора: діаметр: 10 мм; Висота: 17 мм; Довжина штиря 22 мм.

Відповідно до технічної документації цифрового акселерометра MMA8452Q, три керамічних конденсатора, позначених на електричній схемі C2, C3 і C4, повинні бути підключені до кола живлення. На рис 4.17, взятому з технічної документації до цифрового акселерометра, показана схема їх підключення.

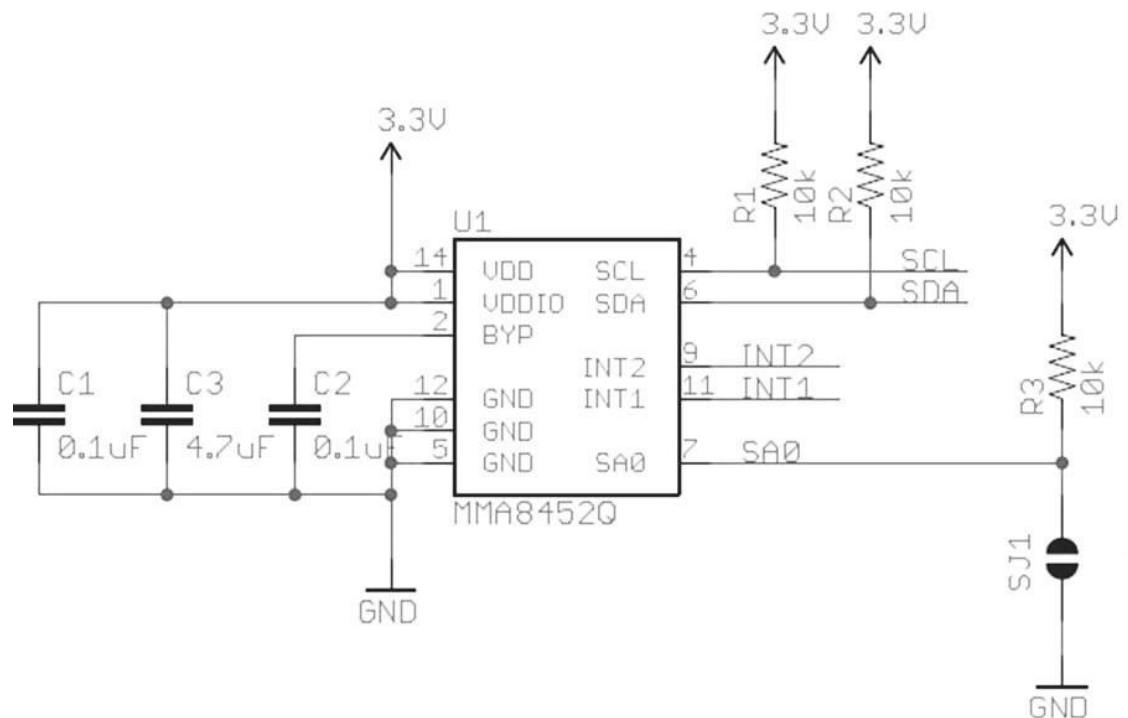


Рис 4.17. Схема підключення конденсаторів для цифрового акселерометра MMA8452Q.

Конденсатори C2 і C3 відповідно до схеми електричного кола. Рекомендується вибрати ємність 0,1 мкФ. Напруга цих конденсаторів розраховується за формулою, аналогічною розрахунку напруги конденсатора C1:

$$U_{C2,C3} = U_{\text{макс.ж}} \cdot \sqrt{2} = 5 \cdot \sqrt{2} = 7,1 \text{ В}$$

де C2 і C3-напруги на конденсаторах C2 і C3.

Але обчислювати напругу керамічного конденсатора в даному випадку не має особливого сенсу, оскільки керамічні конденсатори невеликих розмірів витримують досить високий рівень напруги. При аналізі великої кількості

керамічних конденсаторів з необхідною ємністю мінімальне значення всіх варіантів робочої напруги для таких конденсаторів становить 35 В.

Я вирішив вибрати конденсатори C2 і C3 від виробника Серія WELTRON CA45.

Ці конденсатори мають наступні основні характеристики:

- * Тип монтажу: поверхневий (SMD);
- * Діапазон робочих температур: від 55 до 125 °С;
- * Робоча напруга: 35 В;
- * Точність: $\pm 20\%$;
- * Габаритні розміри: 3,2 мм x 1,6 мм x 1,6 мм. (SMD3216)

Конденсатор C4 відповідає електричній схемі, наведеній на малюнку 3.2 рекомендується вибрати ємність 4,7 мкФ. Напруга цього конденсатора розраховується за формулою, аналогічною розрахунку напруги конденсатора C1:

$$U_{C2,C3} = U_{\text{макс.ж}} \cdot \sqrt{2} = 5 \cdot \sqrt{2} = 7,1 \text{ В} \quad (4.12)$$

де $U_{C2,C3}$ -напруги на конденсаторах C2 і C3.

Але обчислювати напругу керамічного конденсатора в даному випадку не має особливого сенсу, оскільки керамічні конденсатори невеликих розмірів витримують досить високий рівень напруги. При аналізі великої кількості керамічних конденсаторів з необхідною ємністю мінімальне значення всіх варіантів робочої напруги для таких конденсаторів становить 35 В[16].

Я вирішив вибрати конденсатори C2 і C3 від виробника Серія WELTRON CA45

Ці конденсатори мають наступні основні характеристики:

- * Тип монтажу: поверхневий (SMD);
- * Діапазон робочих температур: від 55 до 125 °С;
- * Робоча напруга: 35 В;
- * Точність: $\pm 20\%$;
- * Габаритні розміри: 3,2 мм x 1,6 мм x 1,6 мм. (SMD3216)

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

Конденсатор С4 відповідає електричній схемі, рекомендується вибрати ємність 4,7 мкФ. Напряга цього конденсатора розраховується за формулою, аналогічною розрахунку напруги конденсатора С1:

$$U_{C4} = U_{\text{макс.ж}} \cdot \sqrt{2} = 5 \cdot \sqrt{2} = 7,1 \text{ В} \quad (4.13)$$

Де $U_{C2, C3}$ — напруга на конденсаторах С2 і С3.

З серії WELTRON CA45 того ж виробника був обраний КОНДЕНСАТОР С4 ємністю 4,7 МКФ і робочою напругою 10В. Габаритні розміри цього конденсатора становлять 3,5 мм х 2,8 мм х 1,9 мм, а точність, діапазон робочих температур і тип установки - С2 і С3. Конденсатор С5 вибирається відповідно до технічної документації регулятора напруги, який діє як високочастотний фільтр вхідної напруги. В якості ємності цього конденсатора рекомендується вибрати 0,1 мкФ.

Напряга на конденсаторі розраховується за формулою, аналогічною розрахунку напруги на конденсаторі С1:

$$U_{C5} = U_{\text{макс.ж}} \cdot \sqrt{2} = 14,5 \cdot \sqrt{2} = 20,5 \text{ В} \quad (4.14)$$

де U_{C5} — напруга на конденсаторі С5.

