

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та
робототехніки
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР _____
(підпис)

« 03 » 11 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Лисенко Іллі Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення системи автоматизованого охолодження для
акумуляторних батарей автономного ходу електричного транспортного
засобу»

Затверджена наказом по університету від 03.11.2023р. №1288 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Технічна документація тролейбусів PTS 12;

3.2 Плата розробника ROBOTDYN R3;

3.3 Програмне середовище для програмування мікроконтролерів Arduino –
Arduibo IDE;

3.4 Інтерфейс зв'язку – CAN.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ

4.2 Аналіз технічного завдання та предметної області;

4.3 Аналіз готових інженерних рішень та моделей;

4.4 Розробка та підбір апаратної частини системи;

4.5 Розробка схеми електричної принципової;

4.6 Розробка програмного забезпечення для системи;

4.7 Експериментальні дослідження та налаштування;

4.8 Розробка заходів з охорони праці під час роботи з комп'ютером;

4.9 Висновки;

4.10 Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Графічний демонстраційний матеріал у форматі Power Point

(* .ppt) – 15 сторінок

6. Консультанти розділів роботи

| Найменування розділу | Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові) | Позначка керівника про виконання розділу | |
|----------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|
| | | підпис | дата |
| | | | |
| | | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз вхідної інформації та вимог ТЗ | 04. 11. 23 р. | Виконано |
| 2 | Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи | 07. 11. 23 р. | Виконано |
| 3 | Розробка СЕП та підбір компонентів | 15. 11. 23 р. | Виконано |
| 4 | Розробка ПЗ системи | 20. 11. 23 р. | Виконано |
| 5 | Експериментальні дослідження | 28. 11. 23 р. | Виконано |
| 6 | Налаштування системи | 02. 12. 23 р. | Виконано |
| 7 | Описання вимог охорони праці | 05. 12. 23 р. | Виконано |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки | 15. 12. 23 р. | Виконано |
| 9 | Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk | | |
| 10 | Подання роботи на рецензію | | |
| 11 | Подання роботи на підпис зав. кафедри | | |
| 12 | Подання кваліфікаційної роботи в ЕК | | |

Дата видачі завдання 03.11.2023 р.

Студент Лисенко І. Д.
(підпис)

Керівник роботи доц. Іванов Л. С.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

23.01.2024р



Лисенко Ілля Дмитрович

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 70 с., 11 табл., 33 рис., 2 дод., 20 джерел.

АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ АВТОНОМНОГО ХОДУ, КОНТРОЛЬ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ, PTS-12.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого контролю температурних режимів в акумуляторних батареях автономного ходу.

Предмет дослідження – система охолодження акумуляторних батарей автономного ходу в тролейбусі PTS-12.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка системи автоматизованого охолодження акумуляторних батарей автономного ходу за допомогою пластин з рідинним охолодженням та автоматизованим контролем для тролейбусу PTS-12.

В ході виконання атестаційної роботи був проведений аналіз існуючих способів охолодження акумуляторних батарей, був проведений аналіз конструкції акумуляторної батареї автономного ходу та розроблено систему автоматизованого охолодження акумуляторних батарей автономного ходу, зокрема для тролейбусу PTS-12.

Тема роботи актуальна, оскільки в тролейбусах PTS-12 охолодження акумуляторних батарей автономного ходу відсутнє. Також кваліфікаційна робота має реального замовника, а саме КП «Тролейбусне депо №2» міста Харків. Згідно договору, було отримано матеріали для дослідження та проведено аналіз проблеми для її подальшого вирішення.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 70p., 11 tabl., 33 fig., 2 app., 20 sources.

AUTONOMOUS BATTERY, CONTROL, SYSTEM FOR AUTOMATED COOLING, PTS-12.

The object of research is the process of automated control of temperature conditions in autonomous batteries.

The subject of research is the cooling system for the autonomous running batteries in the PTS-12 trolleybus.

The purpose of the qualification work is to develop a system for automated cooling of autonomous batteries using liquid-cooled plates with automated control for the PTS-12 trolleybus.

In the course of the qualification work, an analysis of existing methods of cooling batteries was carried out, the design of the autonomous battery was analyzed, and an automated cooling system for autonomous batteries was developed, in particular for the PTS-12 trolleybus.

The topic of the work is relevant, since there is no cooling of the autonomous battery in the PTS-12 trolleybuses. Also, the qualification work has a real customer, namely the Municipal Enterprise "Trolleybus Depot No. 2" in Kharkiv. According to the contract, materials for the study were obtained and the problem was analyzed for its further solution.

ЗМІСТ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Скорочення та умовні позначки | 8 |
| Вступ | 9 |
| 1 Загальні характеристики акумуляторних батарей та способи їх застосування | 11 |
| 1.1 Акумуляторні батареї та їх різновиди | 13 |
| 1.2 Аналіз побудови та принципу роботи акумуляторних батарей .. | 15 |
| 1.3 Основні характеристики акумуляторних батарей..... | 16 |
| 1.4 Види та класифікація автомобільних акумуляторних батарей ... | 23 |
| 1.5 Автоматизація в технологічних процесах | 26 |
| 1.6 Автоматизовані системи управління та її функції..... | 30 |
| 1.7 Висновки до розділу 1 | 31 |
| 2 Обґрунтування необхідності розроблення системи автоматизованого охолодження | 32 |
| 2.1 Недоліки роботи АБАХ на тролейбусі | 32 |
| 2.2 Проблема нагрівання АБАХ у тролейбусі PTS-12 | 34 |
| 2.3 Існуючі способи усунення проблеми перегріву АБАХ | 36 |
| 2.4 Вибір системи охолодження та її обґрунтування | 37 |
| 2.5 Висновок до розділу 2 | 38 |
| 3 Розроблення системи автоматизованого охолодження | 38 |
| 3.1 Описання основних вимог до системи | 38 |
| 3.2 Розробка структурної схеми системи | 40 |
| 3.3 Підбір компонентів системи | 50 |
| 3.4 Розрахунок вартості обраних компонентів | |
| 3.5 Розробка схеми електричної принципової системи | 51 |
| охолодження | 53 |
| 3.6 Розробка алгоритму роботи системи | 57 |
| 3.7 Розробка програмного коду керування макетом системи | 60 |

| | | |
|-----|----------------------------------------------------------|----|
| 3.8 | Описання роботи системи | 64 |
| 3.9 | Висновок до розділу 3 | 65 |
| 4 | Експериментальні дослідження | 65 |
| 4.1 | Сутність експериментального дослідження | 66 |
| 4.2 | Результат експериментальних досліджень | 67 |
| 5 | Охорона праці та навколишнього середовища | 67 |
| 5.1 | Вимоги до середовища експлуатації системи | 68 |
| 5.2 | Охорона праці у процесі програмування системи | 70 |
| | Висновки | 71 |
| | Перелік джерел посилань | 74 |
| | Додаток А Апробація результатів наукових досліджень..... | 78 |
| | Додаток Б Демонстраційний матеріал..... | |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АБАХ – акумуляторні батареї автономного ходу;

АКБ – акумуляторна батарея;

АС – автоматизована система;

АСУ – автоматизована система управління;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

САБ – стартерна акумуляторна батарея;

СКК – система контролю та керування;

ТАБ – тягова акумуляторна батарея;

BMS – battery management system.

ВСТУП

Розробка та популяризація нового виду громадського транспорту, такого як тролейбуси, стала поштовхом для розвитку електричного транспорту в цілому. Однак в ході експлуатації такого виду транспорту було виявлено один суттєвий недолік. Головним недоліком стало обмеження робочого діапазону та працездатності, пов'язане з електроживленням від контактної мережі.

Тролейбус, який є гібридом трамвая та автобуса, отримав від першого – електропривод, а від другого – кузов та здатність до керування. Електротягові приводи в автобусних кузовах на практиці довели свої переваги в порівнянні з приводами на двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ). Основними перевагами стали екологічність, довговічність, надійність, динамічність і комфорт в керуванні. Насправді тролейбуси програвали автобусам лише за одним параметром – це залежність від контактної мережі. Виходячи з цих недоліків виникла задача про встановлення акумуляторних батарей для роботи без контактної мережі.

Однак для ефективного використання акумуляторів потрібні збірки з підвищеною потужністю, збільшеною ємністю та подовженим терміном служби. Чим більша потужність акумуляторної збірки, тим більшу температуру вона виділяє під час роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи охолодження акумуляторних батарей автономного ходу за допомогою охолоджуючих пластин з автоматизованим контролем для тролейбусу PTS-12.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого контролю температурних режимів в АБАХ.

Предметом дослідження є система охолодження акумуляторних батарей автономного ходу в тролейбусі PTS-12.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати акумуляторні батареї за призначенням;
- провести аналіз будови акумуляторних елементів;

- проаналізувати нормальні умови роботи акумуляторів різних видів;
- провести аналіз систем автоматизації для транспорту;
- розробити структурну схему системи охолодження;
- розробити функціональну схем системи охолодження;
- провести підбір компонентів з обґрунтуванням вибору;
- розробити схему електричну принципову системи охолодження;
- розробити програмне забезпечення для злагодженої роботи системи;
- провести експериментальне дослідження;
- опрацювати питання охорони праці;
- оформити пояснювальну записку згідно рекомендаціям [1] та вимогам ДСТУ 3008:2015 [2];
- за результатами роботи опублікувати статтю в збірнику студентських робіт [3].

1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ТА СПОСОБИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Акумуляторні батареї та їх різновиди

Акумуляторна батарея (АКБ) – це пристрій, який здатний зберігати та надавати електричну енергію за допомогою хімічних реакцій. Вони використовуються для живлення різноманітних пристроїв, від портативних електронних пристроїв до транспортних засобів та систем зберігання електроенергії.

Існує декілька розповсюджених видів акумуляторних батарей, а саме:

– літій-іонні (Li-ion). Це один з найпоширеніших типів акумуляторів. Вони легкі, мають високу ємність та довгий термін служби. Використовуються в смартфонах, ноутбуках, електромобілях і багатьох інших пристроях (рис. 1.1);



Рисунок 1.1 – Літій-іонні акумуляторні батареї [4]

– нікель-метал-гідридні (NiMH). Використовуються у багатьох портативних пристроях, таких як фотокамери, відеокмери та інші електронні

пристрої. Їх можна використовувати як альтернативу літій-іонним акумуляторам (рис. 1.2);

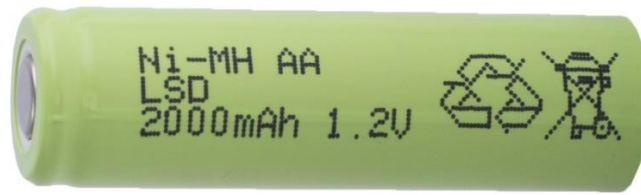


Рисунок 1.2 – Нікель-метал-гідридні акумуляторні батареї [4]

– літій-полімерні (Li-Po). Схожі на літій-іонні, але вони мають гнучкий обгортковий корпус, що дозволяє їм приймати різні форми. Зазвичай використовуються в тонких і легких пристроях (рис. 1.3);

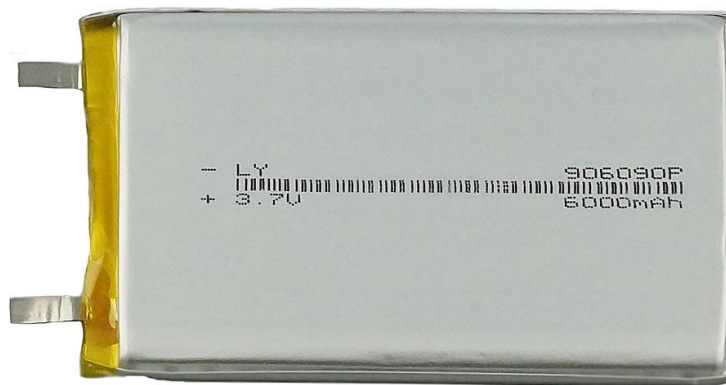


Рисунок 1.3 – Літій-полімерні акумуляторні батареї [4]

– свинцево-кислотні (Lead Acid). Зазвичай використовуються в якості автомобільних акумуляторів для авто з ДВЗ. Вони важкі та менш ефективні у порівнянні з деякими іншими типами, але мають низьку вартість (рис. 1.4);



Рисунок 1.4 – Свинцево-кислотні акумуляторні батареї [4]

– літєво-залізо-фосфатні (LiFePO_4). Цей тип акумуляторів відомий своєю довговічністю, високою безпекою та стабільною роботою при широкому температурному діапазоні. Застосовується у електротранспорті та інших сферах (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Литий-залізо-фосфатні акумуляторні батареї [4]

Окрім перелічених видів акумуляторних батарей існують також такі види як: графенові акумулятори або цинкові, але вони мають досить високу вартість, та, на даний час, малу сферу використання.

1.2 Аналіз побудови та принципу роботи акумуляторних батарей

Внутрішній склад акумуляторних батарей може варіюватися в залежності від їхнього типу та призначення. Однак у більшості випадків, основними компонентами є: анод, катод, електроліт, а також колектори струму та ізоляційні матеріали. Основні складові частини акумуляторних батарей:

– анод та катод. Анод – електрод, на якому відбувається окислення під час роботи акумулятора. Зазвичай анод виготовляється з матеріалу, який може легко віддавати електрони під час процесу окислення. Наприклад, у літій-іонних акумуляторах анод може бути виготовлений із графіту. Катод. – електрод, на якому відбувається відновлення під час роботи акумулятора.

Матеріали для катода можуть бути різними залежно від типу акумулятора. У літій-іонних акумуляторах часто використовується оксид кобальту, марганцю, нікелю та інші сполуки;

- електроліт. Електроди розділені електролітом, який дозволяє іонам переноситися між анодом та катодом. Електроліт може бути рідким, твердим або полімерним, залежно від типу акумулятора;

- колектори струму. Колектори струму – провідники, які з'єднують анод та катод з зовнішнім колом. Електрони, що віддаються анодом під час процесу окислення, подаються через зовнішній колектор струму до зовнішнього кола та використовуються для виконання корисної роботи;

- ізоляційні матеріали. Спеціальні матеріали використовуються для відокремлення електродів та електроліту, уникнення короткого замикання та забезпечення стабільності конструкції;

- обгортка. Акумулятори часто поміщають у корпус або обгортку, щоб захистити їхню конструкцію та забезпечити безпеку використання.

При зміні типу акумулятора, такого як літій-іонний, свинцево-кислотний або інший, матеріали та конструкція можуть відрізнитися. Різні типи акумуляторів мають різні конструкційні особливості.

