

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка автоматизованої системи збору даних для електричних  
транспортних засобів»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КАс-41  
спеціальності 151 «Автоматизація

та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	<u>Боднар В.І.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	<u>Капаціла Ю.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	<u>Козбур В.Р.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	<u>Савків В.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	<u>Чихіра І.В.</u> (прізвище та ініціали)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)  
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Савків В.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Боднар Віталію Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи «Розробка автоматизованої системи збору даних для електричних транспортних засобів»

Керівник роботи к.т.н., доцент Капаціла Ю.Б.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «2» лютого 2022 року № 4/9-117

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Перелік параметрів, які підлягають контролю. Перелік даних, які необхідно отримати на виході системи. Технічні дані транспортного засобу, акумуляторів, комутаторів, джерел живлення.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Проєктна частини. Спеціальна частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Блок-схема операцій збору та запису даних. Блок-схема системи відтворення та обробки даних. Блок-схема мікропроцесорного блоку. Комунікаційна плата зв'язку мікропроцесора з пристроєм зберігання даних. Блок-схема системи аналогового вводу. Схема блока живлення. Результати експериментальних досліджень.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Сенчишин В.С., доцент		

7. Дата видачі завдання 2 лютого 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	05.02.2023	
2	Проектна частина	14.02.2023	
3	Спеціальна частина	10.06.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.06.2023	
5	Оформлення додатків	18.06.2023	
6	Графічна частина	19.06.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи	23.06.2023	

Студент

---

  
(підпис)

Боднар В.І.

---

  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

---

  
(підпис)

Капаціла Ю.Б.

---

  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Розробка автоматизованої системи збору даних для електричних транспортних засобів» студента групи КАС-41 Боднар В.І.

Розрахунково-пояснювальна записка: 60 аркушів формату А4, 37 рисунків,  
17 літературних джерел, графічна частина – 7 аркушів формату А1

Мета: розроблення автоматизованої системи збору даних для електричних транспортних засобів, її апробація та аналіз результатів.

Для досягнення поставленої мети вирішено завдання:

- вивчено сучасний стан питання, виконано літературний огляд за темою роботи, сформульовано висновки та основні завдання;
- проаналізовано види даних та сучасні технології їх збору для електричних транспортних засобів;
- детально розглянуто методи отримання даних та їх перетворення;
- розроблено структурну схему системи в цілому та принципові схеми окремих компонентів;
- розроблено алгоритми роботи системи;
- проведено перевірку роботи системи в реальних умовах.
- розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

Ключові слова: автоматизація, мікропроцесор, контролер, датчик, електромобіль, система, алгоритм

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1 Особливості сучасного етапу розвитку електричних транспортних засобів.....	7
1.2 Потреба в зборі даних і моделюванні для електричних транспортних засобів..	9
1.3 Огляд існуючих систем збору даних для електромобілів.....	10
2.4 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу .....	12
ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	15
2.1 Проектування системи збору даних .....	15
2.1.1 Проектні обмеження та вибір системи збору даних.....	15
2.1.2 Вибір режимів роботи системи – збір і запис даних .....	16
2.1.3 Відтворення та обробка даних .....	18
2.2 Цифрове обладнання та джерела живлення .....	19
2.2.1 Загальне компонування .....	19
2.2.2 Мікропроцесорна система.....	19
2.2.3 Інтерфейс зв'язку мікропроцесора з пристроєм зберігання даних .....	22
2.2.4 Інтерфейс зв'язку мікропроцесора з головним комп'ютером .....	25
2.2.6 Вибір джерел живлення.....	27
2.3 Характеристики транспортного засобу, датчики та обробка сигналів.....	29
2.3.1 Електричні параметри.....	34
2.3.2 Механічні параметри .....	38
2.3.3 Інші параметри .....	42
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	45
3.1 Розробка алгоритму роботи системи збору даних.....	45
3.2 Дослідження роботи системи збору даних.....	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	54
4.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.....	54
4.2 Характеристика небезпечних зон обладнання і розробка заходів безпеки.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	61

## ВСТУП

Автоматизована система збору даних для електричних транспортних засобів – це комплекс апаратних засобів і програмного забезпечення, які дозволяють збирати, обробляти та аналізувати різні типи даних, пов'язаних з електричним транспортом.

Ця система може включати в себе різноманітні сенсори, які збирають дані про швидкість, пробіг, рівень заряду батареї, витрати енергії тощо. Вона також може забезпечувати можливість віддаленого моніторингу транспортних засобів і забезпечення передачі даних в режимі реального часу.

Однією з основних переваг автоматизованої системи збору даних є можливість відстежувати різні параметри електричного транспорту та проводити аналіз цих даних для покращення продуктивності і надійності транспортних засобів, а також для розробки нових моделей і технологій. Додатково, ця система може допомогти контролювати транспортний потік та забезпечувати більш ефективну роботу транспортних служб.

Отже, автоматизована система збору даних для електричних транспортних засобів є важливою складовою інфраструктури електромобільності, яка допомагає забезпечувати безпеку та ефективність руху транспорту, а також сприяє розвитку нових технологій в цій галузі.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Особливості сучасного етапу розвитку електричних транспортних засобів

За останні роки електромобілі (EV) набувають все більшої популярності. Для цього є декілька причин. По-перше, технології постійно розвиваються, і, враховуючи сучасні тенденції досліджень і розробок, широке визнання електромобілів є кроком в еволюції громадського та приватного транспорту. По-друге, транспортний сектор вважається одним із основних джерел викидів CO<sub>2</sub>, одного з вирішальних факторів зміни клімату. Більш широке визнання електромобілів і екологічного транспорту в цілому є одним із можливих рішень для зниження тих викидів, які є частиною парникових газів. Нарешті, з точки зору економіки, електромобілі є вигідними, особливо, коли вони заряджаються з відновлюваних джерел, таких як сонячна енергія, енергія вітру або енергія біомаси, а ціна електроенергії на порядок нижча, ніж ціна на викопного палива, що є важливим фактором для споживачів.

Навіть з огляду на нинішню тенденцію зростання частки ринку електромобілів, існує кілька основних перешкод, які заважають електромобілям реалізувати свій повний потенціал: ємність акумулятора, ціна акумулятора, час заряджання та наявність зарядних станцій. В наш час електромобілі мають обмежений пробіг, який вони можуть покрити, будучи повністю зарядженими, і зі збільшенням пробігу зростає і ціна батареї. В 2022 році ціна середньої батареї електромобіля, становила близько 1000 доларів США, і електромобілі, що живляться від такого типу батареї, могли проїхати приблизно 100 км. Як свідчать прогнози, в наступні роки, завдяки технологічному прогресу, ціни на батареї суттєво впадуть. Окрім акумуляторів, особлива увага приділяється розвитку зарядної інфраструктури, тобто інфраструктури, яка використовується власниками електромобілів для підзарядки електромобілів. Основна проблема із зарядними станціями полягає в тому, що їхня інфраструктура є дефіцитною, особливо в слаборозвинених в цьому плані країнах (наприклад, Україна має

невелику кількість зарядних станцій, їх розміщення та контроль є децентралізованими та незапланованими). Крім того, згадані вище фактори (наприклад, мала ємність акумулятора та недостатньо розвинена інфраструктура зарядки) разом призводять до явища, відомого як тривога запасу ходу. Незважаючи на збільшення кількості електромобілів на дорозі, тривога запасу ходу все ще залишається одним із ключових негативних факторів для потенційних нових власників електромобілів.

В наш час проводиться багато досліджень, пов'язаних з електромобілями. Оскільки технологія, пов'язана з електромобілями, є відносно новою, більшість цих досліджень стосується галузі електротехніки. Перші дослідницькі статті датуються серединою 1960-х років, і це переважно звіти про хід роботи та обговорення останніх розробок у сфері електромобілів (наприклад, розробка акумуляторів для електромобілів та ін.). Аж до 90-х років концепція електромобілів не була широко прийнятою, а дослідження, зосереджені навколо них, були рідкісними та були спрямовані на електротехніку. На початку 90-х років почали з'являтися перші дослідження в галузі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які стосуються проблем прогнозування проникнення на ринок електричних транспортних засобів та транспортних засобів, що працюють на екологічно чистому паливі.

Зараз постійно зростає кількість досліджень, пов'язаних з електромобілем, в багатьох галузях, зокрема:

- соціальні дослідження (наприклад, вплив електричного транспорту на суспільство та навколишнє середовище);
- економіка (наприклад, проникнення на ринок та економічні зміни через збільшення споживання електроенергії);
- інформатика (наприклад, обчислювальні алгоритми для керування зарядною інфраструктурою);
- телекомунікації (наприклад, протоколи для зв'язку із зарядними станціями або для оплати, такі як Buamod, Amstel і т.п.);
- електротехніки (наприклад, розробка недорогих батарей, силовій електроніки для зарядних пристроїв, драйверів двигуна та вдосконалення



існуючих технологій, таких як Ruiz, Yilmaz іт.п.).

## **1.2 Потреба в зборі даних і моделюванні для електричних транспортних засобів**

Вдосконалення електромобілів можна здійснити багатьма взаємопов'язаними способами, основні з яких – застосування передових технологічних підсистем, моделювання електромобіля і збір даних про стан всіх систем транспортного засобу і навколишнього середовища. Передові технології покращують ефективність кожного компонента електромобіля, наприклад, вдосконалення батареї може різко підвищити продуктивність в напрямку дальності пробігу, швидкості та терміну служби батареї. Інші компоненти, такі як двигун, контролер, зарядний пристрій і допоміжні системи, також надають можливості для вдосконалення.

Однак розробка нових систем вимагає значних затрат, тому бажано знати, яких покращень можна очікувати від конкретної системи перед її розробкою.

Значного підвищення продуктивності можна досягти шляхом використання комп'ютерних імітаційних моделей. Ці моделі, після синтезу та відповідної можуть бути використані при розрахунку нових компонентів без їх фактичного конструювання та тестування. Цей тип моделювання може призвести до значної економії завдяки розробці лише найперспективніших нових компонентів і скороченню натурних випробувань, однак, для синтезу та перевірки моделі потрібна відповідна база даних з існуючих транспортних засобів і процесів, щоб показати, що прогнози моделі відповідають результатам випробувань за різних умов експлуатації транспортного засобу.

Формування набору даних потребує розробки системи збору даних. Збір даних – це процес моніторингу та аналізу фізичних та електричних параметрів, в якому використовується поєднання апаратного та програмного забезпечення, що складається з датчиків і виконавчих механізмів, блоку формування сигналу, аналого-цифрового перетворювача, контролера та програмного забезпечення, яке використовується для зберігання та візуалізації даних. Існує незначна різниця між системою збору даних і телеметричною системою. Телеметрія є розширенням

звичайної реєстрації даних, оскільки вона здійснює моніторинг у реальному часі. Дані збираються та передаються з віддалених місць за допомогою передавачів або подібних пристроїв. Ця система впроваджується в автомобілях FSAE для оптимізації їх геометрії та покращення продуктивності шляхом збору даних із фізичних параметрів автомобіля, що рухається. Щоб подолати недоліки минулих років, для аналізу потрібні дані в реальному часі. Моніторинг необхідних параметрів, таких як температура та тиск, дозволить визначити можливі збої в системі та вжити заходів щодо їх усунення. Будучи телеметричною, ця система дозволить користувачам отримувати віддалений доступ до даних з будь-якого місця та надає дані з більшою швидкістю та більшою точністю.

### **1.3 Огляд існуючих систем збору даних для електромобілів**

Системи збору даних для електромобілів грають важливу роль у зборі, моніторингу та аналізі інформації про електромобіль та його функціонування. В даний час існують декілька систем збору даних для електромобілів, які умовно можна розбити на декілька груп.

1. Onboard Diagnostic (OBD) Systems. Багато електромобілів оснащені стандартними OBD-системами, які забезпечують доступ до різноманітної інформації про стан автомобіля, такої як швидкість, температура, напруга акумулятора тощо. OBD-системи використовують стандартний протокол зв'язку, такий як OBD-II, який дозволяє підключати зовнішні пристрої для збору та аналізу даних.

2. Виробничі системи моніторингу. Багато виробників електромобілів надають власні системи моніторингу, які забезпечують доступ до важливої інформації про автомобіль. Ці системи можуть надавати дані про заряд батареї, пробіг, ефективність електромобіля та інші параметри. Вони зазвичай доступні через мобільні додатки або веб-портали, що дозволяє власникам електромобілів стежити за їхнім транспортним засобом.

3. Системи сторонніх розробників. Крім промислових систем, існують

також сторонні розробники, які створюють системи збору даних для електромобілів. Ці системи можуть використовувати додаткові датчики та пристрої для збору розширеної інформації про автомобіль, наприклад, дані про використання енергії, вплив стилю водіння на дальність поїздки тощо. Деякі з цих систем надають також послуги моніторингу процесів, які відбуваються в системах транспортного засобу.

4. Системи збору даних про зарядку: ці системи дозволяють контролювати процес зарядки батареї електромобіля, включаючи час зарядки, рівень зарядження та інші параметри. До таких систем належать ChargePoint, EVBox, Tesla Supercharger та інші.

5. Системи моніторингу стану батареї: ці системи дозволяють водіям контролювати стан батареї електромобіля, включаючи рівень зарядження, температуру та інші параметри. До таких систем належать Battery Management System (BMS), Nissan Leaf BMS та інші.

6. Системи моніторингу ефективності: ці системи дозволяють водіям контролювати ефективність їх електромобіля, включаючи споживання електроенергії, швидкість руху та інші параметри. До таких систем належать EcoRoute, EVTripPlanner та інші.

7. Системи моніторингу дистанції: ці системи дозволяють водіям контролювати дистанцію, яку вони проїхали, а також визначати оптимальний маршрут для подорожі. До таких систем належать PlugShare, ChargeHub та інші.

8. Системи моніторингу стану автомобіля: ці системи дозволяють водіям контролювати стан свого електромобіля, включаючи рівень масла, температуру двигуна та інші параметри. До таких систем належать Carvoyant, Vinli та інші.

Усі ці системи збору даних для електромобілів допомагають власникам ефективніше користуватись своїми транспортними засобами та зменшити витрати на їх експлуатацію. Провідні виробники електричних транспортних засобів використовують обладнання та технології (дорогі тестові ECU та спеціальне обладнання та/або програмне забезпечення для збору даних), які зазвичай надають міжнародні компанії, такі як ETAS, Vector та Bosch. Рішення, які пропонують ці компанії, як правило, добре підходять для потреб автомобільних

випробувань, але вони мають досить дорогі, що сприяє підвищенню кінцевої вартості транспортних засобів та скорочує використання такої техніки через бюджетні обмеження.

На сьогоднішній день існує багато систем збору даних для електромобілів, які використовуються для моніторингу технічного стану автомобіля та оптимізації його роботи. Деякі з них є вбудованими в сам автомобіль, а інші можуть бути підключені до нього зовні.

Одним з прикладів таких систем є система Tesla Telemetry, яка використовується для збору даних з електромобілів Tesla. Ця система дозволяє збирати дані про швидкість, розхід електроенергії, стан батареї та інші параметри автомобіля. Дані збираються за допомогою спеціальних датчиків, які встановлені на автомобіль, та передаються на сервер Tesla для подальшого аналізу.

Іншим прикладом є система ChargePoint, яка використовується для збору даних зарядних станцій для електромобілів. Ця система дозволяє збирати дані про кількість зарядів, тривалість заряду та інші параметри. Дані збираються за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке встановлено на зарядну станцію, та передаються на сервер ChargePoint для подальшого аналізу.

Однак, не всі існуючі системи збору даних для електромобілів є ефективними та точними. Наприклад, деякі системи можуть бути недостатньо точними при вимірюванні показників розходу електроенергії, що може призвести до неточностей у визначенні пробігу автомобіля. Також, деякі системи можуть бути недостатньо надійними та стабільними у роботі.

Отже, розробка нової системи збору даних для електромобілів є актуальною та необхідною задачею, яка може покращити ефективність та точність моніторингу технічного стану електромобіля та його оптимізації.

## **2.4 Висновки та постановка задачі на кваліфікаційну роботу**

Як показали результати огляду Інтернет-ресурсів та літературних джерел, на даний час існує величезна кількість готових систем збору даних для електричних транспортних засобів. Кожна з цих систем має свої переваги та

недоліки і свою сферу застосування. Дуже важко підібрати систему, яка б повною мірою відповідала всім вимогам кінцевого користувача, тому пошук нових технічних рішень продовжується і з часом охоплює все більше напрямків досліджень.

З урахуванням реальних умов, основним завданням роботи є розроблення такої системи збору даних для електромобілів, яка включає в себе такі підсистеми.

1. Систему збору даних про зарядку: ця система повинна дозволяти контролювати процес зарядки батареї електромобіля, включаючи час зарядки, рівень зарядження та інші параметри. Для цього можна використовувати існуючі рішення, такі як ChargePoint, EVBox, Tesla Supercharger та інші.

2. Систему моніторингу стану батареї: ця система повинна дозволяти водіям контролювати стан батареї електромобіля, включаючи рівень зарядження, температуру та інші параметри. Для цього можна використовувати Battery Management System (BMS), Nissan Leaf BMS та інші.

3. Систему моніторингу ефективності: ця система повинна дозволяти водіям контролювати ефективність їх електромобіля, включаючи споживання електроенергії, швидкість руху та інші параметри. Для цього можна використовувати EcoRoute, EVTripPlanner та інші.

4. Систему моніторингу дистанції: ця система повинна дозволяти водіям контролювати дистанцію, яку вони проїхали, а також визначати оптимальний маршрут для подорожі. Для цього можна використовувати PlugShare, ChargeHub та інші.

5. Систему моніторингу стану автомобіля: ця система повинна дозволяти водіям контролювати стан свого електромобіля, включаючи рівень масла, температуру двигуна та інші параметри. Для цього можна використовувати Carvoyant, Vinli та інші.

Крім того, система повинна мати можливість зберігати та аналізувати дані, щоб водії могли отримувати статистику поїздок та зменшувати загальні витрати. Також, система повинна мати невисоку вартість, бути універсальною, зручною та легкою у використанні.



## ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Проєктування системи збору даних

#### 2.1.1 Проєктні обмеження та вибір системи збору даних

Система збору даних для електромобіля була обрана з урахуванням фізичних, електричних і бюджетних обмежень. Наприклад, усі контрольні-вимірювальні прилади транспортного засобу повинні мати достатню міцність для надійної роботи, а також, оскільки електричний транспортний засіб (ЕТЗ) є середовищем з електричним шумом, необхідне згладжування постійних значних стрибків напруги живлення та перехідних сигналів, а також належне фільтрування сигналу багатьох одночасних входів.

Було обрано мікропроцесорну систему збору цифрових даних, оскільки вона відносно недорога і надає ряд інших переваги порівняно з аналоговою системою запису або телеметрії. Існуючі аналогові системи, як правило містять відносно дорогий багатоканальний аналоговий магнітофон, інформація з якого піддається подальшому оцифровуванню даних для комп'ютерного редагування, зберігання та аналізу.

