

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки  
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра мікроелектроніки  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**  
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки \_\_\_\_\_ 6.050801. «Мікро- та наноелектроніка»,  
(код і назва)

на тему: Автономний прилад для вимірювання параметрів акумуляторної батареї  
електромобіля

Виконав студент IV курсу, групи ДП-51

\_\_\_\_\_ Ліпко Дмитро Олегович \_\_\_\_\_

Керівник професор, к.т.н. Борисов О.В. \_\_\_\_\_

Консультант з технологічних питань доц., к.т.н. Орлов А.Т. \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю доц., к.т.н. Орлов А.Т. \_\_\_\_\_

Консультант з інформаційних питань ст. викл., к.т.н. Діденко Ю.В. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2019 року

## РЕФЕРАТ

Роботу викладено на 50 сторінках, вона містить 5 розділів, 18 ілюстрацій, 2 таблиці та 6 джерела в переліку посилань.

Об'єктом дослідження стала літій-іоні акумуляторна батарея електромобіля Renault Zoe, потужністю 26 кВт\*год.

Метою даної роботи є – розробка автономного пристрою, що міг би зчитувати данні з блоку тягової акумуляторної батареї електромобіля, та виводити ці данні на дисплей..

Перший інформаційно-аналітичний розділ роботи дозволив визначити галузі застосування пристрою.

У другому розділі викладено коротко надано інформацію про типи акумуляторних батарей, та оцінка їх вартості з плином часу.

У третьому розділі проводиться аналіз готових рішень построїв, що можна наразі придбати.

У четвертому розділі викладено принципову схему пристрою, та етапи її розробки.

У п'ятому розділі викладено етапи виготовлення прототипу пристрою.

## **ABSTRACT**

The work is presented in 50 pages, it contains 5 sections, 18 illustrations, 2 tables and 6 sources in the list of references.

The object of the study was a lithium-ion rechargeable battery of the electric vehicle Renault Zoe, with a power of 26 kW\*h.

The purpose of this work is to develop an autonomous device that could read data from a traction battery of an electric vehicle and display these data.

The first information-analytical section of the work allowed to determine the field of application of the device.

The second section briefly describes the types of batteries, and estimates their value over time.

In the third section, an analysis of ready-made construction solutions that can be purchased at the moment is conducted.

The fourth section outlines the basic scheme of the device, and the stages of its development.

The fifth section describes the stages of manufacturing a prototype device.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, .....	5
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	5
ВСТУП .....	7
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДУ .....	9
2 ТЯГОВІ АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ .....	11
2.1 Вступ .....	11
2.2 Свинцево-кислотні акумулятори .....	12
2.3 Никель-металгідридні батареї .....	14
2.4 Акумулятор натрію .....	14
2.5 Літій-іонні батареї .....	15
2.6 Вартість тягових акумуляторних батарей електромобілей .....	17
3 АНАЛІЗ ГОТОВИХ РІШЕНЬ .....	22
3.1 Вступ .....	22
3.2 Огляд діагностичного пристрою Nissan Consult-3 Plus .....	22
3.3 Огляд діагностичного пристрою Renault Clip .....	24
3.4 Огляд діагностичного пристрою Launch x431 .....	26
3.5 Огляд діагностичного пристрою ELM327 .....	27
3.5 Висновки .....	31
4. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ .....	32
4.1 Розробка принципової схеми пристрою .....	32
4.2 CAN-Bus інтерфейс .....	34
5.3 Блок введення та виведення інформації .....	38
5.5 Розробка корпусу приладу .....	42
5. ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРИСТРОЮ .....	45
5.1 Виготовлення друкованої плати .....	45
5.2 Нанесення захисного шару на друковану плату .....	46
5.3 Монтаж деталей на друковану плату .....	47
5.4 Виготовлення корпусу приладу .....	47
ВИСНОВКИ .....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	50

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

AVR – сімейство мікроконтролерів

BMS – battery management system (система балансування та м)

CAN – Controller Area Network (елемент постійної фази)

CPU – central processing unit (центральний процесор)

DOD – depth of discharge (ковзне падіння)

EV - electric vehicle (електромобіль)

EVC – electric vehicle control (блок контролю електромобіля)

EV-1 – перший в історії серійний електромобіль, який виробила  
компанії General Motors

GM – General Motors (компанія автовиробник)

LBC – lithium battery control (блок контролю літієвої тягової  
акумуляторної батареї)

LIB – Li-ion battery (літій-іонна батарея)

Li-Ion – lithium-ion battery (літій-іон)