Принцип роботи акумуляторів базується на хімічних реакціях, які відбуваються між реагентами у внутрішній структурі акумулятора. Основна ідея полягає в тому, що під час електрохімічних процесів відбувається перетворення хімічної енергії на електричну та навпаки. Загалом принцип роботи всіх акумуляторів однаковий, головні відмінності у складових компонентах та розмірах акумуляторної батареї. Загальний опис принципу роботи складається з наступних процесів:

- зарядка. Під час зарядки акумулятора до аноду подається електричний струм. На аноді відбувається окислення (віддача електронів), і іони анода переходять через електроліт до катода. Електрони, які віддаються на аноді, подаються через зовнішнє коло до катода, виконуючи корисну роботу (наприклад, живлячи пристрій);

– вивільнення електронів на катоді. На катоді іони приймають електрони, які прийшли через зовнішнє коло, і вони хімічно взаємодіють, утворюючи хімічні сполуки;

– збереження електроенергії. Хімічні зміни, які відбулися на катоді та аноді під час процесу зарядки, створюють стан, у якому енергія зберігається у хімічних зв'язках сполучень;

– розрядка. Коли акумулятор використовується (розряджається), іони рухаються від анода до катода через електроліт. Електрони, які при цьому вивільнюються на аноді, подаються через зовнішнє коло до катода, створюючи електричний струм, який може бути використаний для живлення пристрою та виконання корисної роботи;

– повторення циклу. Ці процеси зарядки та розрядки можуть повторюватися багато разів, і ефективність акумулятора полягає в тому, наскільки довго він може зберігати свою ємність та ефективність в цьому циклі.

Важливо відзначити, що різні типи акумуляторів використовують різні хімічні реакції та матеріали, що впливає на їх характеристики та призначення. Технології постійно розвиваються для покращення ефективності, безпеки та стійкості акумуляторів.

1.3 Основні характеристики акумуляторних батарей

Основні характеристики акумуляторів визначають їхню ефективність, придатність до конкретного застосування та загальні характеристики роботи. Важливо враховувати ці параметри при виборі акумуляторів для конкретних пристроїв чи систем. Основні характеристики включають:

– ємність акумулятора визначає, скільки електричної енергії він може зберігати, одиниці вимірювання – ампер-години ($A \cdot \text{год}$) або міліампер-години ($\text{mA} \cdot \text{год}$). Якщо акумулятор має ємність $3000 \text{ mA} \cdot \text{год}$, це означає, що він може віддати струм 3000 міліампер годин протягом однієї години або 1500 міліампер годин протягом двох годин і так далі;

– напруга акумулятора вказує на потенціал для видачі електричного струму, одиниці вимірювання – вольти (В). Зазвичай літій-іонні акумулятори мають напругу близько 3,7 В, але може бути іншою в залежності від конкретного типу.

– циклічність це кількість циклів заряджання – розряджання, яку може витримати акумулятор перед тим, як його характеристики значно погіршуються. Якщо акумулятор має 500 циклів, то його можна заряджати та розряджати близько 500 разів, перш ніж його характеристики суттєво зменшуються;

– швидкість заряджання це швидкість, з якою акумулятор може бути заряджений. Зазвичай вказується у відсотках ємності або в амперах;

– швидкість розряджання це швидкість, з якою акумулятор може віддавати електричний струм. Зазвичай вказується у відсотках ємності або в амперах;

– температурний діапазон, це одна із найголовніших характеристик акумуляторних батарей, а саме це діапазон температур, при яких акумулятор працює ефективно та безпечно.

Ці параметри можуть різнитися в залежності від типу акумулятора, такого як літій-іонний, свинцево-кислотний, нікель-метал-гідридний та інші. Вибір акумулятора повинен враховувати конкретні потреби застосування та умови його використання.

1.4 Види та класифікація автомобільних акумуляторних батарей

Існує декілька типів акумуляторів для автотранспорту, таких як: свинцево-кислотні, літій-полімерні, літій-іонні та інші. Всі ці акумулятори можна поділити на дві категорії:

– стартерна акумуляторна батарея – має високі пускові струми, але не тримає довго заряд;

– тягова акумуляторна батарея – має довгу тривалість роботи, але не може похвалитися високим струмом.

Стартерні акумуляторні батареї (САБ) – це акумулятори, призначені для запуску двигунів на транспортних засобах, а також виконують функцію енергетичного буфера при працюючому двигуні та енергопостачання при вимкненому двигуні. Найчастіше такі акумуляторні батареї встановлюють у автомобілях із двигуном внутрішнього згорання.

Основні переваги САБ:

- низька ціна;
- мала вага;
- невеликі габарити;
- високий струм.

Окрім переваг існує ряд недоліків САБ:

- низька кількість циклів заряду-розряду;
- чутливість до глибоких розрядів;
- малий термін експлуатації.

Тягова акумуляторна батарея (ТАБ) – це система з послідовно з'єднаних між собою АКБ малої напруги. Зазвичай вони використовуються у електричних автомобілях, складській техніці та ін.

Головними перевагами ТАБ є:

- великий термін експлуатації;
- більша електрична ємність у порівнянні з САБ;
- стійкість до глибоких розрядів;
- висока кількість циклів заряду-розряду.

Так само існують деякі недоліки:

- великі габарити і вага;
- низький струм;
- висока вартість.

Свинцево-кислотний акумулятор або свинцево-кислотна акумуляторна батарея – це електричний акумулятор, який складається з електродних пластин, виготовлених зі свинцю, діоксиду свинцю та електроліту, який є розчином сірчаної кислоти (H_2SO_4) (рис. 1.6).

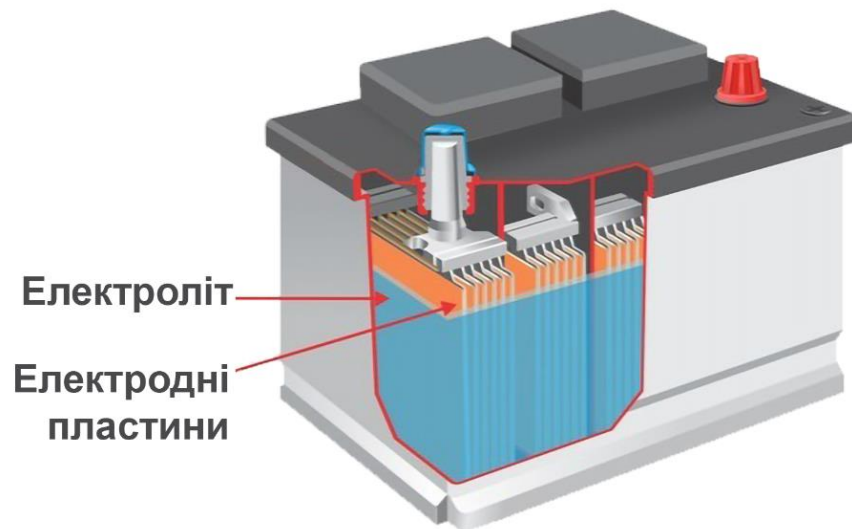


Рисунок 1.6 – Будова свинцево-кислотної акумуляторної батареї [5]

Принцип роботи цієї батареї полягає в перетворенні електричної енергії в хімічну (при заряджанні) і перетворенні хімічної енергії в електричну (при розрядці).

Свинцево-кислотні акумулятори найчастіше використовуються в автомобілях. Цей тип акумуляторів існує з кінця 19 століття і широко використовувався до початку 21 століття, поки їх не почали витісняти літій-іонні акумулятори.

Переваги свинцево-кислотних акумуляторів:

- низька ціна;
- низький рівень саморозряду;
- високий робочий струм;
- широкий діапазон робочих температур;
- високий ККД (до 90%).

Недоліки свинцево-кислотних акумуляторів:

- великі розміри і вага;
- чутливість до глибоких розрядів;
- високий ризик перегріву при неправильному заряджанні;
- чутливість до мінусових температур;
- мала кількість циклів заряду-розряду;
- низький рівень безпеки;

– велика ймовірність витікання електроліту в перевернутому положенні.

Ще одним типом розповсюджених акумуляторів є AGM (Absorbent Glass Mat) – даний тип акумуляторів дуже схожий на свинцево-кислотні акумулятори. Основна відмінність полягає в тому, що електроліт знаходиться в абсорбуючому скляному маті, а не в рідині. Завдяки цьому рішення, акумулятори можна використовувати навіть в лежачому та перевернутому станах. Між позитивною та негативною пластинами є свого роду губка яка містить електроліт та утримує його в своїх порах. Усі дрібні пори абсорбуючого скляного мату заповнені електролітом, а великі пори використовуються для рециркуляції газів, що утворюються під час тривалого використання акумулятора (рис. 1.7).

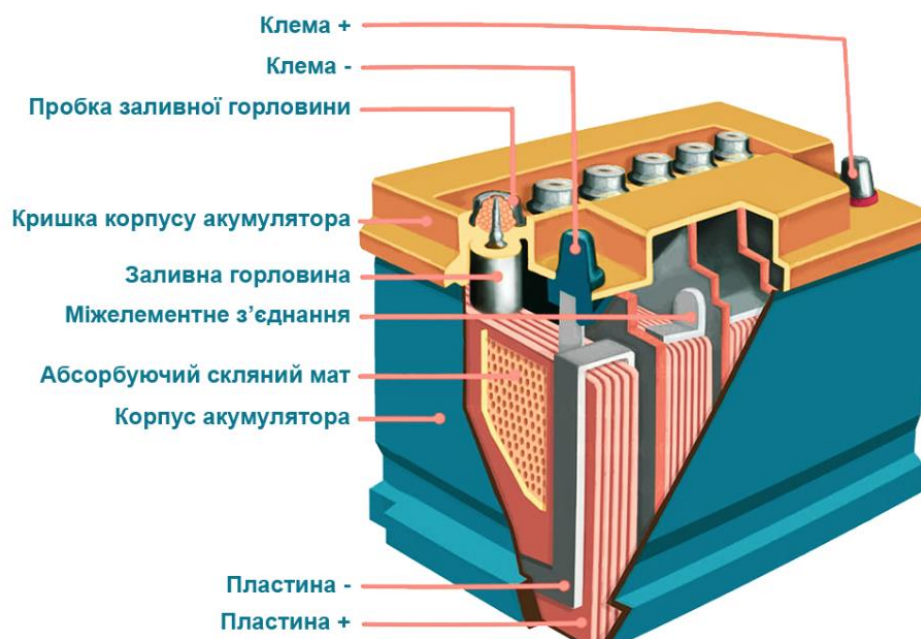


Рисунок 1.7 – Будова акумулятора AGM типу [5]

Переваги AGM акумуляторів:

- не потребує постійного обслуговування;
- герметичність конструкції;
- електроліт не витікає при перевертанні;
- тривалий термін служби (до 12 років);

- тривалий термін зберігання (до 3-х років) без значної втрати ємності;
- високий зворотній струм (у 1,5 рази більше ніж у звичайний кислотних акумуляторах);
- висока швидкість зарядки;
- стійкість до глибоких розрядів;
- 200 повних розрядів, 500 розрядів при розряджанні на 50% та близько 1000 циклів при розряджанні на 20-30%.

Недоліки AGM акумуляторів:

- висока вартість, порівняно зі свинцево-кислотними акумуляторами;
- великий розмір та вага;
- необхідність мати спеціальний зарядний пристрій;
- чутливість до перезаряду та короткого замикання.

Літій-іонний акумулятор (Li-ion) – тип електричного акумулятора, який широко поширений в сучасній побутовій електронній техніці і знаходить своє застосування як джерело енергії в електромобілях та накопичувачах енергії в енергетичних системах.

Літій-іонний акумулятор складається з електродів (катодного матеріалу на алюмінієвій фользі та анодного матеріалу на мідній фользі), розділених пористим сепаратором, просоченим електролітом. Пакет електродів поміщений у герметичний корпус, катоди та аноди приєднані до клем-струмомімачів. Корпус іноді оснащують запобіжним клапаном, що скидає внутрішній тиск при аварійних ситуаціях або при порушеннях умов експлуатації (рис. 1.8).

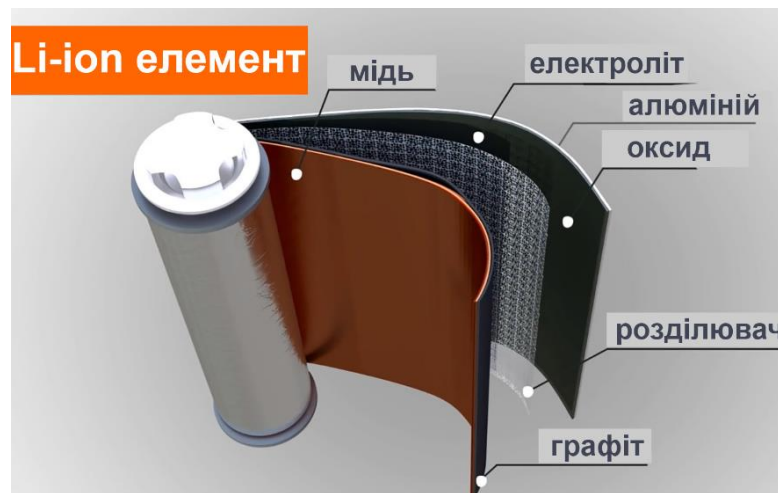


Рисунок 1.8 – Будова літій-іонного акумулятора (Li-ion елементу)[5]

Літій-іонні акумулятори відрізняються за типом використовуваного катодного матеріалу. Переносником заряду в літій-іонному акумуляторі є позитивно заряджений іон літію, який має здатність впроваджуватися (інтеркалюватися) в кристалічну решітку інших матеріалів (наприклад, графіт, оксиди і солі металів) з утворенням хімічного зв'язку, наприклад: графіт з утворенням LiC_6 , оксид (LiMnO_2) та солі (LiMnRON) металів.

Спочатку, як негативні пластини застосовувався металевий літій, потім – кам'яновугільний кокс. Надалі став застосовуватись графіт. Застосування оксидів кобальту дозволяє акумуляторам працювати за значно нижчих температур, підвищує кількість циклів розряду/заряду одного акумулятора. Поширення літій-залізофосфатних акумуляторів зумовлено їхньою відносно низькою вартістю. Літій-іонні акумулятори застосовуються в комплекті із системою контролю та керування – СКК або BMS (battery management system), – та спеціальним пристроєм заряду-розряду.

Основні переваги літій-іонних акумуляторів:

- висока ємність;
- невеликі розмір та вага;
- низький рівень саморозряду;
- великі робочі струми;
- велика кількість циклів заряду-розряду;
- не потребує обслуговування;
- широкий діапазон робочих температур від $-20\text{ }^\circ\text{C}$ до $+60\text{ }^\circ\text{C}$.

Недоліки літій-іонних акумуляторів:

- критично витримують надлишкові заряди то повні розряди;
- труднощі у заряджанні за низьких температур;
- вибухонебезпечні при перегріванні та пошкодженні корпусу.

Літій-іонна акумуляторна батарея є найбільш технологічним і поширеним видом акумуляторних батарей для електротранспорту. Сама акумуляторна батарея являє собою корпус з послідовно з'єднаними комірками з Li-іон елементами, платою балансування та захисту, клемми для підключення до акумулятора (рис. 1.9).