Відомі також телеметричні системи, які містять устаткування для дистанційної передачі даних, але їх необхідно використовувати поблизу бази, щоб забезпечити хороший зв'язок.

Цифрова система збору даних, яка розглядається в цій роботі, керується мікропроцесором, може з великою швидкістю обслуговувати багато каналів даних, зберігати дані в пам'яті, а потім записувати їх на цифровий носій.

Далі ці дані відтворюються на центральному комп'ютері обробки даних за допомогою тієї ж апаратної системи з іншим програмним забезпеченням. Ця схема дозволяє уникнути апаратного дублювання, дозволяє змінювати програмне забезпечення в методах збору даних і відтворення, споживає мало енергії в порівнянні з іншими системами, і, при бажанні дозволяє відносно легко розширити кількість каналів введення даних.

Рис. 1 ілюструє роль мікропроцесора в процесах збору та виведення даних.

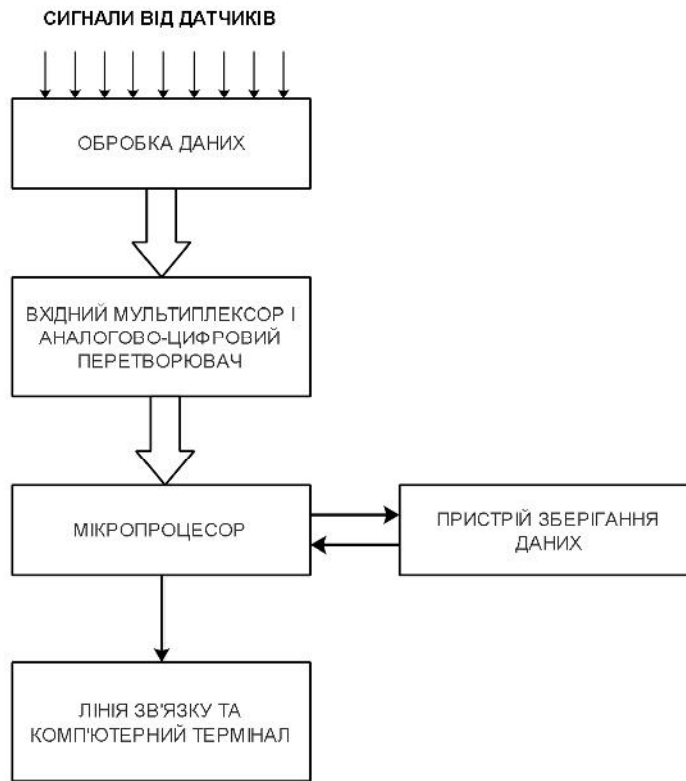


Рисунок 1 – Блок-схема цифрової системи збору даних

### 2.1.2 Вибір режимів роботи системи – збір і запис даних

Мікропроцесор, зображений на рис. 1, є контролером системи, який визначає час збору та запису даних, як це показано детальніше на рис. 2. Сигнали з різних датчиків, встановлених на транспортному засобі, постійно обробляються та перетворюються, щоб бути прийнятними для вхідного мультиплектора та аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Коли потрібне вимірювання, визначене програмним забезпеченням мікропроцесора, мікропроцесор вибирає відповідний вхідний канал, використовуючи вхідний мультиплексор, та сигналізує АЦП про початок перетворення. Після завершення перетворення мікропроцесор збирає цифрові дані та зберігає їх у пам'яті. Після того, як всі необхідні дані для заданого набору вимірювань будуть отримані, мікропроцесор передає їх та інші відповідні дані (наприклад, набір даних, час, контрольна сума) на пристрій запису. Протягом запису набір даних зберігається на цифровому носії. Цей процес продовжується доти, поки всі необхідні дані не будуть записані для заданого вимірювання.



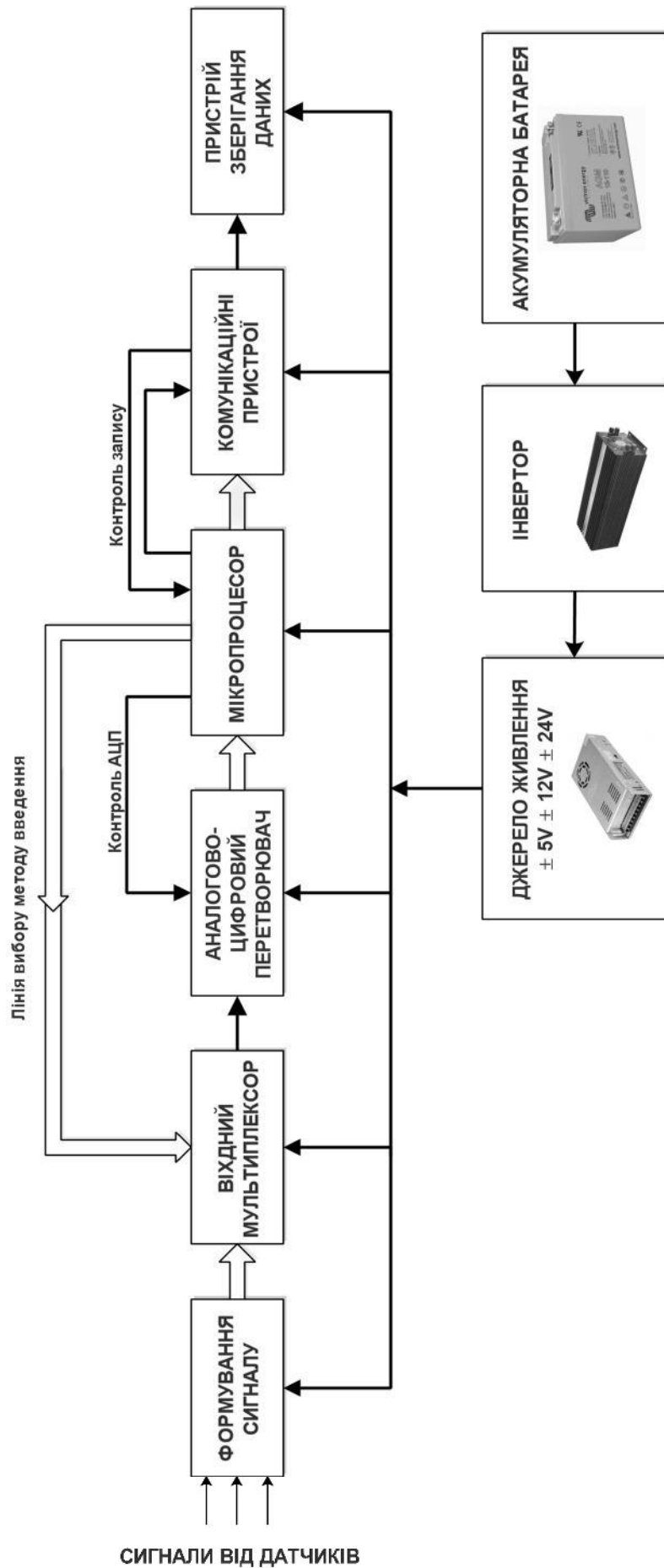


Рисунок 2 – Блок-схема операцій збору та запису даних

### 2.1.3 Відтворення та обробка даних

Дані, збережені на цифровому носії, зчитуються за допомогою обладнання, зображеного на рис. 3.

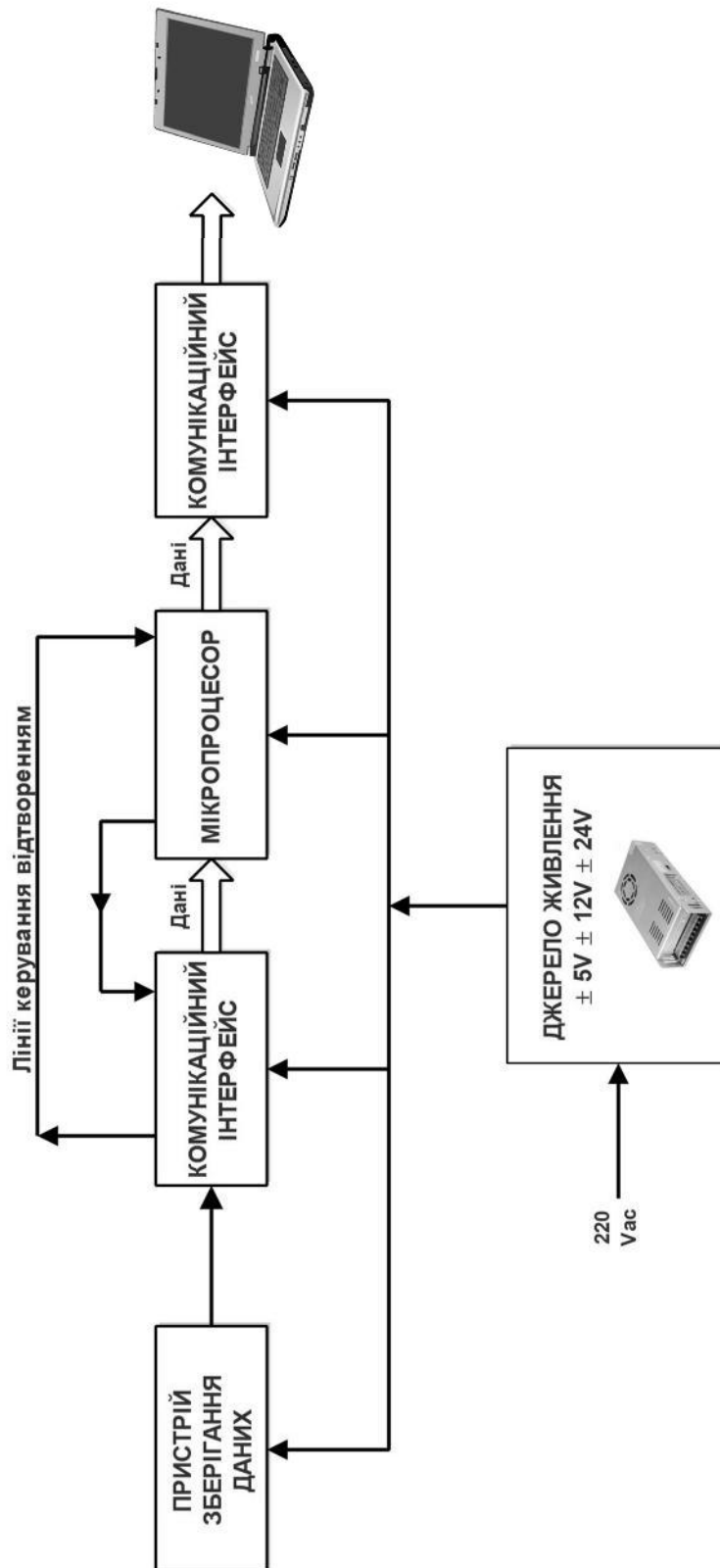


Рисунок 3 – Блок-схема системи відтворення та обробки даних

Мікропроцесор розпочинає операцію, запустивши пристрій зберігання даних (ПЗД) і перевіряючи дані на наявність стартового слова. Після того, як це слово знайдено, мікропроцесор передає всі набори даних з цифрового носія через інтерфейс зв'язку в пам'ять. Після того, як усі слова даних в наборі передані, пристрій зберігання даних зупиняється, а мікропроцесор перевіряє дані (парність, контрольну суму, стартові та стопові слова), щоб перевірити, чи отримані дані правильні. Після підтвердження мікропроцесор передає кожне слово даних за допомогою іншого каналу зв'язку до терміналу комп'ютера, а потім на лінію зв'язку до центрального комп'ютерного обладнання. Після передачі всіх слів даних мікропроцесор знову запускає ПЗД та повторює увесь процес до тих пір, поки всі необхідні дані не будуть передані та збережені в основному комп'ютері. Ці дані архівуються та зберігаються для подальших досліджень та верифікації моделей.

## **2.2 Цифрове обладнання та джерела живлення**

### **2.2.1 Загальне компонування**

Обладнання, зображене на рис. 2 та 3, складається з мікропроцесорної системи, ПЗД, аналого-цифрового перетворювача, мультиплексора вхідних сигналів та супутніх інтерфейсів, і становить основу системи реєстрації даних. Ці компоненти були вибрані з урахуванням загальної концепції автоматизації системи, модульності та доступності компонентів, а також вартості всієї системи. За цими критеріями система реєстрації даних була побудована з використанням 3 плат: мікропроцесорної системи, аналогового входу та комутаторів. Ці плати встановлюються в шасі разом з модулями обробки сигналів.

### **2.2.2 Мікропроцесорна система**

Мікропроцесорна система (рис. 5), складається з 8-розрядного

мікропроцесора (6502 MPU) з 16-розрядною шиною адреси та 8-розрядною шиною даних, підключених до двох інтерфейсних пристроїв, модулів 6530-002 і 6530-003.

Модуль 6530-002 і пов'язані компоненти підключають систему до різних периферійних пристроїв: ПЗД, клавіатури та дисплея.

6530-003 має 15 двонаправлених ліній вводу/виводу під програмним керуванням, за допомогою яких мікропроцесор керує зовнішніми пристроями, перемикаючи стани цих ліній.

Оперативна пам'ять (RAM) використовуються для зберігання програм і даних.

З'єднання з пристроєм здійснюються через два 44-контактні роз'єми: роз'єм програмних даних, який забезпечує маршрутизацію до пристроїв розробки та зберігання програмного забезпечення та до 15 двонаправлених ліній вводу/виводу, що використовуються для інтерфейсу мікропроцесора та комунікаційного обладнання, а також роз'єм розширення, який забезпечує доступ до невикористаних місць пам'яті через шини адреси та даних (рис. 5).

Роз'єм розширення використовується для підключення системи аналогового вводу. 15 двонаправлених ліній вводу/виводу керують відповідними пристроями в режимах збору та відтворення даних. Ці виводи розділені на регістр даних А, що складається з виводів від 0 до 7, і регістр даних В, складається з виводів від 0 до 5 і 7 (вивід 6 використовується мікропроцесором і не доступний ззовні).

Призначення ліній в обох режимах роботи показано на рис. 6.

Регістр А використовується для виводу або вводу 8 біт даних із цифрового ПЗД, тоді як регістр В використовується для зв'язку та керування пристроєм зберігання даних.

Проблеми, які можуть виникнути з регістром В через надмірне навантаження лініями запуску/зупинки ПЗД, усуваються шляхом буферизації сигналу і переміщення його в рядок  $k$  в регістрі даних В.

Для візуалізації даних при роботі з програмним забезпеченням використовується 20-символьний 14-сегментний алфавітно-цифровий світлодіодний дисплей. Необхідна схема зв'язку (стандарт інтерфейсу RS-232) з

виходами (сумісні з TTL) використовує драйвери ліній MC1488 та приймачі MC1489 (рис. 6).

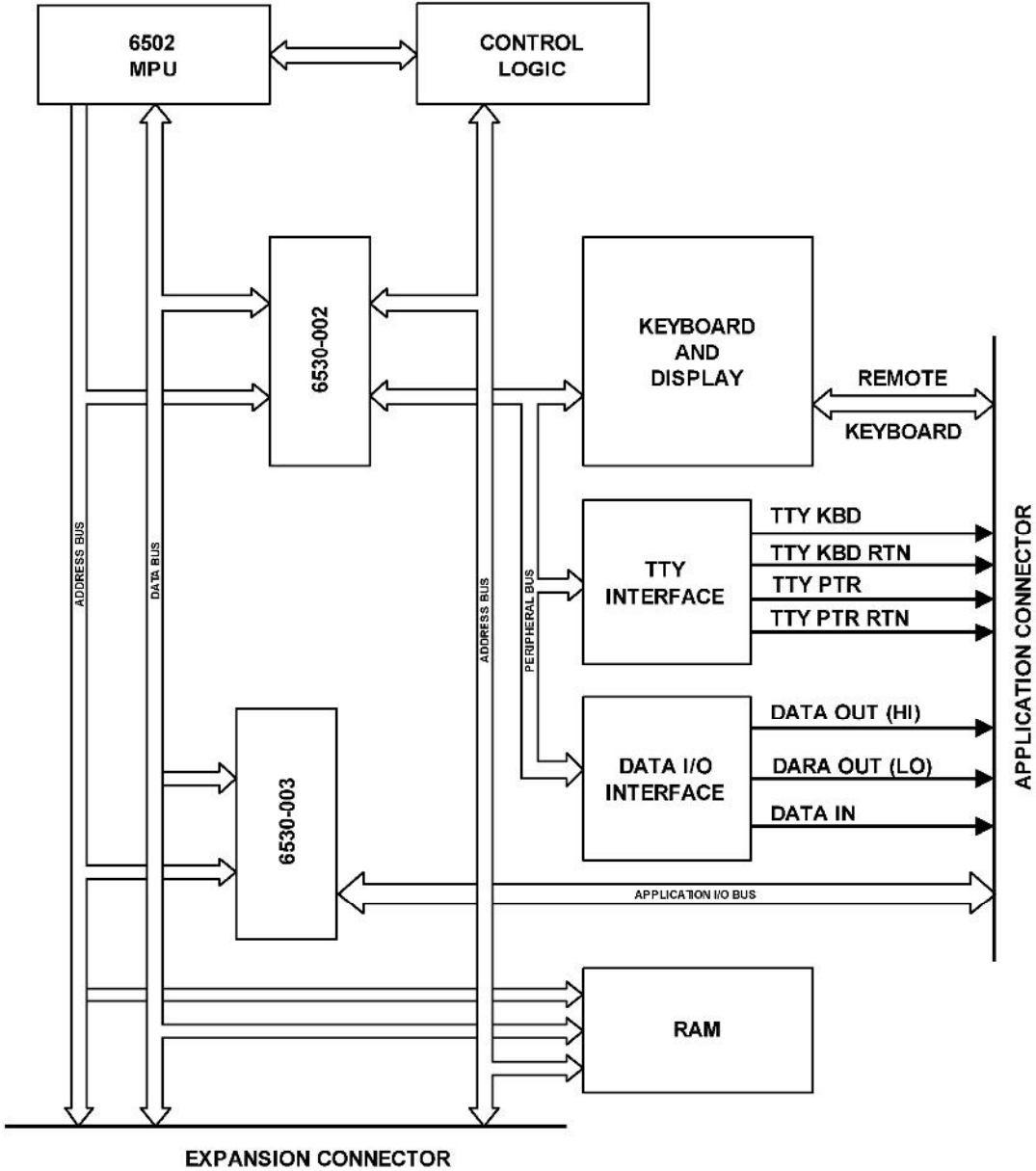


Рисунок 5 – Блок-схема мікропроцесорного блоку

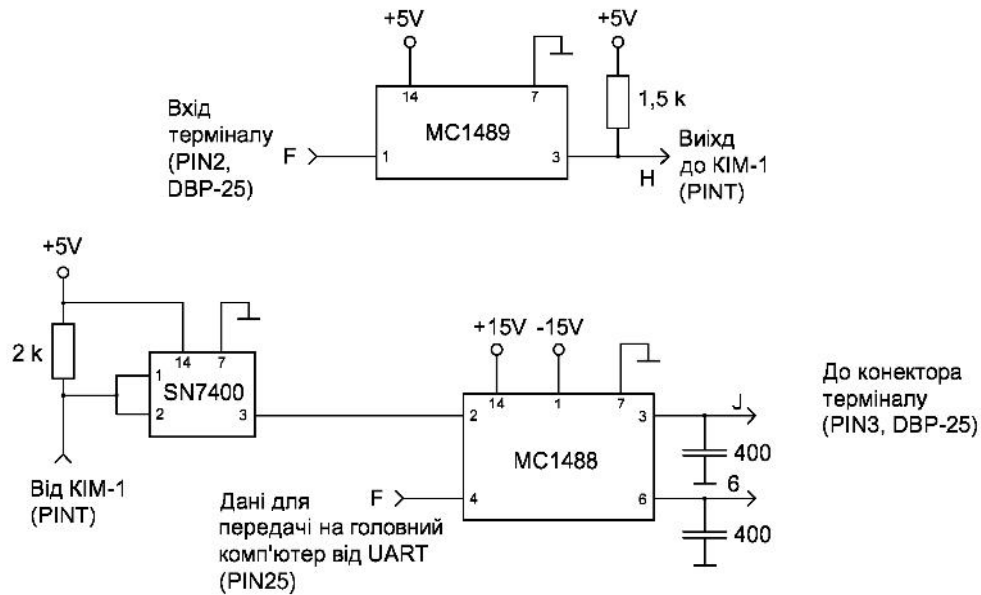


Рисунок 6 – Інтерфейс терміналу

### 2.2.3 Інтерфейс зв'язку мікропроцесора з пристроєм зберігання даних

Перед передачею даних, збережених в пам'яті мікропроцесора, на цифровий носій, необхідно здійснити конвертування формату даних з паралельного у серійний. Для цього використовується універсальний асинхронний приймач/передавач (UART) TR1863B, обраний в першу чергу через можливість живлення від єдиного джерела +5 VDC, (рис 7).