NiCd – Nickel–cadmium (нікель-кадмій)

NiMH – Nickel–metal hydride (нікель-металгідрид)

OLED – organic light-emitting diode (технологія дисплеїв)

PHEV – plug-in hybrid electric vehicle (автомобіль з гібридною силовою  
установкою з можливістю підзарядки акумулятора)

PWM – pulse-width modulation (широтно-імпульсна модуляція)

SPI – Serial Peripheral Interface (послідовний периферійний інтерфейс)

SOC – State of charge (рівень заряду)

SOH – State of health (рівень залишкової ємності від початкової)

SOS – State of Safety (рівень безпеки)

## ВСТУП

Останнім часом автомобільна промисловість почала виробляти дуже багато автомобілів, що приводяться в рух, за рахунок електродвигуна, та живляться від акумуляторів. Вони мають багато переваг перед класичними автомобілями з двигуном внутрішнього згорання. Одна з таких переваг відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Що робить електромобілі ідеальним засобом пересування для міст. Також електромобілі позитивно впливають на баланс електричних систем міст. Електростанції вночі виробляють однакову кількість електроенергії, як і в день. Більшість машин заряджаються вночі, а як відомо вночі навантаження на електричну систему не велике, тому електромобілі позитивно впливають на баланс електричних систем.

Одним зі основних вузлів електромобіля є акумуляторна батарея, вона має певний ресурс, що характеризується кількістю циклів розряду та заряду. Саме цей вузол частіше всього треба перевіряти на несправність. В середині акумулятора є блок керування (BMS), що міряє напругу на всіх елементах батареї, та не дозволяє машині глибоко розряджати її, та перезаряджати. Цей блок обмінюється інформацією з іншими системами електромобіля за допомогою інтерфейсу передачі даних CAN-Bus. Саме цей інтерфейс повинен бути в пристрої для діагностування тягової батареї електромобіля.

Новизна даного пристрою в тому, що він може працювати одразу з акумуляторною батареєю, без участі автомобіля, так як пристрій можна під'єднати одразу до тягової батареї електромобіля. Проблема діагностування несправності батареї полягає в тому, що для її перевірки без електромобіля, батарею потрібно розпаковувати з її герметичного корпусу, що несе за собою ряд певних проблем. Даний пристрій дозволяє уникнути цих проблем.

У склад пристрою діагностування параметрів тягової батареї електромобіля повинен входити мікроконтролер, адаптер для інтерфейсу CAN-Bus, трансивер CAN-Bus, пристрій виведення – введення інформації, акумулятор для живлення приладу, стабілізатор напруги.

Отже, темою даної дипломної роботи є розробка пристрою, що міг би діагностувати тягову батарею електромобіля на різні дефекти за допомогою обміну інформації з BMS.



## 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДУ

Основне застосування приладу для вимірювання параметрів тягової акумуляторної батареї електромобіля, визначення залишкової ємності акумулятора, від початкової (SOH). Також за допомогою даного пристрою можна дізнатися багато інших параметрів, таких як:

- ємність поточна (SOC);
- ємність залишкова від номінальної (SOH);
- внутрішній опір елементів батареї;
- напругу елементів батареї;
- температуру в середині батареї;
- силу струму;
- загальний пробіг електромобіля на певній батареї.

Так як більшість електромобілів в нашій країні, колишні у використанні, і дуже популярні на вторинному ринку, то залишкова ємність батареї менша ніж початкова. А цей параметр сильно впливає на вартість електромобіля. Тому, така діагностика, дуже важлива при покупці підтриманого електромобіля.

Деякі електромобілі потрапляють в країну без тягової акумуляторної батареї, тому для них потрібно підбирати іншу батарею. Отже, виникає проблема, в тому, що батарею при купівлі також потрібно діагностувати на дефектні елементи. Особливість такої діагностики полягає в тому, що неможливо відкрити корпус батареї. Але в середині батареї є блок керування літійовою батарею (LBC), до якого можна під'єднатися, за допомогою інтерфейсного роз'єма.

В умовах відсутності офіціальних станцій технічного обслуговування електромобілів, багатьом власникам доводиться обслуговувати свої автомобілі, на неофіційних станціях технічного обслуговування, але при відсутності доступного діагностичного обладнання, багато видів причин несправностей важко діагностувати, тому автономний пристрій для

вимірювання параметрів тягової батареї електромобіля також має широкий спектр застосування для неофіційних станцій технічного обслуговування автомобілів.