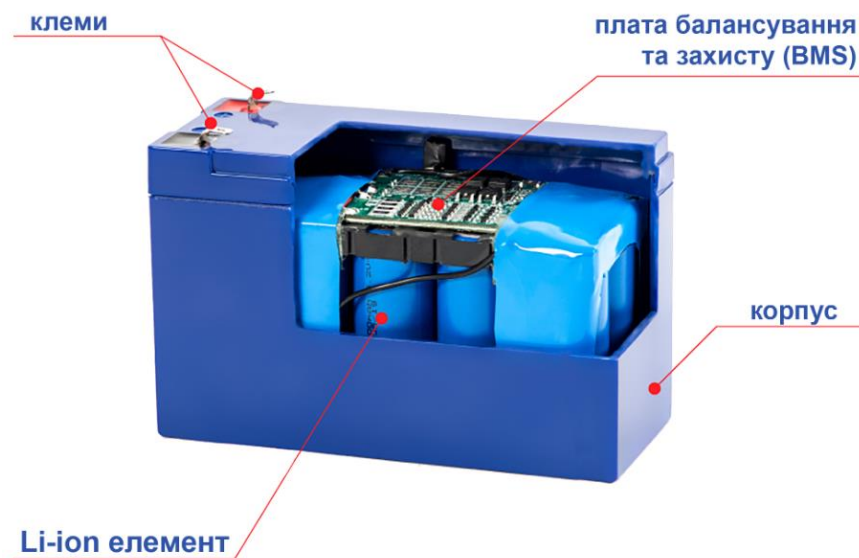


Рисунок 1.9 – Будова літій-іонної акумуляторної батареї[5]

Літій-іонні акумулятори мають один суттєвий недолік – вони дуже чутливі до температури. Їх точка кипіння $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, якщо температура буде близька до цього показника то батарея може вибухнути, спалахнути або просто вийти з ладу. З метою запобігання таким випадкам в корпус батарей вбудовано контролер, який стежить за рівнем температури та напругою струму, щоб, у випадку перегріву батареї відключити її.

Тролейбуси з автономним ходом відрізняються від звичайних лише тим, що мають батареї і систему, яка дозволяє автоматично відчіпляти і причіпляти струмоприймач до мережі. Батарея у таких тролейбусах заряджається під час поїздки, поки він під'єднаний до контактної мережі.

В якості прикладу розглянемо найновіший вітчизняний тролейбус PTS-12 (рис. 1.10), який збирається на базі кузова МАЗ-203Т київським підприємством «Політехносервіс». Дані тролейбуси вже експлуатуються у Вінниці та Харкові. На тролейбус PTS-12 встановлюються тягові акумуляторні батареї (ТАБ) з елементами літій-іонних батарей. ТАБ використовується до початку руху тролейбуса на ділянці маршруту, де відсутня контактна мережа [6].



Рисунок 1.10 – Тролейбус PTS-12[6]

Такі тролейбуси мають великий набір функцій та технологічних рішень, однак є одна проблема, яка пов'язана із нагріванням акумуляторної батареї, через це тема кваліфікаційної роботи є досить актуальною для забезпечення безпеки пасажирів та збільшення терміну служби акумуляторних батарей тролейбуса.

1.5 Автоматизація в технологічних процесах

Автоматизація в технологічних процесах – це використання технічних та програмних засобів для здійснення контролю, регулювання та виконання операцій в технологічних системах або процесах без значного втручання людини. Метою автоматизації є підвищення ефективності, точності, продуктивності та безпеки технологічних процесів.

Основні аспекти автоматизації включають:

- системи контролю і вимірювань. Використання сенсорів та приладів для вимірювання фізичних параметрів (температура, тиск, вологість, рівень тощо) і передачі цих даних до систем керування;
- програмне забезпечення для керування. Використання програм та алгоритмів для автоматизації прийняття рішень і управління обладнанням;
- актуатори та виконавчі механізми. Використання пристроїв, які виконують роботу на основі сигналів від систем керування. Це може включати різні види моторів, клапанів, насосів та іншого обладнання;
- керування процесами. Впровадження засобів для автоматичного визначення оптимальних параметрів роботи, а також вирішення проблем та адаптації до змінних умов;
- системи моніторингу та діагностики. Використання систем для постійного моніторингу стану технологічного обладнання та виявлення можливих проблем.

Головним напрямком автоматизації є створення високопродуктивних технологічних процесів. Існує три рівня автоматизації, а саме:

- перший рівень ієрархічної структури створюють типові технологічні процеси (механічні, гідродинамічні, теплові, масообмінні та хімічні) в окремому апаратурному оформленні і локальні системи автоматичного керування. Задача керування підсистемами в основному зводиться до локальної стабілізації технологічних параметрів типових процесів за допомогою автоматизованої системи регулювання;
- основу другого рівня ієрархії становлять агрегати, комплекси, автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) та ін. Агрегати і комплекси являють собою сукупність взаємопов'язаних окремих типових технологічних процесів та пристроїв при взаємодії яких виникають статично розподілені в часі збурення. На цьому ступені збільшується складність і жорсткість зв'язків між пристроями, що потребує використання керуючих електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Лише за такої умови можна досягти стійкої та надійної роботи системи, зменшення ймовірності

аварійних зупинок та виконання технологічного процесу на високоефективному оптимальному рівні;

– третій рівень ієрархічної структури становлять системи оперативного керування підприємством або сукупністю його підрозділів. На цьому рівні організовується виробництво, планування та реалізація продуктів. Такі системи називаються автоматизованими системами керування підприємством (АСКП).

Сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерно-інтегровані системи. Проводячи їх розгляд необхідно приділити увагу тому, що сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей, сукупність елементів системи та характер зв'язків між ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяють такі основні структури:

- функціональна структура, це сукупність частин для виконання окремих функцій, а саме: отримання інформації, її опрацювання, передавання та інші;
- алгоритмічна структура, це сукупність частин для виконання певних алгоритмів опрацювання інформації;
- технічна сукупність, це сукупність необхідних технічних засобів для відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливості забезпечити такі показники:

- зростання надійності, техніко-економічних показників, загальної культури виробництва та кваліфікації персоналу;
- зростання продуктивності та поліпшення умов праці;
- виконання робіт у важкодоступних та недоступних для людини місцях;
- підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідно якості виробів.

Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристроїв:

- автоматичного контролю та сигналізації;
- автоматичного захисту;

- обчислювання;
- автоматичного керування.

Вирішення проблем автоматизації потребує принципово нових технологічних підходів до обладнання, уніфікованих технологічних процесів та вибору систем керування.

Планування технологічного процесу прагне повного усунення чи зниження ролі людини. Так званий «людський фактор» часто стає причиною збою та помилок. Автоматизація дозволяє скоротити обслуговуючий персонал, збільшити функціональність машин. Відкрита архітектура виробництва дозволяє його швидко перестроювати, удосконалювати та розширювати.

1.6 Автоматизовані системи управління та її функції

1.6.1 Опис автоматизованих систем управління

Автоматизована система управління (АСУ) – автоматизована система, що ґрунтується на комплексному використанні технічних, математичних, інформаційних та організаційних засобів для управління складними технічними й економічними об'єктами. Вона може бути представлена як окремими пристроями, так і їх системами [7].

АСУ являє собою систему управління, яка орієнтована на широке й комплексне використання технічних засобів і економічно-математичних методів для розв'язування інформаційних завдань управління. Введення в дію АСУ повинно призводити до корисних техніко-економічних, соціальних або інших результатів. Зокрема, використання автоматизованої системи управління дозволяє досягти зниження чисельності управлінського персоналу, підвищення якості функціонування об'єкта управління і самого управління. АСУ є невід'ємною частиною сучасних організацій різних галузей: виробництва, науки, техніки, освіти, медицини та ін.

Автоматизовані системи управління в промисловості, як і всі інші складні системи, мають ієрархічну структуру. Класифікація АСУ відбувається за

різними ознаками, тому є умовною. Приклад класифікації АСУ за різними ознаками наведений на рис. 1.11.

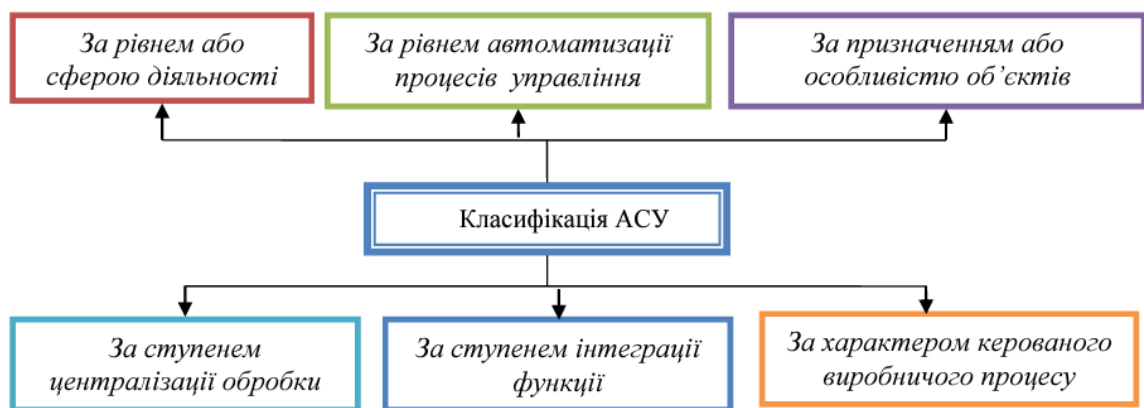


Рисунок 1.11 – Класифікація АСУ

Основні класифікації автоматизованих систем управління:

- за рівнем або сферою діяльності: державні, територіальні, галузеві, підприємств або організацій, технологічних процесів;
- за рівнем автоматизації процесів управління: інформаційно-пошукові, інформаційно-керівні, інтелектуальні, експериментальні;
- за призначенням або особливістю об'єктів управління: адміністративні, виробничо-технічні, соціальні, транспортні;
- за ступенем централізації обробки інформації: централізовані, децентралізовані, колективного використання;
- за характером керованого виробничого процесу: для виробництва з дискретним процесом (машинобудування, приладобудування); з неперервним процесом (хімічна, нафтопереробна і газова промисловість); з комбінованим процесом (металургійна, цементна, харчова промисловість);

– за ступенем інтеграції функції: багаторівневі з інтеграцією за рівнями планування, багаторівневі з інтеграцією за рівнями управління; комплексні (інтеграція з відмінними задачами).

Виходячи з цього можна описати декілька переваг впровадження АСУ, а саме:

- стабільна та безаварійна робота всієї системи та її окремих частин;
- підвищення економічності та вигідності системи;
- подовження терміну експлуатації устаткування;
- економія ресурсів, коштів і часу;
- підвищення якості кінцевого продукту.

1.6.2 Функції автоматизованих систем управління

Функції АСУ – це сукупність дій системи, спрямовані на досягнення визначеної мети управління. При цьому в якості дій розглядаються заздалегідь визначені і описані в експлуатаційній документації послідовності операцій і процедур, що виконуються частинами системи. В більшості випадків під терміном « функція АСУ» розуміють таку закінчену сукупність дій, виконуваних системою, яка проявляється поза нею і тому має певну споживчу цінність.

Функції АСУ в цілому як людино-машинної системи слід відрізнити від функцій, які виконуються комплексом технічних засобів системи. Не вірно розглядати замість функцій всієї системи тільки сукупність дій, здійснюваних автоматично її технічними засобами. Однак значення подібних дій, які реалізовані без участі людини, дуже велике, проте вони не характеризують повністю поведінку і можливості всієї системи управління. Як правило, в системі людині (оператору або диспетчеру) надається визначальна роль у виконанні найбільш складних і відповідальних функціональних завдань. Тому необхідно розглядати весь комплекс функцій АСУ, включаючи ті, які здійснюються за участю кваліфікованого персоналу [8].

Розрізняють інформаційні та керуючі функції АСУ. До інформаційних відносяться такі функції, результатом виконання яких є надання оператору

системи або будь-якому зовнішньому одержувачу інформації про хід керованого процесу. Характерними прикладами інформаційних функцій автоматизованих систем управління є:

- контроль за основними параметрами, тобто неперервна перевірка відповідності параметрів процесу допустимим значенням і негайне інформування персоналу при виникненні розбіжностей;
- вимір або реєстрація тих параметрів процесу, які контролюються в ході управління об'єктом;
- інформування оператора про виробничі ситуації на тій чи іншій ділянці об'єкта управління в даний момент.

Автоматизована система управління технологічними процесами виконує також допоміжні функції, до яких відноситься, наприклад, контроль за справністю функціонування самої АСУ, тобто рішення внутрішньо системних завдань, а також:

- обчислення деяких комплексних показників, що не піддаються безпосередньому вимірюванню і характеризують якість продукції або інші важливі показники технологічного процесу;
- обчислення техніко-економічних показників роботи технологічного об'єкта;
- періодична реєстрація вимірюваних параметрів і обчислюваних показників;
- виявлення і сигналізація настання небезпечних або аварійних ситуацій.

Виконуючи ці основні інформаційні функції, система управління своєчасно забезпечує оператора або наступну систему відомостями про стан і будь-які відхилення від нормального виконання технологічного процесу.

Керуючі функції АСУ включають в себе дії по виробітку і реалізації управляючих впливів на об'єкт управління. Тут під виробітком розуміється визначення (на підставі отриманої інформації) раціональних впливів, а під реалізацією – дії, які забезпечують здійснення прийнятих після виробітку рішень. До основних керуючих функцій відносяться:

- стабілізація змінних технологічного процесу на деяких постійних значеннях, визначених регламентом виробництва;
- програмна зміна режиму процесу за заздалегідь заданими алгоритмами;
- захист обладнання від аварій;
- формування та реалізація керуючих впливів, що забезпечують досягнення або дотримання режиму, оптимального за технологічним або техніко-економічним критеріями;
- розподіл матеріальних потоків і навантажень між технологічними агрегатами;
- управління пуском і зупинкою агрегатів та ін.

Перелік всіх функцій, що виконує конкретна АСУ характеризує зовнішні споживчі можливості даної системи. Щоб розкрити її внутрішню будову необхідно користуватися поняттями функціональної, технічної та організаційної структури АСУ. Кожна з цих структур являє собою певний аспект системи, в якому проявляється та чи інша грань її внутрішньої будови, тобто один з можливих способів відображення системи як сукупності її частин і з'єднань між ними.

У функціональній структурі АСУ елементами є функції системи та їх частини, а зв'язки між елементами відображають інформаційно-логічну послідовність і підпорядкованість їх реалізації. Значення такої структури для змістовного опису і розуміння будови АСУ дуже важливо, так як вона відіграє роль, аналогічну ролі принципової схеми складного пристрою, за допомогою якої розкривається принцип його дії. Зазвичай тільки на відповідній схемі функціональної структури вдається показати, які саме сукупності дій, у якій послідовності виконує дана АСУ і що застосовується для досягнення прийнятих цілей і критерію управління [9].

1.7 Висновки до розділу 1

У першому розділі було проведено аналіз існуючих видів акумуляторних батарей, описано їх тип та внутрішню будову. Детально описано принцип

роботи акумуляторних батарей та їх режими. Описано основні характеристики, переваги та недоліки АКБ, що використовуються у автомобілях. Також описано поняття автоматизації та автоматизованих систем управління. Детально описано структур, класифікації та функції АСУ.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

2.1 Недоліки роботи АБАХ на тролейбусі

Одним з основних недоліків АБАХ на тролейбусах є перегрівання під час активного використання. При перевищенні певного температурного порогу, акумуляторна батарея виходить з ладу, оскільки літій-іонні акумулятори дуже вразливі до високих температур.