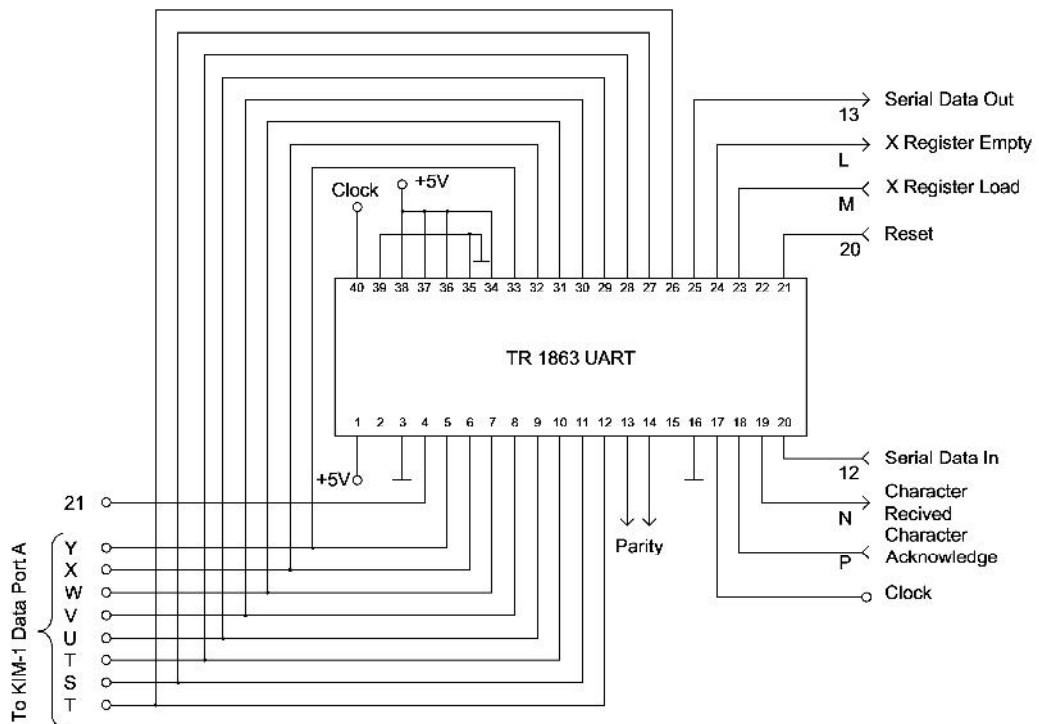


Рисунок 7 – Комунікаційна плата зв'язку мікропроцесора з пристроєм зберігання

Частина UART, яка відповідає за передачу даних, конвертує 8 паралельних біт даних, які зберігаються в регістрі даних А, в серійні дані зі стартовим бітом, двома стоповими бітами та бітом парності. Швидкість передачі даних була експериментально вибрана на рівні 1200 біт/с для максимальної надійності запису даних.

Для передачі кожного символу мікропроцесор чекає, поки лінія не перейде зі стану низького (0V) на високий (+5V) рівень, потім передає дійсне слово даних в регістр А, завантажує регістр даних UART, викликом процедури «завантаження регістру передачі», після чого знову чекає, поки рядок «порожній регістр» не вкаже на завершення передачі символу. Цей процес повторюється, поки всі слова даних не будуть передані на пристрій зберігання даних. Приймальна частина UART, контакти з 4 по 20, використовуються під час відтворення даних. Послідовні дані передаються з ПЗД на вивід 20 UART. Коли отримано повний символ і UART перевірів, що правильне слово було отримано шляхом перевірки парності та стоп-бітів, перетворені паралельні дані поміщаються в регістр зберігання. Далі мікропроцесор передає значення даних із регістра зберігання приймача через порт даних А і зберігає слово даних в пам'яті. UART скидається за допомогою сигналу низького рівня, який мікропроцесор подає на лінію «скидання отриманих даних» через регістр даних В, і процес продовжується для кожного слова, надісланого до UART. Якщо виявлено некоректні біти парності або стопові біти, візуальна індикація забезпечується індикатором паритету та помилок кадрів (рис. 8).

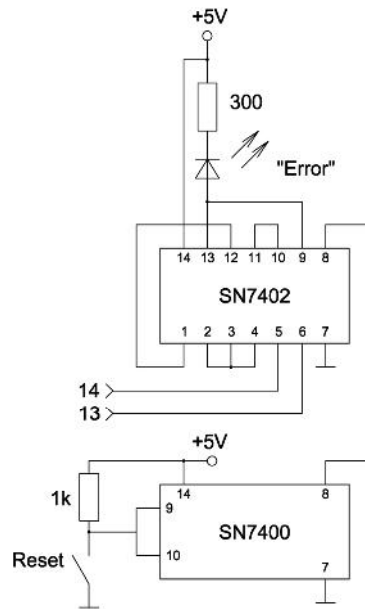


Рисунок 8 – Апаратне забезпечення контролю парності та помилок

Логічний елемент SN7402 використовується, щоб вмикати світлодіод при виявленні бітової помилки. Логічний елемент SN7400 використовується як інвертор для скидання, як тільки умова помилки буде підтверджена.

Оскільки UART не має внутрішнього годинника, що надає інформацію про швидкість передачі бітів, необхідний зовнішній годинник з частотою, що в 16 разів перевищує швидкість передачі бітів. Швидкість передачі даних становить 1200 біт/с, що відповідає частоті годинника 19,2 кГц, яка генерується за допомогою схеми на рис. 9.

Частотний генератор з контролем напруги (VCO) 502EP (R3221) використовується для вироблення стабільного сигналу з частотою 76,8 кГц, який ділиться на 4 за допомогою двійкового лічильника SN7493, щоб отримати сигнал з частотою 19,2 кГц (Clock A) для UART передачі даних. Подальше ділення на 4 генерує сигнал з частотою 4,8 кГц (Clock B), який використовується в інтерфейсі між мікропроцесором та основним комп'ютером.



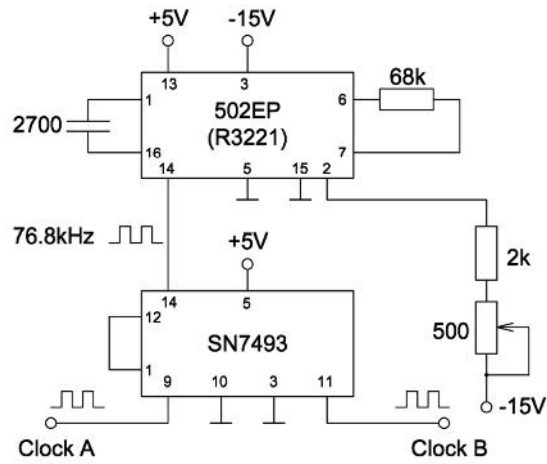


Рисунок 9 – Схема годинника UART

## 2.2.4 Інтерфейс зв'язку мікропроцесора з головним комп'ютером

Дані, що зберігаються в ПЗД, передаються на головний комп'ютер. З'єднання з передавальною частиною UART показано на рис. 10.

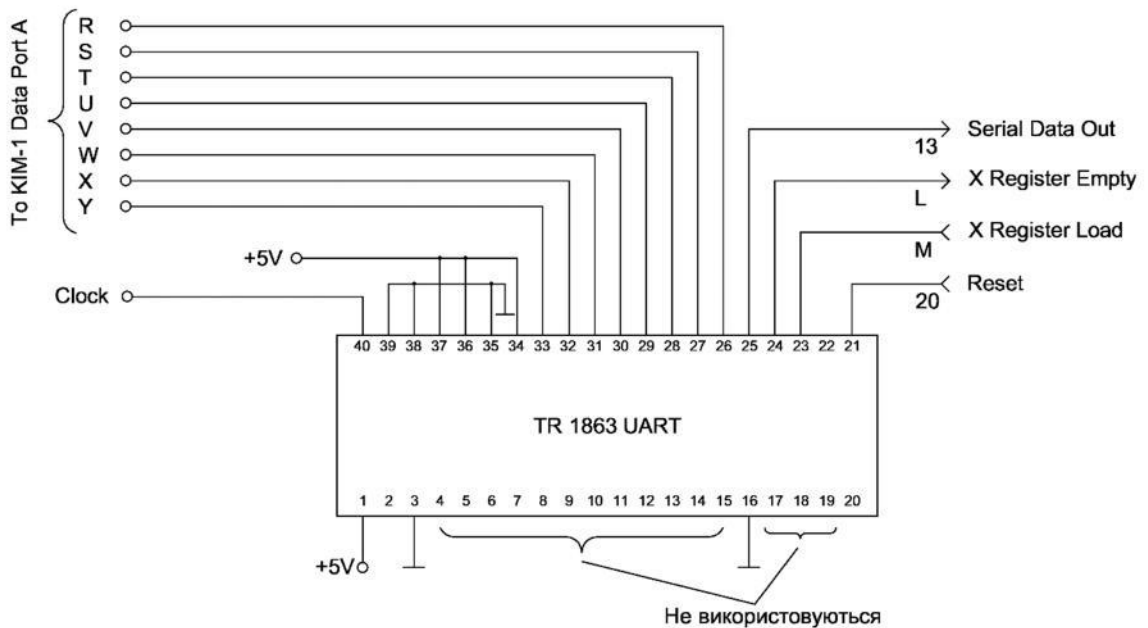


Рисунок 10 – Інтерфейс зв'язку мікропроцесора з головним комп'ютером

Робота мікропроцесора UART для передачі символів ідентична розглянутій раніше. Тактова частота 4.8 кГц, генерується схемою на рис. 9. Послідовні вихідні дані передаються з UART, контакт 25, через інтегральну схему перетворення рівня TTL на RS-232 (MC1488) безпосередньо в частину модулятора/демодулятора комп'ютерного терміналу для передачі на головний

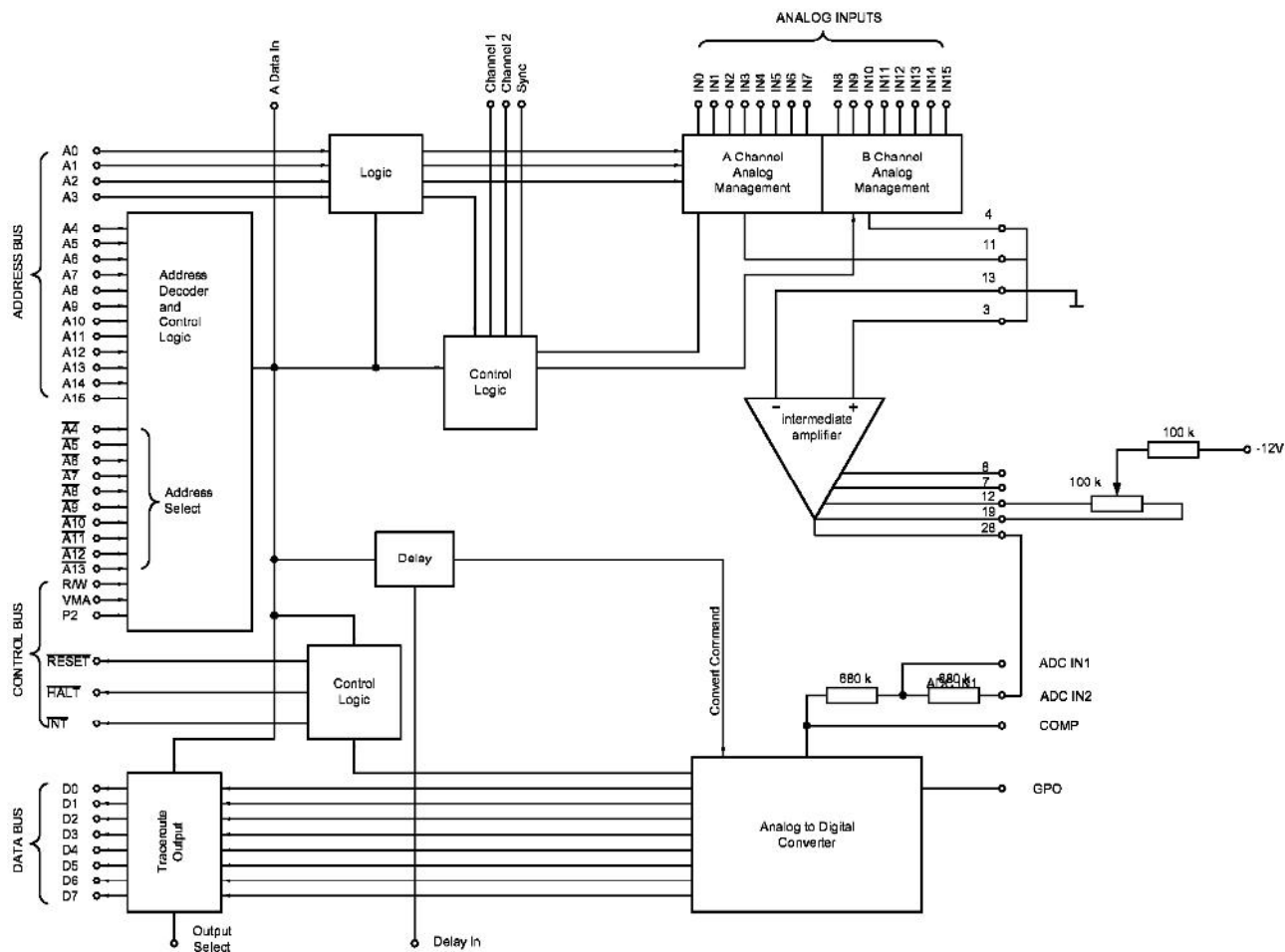


Рисунок 11 – Блок-схема системи аналогового вводу

Вхідні сигнали системи МР-21 вводяться до мультиплектора ліній 16 до 1, який керується адресною шиною мікропроцесора, лініями А0 до А15. Кожен канал вхідного сигналу відповідає місцю в пам'яті базової адреси  $1C00_{16}$ , плюс номер каналу в шістнадцятковій формі, наприклад, IN-6 відповідає  $1C06_{16}$ , а IN-10 відповідає  $1C0A_{16}$  і т.д. Обраний аналоговий вхідний сигнал потрапляє в підсилювач вимірювальних приладів, який встановлюється так, щоб аналого-цифровий перетворювач (ADC) охоплював діапазон вхідного сигналу від -5В до +5В. Після необхідної затримки для налаштування підсилювача та аналого-цифрового перетворення, 8 біт даних поміщаються в вихідний регістр. При роботі конвертація сигналу починається з того, що мікропроцесор поміщає адресу МР-21, яка відповідає бажаному вхідному каналу (IN-0 до IN-15), на адресну шину (дані на цей час ігноруються). Мікропроцесор затримується на 40 мс (35 мс часу

встановлення та 5 мкс часу АЦП), потім поміщає ту ж адресу на адресну шину. МР-21 активує драйвери шини даних та передає цифрове значення по шині даних для зберігання в пам'яті мікропроцесора.

## 2.2.6 Вибір джерел живлення

Для роботи пристрою збору даних, устаткування обробки сигналів та датчиків необхідні регульовані постійні напруги та струми +5В зі струмом 2.0А, +15В зі струмом 0.7А, +24В зі струмом 0.6А, +28В зі струмом 0.1А, -5В зі струмом 1.0А та -15В зі струмом 0.7А. При розробці схеми необхідно виключити дублювання джерел живлення та забезпечити роботу як при зборі даних безпосередньо на автомобілі, так і в лабораторних умовах (перевірка та відтворення даних), Розроблена схема зображена на рис. 11.

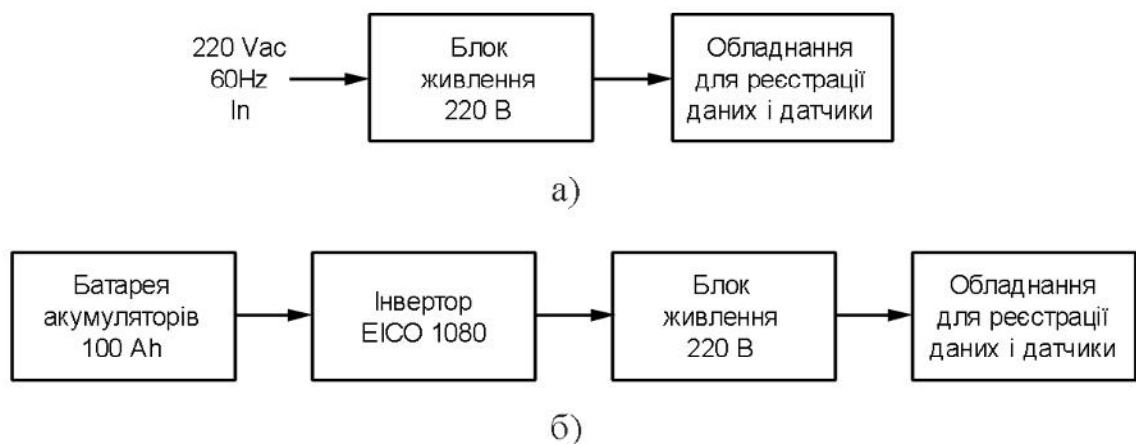


Рисунок 11 – Джерела живлення: а) в лабораторних умовах; б) на автомобілі

Живлення в лабораторії з напругами та струмами, перерахованими вище, здійснюється від мережі 220 В змінного струму, під час експлуатації на автомобілі живлення від 220 В змінного струму отримується від інвертора EICO Model 1080 з прямокутною формою на виході. Цей інвертор також використовується для живлення іншого обладнання 220 В, наприклад, осцилографів, та живиться від акумуляторної батареї ємністю 90 Агод. при

напрузі 12 В, яку потрібно заряджати після безперервної роботи збору даних приблизно 7 годин. Для датчиків використовуються окремі батареї.