Конденсатор С6 вибирається відповідно до технічної документації стабілізатора напруги, який діє як високочастотний фільтр напруги на виході стабілізатора. В якості ємності цього конденсатора рекомендується вибрати 0,1 мкФ. Напряга на конденсаторі розраховується за формулою, аналогічною розрахунку напруги на конденсаторі С1:

$$U_{C6} = U_{\text{макс.ж}} \cdot \sqrt{2} = 5 \cdot \sqrt{2} = 7,1 \text{ В} \quad (4.15)$$

де U_{C6} — напруга на конденсаторі С6.

Ми вибираємо конденсатори С2 і С3 одного виробника і серії від С5 до С6. Оскільки їх ємність однакова, а робоча напруга відповідає рівнянню 2. Рівне 20,5 в і 7,1 В, воно включено в робочу напругу конденсаторів welltron серії CA45 стандартного розміру SMD3216.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

Вибір роз'єму

Пристрій сконструйовано відповідно до електричної схеми, показаної на рис. 3.4 потрібні 2 роз'єми. Один роз'єм використовується для підключення пристрою до бічного кільця транспортного засобу для подачі живлення і підключення автомобільної системи, необхідної для виконання пристроєм своїх прямих функцій. Тобто він використовується для підключення автомобільних систем, необхідних для підвищення рівня безпеки активних транспортних засобів. Для безперебійного підключення проводів рекомендується використовувати роз'єм з гвинтовими клеммами для 6-контактного KF301-5.0-6P.

Це розподілений роз'єм з достатньою надійністю та низькою ціною. Його зовнішній вигляд показаний на рис. 4.18:



Рисунок 4.18 — Зовнішній вигляд роз'єму *KF301-5.0-6p*

На рис. 4.19 представлено розміри роз'єму *KF301-5.0-6p*, всі розміри вказані в міліметрах.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

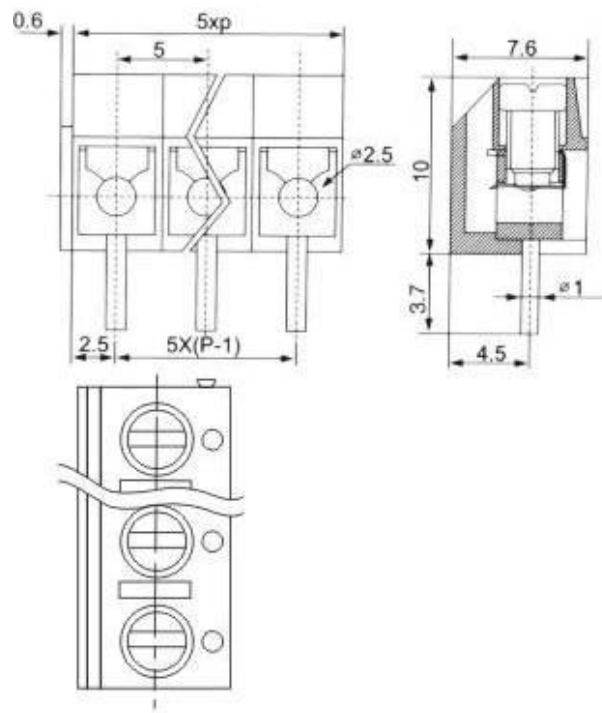


Рис 4.19-розміри роз'єму KF301-5.0-6P

Для завантаження програми в мікроконтролер необхідний окремий роз'єм, і він повинен бути уніфікований для безперебійного підключення програматора до пристрою завдяки універсальному кабелю SPI. 10-контактний IDC-роз'єм показаний на рис. 4.20[17].

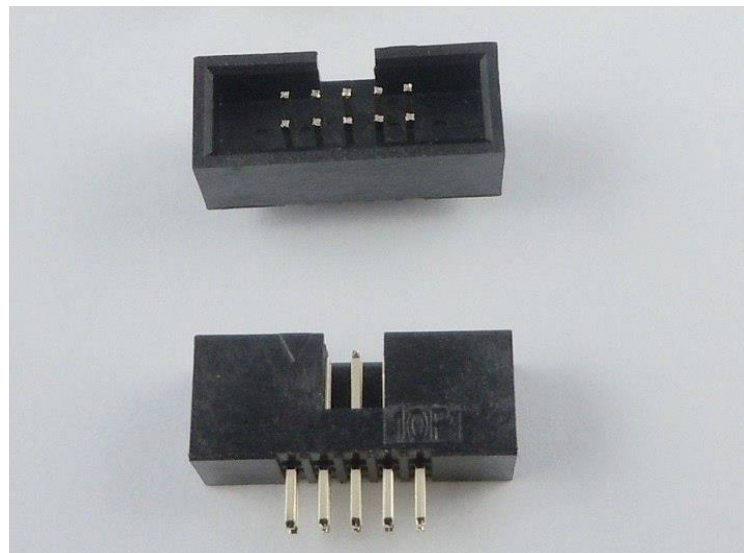


Рисунок 4.20 — Зовнішній вигляд роз'єму 10 PIN IDC connector

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

На рис. 4.21 представлено розміри роз'єму 10 PIN IDC connector, всі розміри вказані в міліметрах.

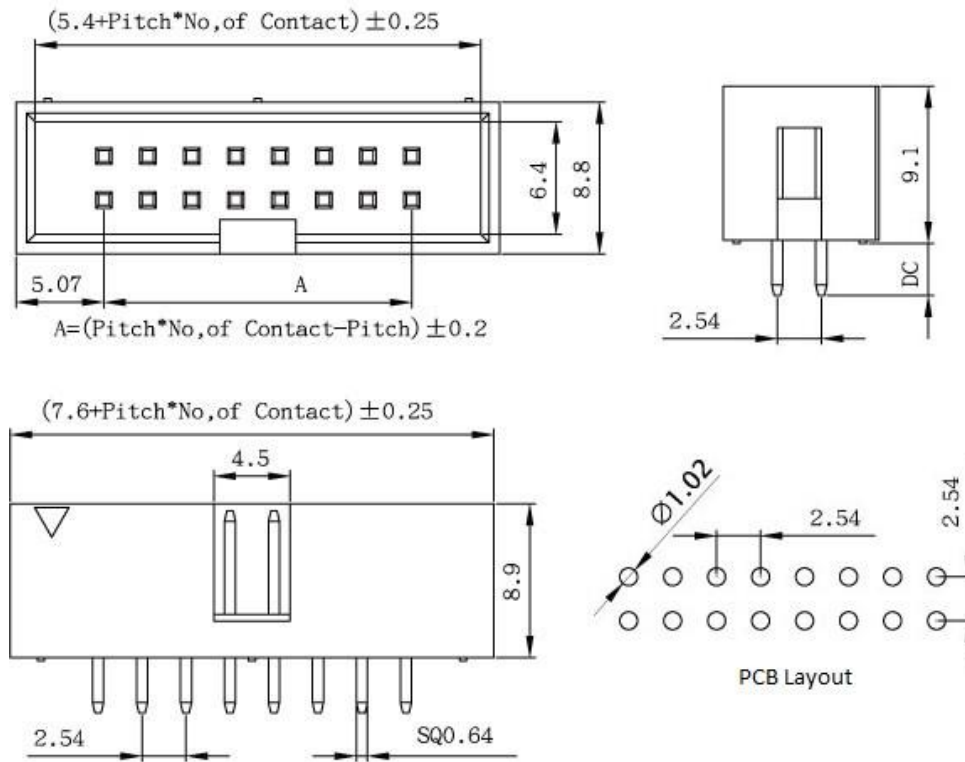


Рисунок 4.21 — Розміри роз'єму 10 PIN IDC connector

Обрані роз'єми повністю відповідають структурі пристрою та здатні використати його функціонал в повній мірі.