Проблема перегріву акумуляторних батарей у системах автономного ходу на тролейбусах може виникнути з ряду причин і може бути вирішена за допомогою різних варіантів та технологій. Основними причинами, які можуть спричинити перегрів акумуляторів є:

- інтенсивне використання та зарядка. При довготривалому використанні або інтенсивному використанні (споживання великого струму) автономного ходу акумулятори можуть нагріватися через велику кількість витраченої енергії;
- погана вентиляція акумуляторного відсіку. Недостатня вентиляція може ускладнювати охолодження елементів живлення. Цей фактор може бути особливо проблематичним у вузьких або закритих просторах;
- нестабільна температура навколишнього середовища. Екстремальні температури навколишнього повітря, як високі так і низькі, можуть впливати на тепловий режим акумуляторів;
- несправні або застарілі системи контролю температури АКБ. Якщо системи контролю температури акумуляторів не працюють належним чином або застарілі, це може призвести до перегріву або переохолодження батареї.

Загальний підхід до розв'язання проблеми перегріву акумуляторів включає в себе технічне вдосконалення акумуляторів, удосконалення систем охолодження, розробку ефективних систем управління тролейбусом та

температурним режимом. Важливо також враховувати специфіку конкретної моделі та технічних характеристик акумуляторної батареї.

Перегріті батареї можуть стати причиною небезпечних ситуацій, включаючи аварії та вибухи. Система охолодження може забезпечити безпеку пасажирів, водіїв та навколишнього середовища, запобігши перегріву батарей та надаючи систему контролю і виявлення небезпеки. Забезпечення оптимальних умов роботи для акумуляторів сприяє подовженню їхнього терміну служби.

2.2 Проблема нагрівання АБАХ у тролейбусі PTS-12

Підприємством ТОВ «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС» у 2019 році було розроблено і освоєно виробництво батарейних блоків з літій-іонних елементів батарей нового покоління, з високою щільністю та питомою вагою менше 8 кг на 1 кВт/год (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Літій-іонна акумуляторна батарея виробництва «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС» [6]

Такий вид батарей автономного ходу передбачає можливість виробляти блоки різної потужності з можливістю адаптувати їх розміри під можливості розміщення в тролейбусі або електробусі. На тролейбус встановлюються батарейні блоки, з елементами, які мають життєвий цикл розряду-заряду понад 8 000, та загальною потужністю 46-66 кВт/год. Батарейні блоки оснащуються сучасною автоматикою керування зарядом і розрядом батарей, аналізуючи токи споживання, напругу, температуру та інші показники стану батарей з можливістю виведення інформації на ПК або планшет.

Використання зарядного пристрою для батареї автономного ходу дає можливість здійснювати заряджання блоків батарей в динаміці під час руху тролейбуса від контактної мережі напругою від 600 В та від мережі змінної напруги 380 В.

В тролейбусах PTS-12 є один суттєвий недолік, акумуляторні батареї автономного ходу знаходяться всередині салону, у відсіку під сидіннями по лівому та по правому борту тролейбуса, вони позначені цифрою 8 на рис. 2.2. Через таке розміщення виникає проблема з охолодженням модулів акумуляторних батарей у теплу пору року, так як температура всередині відсіку збільшується, за рахунок нагрівання корпусу тролейбуса та підвищення температури в салоні, що може привести до поломки акумуляторної батареї, якщо її вчасно не охолодити.

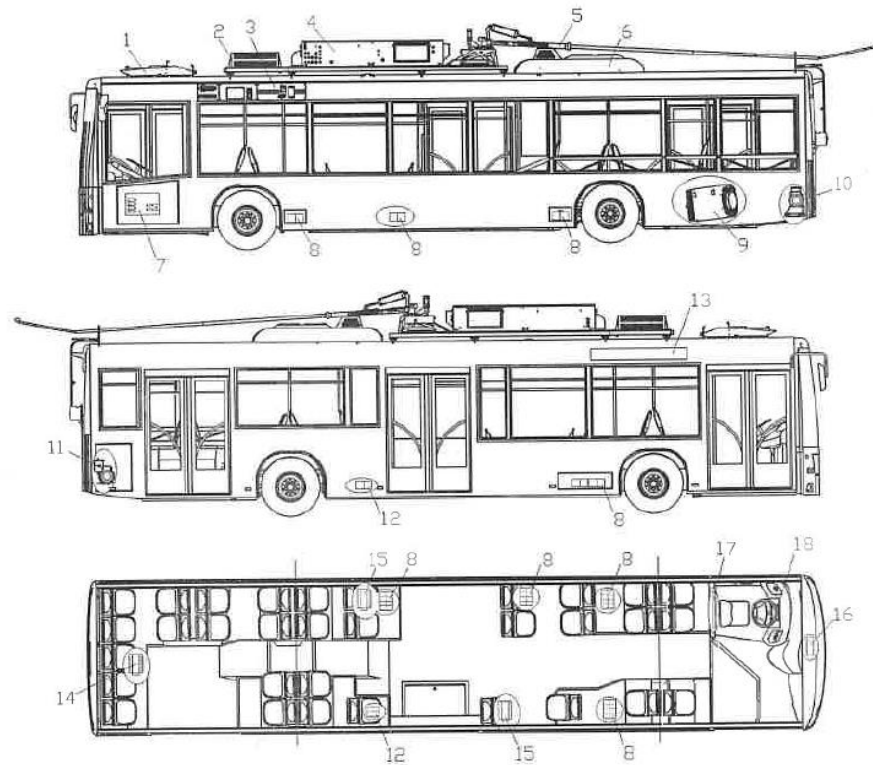


Рисунок 2.2 – Розташування АКБ у троллейбусі PTS-12 [6]

Однак, на випадок перегріву акумуляторних батарей, на них встановлений контролер, що стежить за температурою і, якщо температура буде більше ніж $43\text{ }^{\circ}\text{C}$, то система контролю просто відключить цей модуль батареї, так як температура $46\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вище являється критичною для АБАХ. Таким чином, головна проблема полягає в недостатньому охолодженні акумуляторних батарей автономного ходу під час експлуатації троллейбуса PTS-12. Тому необхідно вирішити проблему з охолодженням цих батарей для підтримки оптимальної температури їх роботи та продовження терміну експлуатації [6].

2.3 Існуючі способи усунення проблеми перегріву АБАХ

Основним способом усунення проблеми нагрівання акумуляторних батарей є система охолодження. Основні види систем охолодження для акумуляторних батарей, які існують на теперішній час, можна представити так, а саме:

– пасивні системи охолодження використовують природні або термічні властивості матеріалів для розподілу тепла. Це може бути використання радіаторів та корпусних елементів конструкції, які сприяють пасивному виведенню тепла;

– активні системи охолодження використовують електричні пристрої, такі як вентилятори або компресори, для активного відведення тепла з батарейного пакету. Ці системи можуть бути повітряними або рідинними, залежно від конструкції;

– рідинні системи охолодження використовують теплообмінники та охолоджуючі рідини для відведення тепла з батарейного пакету. Ця система може бути більш ефективною у керуванні температурою батарей та забезпеченні оптимальних умов, однак при її використанні потрібно досягти максимальної герметичності;

– охолодження від зовнішнього середовища. Деякі електричні транспортні засоби використовують системи для охолодження акумуляторів, які використовують холодопостачання зовнішнього середовища під час заряджання або стоянки;

– холодильні пластини це матеріали, які поглинають тепло та виділяють холод, вони можуть використовуватися для підтримання стабільної температури акумуляторних батарей. Вони забезпечують теплообмін в оптимальних температурних межах. Вибір конкретної системи охолодження залежить від дизайну батарейного пакету, кліматичних умов та інших факторів.

В якості прикладу реалізації повітряної системи охолодження, можна розглянути тролейбуси типу Богдан Т70117, в якому літій-іонні акумуляторні батареї, що забезпечують автономний хід, знаходяться на даху, у відсіку з отворами (рис 2.3). В даному випадку охолодження відбувається за рахунок зустрічного потоку вітру, тобто за рахунок зустрічного потоку повітря оптимальна температура для ефективного функціонування акумуляторних батарей.



Рисунок 2.3 – Розташування АБАХ на даху тролейбуса Т70117 Богдан

Однак використання такого методу буде доцільним лише при експлуатації транспортного засобу у теплі пори року. Так як при використанні такої конструкції у пори року, коли температура повітря менше 0 °С, температура акумуляторних модулів буде критично низькою, через що запас ходу тролейбуса зменшиться та термін служби батареї значно скоротиться.

2.4 Вибір системи охолодження та її обґрунтування

Дослідивши проблему, було прийнято рішення, що найкращим варіантом для вирішення проблеми перегрівання акумуляторних батарей у тролейбусі PTS-12 є використання рідинного охолодження акумуляторних модулів. Такий вибір було зроблено через, що акумуляторні батареї автономного ходу розташовані під сидіннями, в закритих відсіках, по лівому та правому бортах тролейбуса PTS-12, що обмежує вибір системи типу охолодження (рис. 2.4).

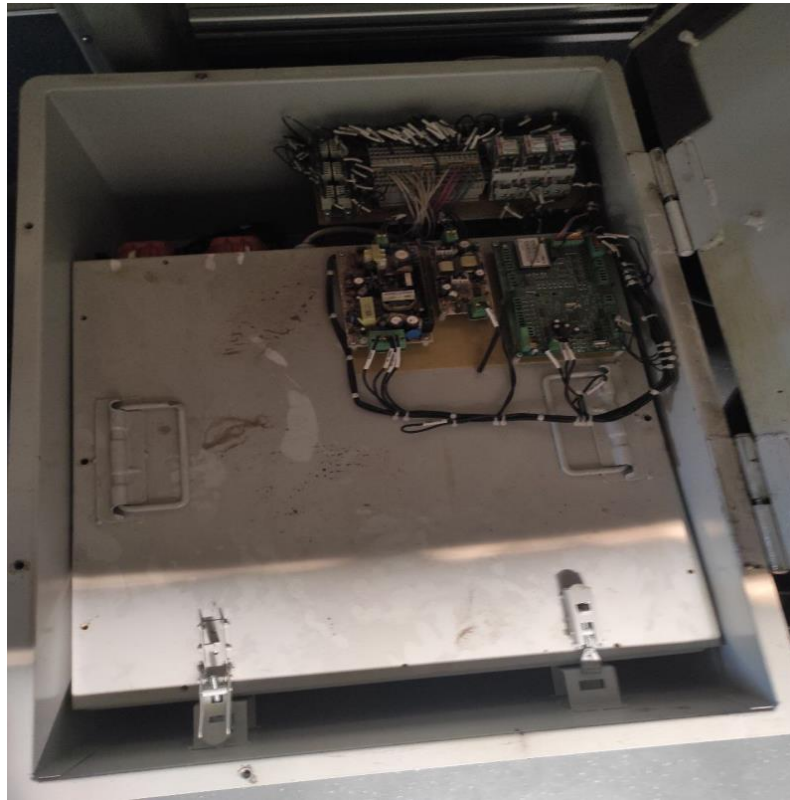


Рисунок 2.4 – АБАХ у троллейбусі PTS-12 [6]

Оскільки вільного місця у відсіку залишається небагато, то необхідно розробити систему таким чином, щоб елементи охолодження могли виконувати роль елементів нагрівання у холодну пору року. Необхідно правильно розмістити елементи таким чином, що тепло рівномірно забиралось з усього батарейного відсіку. Окрім цього необхідно проробити питання безпеки, так як біде використано рідкий носій температури.

2.5 Висновок до розділу 2

У другому розділі було проаналізовано необхідність розробки системи автоматизованого охолодження акумуляторних батарей у троллейбусі. Описано можливі варіанти реалізації систем охолодження з ретельним обґрунтуванням. Описано недоліки та важливі моменти роботи акумуляторних батарей автономного ходу на троллейбусі PTS-12. Проведено вибір типу майбутньої системи охолодження з обґрунтуванням вибору.

3 РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

3.1 Описання основних вимог до системи

Проаналізувавши варіанти реалізації систем охолодження можна зробити висновок, що потрібно розробити систему яка б включала у себе переваги всіх розглянутих систем, і при цьому мала мінімум недоліків.

Сучасні акумуляторні батареї мають велику кількість параметрів які можна контролювати. В залежності від типу батареї будуть відрізнятись параметри контролю. У тролейбусах PTS-12 використовуються акумуляторні батареї літій-іонного типу. Виходячи з цього необхідно виділити основні параметри які буде контролювати система:

- температура АКБ;
- температура навколишнього середовища;
- контроль протікання рідини;
- контроль режиму роботи.

Окрім перелічених параметрів також необхідно розробити з'єднання автоматизованої системи керування з центральною системою керування тролейбусом.

3.2 Розробка структурної схеми автоматизованого контролю охолодження

Проаналізувавши різновиди систем охолодження акумуляторних батарей, було розроблено структурну схему для автоматизованої системи охолодження (рис. 3.1).

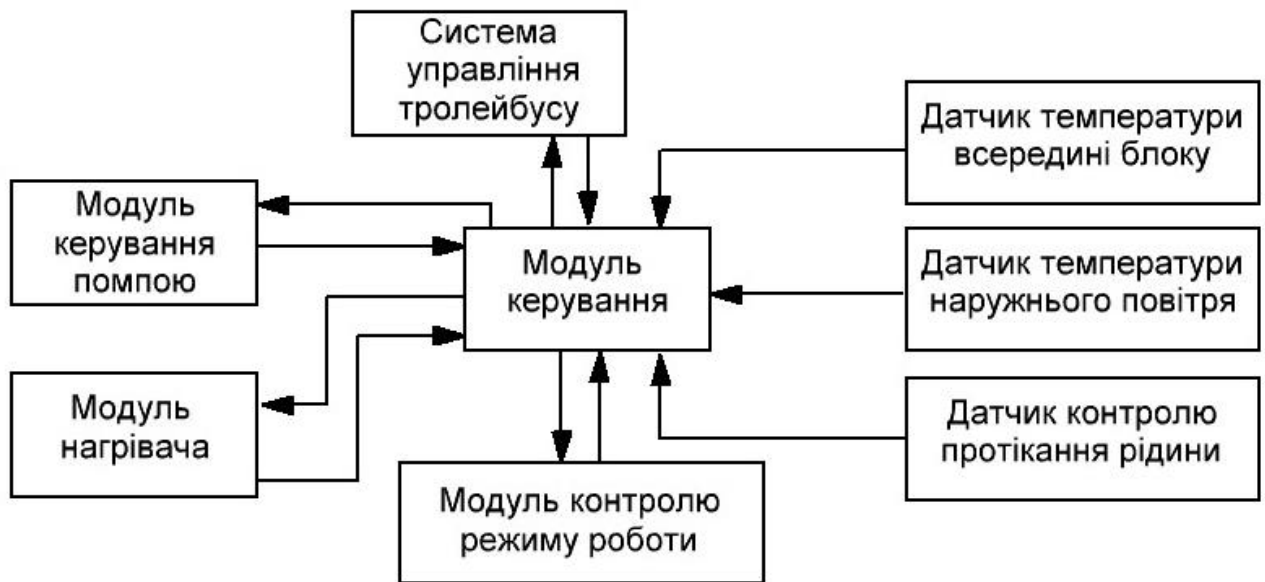


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Автоматизована система охолодження що розроблюється представляє собою пристрій, в якому будуть встановлені наступні елементи:

- модуль керування;
- модуль контролю режиму роботи;
- модуль керування помпою;
- модуль нагрівача;
- набір необхідних датчиків.