Детальну схему системи живлення від мережі 220 В змінного струму зображено на рис. 12.

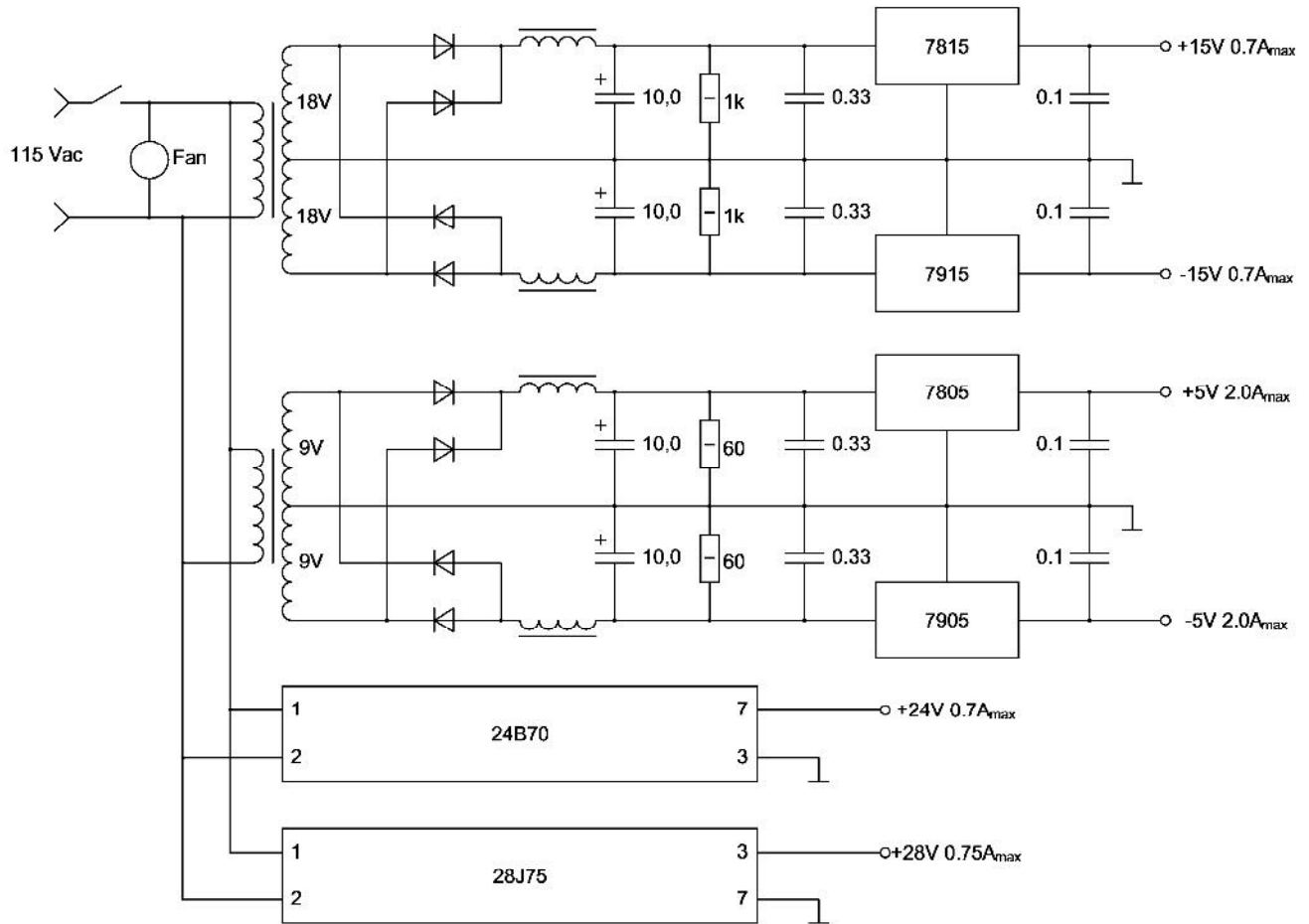


Рисунок 12 – Схема блока живлення

Модулі живлення +24 В постійного струму та +28 В постійного струму стандартні, тоді як блоки живлення +5 В та +15 В були спеціально розроблені для роботи зі синусоїдальними або прямокутними вхідними сигналами. Оскільки дроселі обмежують заряд конденсаторів фільтра до середнього значення синусоїди, їх напруга може бути низькою. Твердотільні регулятори для блоків живлення +15 В розташовані на шасі блоку живлення, але регулятори для блоків живлення +5 В знаходяться на головному шасі обладнання. Для охолодження блока живлення передбачено вентилятор.

## 2.3 Характеристики транспортного засобу, датчики та обробка сигналів

В якості платформи для проведення досліджень системи збору даних було використано Minivan EV Battronics, розрахований на перевезення водія, п'яти пасажирів і модифікований для встановлення устаткування для збору даних.

Рух транспортного засобу забезпечується двигуном постійного струму (DC) потужністю 42 к.с. з контролером з кремнієвим випрямлячем (SCR), байпасом і контакторами, а також двома модулями батарей, підключеними послідовно, які дають напругу 112 В.

Спрощена схема цієї частини системи показана на рис. 13. Основні батареї заряджаються за допомогою вбудованого зарядного пристрою, який працює від мережі з напругою 230 В змінного струму; додаткова батарея для допоміжного обладнання заряджається за допомогою постійного струму від перетворювача.

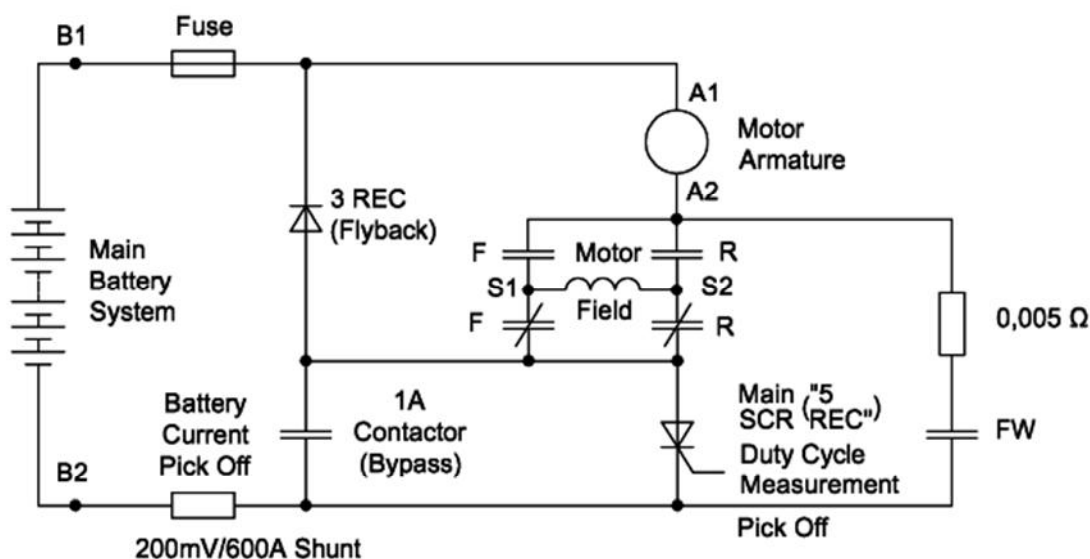


Рисунок 13 – Спрощена схема контролера

Механічно, транспортний засіб, масою приблизно 3000 кг, має передню і задню підвіски з зі звичайною схемою з переднім розташуванням двигуна і заднім приводом. Хоча в транспортному засобі встановлено розподільчу коробку передач з двома швидкостями, при дослідженнях використовується лише низьке передаточне число (1,96:1).

Для коректного проведення експерименту, конструкція транспортного засобу і всіх компонентів системи збору даних повинні відповідати низці вимог.

1. Оскільки вимірювання проводяться в мережі 220 В, яка ізольована від шасі автомобіля, датчики також повинні бути ізольовані від шасі транспортного засобу, оскільки доступні диференціальні підсилювачі мають обмежений діапазон живлення. Це, у свою чергу, означає, що заземлення вимірювальної системи має бути ізольовано від шасі.
2. Потрібно забезпечити якомога нижче енергоспоживання датчиків і схем формування сигналу.
3. Щоб уникнути впливу перехідних процесів контролера на сигнальні лінії, необхідно використовувати екрановані кабелі і з'єднувачі.
4. Якщо це можливо, вимірювання повинні проводитися диференційовано, щоб уникнути проблем із синфазним сигналом.
5. Діапазон сигналу датчика має бути налаштований відповідно до діапазону системи аналогового вводу, тобто від -5 В до +5 В, для найбільшої роздільної здатності сигналу. Це означає, що потрібні каскади підсилення або ослаблення.
6. Фільтрація високочастотних компонентів має важливе значення для того, щоб записувалося поточне середнє значення сигналу.

Позиції 5 і 6 забезпечують необхідне формування сигналу. Хоча причини підсилення сигналів низького або ослаблення високого рівня зрозумілі, необхідність фільтрації сигналу не є очевидною. Наприклад, під час роботи кремнієвий керуючий випрямляч (Main SCR або «5 REC», (рис. 13) і пов'язана з ним схема регулюють середній струм двигуна, періодично обрізаючи його для отримання змінного струму, який, у свою чергу, впливає на частоту обертання двигуна.

$$\text{Робочий цикл} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T},$$

де  $t_{on}$  – час, протягом якого протікає струм;

$t_{off}$  – час, протягом якого струм не протікає;

$T$  – період хвилі =  $T = 1/f$ ,

$f$  – частота сигналу.

Контролер розроблений таким чином, щоб як частка заповнення, так і частота форми хвиль змінювалися з натисканням педалі акселерометра для плавного розгону та кращої продуктивності.

Графік частоти перетину (рис. 14), показує, що найнижча складова частоти, що генерується під час роботи контролера, становить приблизно 65 Гц.

Оскільки система реєстрації даних вибирає сигнали датчиків лише один раз на секунду, необхідно вибрати середнє значення сигналу, щоб належним чином відображати продуктивність системи двигун-контролер.

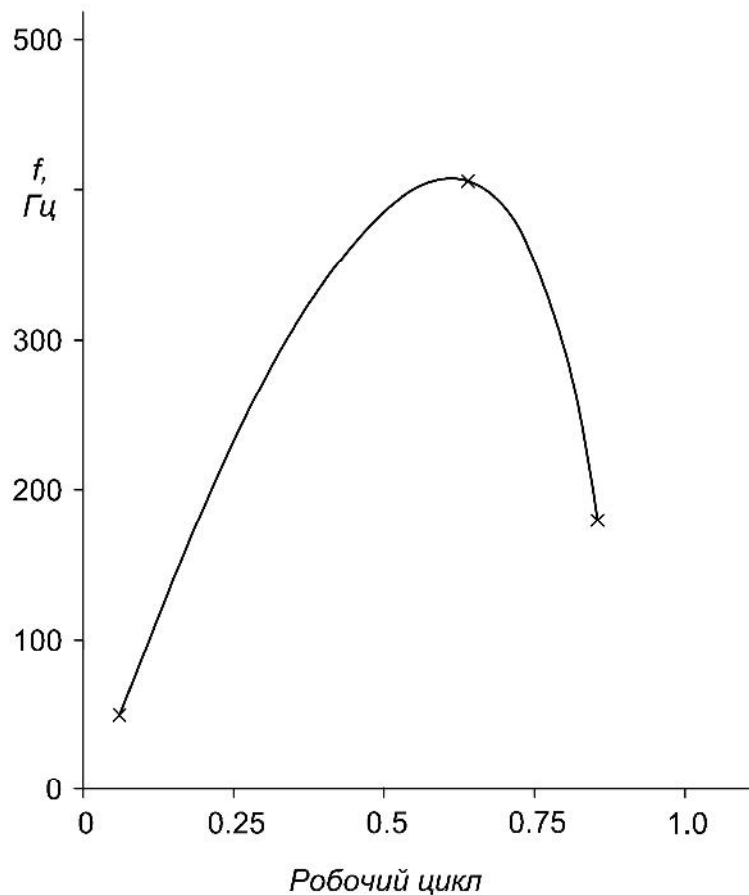


Рисунок 14 – Частота перемикання контролера протягом робочого циклу

## 2.4 Особливості формування вимірювальних сигналів

Розглянемо одноступеневий фільтр низьких частот (рис. 15):

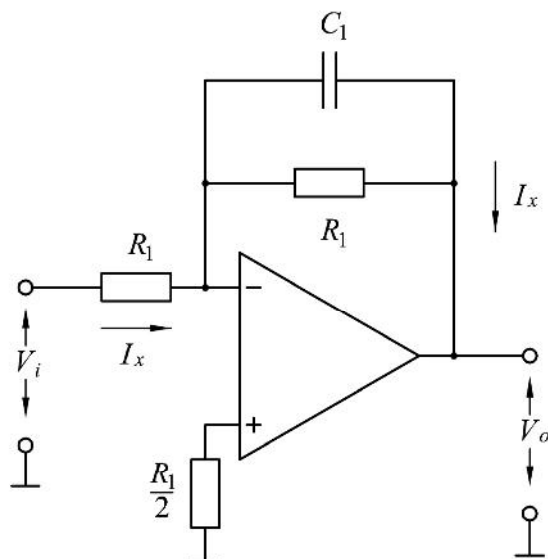


Рисунок 15 – Одноступеневий фільтр низьких частот

Передаточна функція цієї схеми:

$$Z_T = \frac{(R_1/pC_1)}{\frac{1}{pC_1} + R_1} = \frac{R_1}{1 + pR_1C_1}.$$

Припускаючи, що операційний підсилювач ідеальний,

$$V_0 = -I_x Z_T \text{ і } I_x = \frac{V_i}{R_1}.$$

Тому

$$V_0 = -\frac{V_i}{R_1} \left( \frac{R_1}{1 + pR_1C_1} \right) = -V_i \frac{1}{1 + pR_1C_1},$$

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{1 + pR_1C_1}.$$

Схема є системою першого порядку з постійною часу  $\tau = R_1C_1$ , і потрібна для забезпечення поточного середнього вхідного сигналу, фільтрації високих частот і реагувати на зміни вхідного сигналу: на виході має бути щонайменше 99% кінцевого значення протягом одного інтервалу вимірювання (одна секунда).



Обмеження змінного сигналу вимагає приблизно п'яти постійних часу, тобто

$$t = R_1 C_1 = \frac{1}{5} s = 0.2 c.$$

Для усереднення сигналу потрібна інтеграція за часом, тобто

$$V_0 = K \int_0^t V_i dt$$

або, використовуючи  $p$ -оператор

$$V_0 = \frac{K}{p} V_i,$$

якщо  $K = -\frac{1}{R_1 C_1}$ , то

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{p R_1 C_1}.$$

Схема є інтегратором часу, коли  $p R_1 C_1 \gg 1$

або, оскільки

$$p \rightarrow j\omega = j2\pi f, \\ |j2\pi f R_1 C_1| \gg 1$$

де  $f$  – базова частота сигналу.

Для контролера мінімальна робоча частота або основна складова спектру Фур'є становить приблизно 65 Гц. Оскільки  $R_1 C_1 = 0.2$ , то нерівність  $|j2\pi(65)(0.2)| \gg 1$  або  $81.7 \gg 1$  вказує на те, що всі компоненти частоти, будуть усереднені з похибкою в кілька відсотків. Загалом цього достатньо, оскільки контролер рідко працює на таких низьких частотах (лише під час запуску автомобіля). Якщо потрібне подальше усереднення, наприклад робочий цикл,

двоступеневий фільтр із загальною постійною часу  $\tau = 0,2$  с описується нерівністю  $(2\pi fR_1C_1)^2 \gg 1$  або  $(81.7)^2 \gg 1$ ,  $6675 \gg 1$ , і похибка через високочастотні компоненти відповідно зменшується.

Отже, фільтр нижнього рівня з однією стадією і часовою сталою  $\tau = 0.2$  с забезпечує необхідне середнє значення при збереженні хорошої перехідної продуктивності.

## **2.3 Вибір параметрів, які необхідно контролювати і датчиків**

Система збору даних автомобіля призначена для контролю цілого ряду параметрів. Ці параметри умовно можна розділити на три групи: електричні (параметри батареї-двигуна-контролера), механічні (крутний момент приводу лінії та параметри руху транспортного засобу) та інші (інтервал часу між вимірюваннями та температури електроліту батареї).

### **2.3.1 Електричні параметри**

В системі передбачено вимірювання таких електричних величин як напруга і струм батареї, напруга на двигуні і bypass контролера. Належна обробка сигналів, які використовуються для реєстрації даних, досягається за допомогою індивідуально розроблених і побудованих схем.

Схема контролю напруги акумулятора (рис. 16) складається з операційного підсилювача ОА-1 і вхідного резистивного дільника, який послаблює та зсуває рівень напруги батареї таким чином, що нуль і 150 В відповідають вихідній напрузі +5 В відповідно.

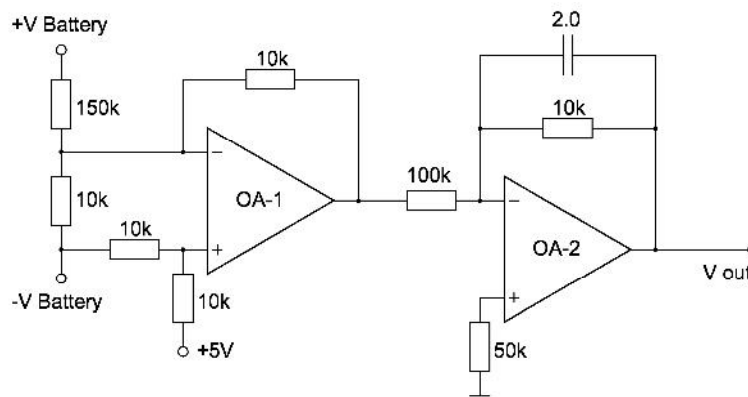


Рисунок 16 – Схема контролю напруги акумулятора

Коливання напруги батареї згладжуються одноступеневим фільтром низьких частот, що складається з ОА-2, конденсатора 2 мкФ і резисторів 50К і 100К. Пристрій вимірювання струму батареї (рис. 17) складається з струмового шунта 200 мВ при 600 А (встановленого на негативному проводі до акумуляторної батареї 112 В, вхідного каскаду (LM725) з коефіцієнтом підсилення 25 і ланцюга підсилення на ОА-1.