Вибір кнопок

Для керування та зміни завантаженої програми в пристрої потрібно додати дві кнопки. Для цієї задачі обираємо тактову кнопку DTS-32.

Його характеристики наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1-Характеристики кнопки DTS-32

Параметр	Значення
Наявність фіксації	Ні
Спосіб монтажу	В отвори на платі
Максимальний струм	3 А
Робочий струм	0,05 А
Робоча напруга	5 В
Максимальна напруга	120 В
Ресурс	20000 натиснень

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Схематичне зображення та габаритні розміри кнопки DTS-32 представлені на рис. 4.22.

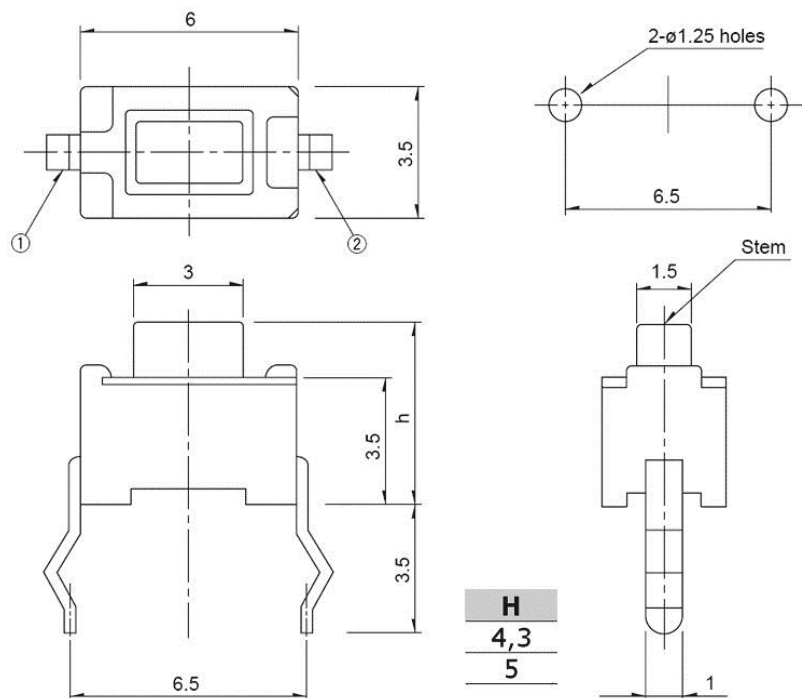


Рис 4.22-Схема кнопок і габаритні розміри DTS-32

Ці кнопки мають низьку ціну, достатню поширеність на ринку і великий ресурс роботи. Дана модель ідеально підходить для нас в залежності від стану автомобіля[9].

Висновки до четвертого розділу

1. На основі структурної схеми була розроблена електрична схема і по порядку описано призначення кожного елемента.
2. Розраховані номінальні значення всіх елементів схеми, наведено зовнішній вигляд всіх компонентів і їх розміри для подальшого використання цієї інформації при проектуванні.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЄКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ

Розроблений пристрій виконує вказаний алгоритм в залежності від конкретної ситуації в певний момент часу на дорозі. Оцінка аварійної ситуації відбувається за числовим значенням перевантаження (зворотного прискорення). Для коректної роботи пристрою необхідно досліджувати і програмно відрегулювати величину перевантаження, при якій щоденна робота виходить з нормального стану і входить в критичну зону, тобто величину перевантаження з високою ймовірністю дорожньо-транспортних пригод.

Також необхідно досліджувати чутливість пристрою для виключення помилкових спрацьовувань в горбистій і гірській місцевості.

Пристрій забезпечує 2 діапазони перевантаження. Перше, що відповідає аварійному гальмуванню, має виконувати функцію запобігання нещасних випадків. 2-й, який відповідає зіткненню автомобіля з перешкодою, повинен виконувати функцію зменшення наслідків дорожньо-транспортної пригоди [17].

5.1. Дослідження величини перевантаження транспортного засобу при екстремому гальмуванні

У цьому підрозділі пропонується розрахувати і експериментально досліджувати значення прискорення для алгоритмів спрацьовування пристроїв при екстремому гальмуванні автомобілів з різних швидкостей. А потім, згідно з теоретичним методом, розрахувати величину прискорення при зіткненні автомобілів на різних швидкостях.

Щоб розрахувати величину зворотного прискорення, використовуйте наступну формулу:

$$a = \frac{v^2}{2s} \quad (5.1)$$

Де a — зворотне прискорення при гальмуванні, м/с²;

V — початкова швидкість за якої відбулося гальмування, м/с;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

S — гальмівний шлях автомобіля, м.

Для розрахунку потрібна відстань, на якому зупиниться середньостатистичний автомобіль. Для чистоти експерименту ми беремо значення гальмівного шляху з відкритого джерела тесту автомобіля[18].

Результати розрахунку наведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1-Розрахунок зворотного прискорення при гальмуванні виходячи зі швидкості автомобіля

Початкова швидкість	Початкова швидкість V ,	Гальмівний шлях S , м	Зворотне прискорення a	Зворотне прискорення a
V , км/год	м/с		, m^2	,
100	27,8	38	10,16	1,03
80	22,2	31	7,94	0,81
60	16,7	20	6,97	0,71
40	11,1	12	5,13	0,52
30	8,3	8	4,3	0,43

Використовуючи схему пристрою, було експериментально досліджено зворотне прискорення при екстремому гальмуванні середнього автомобіля, і результати випробувань наведені в таблиці 5.2 [19].

Таблиця 5.2 Помилки між теоретичними та експериментальними значеннями прискорення

Початкова швидкість V , км/год	Зворотне прискорення теоретичне,	Зворотне прискорення експериментальне,	Похибка, %
100	1,03	0,94	8,7
80	0,81	0,77	4,9
60	0,71	0,6	15,5

Закінчення таблиці 5.2

Початкова швидкість V , км/год	Зворотне прискорення теоретичне,	Зворотне прискорення експериментальне,	Похибка, %
40	0,52	0,47	9,6
30	0,43	0,39	9,3

Після обробки експериментальних даних рекомендується відобразити результати графічно і порівняти їх на рис.5.2.