Кожен елемент є складовою частиною системи, однак датчики можуть бути замінені відповідно до вимог конструкції.

Модуль керування необхідний для управління всією системою та зв'язком з системою управління тролейбуса.

Модуль керування помпою включає в себе набір перепускних клапанів та саму помпу. Цей модуль необхідний для перекачування охолоджувальної рідини по контуру системи охолодження.

Модуль нагрівача необхідний для підігрівання охолоджувальної рідини в холодну пору року.

Модуль контролю режиму роботи представляє собою пристрій, який надає інформацію модулю керування про режим роботи батареї.

Набір датчиків включає в себе два датчика температури, а також датчик контролю протікання рідини. Це необхідно для того, щоб уникнути аварійних ситуацій при розгерметизації системи.

Дана розробка буде представляти можливе інженерне рішення та мати вигляд макету, для використання у повсякденному житті необхідно детально розробити системи захисту, а також підібрати промисловий керуючий модуль, який підходить за критеріями використання. В роботі буде розглянуто компоненти для макету автоматизованої системи охолодження.

3.3 Підбір компонентів системи

Проаналізувавши пропозиції готових рішень для автоматизації було обрано в якості модулю керування плату розробника ROBOTDYN R3 (рис. 3.2).

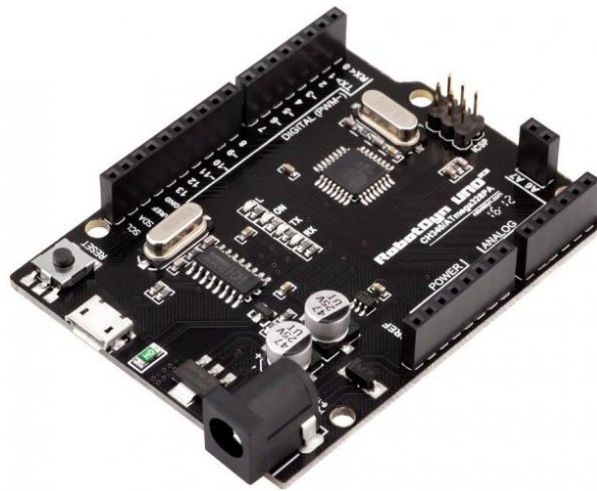


Рисунок 3.2 – Плата розробника ROBOTDYN R3 [10]

Плата розробника ROBOTDYN R3 є копією розповсюдженої платформи Arduino UNO. Вона також побудована на мікроконтролері ATmega328, але має більш універсальний роз'єм для програмування та значно нижчу вартість ніж аналоги. Окрім цього такий тип плати має більшу кількість сумісних модулів розширення. Основні технічні характеристики наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики ROBOTDYN R3 [10]

| № | Параметр | Значення |
|---|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | Мікроконтролер | АТmega328P |
| 2 | Діапазон напруги живлення | 7 В – 12 В |
| 3 | Кількість аналогових входів | 6 |
| 4 | Кількість цифрових входів/виходів | 14 (6 із них ШІМ) |
| 5 | Постійний струм через вхід/вихід | 40 мА |
| 6 | Flash-пам'ять | 32 кБ |
| 7 | Розміри | 68 мм x 53 мм |
| 8 | Вага | 25 г |
| 9 | Вартість | 160 грн |

Для програмування використовується мова, яка бере за основу мову C++. Розробка програмного забезпечення проводиться в офіційному середовищі як з використанням безкоштовного середовища Arduino IDE. Для програмування та передачі даних на ПК потрібен USB-кабель, а для автономної роботи можна використовувати блок живлення, з напругою від 7 В до 12 В.

Для того, щоб систему що розроблюється було можливо з'єднати з головною системою управління тролейбусом, необхідно використовувати CAN-інтерфейс. У стандартному вигляді на платформах Arduino та їх копіях немає вбудованого перетворювача інтерфейсів. Через це, було підібрано модуль перетворювача інтерфейсів CAN-Bus Shield (рис. 3.3).

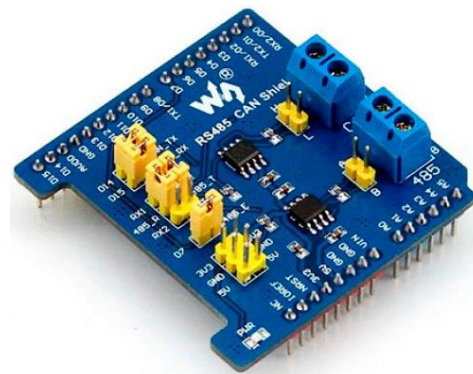


Рисунок 3.3 – CAN-Bus Shield [11]

Модуль перетворювача інтерфейсів RS485 CAN Shield має форму яка повторює форму плати розробника та встановлюється на неї зверху. Вартість модуля складає 320 грн.

В якості датчику контролю температури АКБ було обрано терморезистор (рис. 3.4) номіналом 100 кОм.

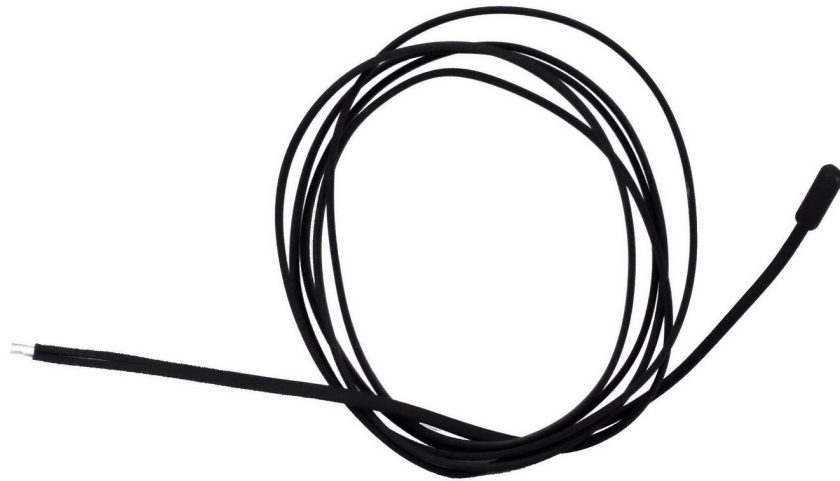


Рисунок 3.4 – Терморезистор [12]

Терморезистор найкраще підходить в якості контактного датчику контролю температури і має не високу вартість, ка складає 50 грн.

Для контролю температури зовнішнього повітря було обрано датчик SHT30 (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Датчик температури SHT30 [13]

Модуль цифрового датчика температури SHT30 має високу точність та швидкість вимірювання. Датчик відрізняється великою довговічністю і стабільністю результатів вимірювань, при відмінному співвідношенні ціни та якості. У функціонал датчика входить схема обробки і посилення сигналу, блок пам'яті калібрування, АЦП, енергозберігаюча схема живлення. Окрім вимірювання температури датчик може вимірювати вологість навколишнього повітря. Така функція буде корисна для відображення погодних умов для пасажирів. Основні характеристики наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики датчику SHT30 [13]

| № | Параметр | Значення |
|---|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | Діапазон вимірювання температури | від -40 °C до +120 °C |
| 2 | Точність вимірювання температури | ± 0,4 °C |
| 3 | Діапазон вимірювання вологості | 0 – 100 % |
| 4 | Точність вимірювання вологості | ± 5 % |
| 5 | Діапазон робочої напруги | від 2,1 В до 3,6 В |
| 6 | Інтерфейс зв'язку | I2C |
| 7 | Вартість | 130 грн |

Для контролю протікання охолоджуючої рідини всередині акумуляторного модулю необхідно використовувати датчик протікання. Проаналізувавши можливі варіанти було обрано датчик наявності води на базі мікросхеми LM393. Цей датчик складається з двох компонентів: друкованого модуля із чутливими елементами та модуля підсилення сигналу (рис. 3.6).

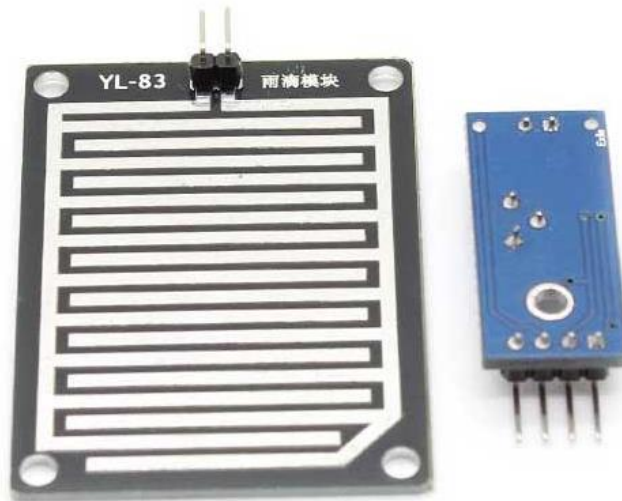


Рисунок 3.6 – Датчик наявності води [14]

Обраний датчик являє собою чутливий модуль, який власне і реагує на краплі та плату з операційним підсилювачем LM393, яка обробляє сигнал і передає його в цифровому або аналоговому вигляді. Для сигналізації роботи на платі є два світлодіоди – живлення і передача даних, також є потенціометр для регулювання чутливості. Основні характеристики наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики датчику наявності води [14]

| № | Параметр | Значення |
|---|--------------------------|------------------|
| 1 | Розміри чутливого модулю | 60 мм x 39 мм |
| 2 | Діапазон робочої напруги | від 3,3 В до 5 В |
| 3 | Вага | 7 г |
| 4 | Вартість | 30 грн |

Для того, щоб забезпечити циркуляцію охолоджувальної рідини необхідно використовувати помпу, яка буде перекачувати рідину та буде працювати у всіх температурних режимах. Проаналізувавши пропозиції виробників було обрано помпу Pump12 (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Помпа Pump12 [15]

Так як автоматизована система охолодження що розроблюється буде лише як макет, то даної помпи буде достатньо. Однак для використання у повсякденному користуванні у тролейбусі потрібно обрати помпу з металевою насосною частиною. Головним критерієм при виборі є продуктивність та діапазон робочої температури. В даному випадку помпа підходить за усіма показниками. Основні характеристики наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні характеристики помпи Pump 12 [15]

| № | Параметр | Значення |
|---|-----------------------------|----------------------|
| 1 | Продуктивність | 8 л/хв |
| 2 | Діапазон робочої напруги | від 12 В до 15 В |
| 3 | Діапазон робочих температур | від -10 °С до +50 °С |
| 4 | Вартість | 900 грн |

Для того, щоб керувати напрямом руху охолоджуючої рідини необхідно використовувати електромеханічні крани. Ці пристрої зможуть перекидати контур охолодження у холодну пору року, і навпаки контур обігріву у теплу пору року. Проаналізувавши пропозиції було обрано трьох ходовий кран моделі M7A3C12 (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Трьох ходовий кран М7А3С12 [16]

Такий тип крану дозволяє встановити лише один кран, але перемикати потік рідини між двома трубами. На рис. 3.9 наведено принцип роботи такого крану.

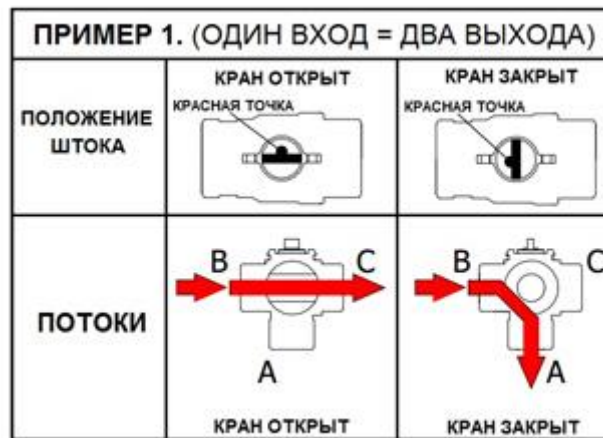


Рисунок 3.9 – Принцип роботи трьох ходового крану [16]

Рідина буде циркулювати по колу, та подаватися до входу «В», а потім, згідно температури повітря ззовні, перетікати до «А» чи до «С». Основні характеристики крану наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні характеристики трьох ходового крану [16]

| № | Параметр | Значення |
|---|-----------------------------|--------------------|
| 1 | Максимальний тиск рідини | 16 бар |
| 2 | Робоча напруга | 12 В |
| 3 | Діапазон робочих температур | від 0 °С до +65 °С |
| 4 | Вартість | 1300 грн |

Для нагрівання охолоджувальної рідини в холодну пору року потрібно використовувати нагрівач, яких буде підігрівати невеликий об'єм рідини. Проаналізувавши варіанти нагрівачів та інженерні рішення в цій галузі, було обрано проточний нагрівач для води JBL PROTEMP e500 (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Проточний нагрівач JBL [17]

Даний тип нагрівача розроблений спеціально для великих акваріумів, але так як система що розроблюється буде лише експериментальним макетом, то можна розглянути використання такого пристрою. JBL PROTEMP e500 має вбудований індикатор температури та кнопку налаштування. Основні характеристики наведені у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики проточного нагрівача [17]

| № | Параметр | Значення |
|---|-------------------------|----------|
| 1 | Максимальна потужність | 500 Вт |
| 2 | Максимальна температура | 30 °С |
| 3 | Робоча напруга живлення | 220 В |
| 4 | Вартість | 2300 грн |

Для охолодження рідини в системі буде використано контур системи кондиціонування тролейбусу, а саме водійський контур. Необхідно замінити радіатор системи кондиціонування на такий, що має два окремі контури. Один контур – циркуляція холодоагенту (R134), а другий контур – циркуляція охолоджувальної рідини системи автоматизованого охолодження АКБ. Головним у цьому радіаторі будуть ребра, які будуть поєднувати ці два контури, тобто буде виконуватись охолодження повітря в кабіні водія і, одночасно, охолодження акумуляторної батареї.

Для керування проточним нагрівачем та помпою охолодження необхідно використовувати модуль керуючого електромагнітного реле, такий як АОС634 (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Модуль електромагнітного реле [18]

Модуль 1-канального реле потребує 12 В для живлення котушки, а також 5 В для живлення оптичної розв'язки, завдяки якій може управлятися безпосередньо з виводів мікроконтролера. Вмикається логічним нулем, вимикається логічною одиницею. Основні характеристики наведені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні характеристики модулю реле [18]

| № | Параметр | Значення |
|---|-------------------------------|-------------|
| 1 | Максимальна струм комутації | 10 А |
| 2 | Максимальна напруга комутації | 250 В |
| 3 | Робоча напруга живлення | 5 В та 12 В |
| 4 | Вартість | 44 грн |

Проаналізувавши підібрані компоненти можна зробити висновок, що система буде мати декілька рівнів напруги живлення. Основна напруга живлення буде складати 24 В, так як це бортова напруга тролейбуса PTS-12. Виходячи з цього необхідно використовувати імпульсні модулі пониження напруги. В даній системі буде використано одним модуль пониження напруги, який знизить бортову напругу рівня 24 В до рівня 12 В. Для такої задачі було обрано модуль АОС815 (рис. 3.12).