Схему підсилення використано, так як спочатку передбачалося шунт струму встановити в позитивному ланцюгу акумулятора. Оскільки негативний ланцюг батареї акумуляторів також є заземленням, шунт струму, встановлений у позитивній вітці, спричинить появу надмірної напруги на вході операційного підсилювача першого каскаду.

Тому, якщо перший каскад живиться від окремого акумулятора для ізоляції його від решти системи до його виходу підключається резистивний діляк, який знижує напругу до прийнятної значення для другого каскаду (ОА-1) для його відхилення. Підсилювач ОА-1 також компенсує затухання сигналу резистивним ділянком, а ОА-2 забезпечує необхідну обробку сигналу.

Схема, яка контролює напруги як ротора, так статора, показана на рис. 18. Напруга ротора виявляється на клеммах ротора двигуна через ланцюжок резисторів/конденсаторів введення, яка фільтрує високі напругові спайки, що виникають внаслідок індуктивності двигуна, та знижує спільний режим напруги до рівня, який може обробити ОА-1. Ступінь ОА-1 зміщує рівень та знижує вхідну напругу +100В до +10В на його виході. Низькочастотне фільтрування та подальше зниження сигналу вдвічі, щоб отримати діапазон вихідної напруги +5В,

здійснюється через ОА-2.

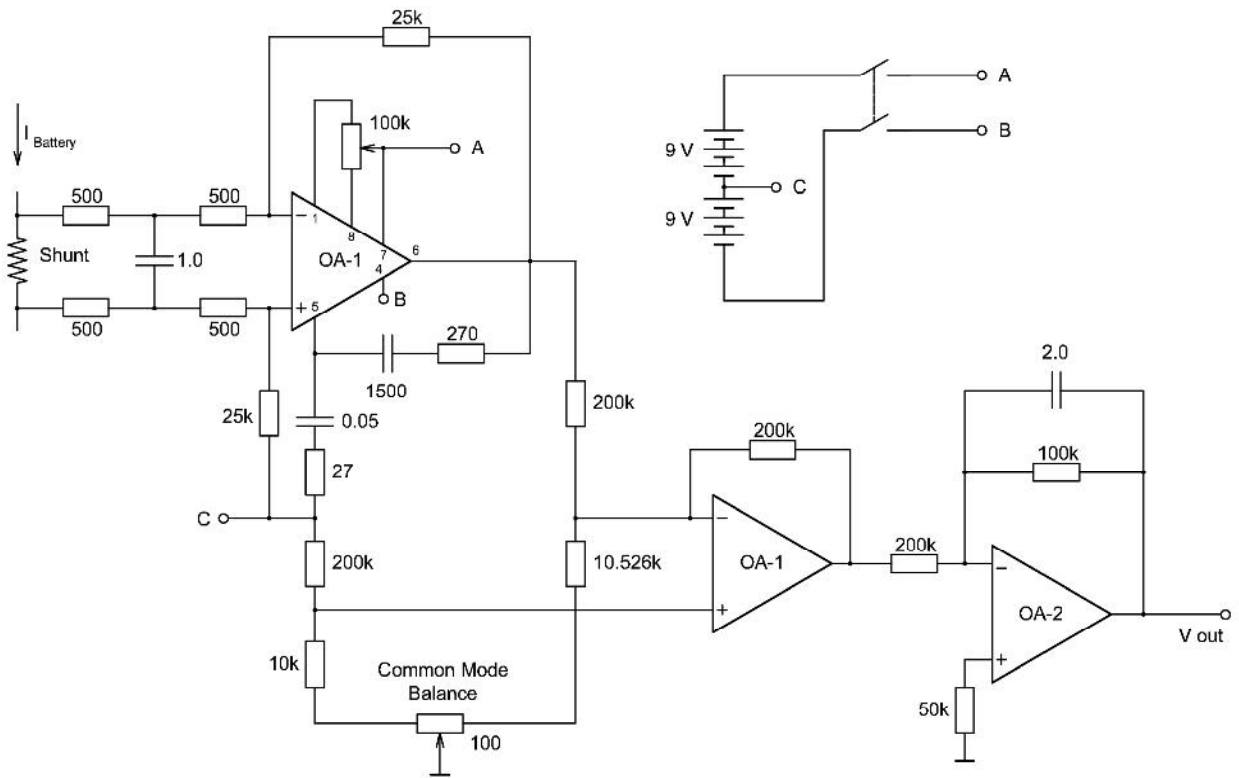


Рисунок 17 – Струмівий шунт і система підсилення

Напряга поля виявляється на клеммах поля двигуна, використовуючи практично ту саму схему, що і для виявлення напруги ротора, за винятком того, що другий підсилювач надає коефіцієнт підсилення 2, що зсуває діапазон напруги поля  $V_{in} = +25V$  до  $V_{out} = +5V$ .

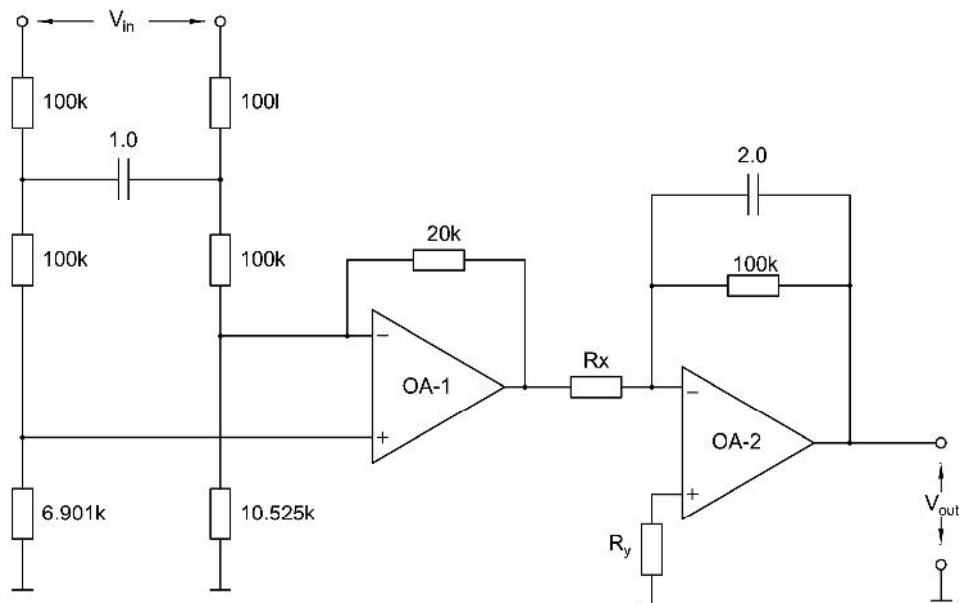


Рисунок 18 – Схема вимірювання напруги

Через ОА-2 відбувається фільтрація низьких частот і подальше ослаблення

сигналу в 2 рази для отримання діапазону вихідної напруги +5 В.

Напруга поля визначається на клеммах поля двигуна, використовуючи, по суті, ту саму схему, що й схема визначення напруги якоря, за винятком того, що другий каскад операційного підсилювача забезпечує підсилення 2, що зміщує діапазон напруги поля  $V_{in} = +25$  В до  $V_{out} = +5$  В.

Робочий цикл вимірюється за допомогою схеми, показаної на рис. 19. Основний тригерний сигнал SCR (5 REC), який вмикається та вимикається, коли струм батареї пульсує, подається на вхід цього блоку, що складається з компаратора (операційного підсилювача LM301), ОА-1, ОА-2, опорної напруги та відповідних резисторів і діодів. Вихідний сигнал цього прецизійного компаратора (вивід №6 LM301) є високим (+5 В)/низьким (-5 В), якщо вхідний сигнал більший/менший за порогове значення (встановлене на виводі 2 LM301).

Середнє значення (тобто рівень постійного струму) цієї форми сигналу представляє робочий цикл вхідного сигналу і отримується за допомогою двох ідентичних каскадних ступенів фільтра низьких частот, маючи загальну постійну часу 0,2 с. Пороговий рівень вхідного сигналу, приблизно 0,25 В, налаштовано на отримання репрезентативних робочих циклів на основі порівняння сигналів тригера та струму батареї.

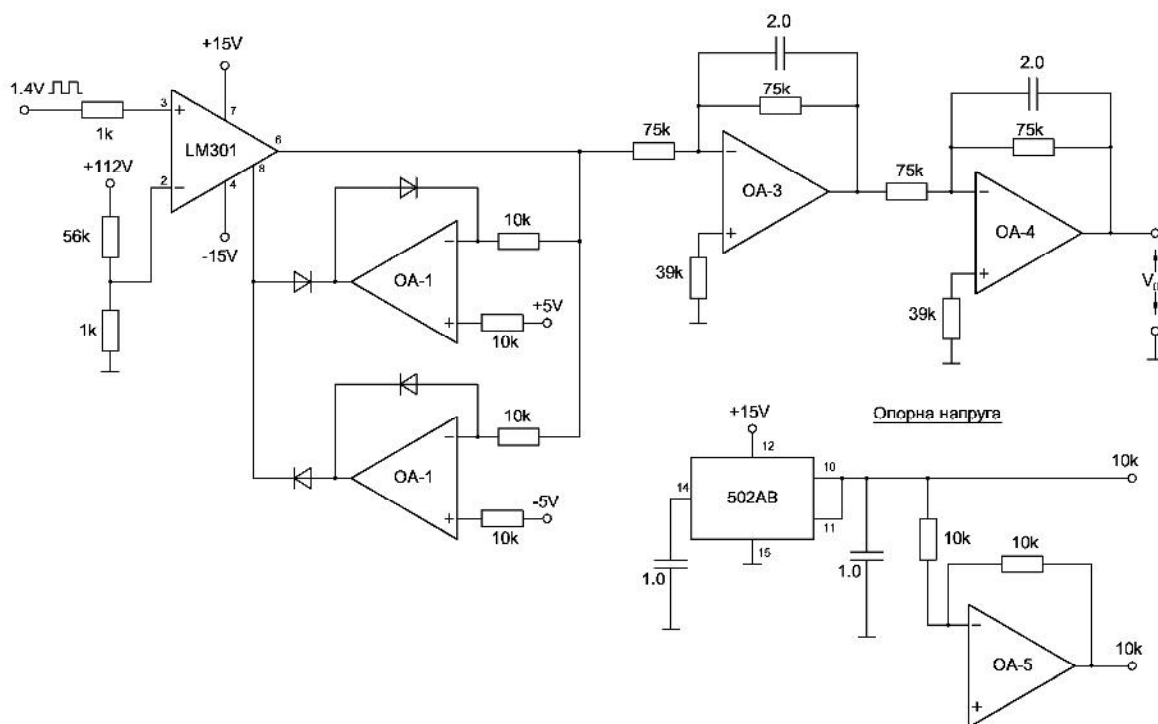


Рисунок 19 – Схема вимірювання робочого циклу

На додаток до зміни робочого циклу, контролер має функції обходу та

ослаблення поля для руху транспортного засобу на вищій швидкості.

В режимі байпаса двигун підключається безпосередньо до батареї через контактор 1А.

Вихідна напруга байпасної схеми контролю має низький рівень (0 В) під час обходу контролера (мікроперемикач закритий) і високий рівень (+5 В) під час нормальної роботи.

Якщо в режимі обходу потрібна більш висока швидкість автомобіля, ослаблення поля вводиться за допомогою контактора (FW).

Опір 0,008 Ом зменшує струм і збільшує швидкість двигуна. Схема монітора ослаблення поля ідентична ланцюгу монітора обходу та знаходиться в стані високого рівня (+5 В) лише в режимі приглушення.

### **2.3.2 Механічні параметри**

Щоб правильно охарактеризувати рух транспортного засобу та роботу його трансмісії, за допомогою допоміжних датчиків визначають крутний момент карданного валу, пройдену відстань, швидкість, прискорення та нахил.

Крутний момент карданного валу вимірюється за допомогою датчика моменту моделі Lebow 1228H-10K. Датчик крутного моменту на валу з тензометричним датчиком 10K, включений в вимірювальний міст, створює вихідний сигнал, лінійно пов'язаний із крутним моментом, що передається через карданний вал.

Вихідний сигнал моста низького рівня (77,75 мВ при 1000 Нм) подається на підсилювач (рис. 20), який розрахований на опір моста 350.7 Ом на сигнальних вузлах (В і D) і має коефіцієнт підсилення першого каскаду 64.57, щоб забезпечити повний діапазон вихідних значень в межах діапазону виходу  $\pm 5$  В.

Вихідна напруга першого каскаду піддається обробці одноступінчастим фільтром низької частоти з часовою константою 0.2 с і подається на аналогову систему вводу.

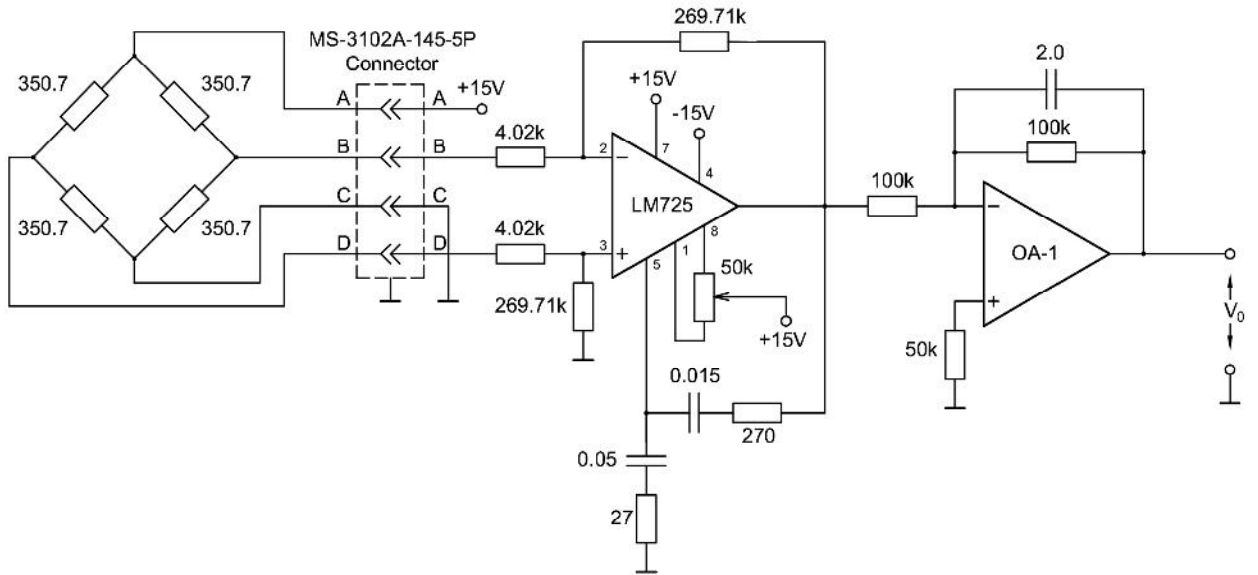


Рисунок 20 – Перетворювач і підсилювач моменту

Пройдену відстань та швидкість транспортного засобу визначають за допомогою п'ятого колеса моделі NC-7 від компанії Nucleus Corporation та пов'язаного обладнання (рис. 21), швидкість обертання якого зчитується з тахометра генератора і становить 88.6 мВ на км/год транспортного засобу.

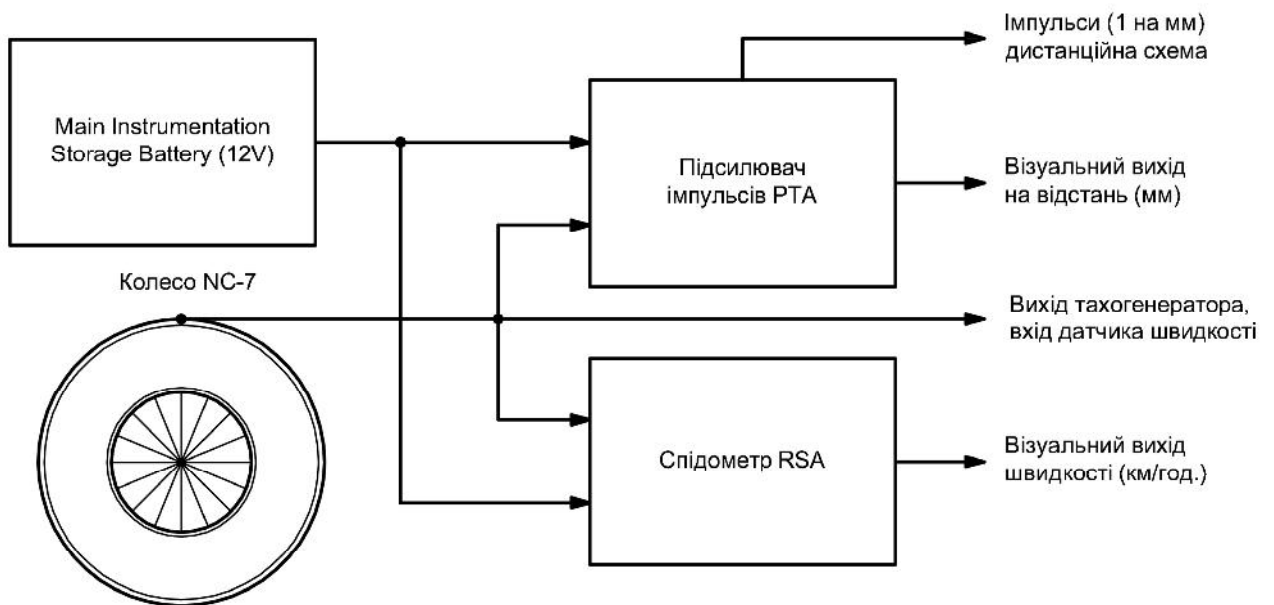


Рисунок 21 – Визначення пройдені відстані та швидкості транспортного засобу

Цей сигнал з'являється на IN-1 аналогової вхідної системи після обробки у фільтрі низької частоти, (рис. 22).