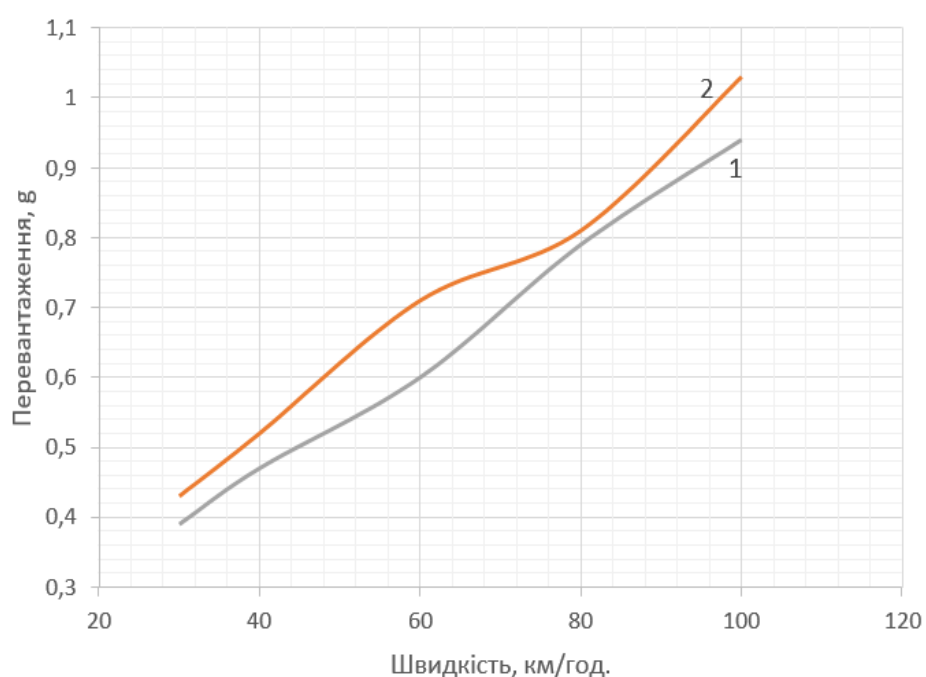


Рисунок 5.2 — Експериментальна (1) та теоретична(2) залежності перевантаження при гальмуванні від швидкості

Як видно з результатів дослідження, експериментальні дані приблизно на 10% відрізняються від теоретичних даних. Ця різниця може бути обумовлена наступними факторами: 1) Технічні характеристики тестованого автомобіля відрізняються від тих, які використовуються в джерелах. Експеримент проводився на мокрому дорожньому покритті; 3) компоновання в автомобілі не може бути надійно зафіксована під час експерименту.

Виходячи з отриманих результатів, було прийнято рішення вибрати діапазон перевантаження від 0,6 g до 1,2 g для першого алгоритму роботи пристрою, беручи до уваги, що Гальмівна система автомобіля, в якому буде встановлено пристрій, може володіти кращими характеристиками.

Розрахунок перевантаження роботи 2-го алгоритму пристрою, що відповідає можливості зіткнення, також може бути виконаний з використанням рівняння 5.1, але замість гальмівного шляху в ньому замінюється можлива величина деформації кузова автомобіля. Розрахунок виглядає наступним чином

Моделюйте дорожні пагорби, використовуючи нерухомі об'єкти, на які не впливає деформація. Результати розрахунку наведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 — Розрахунок зворотного прискорення при зіткненні автомобіля

Початкова швидкість V , км/год	Початкова швидкість V , м/с	Зона деформації S , м	Перевантаження a , m^2	Перевантаження a ,
100	27,8	1	386,4	39,3
80	22,2	1	246,4	25,1
60	16,7	1	139,4	14,2
40	11,1	1	61,6	6,27
30	8,3	1	34,5	3,5
20	5,55	1	15,4	1,56

Для візуалізації отриманих даних побудуємо залежність швидкості автомобіля та перевантаження при можливому зіткненні на рис. 5.3.

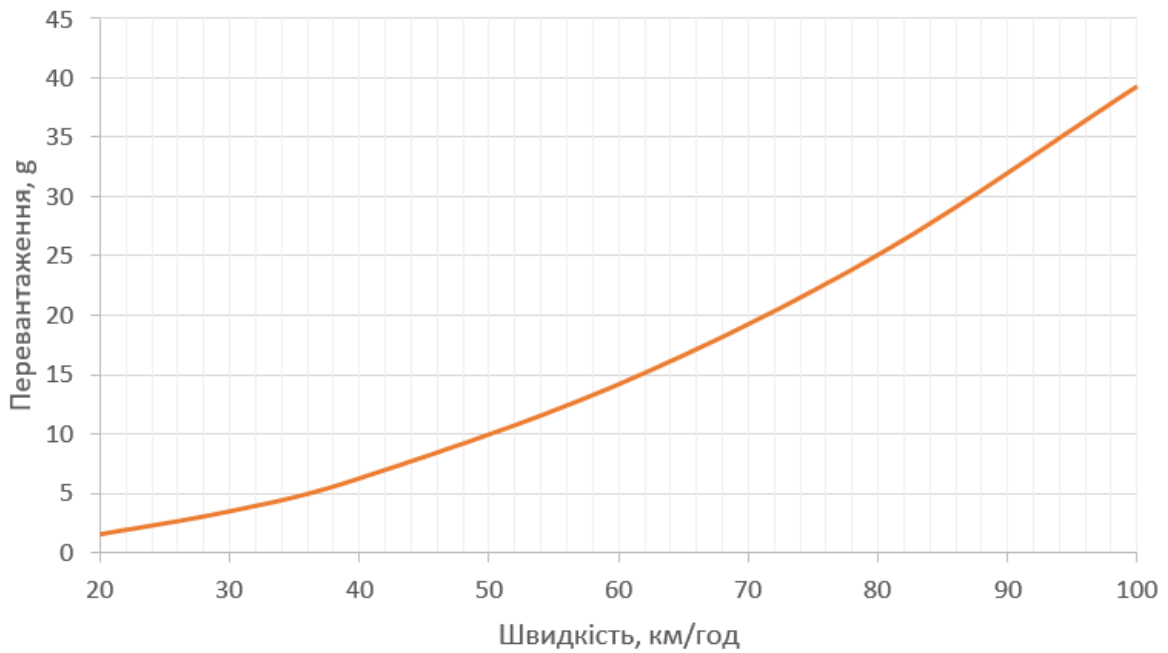


Рисунок 5.3. — Теоретична залежність перевантаження при зіткненні автомобіля від швидкості.

Виходячи з отриманих розрахунків, рекомендується вибрати робочий діапазон спрацьовування 2-го алгоритму пристрою, коли індикатор перевантаження перевищує 3g.