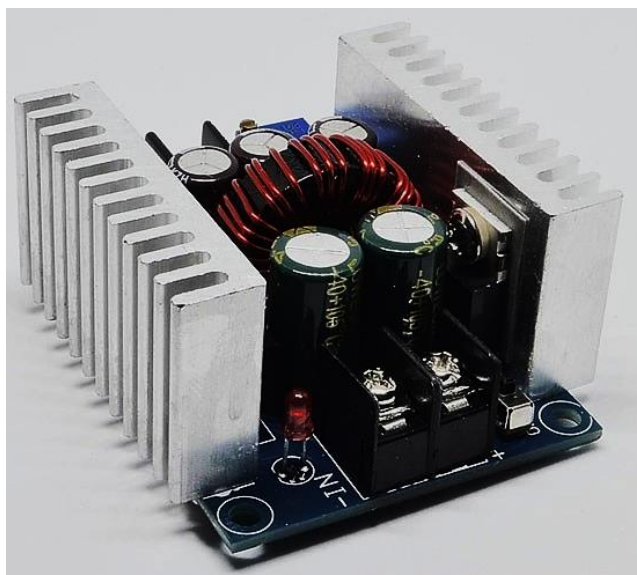


Рисунок 3.12 – Понижуючий модуль АОС815 [19]

Плата модуля спроектована на основі транзистора IRFB3607 та мікросхеми LM25116. Мікросхема LM25116 є імпульсним перетворювачем напруги постійного струму компанії Texas Instruments, Модуль має захист від короткого замикання та перегріву. Обраний модуль має дуже низькі пульсації

на виході та хороший набір фільтрів, що дуже добре відображається на стабільності вихідної напруги. Основні характеристики модулю наведені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Основні характеристики модулю живлення [19]

| № | Параметр | Значення |
|---|-----------------------------------|----------------------|
| 1 | Діапазон вхідної напруги | від 6 В до 40 В |
| 2 | Діапазон вихідної напруги | від 1,2 В до 36 В |
| 3 | Максимальна сила струму на виході | 20 А |
| 4 | Діапазон робочих температур | від -40 °С до +85 °С |
| 5 | Вартість | 234 грн |

3.4 Розрахунок вартості обраних компонентів

Проведемо розрахунок вартості всієї електричної частини макету системи. Вартість кожного елемента наведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Вартість електричних компонентів

| № | Назва елемента | Кількість, шт. | Ціна, грн |
|----|-------------------------------|----------------|-----------|
| 1 | Плата розробника ROBOTDYN R3 | 1 | 160 |
| 2 | CAN-Bus Shield | 1 | 320 |
| 3 | Терморезистор | 1 | 50 |
| 4 | Датчик температури SHT30 | 1 | 130 |
| 5 | Датчик наявності води | 2 | 60 |
| 6 | Помпа Pump12 | 1 | 900 |
| 7 | Трьох ходовий кран M7A3C12 | 1 | 1300 |
| 8 | Проточний нагрівач JBL | 1 | 2300 |
| 9 | Модуль електромагнітного реле | 2 | 88 |
| 10 | Понижуючий модуль АОС815 | 1 | 234 |

Проведемо розрахунки вартості електричної складової частини макета системи за формулою:

$$S = 160 + 320 + 50 + 130 + 60 + 900 + \\ +1300 + 2300 + 88 + 234 = 5542 \text{ грн.}$$

Вартість електричної частини складає 5542 грн, за виключенням дрібних деталей, таких як дроти, припій та інше. Окрім електричної частини в системі буде і гідравлічна частина, яка буде включати в себе: труби, теплообмінники та охолоджувальну рідину, але їх не буде наведено в роботі.

3.5 Розробка схеми електричної принципової системи охолодження

У програмному середовищі Fritzing проведено розробку електричних принципових схем автоматизованої системи охолодження акумуляторних батарей.

Fritzing – програмне забезпечення з відкритим кодом, орієнтоване на розробку схем та друкованих плат для проектів на базі Arduino. Для швидкого створення проектів існують спеціальні бібліотеки, в яких зберігається велика кількість віртуальних моделей платформ, компонентів та модулів, які можна розставляти на робочому полі та підключати до макетної плати, створюючи таким чином принципову схему майбутнього пристрою.

Обравши усі необхідні компоненти, потрібно розробити схеми підключення – окремо схему підключення цифрової та силової частин системи. На рис. 3.13 наведено схему електричну принципову цифрової частини системи.

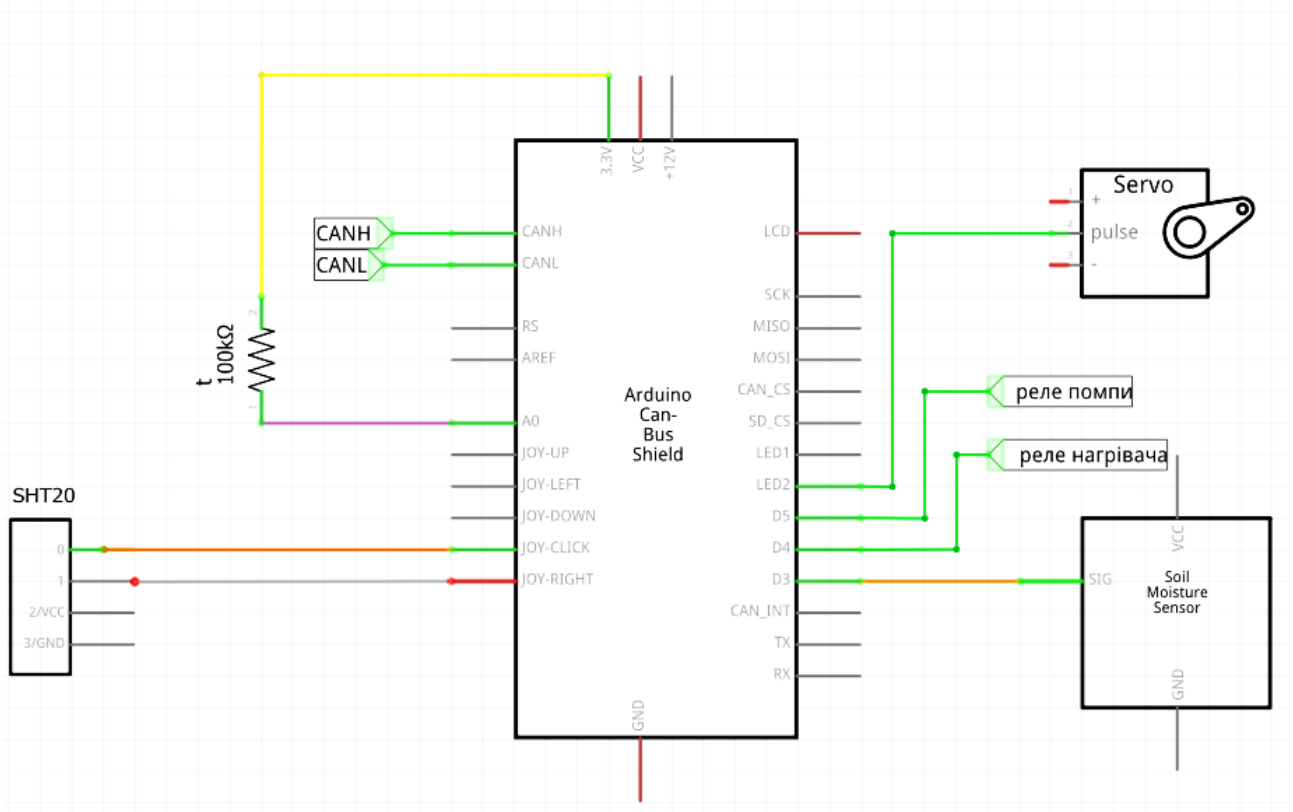


Рисунок 3.13 – СЕП цифрової частини системи

Так як модуль перетворювача інтерфейсів CAN-Bus Shield встановлюється безпосередньо на плату розробника ROBOTDYN R3, тому на схемі показано готове з'єднання цих модулів. Трьох ходовий кран представляє собою сервопривід, який керує заслінкою. Окрім схеми цифрових з'єднань необхідно розробити схему силових з'єднань, тобто ліній живлення. Майже всі пристрої мають великий діапазон напруги живлення, окрім датчику температури навколишнього повітря. Через це, датчик SHT30 буде брати напругу живлення від вбудованого стабілізатора на платі розробника ROBOTDYN R3, а всі інші елементи – від понижуючого модулю (рис. 3.14).

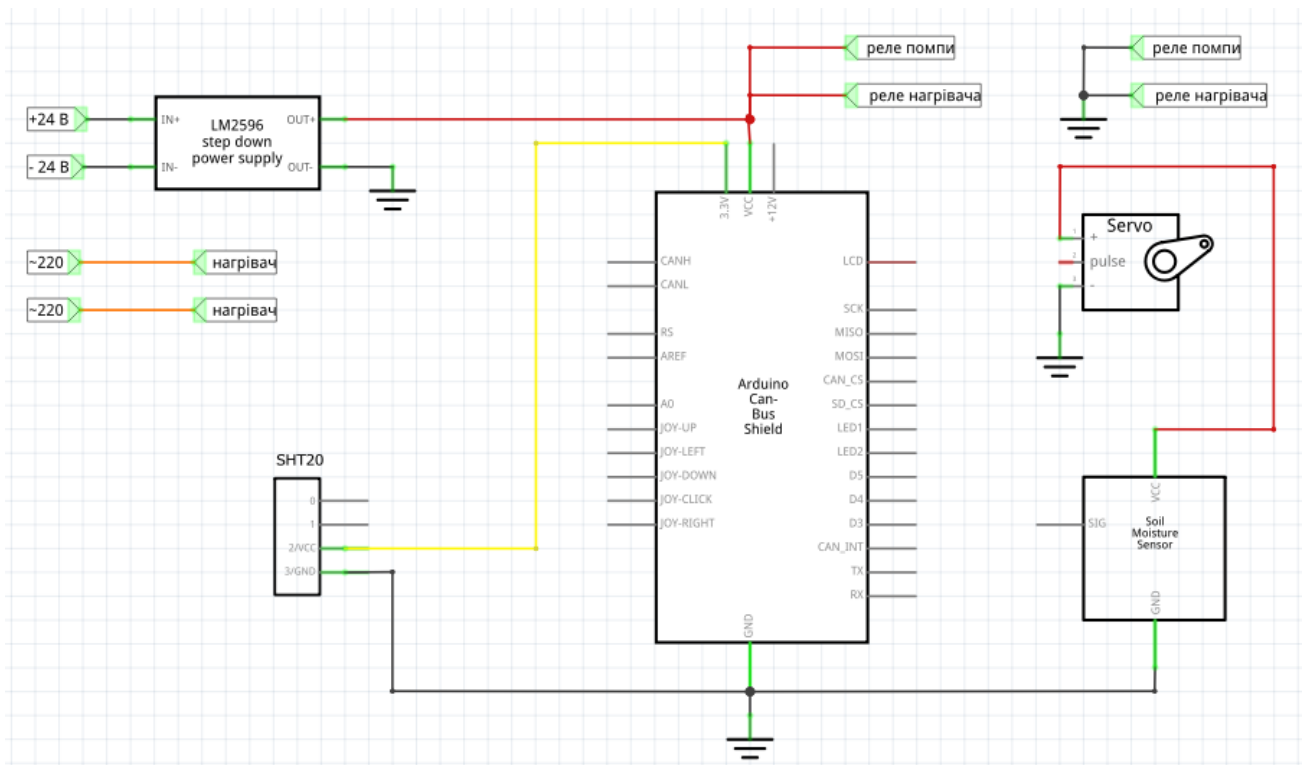


Рисунок 3.14 – СЕП підключення силової частини системи

На рис 3.14 видно, що всі модулі окрім датчика температури навколишнього повітря під'єднані до мережі 12 В, а нагрівач до – 220 В. Для модулів реле необхідна напруга 12 В для функціонування самого модулю, так як котушка електромагнітного реле працює від 12 В.

3.6 Розробка алгоритму роботи системи

Для того, щоб правильно написати програму керування необхідно розробити алгоритм роботи всієї системи.

У системі що розроблюється лише один алгоритм, але буде мати декілька розгалужень.

Перший та головний алгоритм буде працювати одразу після подачі живлення на систему, в ньому будуть проводитись наступні дії: ініціалізація та первинне опитування датчиків; встановлення з'єднання з головною системою управління троллейбусом; отримання інформації від модулю контролю акумуляторів. На рис. 3.15 наведено головний алгоритм автоматизованої системи охолодження АКБ.

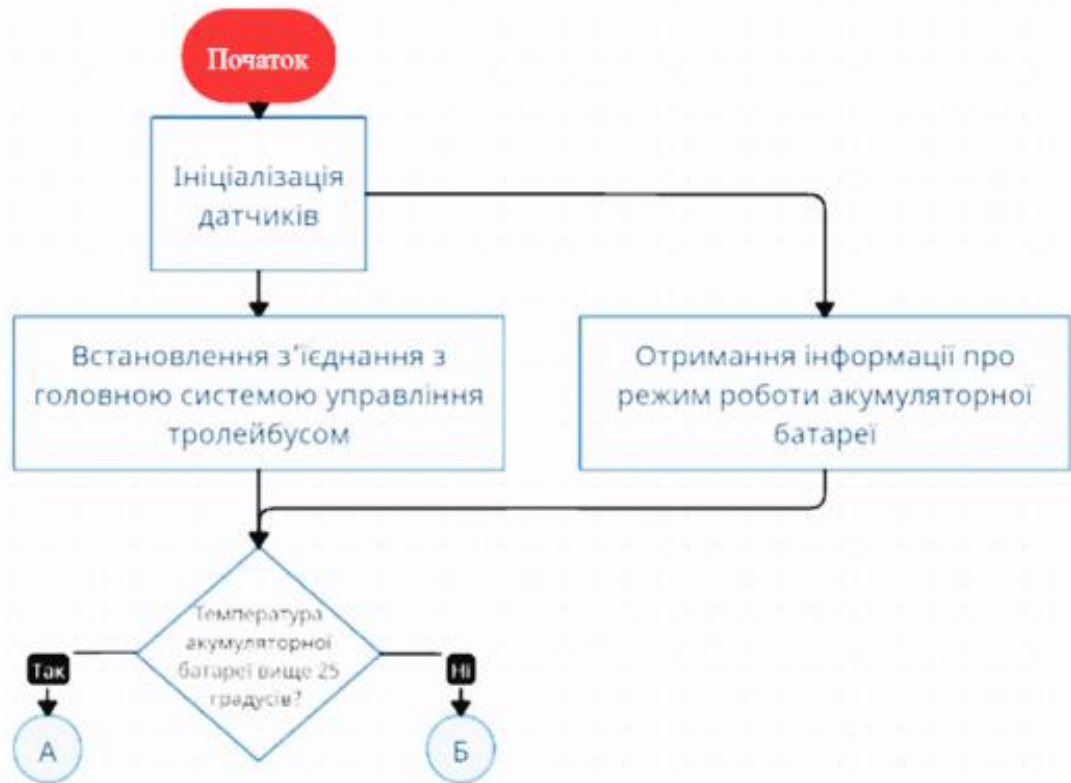


Рисунок 3.15 – Початок головного алгоритму системи

На рис. 3.16 наведено продовження головного алгоритму – випадок «А».