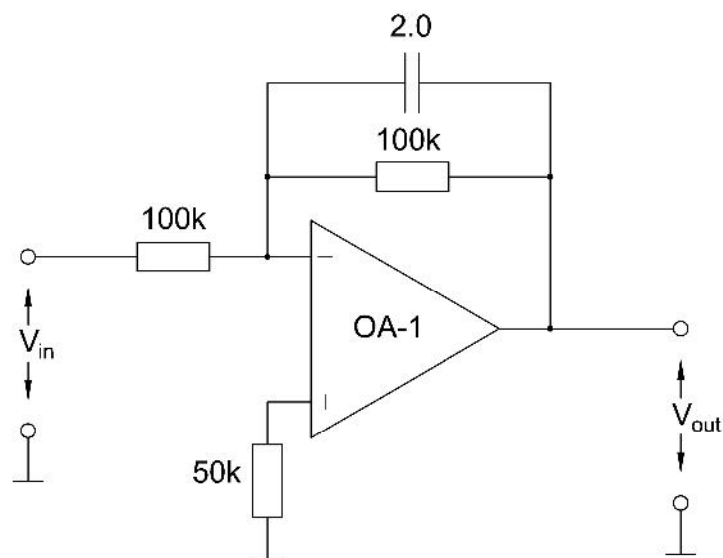


Рисунок 22 – Низькочастотний фільтр в схемі визначення швидкості

Для допомоги водієві в спостереженні за швидкістю транспортного засобу встановлено запам'ятовуючий спідометр моделі RSA від Nucleus. Інформація про відстань доступна у візуальній та цифровій формах на виходах імпульсного суматора РТА, (рис. 21).

Цифрові імпульси (один імпульс на кожен пройдений метр) формують аналоговий вихідний сигнал, пропорційний пройденій відстані, з 8-розрядного лічильника, що складається з двох синхронних 4-розрядних лічильників 74193 та цифро-аналогового перетворювача від Hybrid Systems (рис. 23).

Послідовність лічильника 0, 1, 2, ..., 254, 255, 0, 1, 2, ... разом із максимальною швидкістю транспортного засобу, що становить приблизно 20 м/с, використовується для визначення пройдені відстані транспортного засобу за останні кілька секунд: кожного разу, коли система лічильника скидається на нуль, до пройдені відстані додається 64 м за допомогою системного програмного забезпечення.

Прискорення транспортного засобу вимірюється за допомогою сервоакселерометра Kistler Instrument Model 303T102 від датчика, встановленого у передній частині автомобіля на алюмінієвій пластині товщиною 25 мм і сталевій рамі, прикріпленій болтами до підлоги автомобіля.



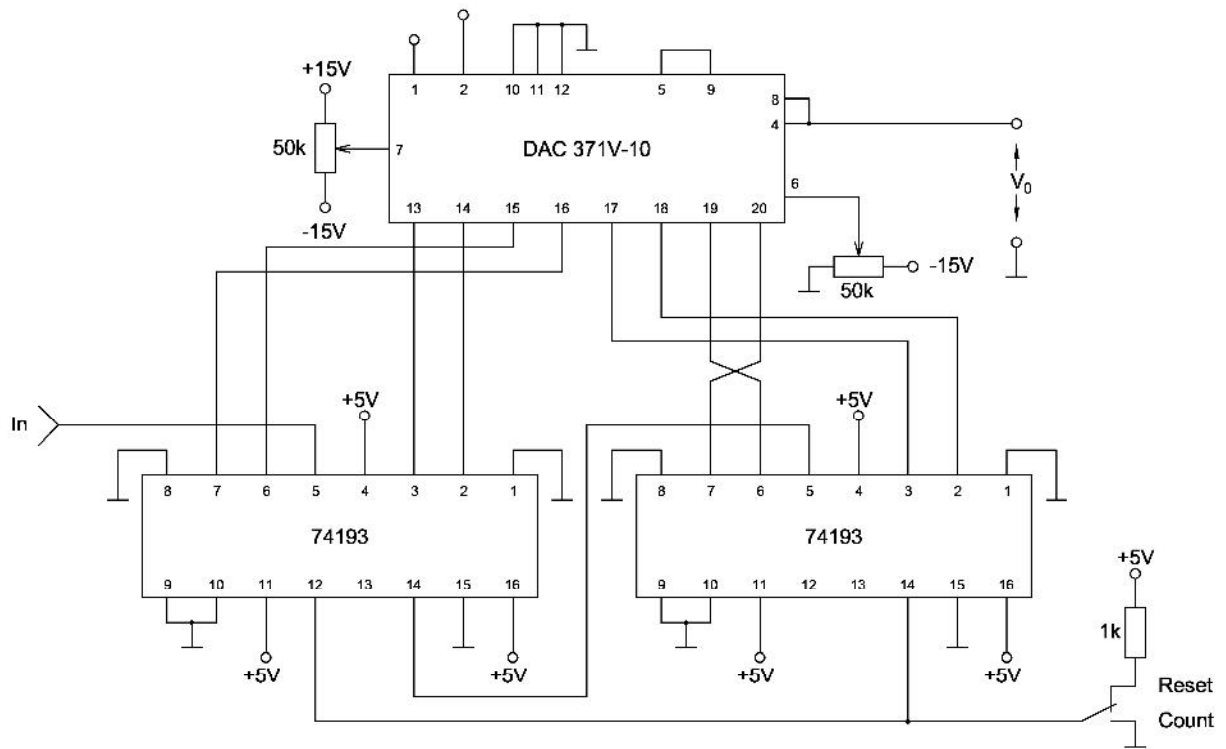


Рисунок 23 – Схема перетворювача імпульсів відстані

Акселерометр потребує стабілізованого живлення 28 В постійного струму, опір акселерометра 25,69 кОм та опір каскаду підсилення 120 кОм для отримання вихідного діапазону  $\pm 1g$  ( $g$  = прискорення від сили тяжіння), (рис. 24).

Резистор 25,69 кОм, спільно з конденсатором 8 мкФ і резистором 500 Ом, утворюють низькочастотний фільтр сигналу з ефектом затримки для обробки сигналу, забезпечуючи при цьому раціональну стабільність сервоприводу.

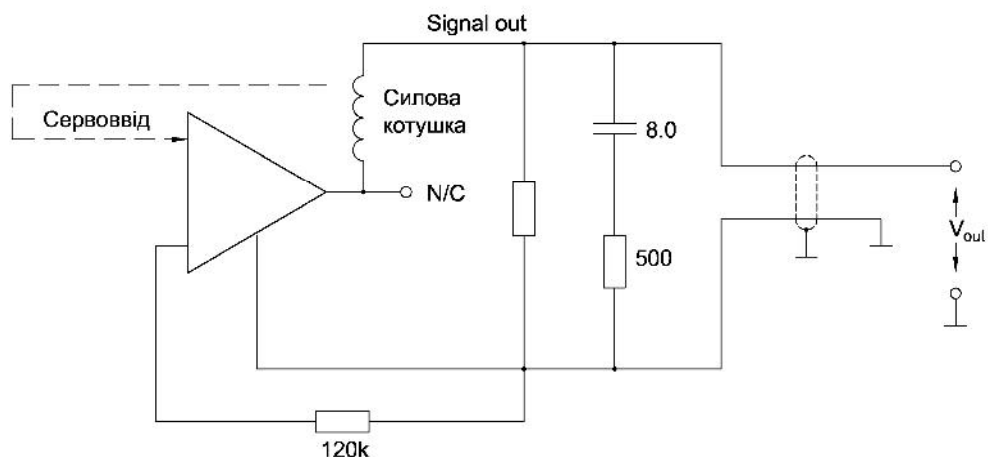


Рисунок 24 – Схема підключення акселерометра

Нахил вимірюється за допомогою гіроскопа вертикального типу моделі

N3200, який має внутрішній двигун і вентилятор для підготовки гіроскопа до роботи, тому не вимагає зовнішнього джерела стисненого повітря. Він працює від двох акумуляторів 12 В, які забезпечують початковий струм 3А при запуску гіроскопа. Інформація про нахил знімається з потенціометра 2 кОм, який забезпечує кутовий діапазон  $\pm 55^\circ$ , з'єднання виконані так, що позитивний/негативний сигнал відповідає підйому/спуску відповідно. Цей сигнал подається на вхід аналогової системи вводу (рис. 25).

### 2.3.3 Інші параметри

Важливими величинами, які вимірюються, але безпосередньо не належать до механічних чи електричних, є інтервал часу між наборами вимірювань і температури електроліту акумулятора.

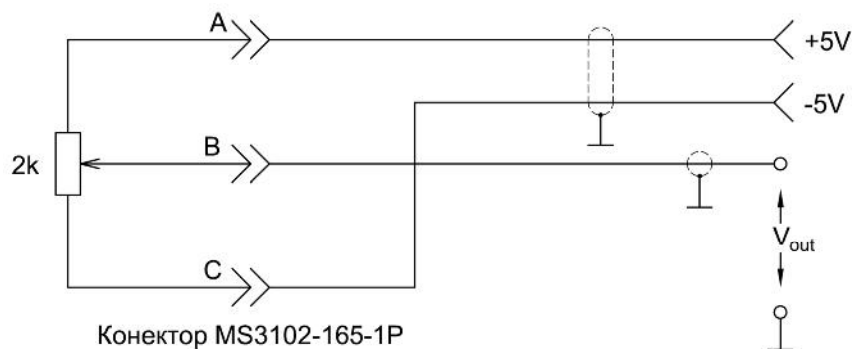


Рисунок 25 – Аналогова система вводу

Час між наборами вимірювань генерується еталонним мікропроцесором, який керується процесором 1 МГц. Мікропроцесору потрібно приблизно 160 мс, щоб отримати, зберегти та перенести дані на пристрій зберігання даних. Потім він потрапляє в цикл часу, довжина якого була скоригована методом проб і помилок, і виходить із цього циклу через 1 с після початкового початку збору даних, таким чином генеруючи набори вимірювань з інтервалом в одну секунду.

Ефективність батареї та термін служби залежать від температури. Температура електроліту батареї контролюється для визначення критичних значень, які виникають під час роботи. Оскільки початкова система термопар була ненадійною через низький рівень сигналу (2 мВ) і високу синфазну напругу, вона

була замінена на перетворювач температури AD590L з двома контактами. Цей пристрій створює вихідний струм, прямо пропорційний абсолютній температурі, з виходом  $1 \text{ мкА}/^\circ$  і загальною точністю  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Схема на рис. 26, забезпечує джерело постійної опорної напруги для цих перетворювачів і операційних підсилювачів, які зміщують вихідну напругу, створювану AD590L і навантажувальним резистором  $10 \text{ кОм}$  в діапазоні температур від  $-5$  до  $+55^\circ \text{C}$ . Конденсатор  $1 \text{ мкФ}$  у поєднанні з резистором  $10 \text{ кОм}$  працює як фільтр низьких частот для зменшення шуму системи.

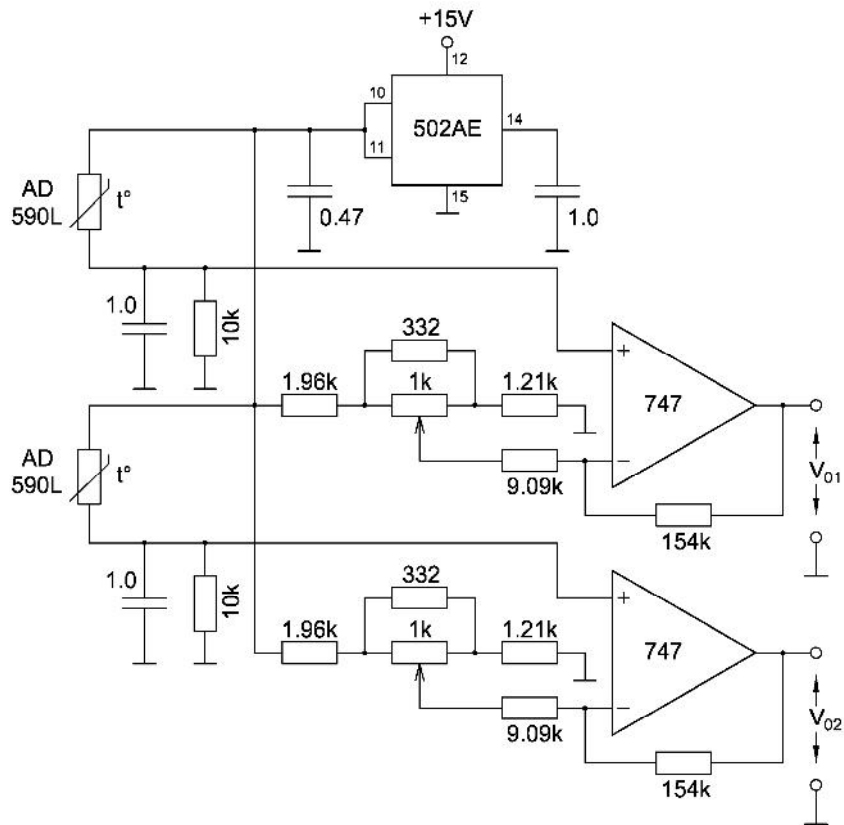


Рисунок 26 – Схема підключення датчика температури

Конструктивно пристрій для вимірювання температури акумулятора (рис. 27), складається з скляної трубки довжиною  $100 \text{ мм}$  і діаметром  $6 \text{ мм}$ , в якій один кінець запаяний. Після підключення температурного датчика і розміщення його в трубці, приблизно до середини трубки додають мінеральне масло, а трубку поміщають у кришку акумулятора, фіксуючи її на місці за допомогою гумових кілець. Далі складений пристрій поміщають у акумулятор, проводи закріплюють зверху скляної трубки, а трубку натискають донизу до контакту з захисною пластиною.

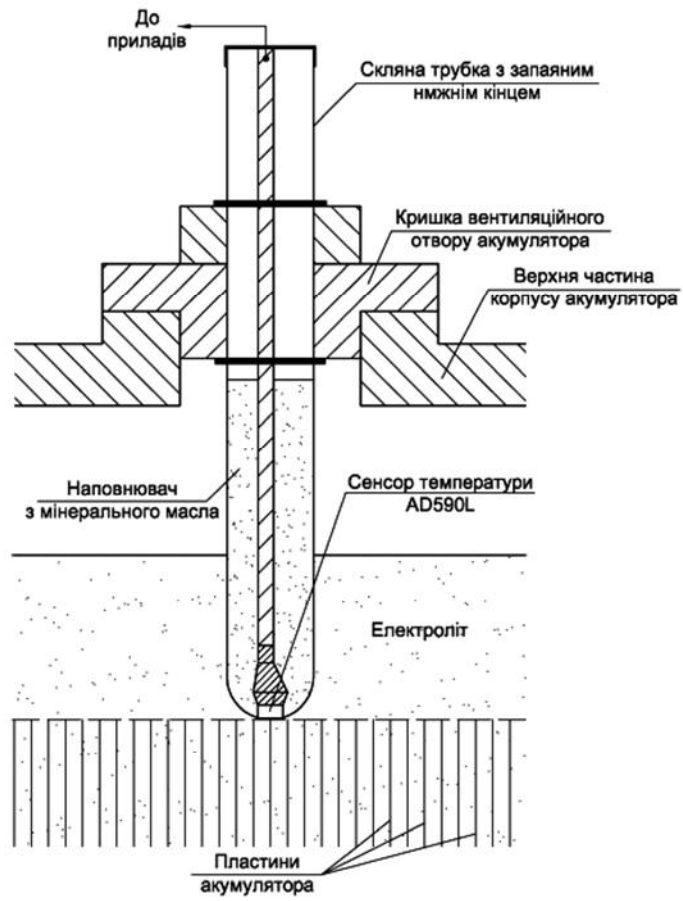


Рисунок 27 – Конструкція пристрою для вимірювання температури

## 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка алгоритму роботи системи збору даних

Розробка алгоритму роботи системи збору даних для електромобіля є досить складною задачею, оскільки вона включає в себе багато факторів, таких як збір та аналіз різних параметрів автомобіля, моніторинг його роботи, а також збір інформації з різних датчиків та систем автомобіля.

Загальну структуру алгоритму роботи системи збору даних для електромобіля можна представити у вигляді таких етапів.

1. Визначення параметрів для збору даних: спочатку потрібно визначити, які параметри електромобіля потрібно збирати. Це можуть бути дані про заряд батареї, швидкість, пробіг, енергоспоживання та інші важливі показники.
2. Вибір датчиків: для збору даних можна використовувати різні датчики, такі як датчики рівня заряду батареї, GPS, датчики швидкості, температури, прискорення тощо. Вибір датчиків залежить від параметрів, збирають та аналізують.
3. Збір даних: розробляють механізм для збору даних з вибраних датчиків. Це може включати в себе встановлення відповідних пристроїв та програмного забезпечення для збору, обробки та зберігання даних.
4. Обробка даних: отримані дані потрібно обробити, щоб вони були готові для аналізу. Це може включати фільтрацію шуму, калібрування датчиків, конвертацію одиниць вимірювання, агрегацію даних та інші операції для поліпшення якості та коректності даних.
5. Збереження даних.

Окрім збору даних, система повинна мати можливість передавати їх на зовнішні пристрої для віддаленого моніторингу та аналізу. Також, важливо забезпечити безпеку зберігання та передачі даних, щоб запобігти несанкціонованому доступу до них.

Розробка ефективного алгоритму збору даних для електромобіля може допомогти покращити його продуктивність та збільшити термін його експлуатації.

Велика кількість даних, створених під час збору, обробляється, зберігається та роздруковується комп'ютерами, які легко забезпечують гнучкість і необхідні можливості. Як зазначалося раніше, задіяні комп'ютери двох типів: мікропроцесор, який є основою системи збору даних, і зовнішній обчислювальний комплекс.

Під час збору даних бортовий комп'ютер керує як аналоговою системою введення, так і системою зберігання даних. Після ініціалізації мікропроцесор запускає АЦП на першому інформаційному каналі, робить паузу 40 мкс, направляє значення даних в пам'ять і додає його до контрольної суми. Цей процес повторюється, доки не буде оброблено всі 16 каналів і дані не збережено в пам'яті. Далі починається процес запису, і початкове слово, яке є лічильником приросту часу, надсилається до UART, а потім 16 зразків даних, контрольна сума та стоп-слово, яке є номером циклу даних. Між кожним елементом, надісланим до UART, мікропроцесор чекає на один символ, щоб уникнути помилок кадрів та перевиконання під час відтворення даних.

Мікропроцесор зупиняє запис приблизно 840 мс, ініціює запис даних знову, потім повторює весь цей процес, доки не завершиться запуск даних на обробку. Під час відтворення мікропроцесор повинен передавати дані з пристрою зберігання в пам'ять і виводити символи, що представляють ці дані, на головний комп'ютер.

Формат передачі – два шістнадцяткових символи ASCII, що представляють кожен 8 біт даних.

На рис. 28 наведено кроки, які виконує мікропроцесор для передачі даних. Після ініціалізації запускається пристрій зберігання даних, дані перевіряються на початкове слово, яке потім зберігається та додається до контрольної суми. Вісімнадцять елементів даних, що залишилися (контрольна сума, 16 слів даних і стоп-слово) переносяться в пам'ять, ПЗД зупиняється, а контрольна сума, початкове і стоп-слово тестуються і перевіряються: якщо будь-яке з них неправильне, мікропроцесор передає «00» і вибирає наступний набір даних.