5.2. Розрахунок і експериментальне дослідження впливу ухилу дорожнього покриття на коректну роботу пристрою

В даному підрозділі пропонується вивчити вплив кута нахилу шосе на алгоритм роботи пристрою.

Як відомо, на поверхні Землі на тіло завжди діє прискорення вільного падіння g , його стандартне значення дорівнює $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Тобто, якщо акселерометр нерухомий, на вісь Z завжди буде діяти сила, рівна $1G$, а на вісь X сила прискорення буде дорівнює $0g$. але при русі автомобіля по дорогах загального користування ви можете змінювати кут нахилу автомобіля. Наприклад, при використанні в горбистій або гірській місцевості. У цьому випадку сила тяжіння частково впливає на вісь X , що може призвести до помилкового спрацьовування пристрою[21].

За даними джерела, максимальний кут, який утримує легковий автомобіль, не скочуючись із сухого асфальтового пагорба, становить 33 градуси, і зрозуміло, що на дорогах загального користування такого великого кута нахилу немає. Фактично, Болдуїн-стріт занесена до Книги рекордів Гіннеса, а найбільший у світі ухил дороги сягає 19 градусів. З цього можна зробити висновок, що дорога загального користування має реальний максимальний ухил до 10 градусів на обраній ділянці гірського хребта.

У розробленому пристрої важливо прискорення вздовж осі X, і вісь x повинна розташовуватися поздовжньо щодо руху автомобіля. Коли вісь x нахилена, проекція вектора сили тяжіння на вісь x створює вихідне прискорення.

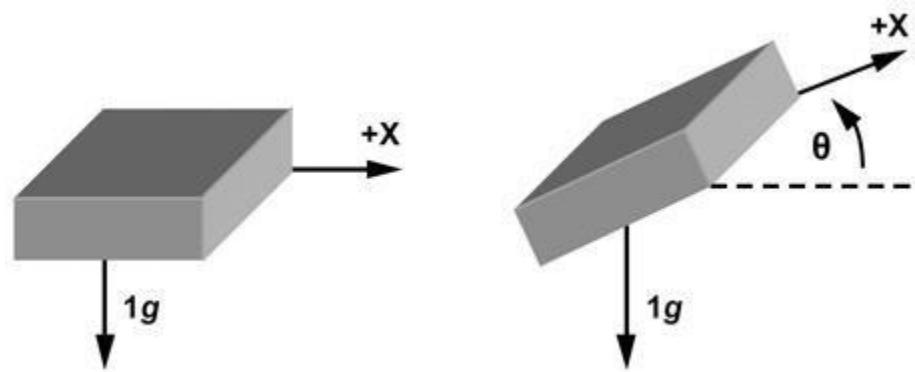


Рисунок 5.4 — Відхилення осі X

Згідно тригонометрії, проекція вектора сили тяжіння на вісь x створює вихідне прискорення, Рівне синусу кута між віссю x акселерометра і горизонтом. Горизонтальна лінія зазвичай вважається площиною, ортогональною вектору сили тяжіння. При ідеальному значенні сили тяжіння 1G вихідне прискорення дорівнює:

$$A_{x.вих} = 1g * \sin(\theta)$$

Де $1g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – сила притягнення

Розраховане прискорення по осі X від кута нахилу зображено нарис. 5.4

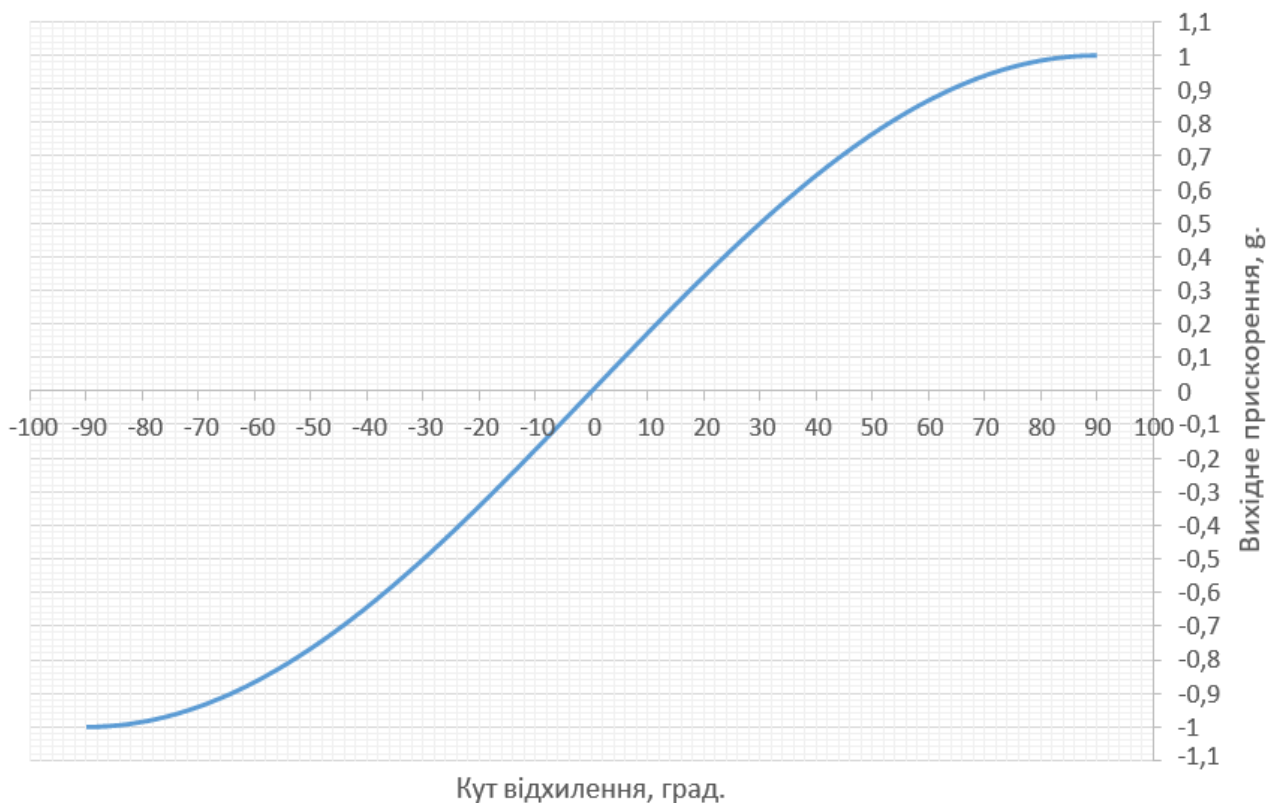


Рисунок 5.5 — Розрахована залежність вихідного прискорення

Згідно з розрахунками з використанням рівняння початкове прискорення, коли вісь x акселерометра відхиляється на 10 градусів від горизонту Землі, незалежно від того, є воно прямим або зворотним, збільшує прискорення на 0,173 g. крім того, для запуску першого алгоритму пристрою потрібно значення прискорення від 0,6 g до 1,2 g. для включення другого алгоритму потрібно значення вище 3g, що відповідає можливому зіткненню.