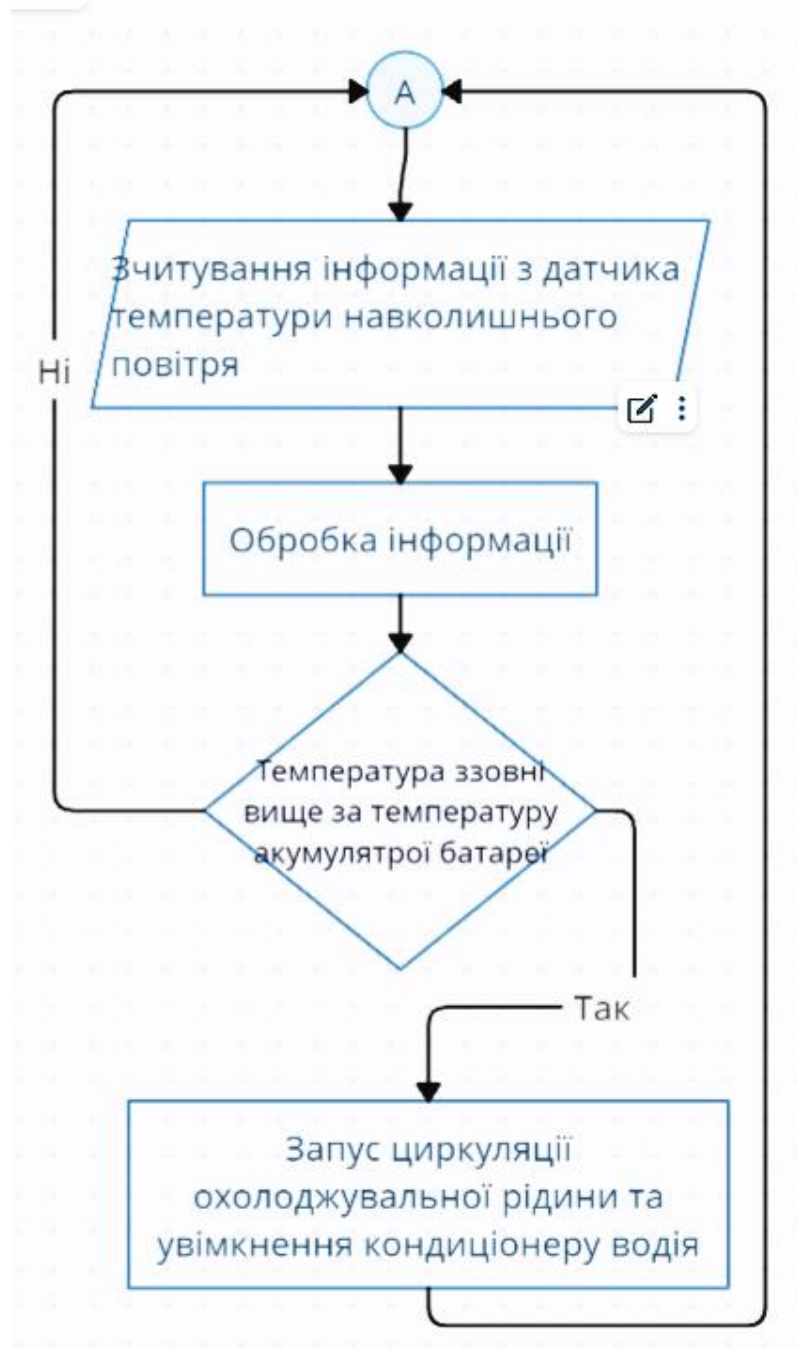


Рисунок 3.16 – Продовження головного алгоритму

На рис. 3.17 наведено продовження головного алгоритму – випадок «Б».

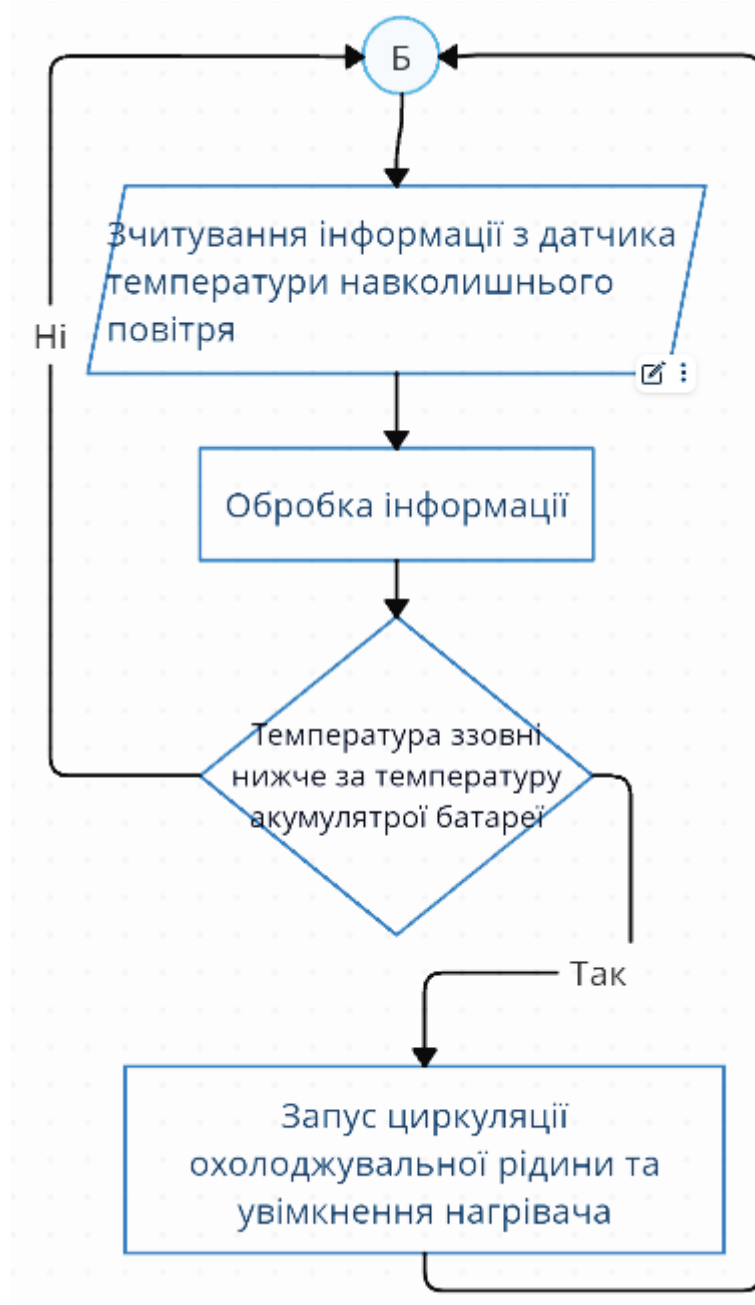


Рисунок 3.17 – Продовження алгоритму

Загальний принцип роботи автоматизованої охолоджувальної системи полягає в тому, що система порівнює значення температури акумуляторної батареї та температуру навколишнього повітря. Описання роботи системи буде наведено у підрозділі 3.8.

3.7 Розробка програмного коду керування макетом системи

Плата розробника ROBOTDYN R3 є копією розповсюдженої платформи Arduino UNO з сімейства плат Arduino, тому для написання керуючої програми було обрано середовище розробки Arduino IDE (рис. 3.18). Середовище розробки Arduino складається з вбудованого текстового редактора програмного коду, області повідомлень, вікна виведення потокової (консолі), панелі інструментів з кнопками часто використовуваних команд і декількох меню.

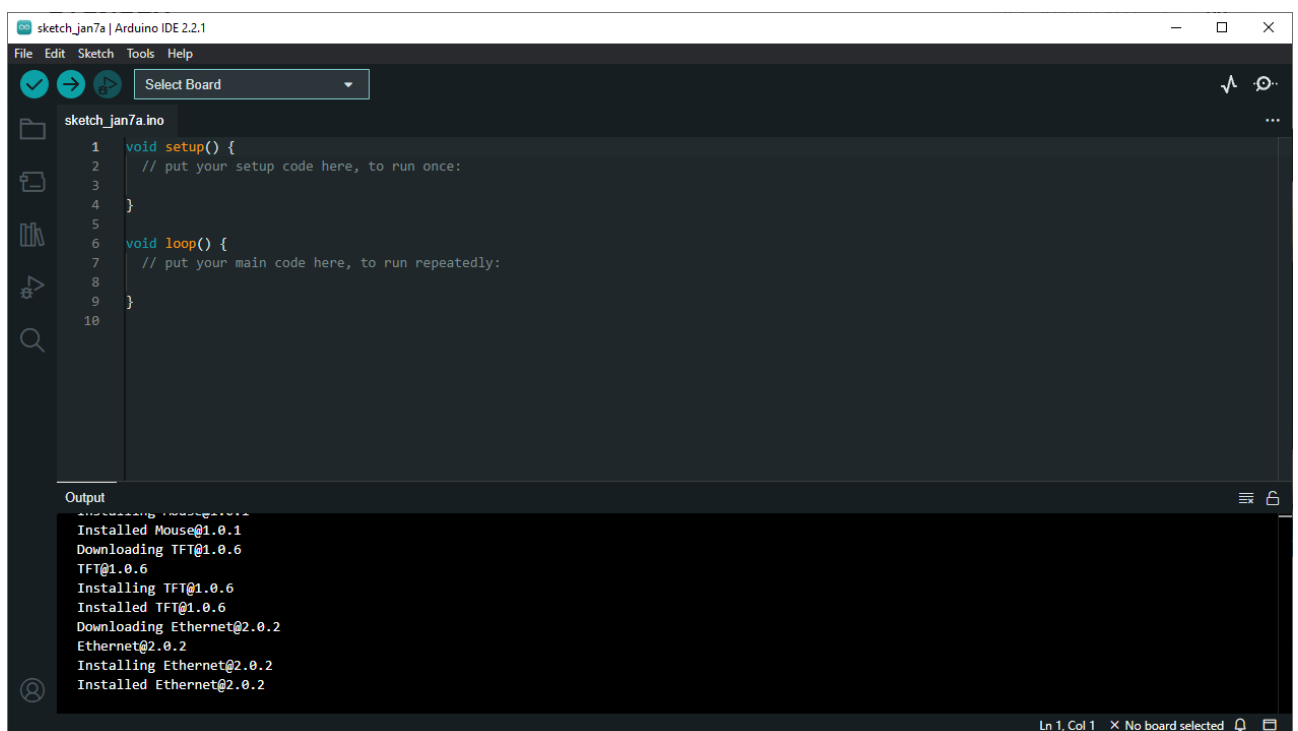


Рисунок 3.18 – Головне вікно середовища програмування Arduino IDE

Програма, яка є написана в середовищі програмування Arduino IDE, називається скетчем. Мова програмування основана на мові C++, але зі своїми додатковими функціями та спеціальними виразами. Детальніше з мовою програмування для плат сімейства Arduino можна дізнатись на офіційному сайті компанії.

Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити і записати програму, створити, відкрити або зберегти скетч, відкрити моніторинг послідовної шини:

- Verify/Compile – перевірка програмного коду на помилки, проведення компіляції;
- Stop – зупинка моніторингу послідовної шини;
- Open – відкриття меню доступу до всіх скетчей в записнику;
- Upload to I/O Board – компіляція програмного коду, завантаження його в пристрій МК.

Середовище програмування дозволяє працювати з декількома файлами скетчів (кожен відкривається в окремій вкладці). Файли коду можуть бути стандартними Arduino (без розширення), файлами C (розширення *.c), файлами c++ (* .cpp) або головними файлами (.h).

Для того, щоб завантажити написаний програмний код до мікроконтролера необхідно під'єднати плату до комп'ютера за допомогою USB-шнура, вибрати необхідну модель та конфігурацію плати (рис. 3.19), обрати активний COM-порт та натиснути кнопку завантаження.

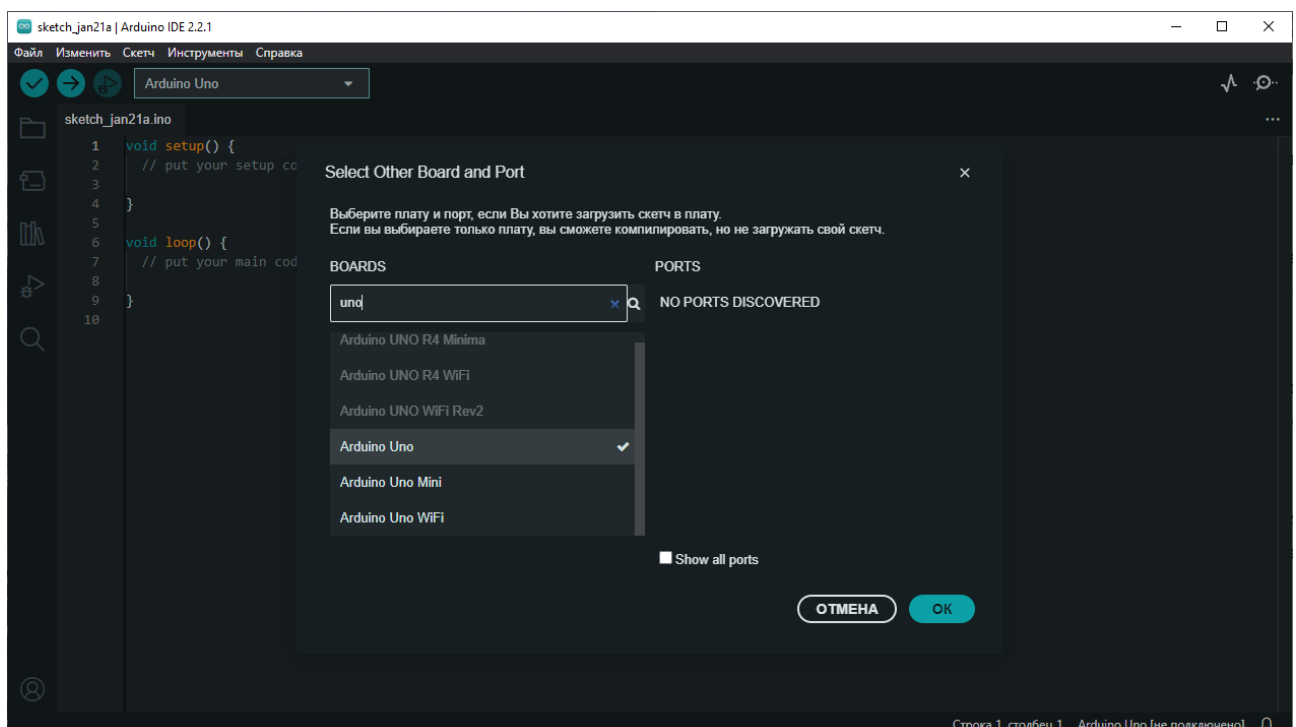


Рисунок 3.19 – Вибір плати та порту для програмування

Сучасні платформи з сімейства Arduino перезавантажуються автоматично після завантаження. При завантаженні скетчу використовується завантажувач

Bootloader Arduino, вбудована програма, що завантажується виробником в окремий мікроконтролер на платі. Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів. Саме завдяки цьому завантажувачу мова програмування Arduino відрізняється від мови C++ та має більш спрощений вигляд.