Кожне слово даних розбивається на старші та нижні чотири біти, ці біти перетворюються на символи ASCII і передаються, спочатку старші, потім

молодші біти. Після всіх 19 полів (38 символів) надсилається повідомлення про переведення рядка, ПЗД перезапускається, і весь процес повторюється, доки не буде передано всі дані.

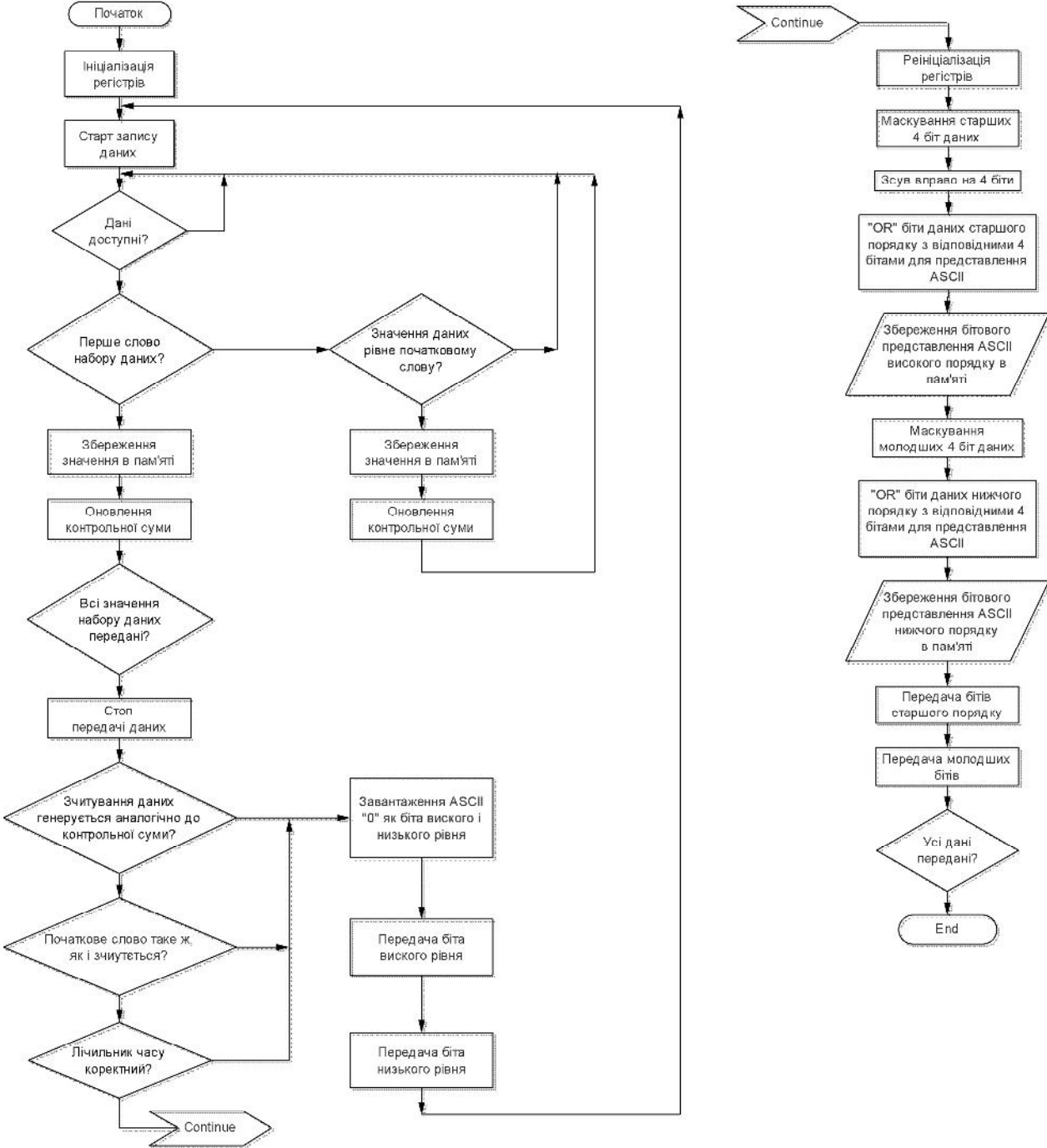


Рисунок 28 – Алгоритм відтворення даних

### 3.2 Дослідження роботи системи збору даних

За допомогою системи збору даних можна здійснити кілька типів запусків. Кожен тестовий запуск вимагає встановлення системи реєстрації даних на борту транспортного засобу, активації систем живлення, завантаження програмного забезпечення, підготовка носія інформації, скидання різних компонентів системи в вихідний стан. Тест розпочинається натисканням кнопки «GO» на клавіатурі мікропроцесора, і збір даних автоматично відбувається до натискання кнопки «ST». Цю процедуру можна повторювати для здійснення будь-якої кількості запусків. Після попередніх пробних запусків для калібрування та відлагодження збору даних можна провести випробування системи в цілому.

Випробування системи збору даних проводилось на випробувальному полігоні по кількох маршрутах і в різних режимах руху (рис. 29).

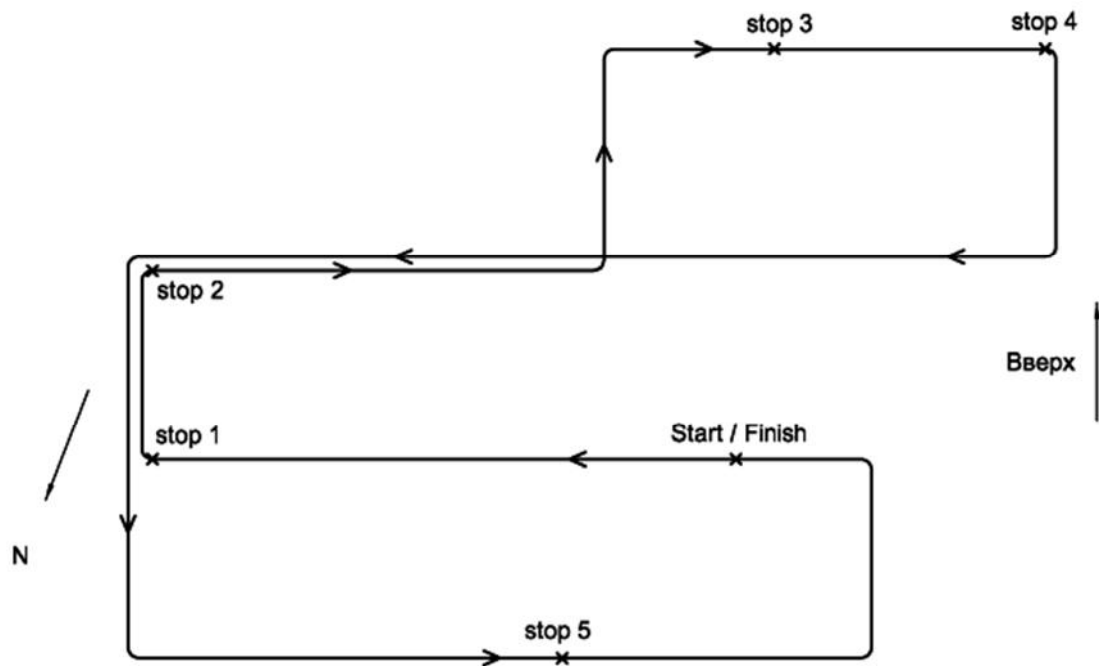


Рисунок 29 – Схема випробувальної траси

Найбільший зафіксований крутний момент (686 Н·м) спостерігався на 194 с після третьої зупинки, з відповідно великою силою струму батареї (323 А). Загальна відстань маршруту становить 2059 м, а максимальна швидкість становить 58,8 км/год після роботи з обмеженням поля та обходом. Напруга



батареї знизилась до 89,6 В на 254 с після старту і збільшилась, коли струм знизився (від 254 до 266 секунд). Температура електроліту зросла на 1,3°C та 1,0°C у зовнішніх та центральних елементах відповідно протягом всього часу роботи (412 с). Середній показник швидкості автомобіля протягом часу для розгону з повним прискоренням наведено на рис. 29. Середні дані про прискорення 0-30 км/год показують час 5.8 с, а 0-50 км/год – 16.5 с. Максимальна швидкість приблизно 67 км/год була досягнута через 60 с. Дані про зупинку були зібрані, розганяючи автомобіль до приблизно 65 км/год, відпускаючи педаль акселерометра та дозволяючи автомобілю вільно котитися до зупинки, (рис. 30). Протягом 92 с, необхідних для зупинки автомобіля, відбувалася майже постійне гальмування. Зі збільшенням швидкості зростає також цикл роботи, (рис. 31). Хоча крутий момент на валу приводу та напруга батареї не змінюються значно, енергія, витрачена з батареї, збільшується: струм батареї зростає втричі при зміні швидкості з 8,2 до 47,7 км/год. Відповідно енергія, витрачена на кожен кілометр, зменшується зі збільшенням швидкості автомобіля: при 40 км/год потрібно 1,31 МДж для подолання одного кілометра. Дальність поїздки на кожній швидкості була розрахована за допомогою ємності ампер-годин батареї, вимірної швидкості та струму батареї та з урахуванням розряду батареї. Ці результати (рис. 32) показують, що дальність поїздки зростає на 40-50 км/год, загалом можна очікувати 80-100 км дальності.

Запас ходу автомобіля на кожній швидкості розраховувався з використанням ємності батареї в ампер-годинах, вимірної швидкості та струму батареї та припущення про розряд батареї.

Попередні результати дослідження транспортного засобу зображені на рис. 34-37. Кожен графік показує як експериментальні дані, так і результати моделювання як функції часу.

Експериментальні результати, як правило, дещо вищі, ніж результати моделювання. Найбільші розбіжності виникають при високих швидкостях.

Подальші результати моделювання для різних параметрів планується одержати після синтезу моделі.

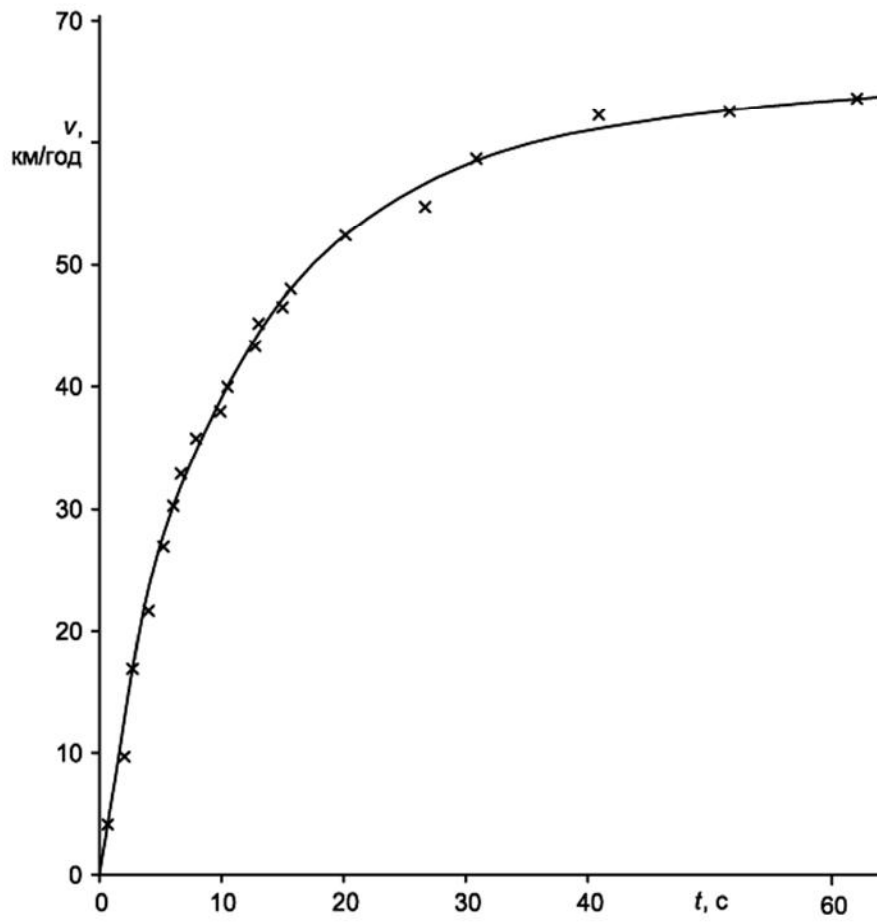


Рисунок 30 – Залежність швидкості від часу при натисканні педалі акселератора

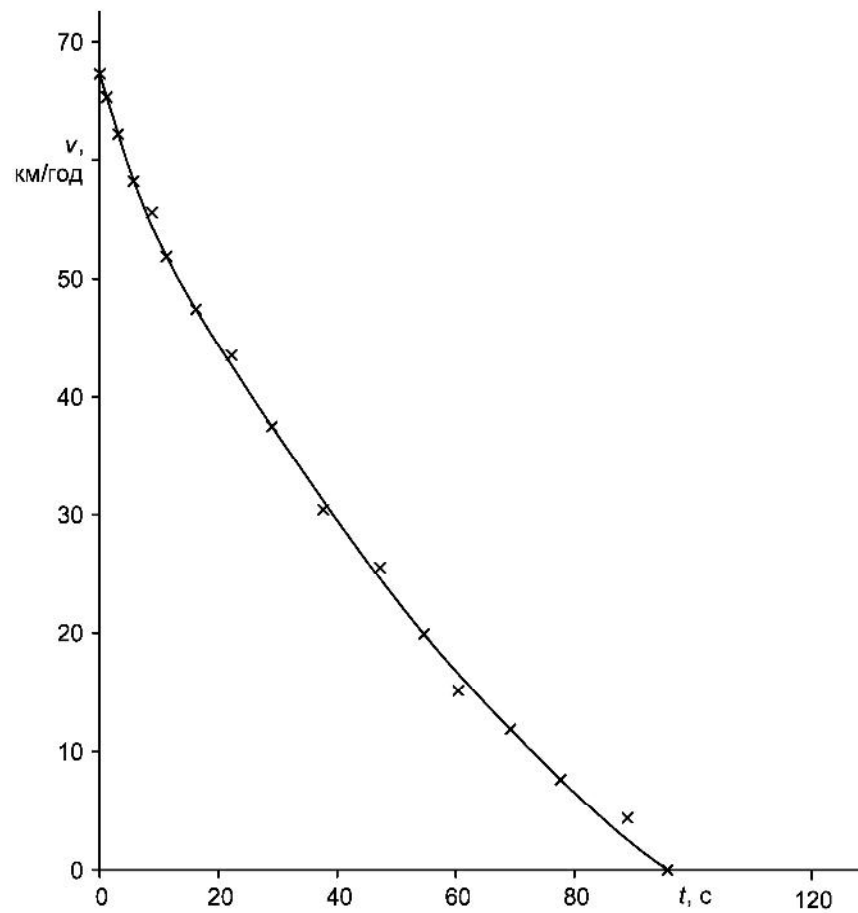


Рисунок 31 – Середні значення швидкості

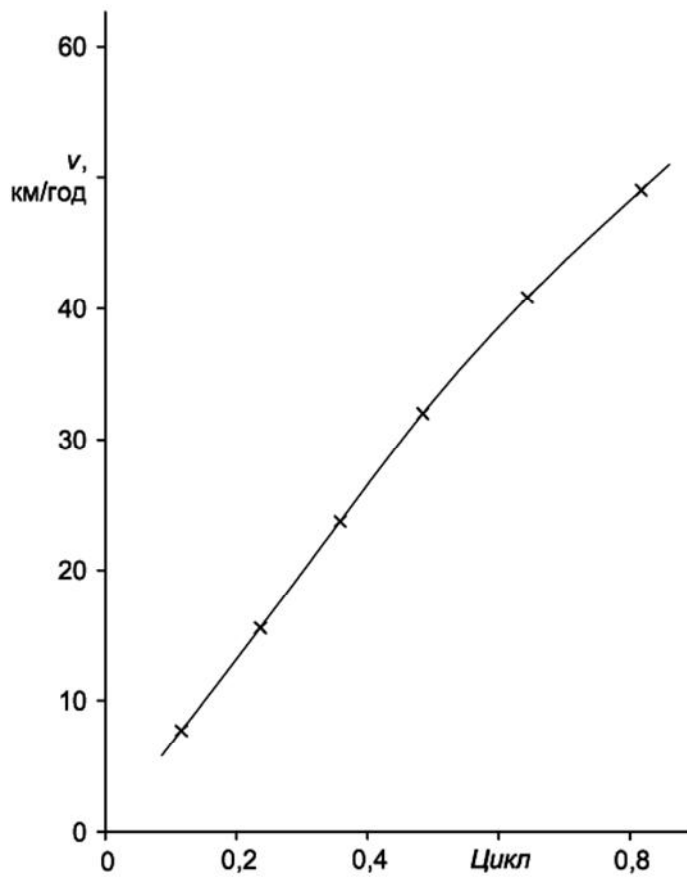


Рисунок 32 – Зміна швидкості протягом робочого циклу

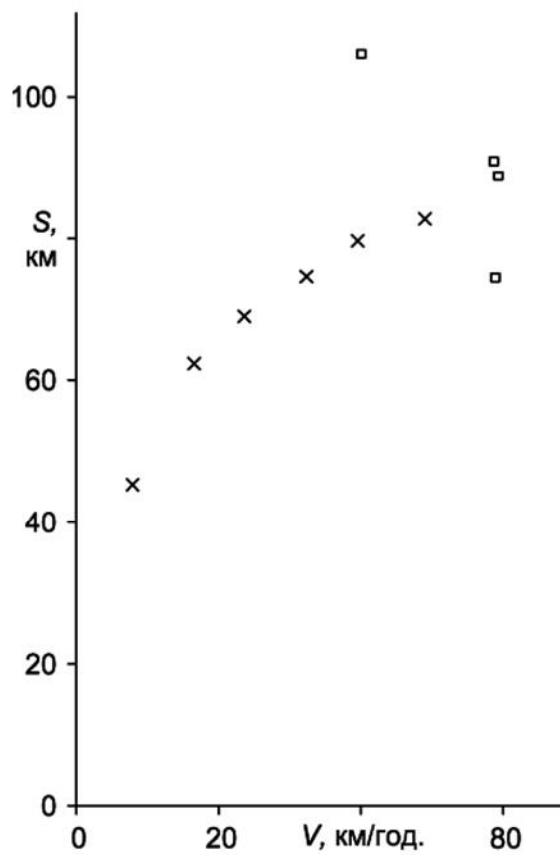


Рисунок 33 – Дані про пробіг транспортного засобу при постійній швидкості

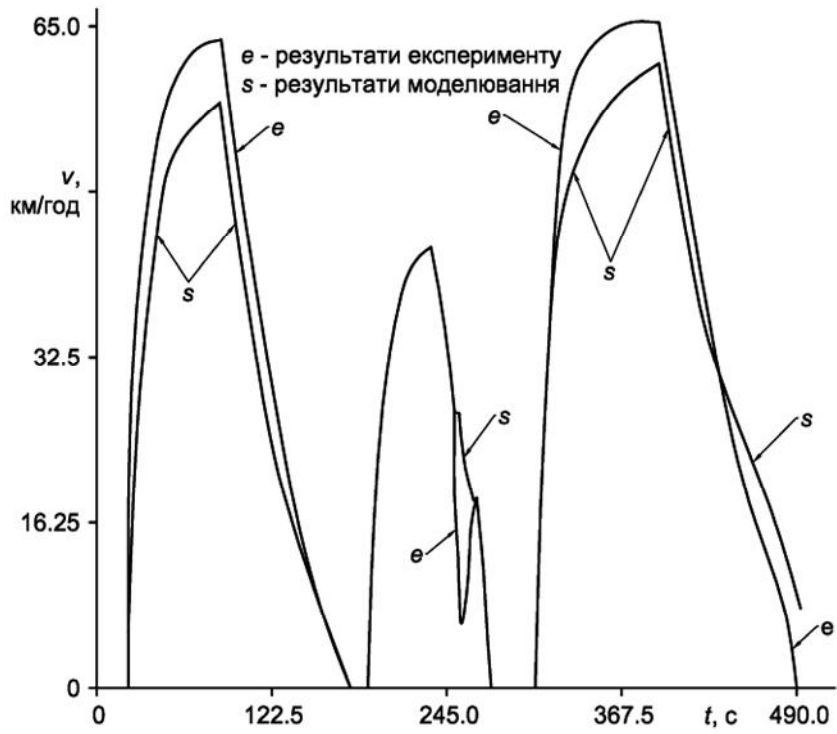


Рисунок 34 – Порівняння результатів моделювання та експерименту: зміна швидкості в часі