При розробці макета були проведені експериментальні дослідження, і отримані значення прискорення були зіставлені з розрахунковими значеннями прискорення з використанням теоретичного методу. У таблиці 3.1. показано порівняння експериментально і теоретично розрахованих значень прискорення в залежності від кута нахилу пристрою до 10 градусів.

Таблиця 5.4.-експериментальні та теоретичні результати залежності похибки перевантаження від кута нахилу акселерометра

Кут нахилу, град.	Теоретичне значення, g.	Експ. значення №1, g	Експ. значення №2, g	Експ. значення №3, g	Середнє експ. значення, g	Похибка, %
0	0	0,004	0,003	0,006	0,004	–
1	0,017	0,011	0,021	0,019	0,017	0
2	0,034	0,036	0,029	0,038	0,034	0
3	0,052	0,054	0,057	0,043	0,051	1,9
4	0,069	0,075	0,070	0,067	0,071	2,8
5	0,087	0,093	0,089	0,087	0,089	2,2
6	0,104	0,107	0,110	0,108	0,108	3,8
7	0,121	0,126	0,119	0,114	0,119	1,6
8	0,139	0,142	0,136	0,131	0,136	2,1
9	0,156	0,160	0,152	0,157	0,156	0
10	0,173	0,180	0,178	0,184	0,180	4

Після обробки експериментальних даних доцільно відобразити результати графічно на рис. 5.6

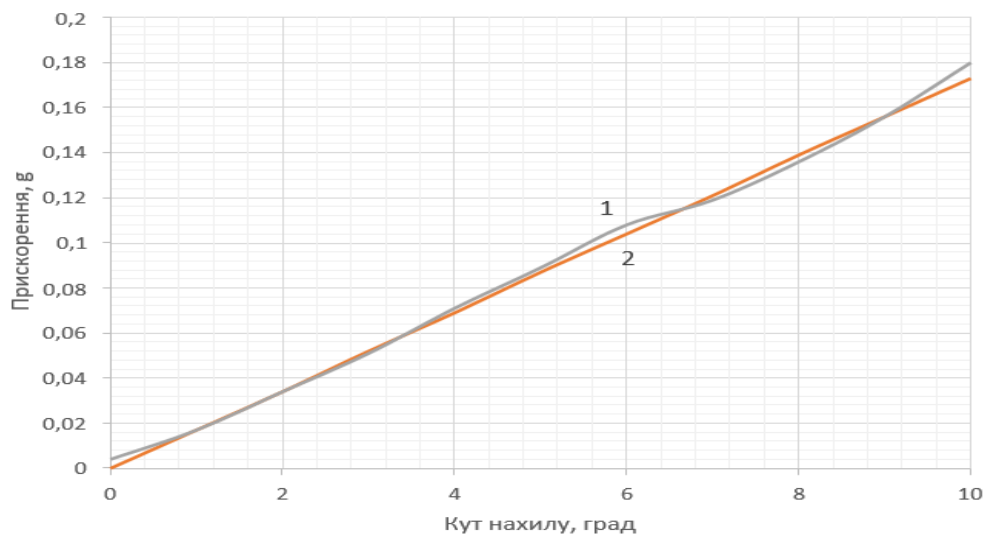


Рисунок 5.6 — Експериментальна (1) та теоретична(2) залежності похибки прискорення по осі X від кута його нахилу

Як видно з результатів дослідження, експериментальні значення мають невелике відхилення (до 4%) від теоретичних значень. Тобто величина прискорення пристрою залежить від нахилу, обумовленого розрахунком.

З огляду на це, можна зробити висновок, що таке відхилення прискорення від фактичного не робить істотного впливу на роботу пристрою і автомобіля, на якому воно встановлено[22].

Висновки до п'ятого розділу

1. Цей розділ був створений для вивчення схеми роботи пристрою і перевірки алгоритму його роботи.

2. Виходячи з експериментальних і теоретичних результатів отриманого зворотного прискорення при гальмуванні і зіткненні, можна зробити наступний висновок, перший алгоритм пристрою активується при перевантаженні від 0,6 g до 1,2 g, що відповідає екстремому гальмування. 2-й алгоритм активується при перевантаженні більше 3g, що відповідає можливості зіткнення.

3. Експериментальні та теоретичні дослідження кута нахилу пристрою до 10 градусів показали його вплив на показник початкового перевантаження G_{It} . Доведено, що при максимальному відхиленні пристрою в 10 градусів похибка прискорення не перевищує 0,184 g.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		70

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1. Розрахунок повної собівартості

Собівартість продукту - це сукупність витрат, пов'язаних з виробництвом конкретного товару або послуги. Це включає всі витрати, які необхідні для виготовлення продукту від початкового етапу до готової продукції. Собівартість продукту включає витрати на сировинні матеріали, працю працівників, енергію, обладнання, амортизацію та інші витрати виробництва.

Обчислення собівартості одиниці продукції за елементами називається калькуляцією. В основі калькуляції собівартості лежить облік експлуатаційних витрат підприємства за елементами і статтями витрат. Планування, облік і калькуляція собівартості продукції на підприємствах радіотехнічної промисловості здійснюється відповідно до галузевих нормативів, які встановлюють ознаки класифікації та складу витрат, що включаються в собівартість радіотехнічної продукції, проводиться

- за природою витрат;
- за видами продукції, робіт і послуг;
- за видами витрат
- за місцем виникнення витрат;
- за способом віднесення витрат на одиницю продукції.

Всі витрати, що включаються в собівартість, діляться на наступні групи:

- витрати промислового праці (сировини, матеріал і т.д.)
- витрати живої праці (заробітна плата)

За видами витрат розрізняють статті калькуляції.

До статей калькуляції відносяться витрати на

- Сировина і матеріали;
- покупні комплектуючі та напівфабрикати;
- основну з / п виробничих робітників;
- утримання та експлуатацію устаткування.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

При одиничному виробництві змінюється метод нормативної калькуляції, як системи техноекономічної норм і нормативів матеріальної, трудових і грошових ресурсів. Основними показниками є нормування витрат комплектуючих, основних матеріалів на одиницю продукції.

Витрати на матеріали та комплектуючі для виробництва розглядаються на основі інформації про матеріали та сировину, які входять у склад комплектуючих, а також коопераційні витрати, які припадають на одну одиницю виробленої продукції (вказано у таблиці 6.1).

Витрати на основну заробітну плату (Z_o) розраховуються за такою формулою:

Основна заробітна плата (Z_o)=Кількість годин роботи×Ставка оплати праці і за годину
 Основна заробітна плата (Z_o)=Кількість годин роботи×Ставка оплати праці за годину

Ця формула визначає витрати на оплату праці, враховуючи кількість годин, яку працівник витрачає на виробництво, та ставку оплати праці за годину.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n TC \cdot Ч \quad (6.1)$$

де $TC = 50$ – тарифна ставка робітника, що задіяний у виробництві устрою, грн./година;

$Ч = 16$ – витрачене робітником час на виробництво й налагодження пристрою;

$n = 1$ – кількість працівників задіяних у виробництві.