Однак існує спосіб використання Arduino без завантажувача. Одним із доступних способів це написання програми на чистому C++ та завантаження її напряму в контролер за допомогою стороннього програматора, наприклад AVR ISP. Цей програматор дозволяє використовувати мікроконтролер Arduino без вбудованого завантажувача, а також з програмою написаною на мові C++.

Аналізуючи алгоритм роботи системи маємо уявлення про роботу та основні функції системи в цілому.

На початку програми необхідно підключити необхідні бібліотеки для злагодженої роботи датчиків та протоколів зв'язку.

```
#include <iarduino_I2C_SHT.h>
```

```
#include <MCP_CAN.h>
```

У цих двох бібліотеках описані основні функції та алгоритми роботи з датчика що мають інтерфейс I2C та протоколом зв'язку – CAN.

Наступним кроком необхідно програмно визначити піни, до яких підключено все пристрої, скористаємося директивою #define.

```
#define POMP_PIN 5
```

```
#define HEATER_PIN 4
```

```
#define VALVE_PIN 6
```

```
#define NTC_PIN A0
```

```
#define WATER_PIN 3
```

Наступним кроком необхідно створити програмні об'єкти для датчиків, щоб результати що отримуються мали унікальний ідентифікатор.

```
iarduino_I2C_SHT Temp_inner;
```

```
NTC_PIN Temp_outer;
```

Наступним кроком необхідно встановити з'єднання з головною системою по протоколу обміну CAN.

```

MCP_CAN CAN(spiCSPin);
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  while (CAN_OK != CAN.begin(CAN_500KBPS))
  {
    Serial.println("CAN BUS init Failed");
    delay(100);
  }
  Serial.println("CAN BUS Shield Init OK!");
}

```

Наступним етапом можна починати реалізовувати алгоритм контролю температури та керування системою охолодження АКБ.

3.8 Описання роботи системи

Одразу після подачі живлення мікроконтролер запускається та проводить ініціалізацію датчиків і отримує інформацію з них. Після цього починається процес встановлення з'єднання з головною системою керування троллейбусом. Одночасно з цим система починає порівнювати отримані значення з датчиків температури.

Перша умова. Якщо температура АКБ вища за 25 °С (ідеальна робоча температура для акумуляторів), то відбувається наступне порівняння. Якщо температура навколишнього повітря вища за температуру акумуляторного блоку – починається процес охолодження. Процес охолодження включає в себе: запуск помпи для циркуляції охолоджуючої рідини; передача сигналу про увімкнення кондиціонеру водія по CAN-шині головній системі троллейбуса; продовження контролювання температури, а також відсутності протікань рідини у акумуляторному блоці. Якщо ж температура навколишнього повітря нижче за температуру акумуляторів і не нижча за 5 °С, то програма повертається на початок умови.

Друга умова. Якщо температура АКБ нижча за 25 °С і одночасно температура навколишнього середовища нижче 5 °С – починається процес нагрівання АКБ. Цей процес включає в себе: перемикання трьох ходового крану, для відокремлення контуру радіатора кондиціонера; запуск помпи для циркуляції рідини; увімкнення проточного нагрівача; продовження контролювання температури та відсутності протікань.

Якщо в процесі функціонування системи спрацює датчик протікання, то система передає сигнал аварії в головну систему керування троллейбусом, а також зупиняє насос помпи та всі елементи.

Одним із недоліків такої системи є інерційність датчику контролю температури АКБ. Це відбувається, в першу чергу, через тип самого датчику, а також через великий розмір батареї в цілому. При використанні у повсякденному житті потрібно на етапі виготовлення акумуляторних батарей закласти декілька датчиків температури, щоб можливо було биль точно визначити температура за середнім показником.

3.9 Висновок до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було проведено підбір необхідних електронних компонентів з обґрунтуванням вибору згідно функціональної схеми, розраховано їх вартість. Розроблено схеми електричні принципові для цифрової та силової частини системи.

Побудовано алгоритми роботи автоматизованої системи охолодження. Обрано середовище програмування та перелічено його властивості. Розроблено програмний код керування всією системою з описанням ключових моментів. Детально описано процес роботи системи.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Сутність експериментального дослідження

Після проведення розробки програмного забезпечення, необхідно виконати експериментальні дослідження, у яких потрібно перевірити основні ключові показники параметрів, які досліджуються. Так як акумуляторні батареї тролейбусу PTS-12 неможливо знайти у вільному доступі, було прийнято рішення про проведення експерименту у лабораторії автоматизованого контролю стану АБАХ у КП «Тролейбусне депо №2» міста Харків.

У цій лабораторії є все необхідне обладнання для проведення дослідження, а саме: макетна установка з модулем акумуляторної батареї; промисловий зарядний пристрій для акумуляторних батарей автономного ходу, а також макет головної системи керування тролейбусом.

Під час проведення експериментального дослідження необхідно було перевірити функціонування автоматизованої системи охолодження у всіх режимах роботи АКБ. Окрім цього, необхідно провести налаштування CAN-шини зв'язку, для виведення інформації про роботу системи на панель приладів, а також для керування системою кондиціонування кабіни водія.

Акумуляторні батареї автономного ходу, які використовуються у тролейбусі PTS-12, мають три режими роботи, а саме:

- зарядка, процес в якому акумуляторна батарея отримує електричну енергію від зовнішнього джерела живлення;
- розряд, процес експлуатації акумуляторної батареї тролейбусом;
- режим очікування, процес, в якому АКБ знаходиться під час стоянки тролейбусу.

У кожному з цих процесів необхідно перевірити головний параметр для системи – температуру. Через це, до акумуляторної батареї буде під'єднано декілька датчиків температури і термістор системи. Таким чином можна буде чутко контролювати температуру, а також провести калібрування термістор

автоматизованої системи охолодження. Для імітації зростання температури повітря у літній період використовувався електричний засіб обігріву повітря у приміщенні типу радіаторної батареї. Головною задачею експерименту не дати зрости температурі акумуляторних батарей більш чим критична, тобто перевірити здатність розробленої автоматизованої системи охолодження протистояти різкому зростанню температури при різних умовах експлуатації тролейбуса на маршруті. Діапазон параметрів температур був значним, від не великого мінусу до 45-46 градусів зі знаком плюс.

4.2 Результати експериментальних досліджень

Одразу після подачі живлення мікроконтролер запускається та отримує інформацію з датчиків. Одночасно з цим система починає порівнювати отримані значення з датчиків температури.

Перевірка роботи при підвищеній температурі. Якщо температура навколишнього повітря вища за температуру акумуляторного блоку – починається процес охолодження. Процес охолодження включає в себе: запуск помпи для циркуляції охолоджуючої рідини; передача сигналу про увімкнення кондиціонеру водія по CAN-шині головній системі тролейбуса; продовження контролювання температури, а також відсутності протікань рідини у акумуляторному блоці. Якщо ж температура навколишнього повітря нижче за температуру акумуляторів і не нижча за 5 °С, то програма повертається на початок умови.

Перевірка роботи при пониженій температурі. Якщо температура АКБ нижча за 25 °С і одночасно температура навколишнього середовища нижче 5 °С – починається процес нагрівання АКБ. Цей процес включає в себе: перемикання трьох ходового крану, для відокремлення контуру радіатора кондиціонера; запуск помпи для циркуляції рідини; увімкнення проточного нагрівача; продовження контролювання температури та відсутності протікань.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Вимоги до середовища експлуатації системи

Розроблювальна система містить в собі охолоджувальну рідину, яка є токсичною для організму людини. При роботі з рідиною необхідно одягати гумові рукавичка а також захисний респіратор. Ще одним важливим фактором є контроль ізоляції акумуляторних батарей. При встановлені системи слід подбати про те, щоб аварійній ситуації пасажери, водій та інші учасники дорожнього руху залишились неушкодженими. Слід розмістити системи таким чином, щоб при протіканні охолоджувальної рідині не виникало короткого замикання в акумуляторі, а також напруга з акумулятору не перейшла на деталі салону.

Окрім цього при встановлені системи потрібно пам'ятати, що на акумуляторах тролейбусу висока напруга, томі слід користуватися діелектричним інструментом та одягом.

5.2 Охорона праці у процесі програмування системи

Під час роботи за комп'ютером на користувача впливає багато небезпечних і шкідливих факторів відповідно до ДСТУ 12.0.003-94 [20], які занесені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів у приміщенні лабораторії з обчислювальною технікою [20]

| Найменування факторів | Джерело виникнення шкідливого фактора | Нормований параметр і нормативне значення | Характер впливу на людину | Засоби зниження впливу на людину |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Підвищений рівень шуму | Освітлювальна і вентиляційна система | $L_p = 50$ дБА | Загальне стомлення | Шумопоглинальні покриття, облицювання звукобірними плитами, підвісні звукобірні стелі |
| Підвищена іонізація повітря | Комп'ютер | Кількість іонів у 1 см^3 $n^+ = 1500 \dots 3000$ $n^- = 3000 \dots 5000$ | Опромінення | Захисні екрани, вдосконалена техніка |
| Напруга в електромережі | Проводка, штучне освітлення | $U_{np} = 12 \text{ В} - 24 \text{ В}$ | Поразка електричним струмом | Занулення корпусів ПЕОМ, заземлення корпусів блоків живлення |
| Напруженість електромагнітного поля | Компоненти ЕОМ | По електричній складовій $E = 5 \text{ В/м}$ | Порушення фізико-хімічних процесів організму | Скляні фільтри |

Продовження таблиці 5.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Рентгенівське випромінювання | Монітор ЕОМ | $D_{екс} = 100$ мкР/год | Променева хвороба, захворювання зору | Захисний екран на дисплеї монітора |

Метеорологічні умови роботи оцінюються згідно ДСТУ 12.1.005-96 [18] – категорія робіт оператора з ПЕОМ за енерговитратами легка – 1а. У приміщенні лабораторії з ПЕОМ передбачені оптимальні параметри мікроклімату, наведені в табл. 5.2 відповідно ДСТУ 12.1.005-96 [20].

Таблиця 5.2 – Оптимальні норми температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в приміщенні лабораторії з ПЕОМ [20]

| Період року | Категорія робіт | Температура повітря, °С | Відносна вологість повітря, % | Швидкість руху повітря, м/с, не більше |
|-------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| Холодний | Легка – 1а | 22...24 | 40...60 | 0,1 |
| Теплий | Легка – 1а | 23...25 | 40...60 | 0,1 |

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено автоматизовану систему охолодження акумуляторних батарей тролейбусу PTS-12. Проведено експериментальні дослідження та виявлено недоліки та напрями покращення системи в цілому. Під час виконання роботи було виконано наступні завдання:

- проведено аналіз акумуляторних батарей за призначенням;
- проведено аналіз будови акумуляторних елементів;
- проаналізовано та визначено нормальні умови роботи акумуляторів різних видів;
- проведено аналіз систем автоматизації для транспорту;
- розроблено структурну схему системи охолодження;
- проведено підбір компонентів з детальним обґрунтуванням вибору;
- розраховано вартість електричної частини системи;
- розроблено схеми електричні принципові системи охолодження;
- розроблено алгоритми роботи системи в цілому;
- розроблено програмне забезпечення для злагодженої роботи системи;
- проведено експериментальне дослідження на виробництві;
- детально опрацьовано питання охорони праці.

За результатами роботи опубліковано статтю в збірнику студентських робіт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Невлюдов І. Ш. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійної програми «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи». / І. Ш. Невлюдов, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, Ю. М. Олександров, Р. В. Артюх, Є. А. Разумов-Фризюк, О. О. Чала – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 51 с.

2. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017. – 29 с.

3. Іванов Л. С. Необхідність охолодження акумуляторних батарей автономного ходу електричного транспорту на прикладі тролейбуса PTS-12 / Іванов Л. С, Лисенко І. Д. // М&MS 2023 – 2023. – С. 81-83.

4. Lithium-ion battery // Електронний ресурс, 2023. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery (дата звернення 25.10.2023)

5. Чим відрізняється стартовий акумулятор від тягового // Електронний ресурс, 2023. URL: <https://abs.info/uk/elektroobladnannia/55-chim-v-dr-znyayut-syastartern-akumulyatori-v-d-tyagovikh> (дата звернення: 25.10.2023).

6. Тролейбус типу PTS 12. Настанова щодо експлуатації [Текст]: Посібник користувача/ТОВ «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС». – Бровари: Політехносервіс, 2021. – 164 с.

7. 1. Невлюдов І. Ш. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва: [навч. посібник] / І. Ш. Невлюдов, М. А. Бережна. – Харків : СМІТ, 2007. – 368 с. – ISBN 978-966-8530-99-9. – 41,00.

8. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455

9. Filipenko, O., Chala, O., Bortnikova, V., Sychova, O., & Botsman, I. (2019, September). Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation. In 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL) (pp. 371-374). IEEE.

10. Плата розробника ROBOTDYN R3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://miniboard.com.ua/mcu/590-robotdyn-uno-r3-ch340g.html> – 21.10.2023 р. – Загол. з екрану.

11. Модуль розширення CAN SHIELD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://miniboard.com.ua/platy-rasshireniya/543-plata-rasshireniya-rs485-can-shield-waveshare.html?search_query=can&results=5 – 21.10.2023 р. – Загол. з екрану.

12. NTC-термістори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sea.com.ua/ua/elektronnye-komponenty/ntc-termistory/> – 22.10.2023 р. – Загол. з екрану.

13. Модуль датчика температури та вологості SHT20 I2C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod4499-modyl-datchika-temperatury-i-vlajnosti-sht20-i2c> – 22.10.2023 р. – Загол. з екрану.

14. Датчик дощу, вологи, снігу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod562-datchik-dojdya-vlagi-snega> – 23.10.2023 р. – Загол. з екрану.

15. Помпа для води [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p878081956-nasos-dlya-vody.html> – 24.10.2023 р. – Загол. з екрану.

16. Кран з електроприводом триходовий змішуючий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.italgaz.com.ua/motorized-ball-valves/3-ways-motorized-ball-valve/depala-3-ways-motorized-t-bored-valve.html> – 28.10.2023 р. – Загол. з екрану.

17. Зовнішній нагрівач JBL PROTEMP e500 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/jbl_4014162604286/p241740841/ – 30.10.2023 р. – Загол. з екрану.

18. Модуль реле 12В 10А з опторозв'язкою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2968-modyl-rele-12v-10a-s-optorazvyazkoi/> – 30.11.2023 р. – Загол. з екрану.

19. Знижувальний перетворювач 300Вт 20А DC-DC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2968-modul-rele-12v-10a-s-optorazvyazkoi/> – 10.12.2023 р. – Загол. з екрану.

20. ДСТУ 12.1.005-96. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. – Прийнято з 01.01.96.