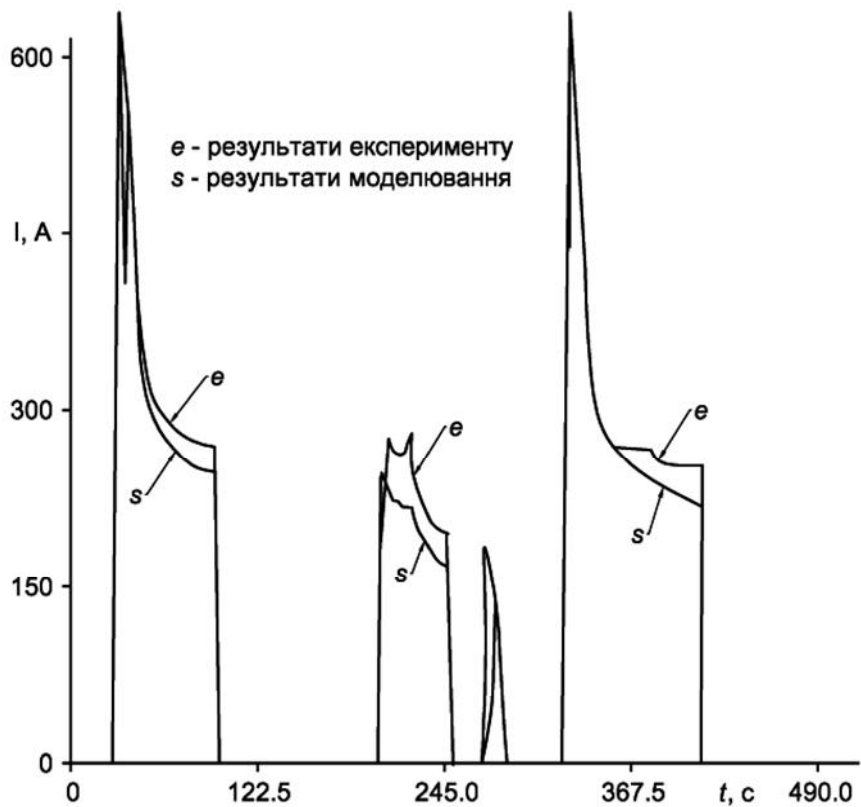


Рисунок 35 – Порівняння результатів моделювання та експерименту: зміна струму батареї в часі

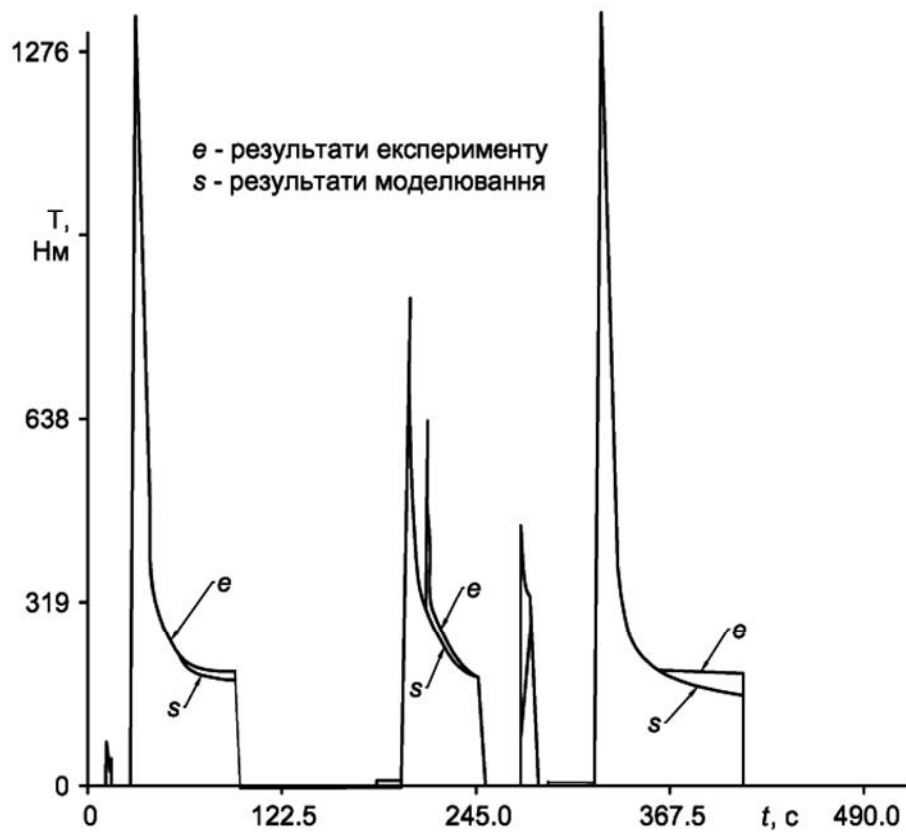


Рисунок 36 – Порівняння результатів моделювання та експерименту: зміна крутного моменту в часі

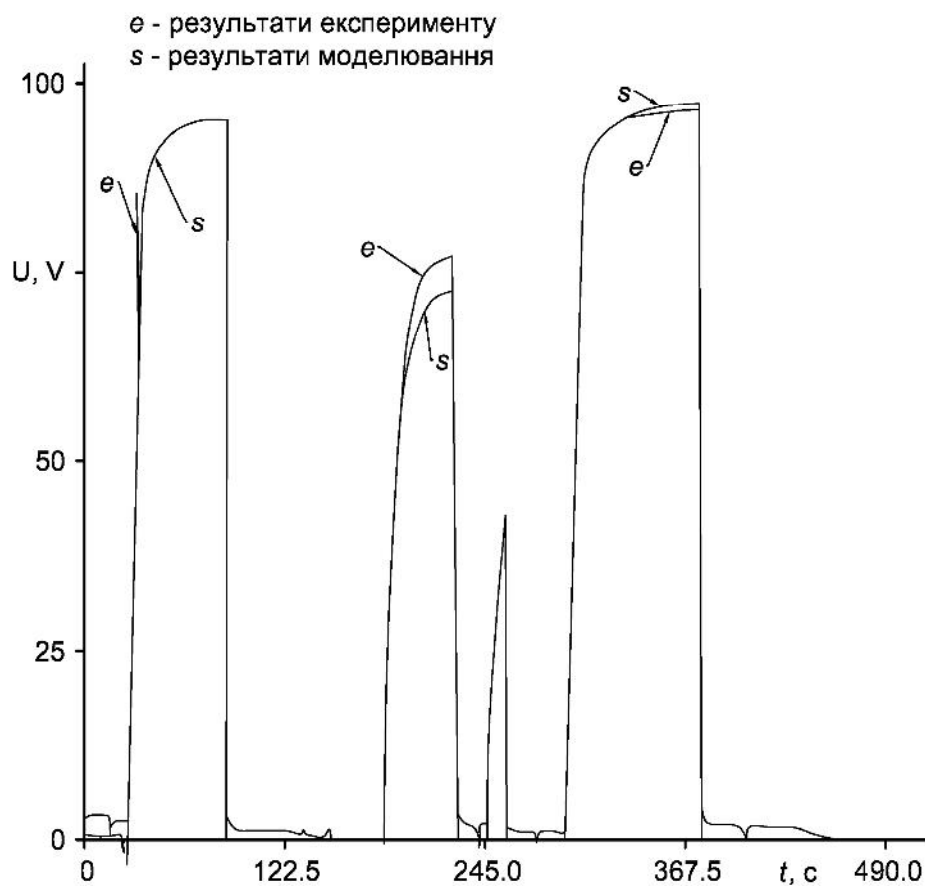


Рисунок 37 – Порівняння результатів моделювання та експерименту: зміна напруги в часі

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація**

В Україні щороку виникають тисячі тяжких надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Нині в багатьох областях України у зв'язку з військовими діями, небезпечними природними явищами, аваріями і катастрофами обстановка характеризується як дуже складна.

Як свідчить практика, для роботи в районі надзвичайної ситуації потрібне залучення значної кількості людських, матеріальних і технічних ресурсів. 24 березня 2004 року Постановою Кабінету Міністрів України №368 «Про затвердження порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями» затверджено «Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій за їх рівнями».

За характером походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняються надзвичайні ситуації:

- техногенного характеру – транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове зруйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо.
- природного характеру – небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери тощо.
- соціально-політичного характеру, пов'язані з протиправними діями терористичного й антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем

зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, захоплення, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, зникнення (крадіжка) зброї, виявлення боєприпасів тощо.

- воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні чинники ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних й інженерних комунікацій тощо.

Крім того, відповідно до територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, за класифікаційними ознаками визначаються чотири рівні надзвичайних ситуацій:

Надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня – це надзвичайна ситуація, що розвивається на території двох та більше областей або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріали і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремої області, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету.

1. Надзвичайна ситуація регіонального рівня – це надзвичайна ситуація, що розвивається на території двох або більше адміністративних районів або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше 1% обсягу видатків бюджету.

2. Надзвичайна ситуація місцевого рівня – це надзвичайна ситуація, що виходить за межі потенційно небезпечного об'єкта, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкта, але не менш одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні ситуації, що

виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, які не входять до затверджених переліків потенційно-небезпечних об'єктів.

3. Надзвичайна ситуація об'єктного рівня – це надзвичайна ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Подальша класифікація як природних, так і техногенних надзвичайних ситуацій може бути проведена за такими ознаками: загальна причина виникнення, вид прояву, сфера, наслідки, терміни та масштаб прояву.

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрація на них агрегатів і установок великої і надвеликої потужності, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях – все це збільшує вірогідність виникнення техногенних аварій. Надзвичайні ситуації техногенного походження містять у собі загрозу для людини, економіки і природного середовища або здатні створити її внаслідок ймовірного вибуху, пожежі, затоплення або забруднення (зараження) навколишнього середовища.

Надзвичайні ситуації виникають, як правило, на потенційно техногенно небезпечних виробництвах. До них належать у першу чергу хімічно небезпечні об'єкти, радіаційно небезпечні об'єкти, вибухо- та пожежонебезпечні об'єкти, а також гідродинамічно небезпечні об'єкти. За останні роки значно зросла також небезпека від аварій та катастроф на транспорті.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру заведено класифікувати за такими основними ознаками:

- за масштабами наслідків (об'єктового, місцевого, регіонального і загальнодержавного рівня);
- за галузевою ознакою (надзвичайні ситуації – у сільському господарстві; у лісовому господарстві; у заповідній території об'єкти особливого природоохоронного значення; у водоймах; матеріальних об'єктах – об'єктах інфраструктури, промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства та населення – персонал підприємств та установ, мешканці житлових будинків, пасажери транспортних засобів тощо).



Аварії техногенного характеру класифікуються також з урахуванням критеріїв розміру заподіяних чи очікуваних економічних збитків.

#### **4.2 Характеристика небезпечних зон обладнання і розробка заходів безпеки**

Безпека технологічних процесів визначається безпекою виробничого обладнання, оснащення, сировини і матеріалів, що використовуються. Вона повинна забезпечуватися комплексом проектно-конструкторських та організаційно-технологічних рішень, які полягають в раціональному виборі як усього технологічного процесу, так і окремих технологічних операцій; підборі виробничого обладнання та приміщень; у виборі способів транспортування та умов зберігання матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва.

Для забезпечення вимог безпеки виробниче обладнання повинно бути безпечним при монтажі, експлуатації та ремонті як окремо, так і в складі комплексів і технологічних схем.

Небезпечна зона обладнання – це простір, у якому можливий вплив на працюючого небезпечного або шкідливого виробничого фактору. Небезпечна зона може бути локалізована навколо або поблизу рухомих елементів обладнання (зубчастих, пасових або ланцюгових передач, обертових частин, різального інструменту тощо), або зумовлюватися можливістю враження електричним струмом, дією електромагнітних, іонізуючих, лазерних, ультрафіолетових та інфрачервоних випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих газів, парів і пилу, а також можливістю травмування стружкою, що відлітає.

Розміри небезпечної зони в просторі і в часі можуть бути постійними (наприклад, зона між пуансоном і матрицею в пресах) і змінними (наприклад, радіус відльоту стружки може змінюватися в залежності від властивостей матеріалу, що обробляється і режимів різання).

Для забезпечення безпеки повинні передбачатися пристрої, які виключають або можливість попадання працюючих в небезпечну зону обладнання, або послаблюють чи виключають дію небезпечного фактору.

Конструктивні частини обладнання повинні виключати можливість їх випадкового пошкодження, яке може викликати небезпеку. Конструктивні матеріали не повинні бути небезпечними або шкідливими. Застосування нових матеріалів та речовин, які не пройшли відповідних перевірок, не допускається.

Рухомі частини обладнання, які становлять небезпеку для працюючих, повинні огорожуватися або оснащуватися іншими засобами захисту. Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового дотику працюючих до гарячих чи переохолоджених частин, а також елементів, що мають гострі кромки і кути. Повинен бути передбачений захист від враження електричним струмом, в тому числі і у випадку помилкових дій персоналу, а також виключена можливість нагромадження зарядів статичної електрики в небезпечній кількості.

Конструкція обладнання повинна забезпечувати виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, вібрації, шкідливих випромінювань. Обладнання не повинно служити джерелом виділення в робочу зону виробничих приміщень шкідливих речовин вище гранично допустимих концентрацій, а також великих кількостей тепла і вологи, які погіршують метеорологічні умови.

Обладнання повинно оснащуватися засобами сигналізації про порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках – засобами аварійного зупинки та відключення.

Для запобігання небезпеці при несподіваному відключенні енергії всі робочі, підйомні та захоплюючі органи і механізми повинні бути оснащені захисними пристроями, які виключають викид чи випадання виробів або інструменту. Також повинна бути виключена можливість самовільного включення приводів робочих органів при повторному включенні енергії після її випадкового відключення.

Органи управління повинні забезпечувати надійність запуску і швидкість зупинки, зручність застосування, зусилля для їх переміщення повинні бути невеликими. Вони повинні мати зручні для роботи і безпечні форму і розміри, а їх конструкція повинна виключати можливість мимовільного ввімкнення та вимкнення, а також здійснення неправильної послідовності операцій.

Органи управління повинні мати символічні позначенні або відповідні надписи. Органи аварійного управління повинні бути пофарбовані в червоний колір, оснащені відповідними надписами і розташовані в легкодоступних місцях.

Засоби захисту, яку є конструктивними елементами обладнання, повинні постійно виконувати свої захисні функції: спрацьовувати при проникненні людини в небезпечну зону обладнання, при появі небезпечного або шкідливого фактору. Їх дія повинна продовжуватися на протязі всього часу дії цього фактору.

При відключених, несправних або знятих засобах захисту обладнання не повинно функціонувати, тобто воно повинно автоматично відключатися і повинна бути виключена можливість його включення до відновлення засобів захисту. Засоби захисту повинні здійснювати самоконтроль або бути легкодоступними для контролю та обслуговування.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи була розроблена та досліджена автоматизована система збору даних для отримання інформації про електромобіль. Ця система є мікропроцесорною та взаємодіє з різними встановленими на автомобілі датчиками для вимірювання напруги батареї, струму та температури електроліту, напруги двигуна, робочого циклу контролера, крутного моменту привода, пройденої відстані, швидкості руху, прискорення та кута нахилу. Система записувала дані на цифровий носій під час руху по різних маршрутах з різним рельєфом. Ці дані оброблялися за допомогою відповідного апаратного та програмного забезпечення і були використані для синтезу та перевірки розробленої моделі. Експериментальні дані підтверджуються попередніми результатами дослідження експериментально-статистичної моделі першого порядку, а оптимізація моделі дозволить отримати ще більш точні співвідношення для проведення подальших досліджень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
2. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: «Думка», 2010. 152 с.
3. Бороденко Ю.М., Биков О.М., Дзюбенко О.А. Діагностика мехатронних систем автомобіля. Х.: ХНАДУ, 2016. 320 с.
4. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов Б.П. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів. Х.: В-во «Майдан», 2015. 388 с.
5. Гайченко В.А., Коваль Г.М. Основи безпеки життєдіяльності людини: Навчальний посібник. К.: МАУП, 2002. 226 с.
6. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. В 4 т. Київ: 1995. 1997.
7. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.
8. Кашканов В. А., Кашканов А.А., Кужель В.П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.
9. Кір'янов О. Ф., Мороз М. М., Бойко Ю. О. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посіб. Харків: «Друкарня Мадрид», 2015. 272 с.
10. Локазюк В. М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах: Навч. посіб. для вузів. К.: Академія, 2002. 368 с.
11. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
12. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174

«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.

13. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов та ін. // Науковий журнал: Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2014. Вип. 12. С. 15-23.
14. Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.
15. Шавьолкін О. О., О.М. Наливайко. Перетворювальна техніка : навч. посібник Краматорськ : Донбаська ДМА, 2018. 328 с
16. INAKI G. Management of Electric Vehicle Battery Charging in Distribution Networks : дис. канд. техн. наук / INAKI GRAU UNDA Cardiff, 2012. 164 p.
17. Yang, W.; Zhou, H.; Liu, J.; Dai, S.; Ma, Z.; Liu, Y. Market evolution modeling for electric vehicles based on system dynamics and multi-agents. In Proceedings of the 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST), Vienna, Austria, 8-11 September 2015; pp. 133-138.