Таким чином, використовуючи вираження (6.1),

$$Z_o = \sum_{i=1}^1 50 * 16 = 1 * 50 * 16 = 800$$

Додаткова заробітна плата. Видатки на додаткову заробітну плату звичайно становить від 10% до 30% від основної:

$$Z_d = Z_o \frac{K_d \%}{100}, \quad (6.2)$$

де K_d – відсоток додаткової заробітної плати.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 6.1 – Видатки на матеріали й комплектуючі виробу

Найменування комплектуючих	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума на виріб, грн.
Flash- накопичувач	90	1	90,00
Папір	0,5	85	42,50
Послуги друку	1	85	85,00
Ручка	12,00	1	12,00
Олівець	8,00	1	8,00
3-х вісьовий акселерометр	117,00	1	117,00
Світлодіод <i>L-934S</i>	3,50	3	10,50
Транзистор <i>TO-92</i>	4,00	2	8,00
Транзистор <i>TO-220SG</i>	12,00	1	12,00
Регулятор напруги <i>kia7805AP</i>	38,00	1	38,00
Мікроконтролер <i>ATmega328 Atmel</i>	231,00	1	231,00
Резистор <i>SMD1206</i>	3,00	5	15,00
Діод <i>1N4007</i>	2,00	5	10,00
Діод <i>10A05-T</i>	3,33	3	3,00
Роз'єм <i>KF301-5.0-6p</i>	5,40	2	10,80
Роз'єм <i>10 PIN IDC connector</i>	5,00	2	10
Кнопки <i>DTS-32</i>	10,00	3	30,00
Припій			5,50
Разом:			738,30

Приймаючи $K_d = 10\%$, по формулі (6.2) знаходимо

$$Z_d = 800 * \frac{15}{100} = 120 \text{ грн.}$$

Україна має систему соціальних відрахувань від заробітної плати, яка включає в себе різноманітні обов'язкові внески для підтримки соціальної захищеності працівників та забезпечення різних видів соціальних виплат. До складу соціальних відрахувань в Україні входять наступні компоненти:

1. Пенсійний фонд:
 - Оплата пенсій.
 - Фінансування пенсійного забезпечення.
2. Медичне страхування:
 - Забезпечення медичних послуг.
 - Фінансування системи охорони здоров'я.
3. Соціальне страхування:
 - Страхування на випадок тимчасової непрацездатності.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Страхування в разі вагітності та пологів.
 - Страхування в разі втрати годувальника.
4. Безробіття:
- Фінансування соціальних виплат у разі безробіття.

$$B_{CB} = (Z_o + Z_d) * \frac{19,5}{100} \quad (6.3)$$

Підставляючи у вираження (6.3) значення Z_o й Z_d ,

$$B_{CB} = (800 + 120) * \frac{19,5}{100} = 179,40$$

Видатки на утримання і експлуатацію обладнання включають в себе всі витрати, пов'язані з забезпеченням нормального функціонування та обслуговуванням виробничого обладнання чи технічних засобів. Ці витрати можуть варіюватися в залежності від виду та обсягу обладнання, його технічного стану та інших факторів. (у середньому 120-150%):

$$BUE = Z_o \cdot \frac{BUE\%}{100} \quad (6.4)$$

або з обліком (4.4), приймаючи $BUE = 130\%$, одержуємо

$$BUE = 800 * \frac{130}{100} = 1040 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі видатки - це сукупність усіх витрат, пов'язаних з виробництвом товарів або наданням послуг, які не можна прямо віднести до сировини, праці чи витрат на утримання конкретного обладнання. Ці витрати включають різноманітні загальні витрати, які не пов'язані безпосередньо з виготовленням конкретного продукту або послуги, але є необхідними для функціонування виробничого процесу взагалі. (у середньому можуть становити 130-250%).

$$B_3 = Z_o \cdot \frac{B_3\%}{100} \quad (6.5)$$

Отже, з обліком $B_3 = 130\%$ з вираження (6.5) можна визначити

$$P_n = 800 * \frac{130}{100} = 1040 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість C_v включає видатки на виробництво пристрою (таблиця 6.2, сума пп. 1-6):

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$C_v = 800 + 120 + 179,4 + 738,30 + 1040 + 1040 \approx 3917,70 \text{ грн.}$$

Адміністративні видатки - це витрати, пов'язані з управлінням та адмініструванням підприємства. Ці витрати не включаються безпосередньо в собівартість виробництва товарів або послуг, але становлять частину загальновиробничих видатків. Адміністративні видатки включають різні витрати, пов'язані з управлінням, організацією та забезпеченням ефективності діяльності підприємства. Основні елементи адміністративних витрат включають: (середньому можуть становити 140-200%)

$$B_a = C_v \cdot \frac{B_a \%}{100} \quad (6.6)$$

Таким чином, приймаючи $B_a = 140\%$, з виразу (6.6) слідує

$$B_a = 800 \cdot \frac{140\%}{100} = 1120 \text{ грн.}$$

"Позавиробничі видатки" часто описують витрати, що не включаються в собівартість виробництва і пов'язані з комерційною або діловою діяльністю поза виробничим процесом. Ці видатки можуть включати рекламні витрати, витрати на маркетинг, транспортні витрати, витрати на продаж і розповсюдження продукції, витрати на обслуговування клієнтів та інші.

$$B_n = C_v \cdot \frac{B_n \%}{100} \quad (6.7)$$

Отже, приймаючи $B_n = 7\%$, з вираження (4.7) можна визначити

$$B_n = 3917,70 \cdot \frac{7}{100} = 274,23$$

Повна собівартість C виробленого продукту обчислюється як

$$C = C_v + B_a + B_n,$$

тобто з урахуванням знайдених значень $C_v = 3917,70$ грн., $B_a = 1120$ грн. і $B_n = 274,23$ грн. одержуємо

$$C = 3917,70 + 1120 + 274,23 = 5311,93 \text{ грн.}$$

Калькуляція собівартості продукту зведена в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Калькуляція собівартості продукту

Найменування статей калькуляції	Значення, грн.
---------------------------------	----------------

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		75

1. Основна заробітна плата	800
2. Додаткова заробітна плата	120
3. Відрахування від заробітної плати	179,40
4. Матеріали й комплектуючі вироби	738,30
5. Видатки на утримання й експлуатацію встаткування	1040
6. Загальвиробничі видатки	1040
Виробнича собівартість:	3917,70
7. Адміністративні видатки	1120
8. Позавиробничі (комерційні) видатки	274,23
Повна собівартість:	5311,93

6.2. Розрахунок ціни

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, залежно від рівня попиту. Розрахунок оптової ціни продукту провадимо за схемою "собівартість плюс прибуток":

$$C_{opt} = C + P, \quad (6.8)$$

де C – собівартість продукту;

P – величина прибутку.

Прибуток P визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності R виробництва продукції, установлюваного підприємством:

$$R = \frac{P}{C} \cdot 100\%, \quad (6.9)$$

Рентабельність R продукту береться в розмірі до 35%.

Тоді з формул (7.8) і (7.9) оптова ціна продукту визначається як

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100}, \quad (6.10)$$

а роздрібна ціна з урахуванням ПДВ, що становить 19,5%,

$$C_{роз} = 1,2 \cdot C_{opt}. \quad (6.11)$$

Застосовуючи вираження (4.10) і (4.11) з обліком $R = 15\%$, знаходимо значення оптової ціни

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$C_{\text{опт}} = 5311,93 + \frac{15 \cdot 5311,93}{100} = 6108,71 \text{ грн.}$$

і значення роздрібної ціни

$$C_{\text{роз}} = 1,2 \times 6108,71 \approx 7330 \text{ грн.}$$

6.3. Висновки до техніко-економічної частини

Отже, розглянута орієнтовна оцінка витрат на виробництво системи і розрахунок роздрібної ціни за принципом "собівартість плюс прибуток" надають можливість оцінити приблизну економічну вигоду від впровадження даного продукту. Переваги цієї методики полягають у її простоті і зрозумілості, а також у тому, що ціна включає в себе витрати на виробництво і забезпечує прибутковість продукту.

Однак слабкість даної методики полягає в тому, що вона слабо враховує ринкові фактори ціноутворення, зокрема попит. У реальних умовах перехідної економіки існують випадки, коли цю методику застосовують: у відсутності конкуренції (монополії), при обмеженій рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень та виготовленні оригінальної продукції.

Існують подібні системи, але їхня реалізація складна та дорога, при цьому значна частина їхніх функцій може залишатися невикористаною на практиці. Вартість таких пристроїв зазвичай коливається від 18 000 до 37 000 гривень. Таким чином, розроблена система, ціна якої на 20-50% нижча, буде конкурентоспроможною і економічно вигідною для впровадження, особливо у врахуванні вищезазначених факторів та обставин.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		77

ВИСНОВКИ

1. Після аналізу доступних на ринку пристроїв для активної безпеки автомобіля виявлено, що деякі з них вирізняються повністю автоматичним режимом роботи, ідеальною заводською настройкою під конкретний автомобіль та високою надійністю. Утім, виявлені й недоліки, такі як обмежена можливість встановлення на вже вироблених автомобілях, висока вартість та неможливість повторного використання у разі спрацювання, які можуть призвести до втрати функціональності деяких систем авто в разі поломки.

2. Для подолання цих недоліків пропонується розробка пристрою, який має можливість встановлення на велику кількість вживаних автомобілів, економічність, можливість використання після зіткнення та забезпечення працездатності штатних систем автомобіля при поломці пристрою.

3. У результаті схемотехнічної та конструкторської розробки був створений пристрій із зазначеними параметрами: напруга живлення 14 В, діапазон робочих температур від -40 до 80 С, максимальний струм 6А та струм споживання 8 мА.

4. Під час теоретичного та експериментального дослідження пристрою були встановлені порогові значення його спрацювання від перевантаження для двох алгоритмів роботи: від 0,6g до 1,2g для першого та більше 3g для другого. Це свідчить про ефективність пристрою у реагуванні на різні сценарії перевантаження.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хартом, В. я. Мікропроцесорні системи: навч. посібник для вузов-М .: Академія, 2019.-352
2. Уваров Б. М., Зіньковський Ю.Ф. Оптимізація теплових режимів та надійності конструкцій радіоелектронних засобів з імовірнісними характеристиками – К. : ”Корнійчук”. – 2019. – 248 с.
3. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп’ютерних технологій: Навчальний посібник. / А.А. Щерба, В.М. Рябенський, М.Є. Кучеренко, К.К. Победаш. В.І. Чибеліс, А.Т. Кінаш, Л.В. Солобуто: За заг. ред. А.А. Щерби та В.М. Рябенського. – К.: «Корнійчук», 2017. – 488 с., [§§ 4.3, 4.6, 4.8 – 4.9]
4. Gapon, D.A.; Vederak Y. S. Guaranteeing the trouble-free operation of capacitor banks in power-supply systems of industrial enterprises. Електротехніка і Електромеханіка. 2016. № 1. С. 56–5
5. Електронні прилади та пристрої: Підручник / Ф. а. Ткаченко. - М .: ИНФРА-М; Мн .: Нов. знання, 2018. - 682 с.
6. Atmega328 datasheet [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу:<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061A.pdf> — Назва з екрану.
7. 1N4007 [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://static.chipdip.ru/lib/140/DOC000140045.pdf> — Назва з екрану
8. 10A05–Т [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/115/ds28010-73787.pdf> — Назва з екрану
9. DTS–32 [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.platan.ru/pdf/datasheets/switronic/0343HIM-180G-G.pdf> — Назва з екрану
10. MMA5482Q 3–axis digital accelerometer [Електронний ресурс] 2016 — Режим доступу до ресурсу: <https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/MMA8452Q.pdf>— Назва з екрану.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		79

- 11.LED_Tech [Електронний ресурс] — 2018 — Режим доступу до ресурсу:
http://www.ece.usu.edu/ece_store/spec/ledblue.pdf — Назва з екрану.
- 12.Кучумів А. і. Електроніка та схемотехніка: навч. посібник.- М.: Геліос АРВ, 2011.-336 с.
- 13.Khaing W., Zin T., Myo Tun H. Detection and Localization of Electrical Power Quality Disturbances. International Journal of Engineering Trends and Technology. 2018. Т. 11. С. 163–168.
- 14.Arduino nano [електронний ресурс]. — режим доступу:
<http://arduino.ru/hardware/arduinoboardnano> — назва з екрану.
- 15.Kia7805ap [електронний ресурс]. — режим доступу:
<http://www.kec.co.kr/data/databook/pdf/kia/eng/kia7805ap~kia7824ap.pdf> — назва з екрану.
- 16.Heydt G. T. Electric Power Quality: The Electrical Engineering Handbook. 2005
- 17.Проектування друкованої плати. Навчально-методичний посібник для студентів радіотехнічних спеціальностей. Київський радіомеханічний технікум/ [коваленко м. М] — к.:2018. — 26 с.: іл.
- 18.Muscas C. Power quality monitoring in modern electric distribution systems. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine. 2020.
- 19.Super bright led lamps [електронний ресурс]. — режим доступу:
[https://www.promelec.ru/pdf/l-934s\(sy\).pdf](https://www.promelec.ru/pdf/l-934s(sy).pdf) — назва з екрану.
- 20.Hafiz F., Swain A., Naik C., та ін. Identification of power quality events: Selection of optimum base wavelet and machine learning algorithm. IET Science, Measurement and Technology. 2019. Т. 13, № 2.
- 21.Данилов І. а. Загальна електротехніка: навч. посібник для бакалавров.- М.: Юрайт, 2019.-673 с.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.592 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		80