## 2 ТЯГОВІ АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

### 2.1 Вступ

Акумулятор електричного транспортного засобу (EVB) або тяговий акумулятор є батареєю, що використовується для живлення двигуна акумуляторних електричних транспортних засобів (BEV). Акумулятори автомобіля зазвичай є вторинною (аккумуляторною) батареєю. Тягові батареї використовуються у виловних навантажувачах, електричних гольф-колах, екіпажах, електричних мотоциклах, електричних автомобілях, вантажних автомобілях, фургоні та інших електричних транспортних засобах.

Батареї електричних транспортних засобів відрізняються від стартерних батарей, оскільки вони призначені для забезпечення потужності протягом тривалого періоду часу. Для цих застосувань замість батарей SLI використовуються акумулятори глибокого циклу. Тягові батареї повинні бути спроектовані з високою потужністю ампер-години. Батареї для електричних транспортних засобів характеризуються відносно високим співвідношенням потужності до ваги, питомою енергією та щільністю енергії; менші, більш легкі батареї зменшують вагу автомобіля та покращують його дію. У порівнянні з рідким паливом, більшість сучасних технологій батарей мають набагато меншу питому енергію, і це часто впливає на максимальний загальний електричний діапазон транспортних засобів. Тим не менш, метало-повітряні батареї мають високу питому енергію, оскільки катод забезпечується навколишнім киснем повітря. Акумуляторні батареї, що використовуються в електричних транспортних засобах, включають свинцево-кислотні (Lead Acid), нікель-кадмієві (NiCd), нікель-металогідридні (NiMH), літій-іонні (Li-ion), літій-іонні полімери (LiPo). Найбільш поширеним типом батарей в сучасних електричних автомобілях є літій-іонні і літій-полімерні батареї, оскільки їхня висока енергетична щільність в порівнянні з їх вагою. Кількість електрики (тобто електричний заряд), що

зберігається в батареях, вимірюється в ампер-годинах або в кулонах, причому загальна енергія часто вимірюється в Ватт-годинах.

Батарея становлять істотну вартість електромобілів. Станом на 2018 рік, декілька електричних автомобілів з більш ніж 500 км діапазону ходу, таких як Tesla Model S, твердо знаходяться в розкішному сегменті. Починаючи з кінця 1990-х років, досягнення в області технології акумуляторів були спричинені вимогами до портативної електроніки, таких як портативні комп'ютери та мобільні телефони. Ринок електромобілів пожинає переваги цих досягнень як в продуктивності, так і в щільності енергії. Батареї можна розряджати і перезаряджати щодня. Згідно з доповіді президента Mitsubishi Осамі Масуко, вартість батареї для Mitsubishi i-MiEV була скорочена у половині між 2009 та 2011. Вартість акумуляторів електромобілів скоротилася більш ніж на 35% з 2008 по 2014 роки (таблиця 2.1)

Передбачений ринок автомобільних тягових акумуляторів становить понад 37 мільярдів доларів у 2020 році.

З точки зору експлуатаційних витрат, ціна електроенергії для користування електромобілем - це невелика частина вартості палива для еквівалентних двигунів внутрішнього згоряння, що відображає більш високу енергоефективність. Вартість заміни батареї домінує над експлуатаційними витратами.

## **2.2 Свинцево-кислотні акумулятори**

Свинцево-кислотні акумулятори є найдешевшими і в минулому найбільш поширеними тяговими батареями. Є два основних типи свинцево-кислотних акумуляторів: батареї стартера автомобільних двигунів і батареї глибокого циклу. Автомобільні генератори призначені для забезпечення високих тарифів для стартерних батарей для швидких зарядів, тоді як батареї глибокого циклу, що використовуються для електричних транспортних засобів, таких як навантажувачі або вози для гольфу, а також допоміжні

батареї будинку в RV, вимагають різної багатоступінчастої зарядки. Жодна свинцево-кислотна батарея не повинна розряджатися нижче 50% своєї ємності, оскільки вона скорочує термін служби акумулятора. Залиті батареї вимагають перевірки рівня електроліту та періодичної заміни води, яка відходить під час нормального циклу зарядки.

Традиційно, більшість електричних автомобілів використовували свинцево-кислотні акумулятори завдяки їхній зрілій технології, високій доступності та низькій вартості (виняток: деякі ранні електромобілі, наприклад, Detroit Electric, використовували нікель-залізний акумулятор). вплив на навколишнє середовище через їх будівництво, використання, утилізацію або переробку. На вершині, ставки автомобіля батареї переробки вершина 95% у Сполучених Штатах. Батареї свинцевих батарей глибокого циклу є дорогими і мають більш короткий термін служби, ніж сам автомобіль, як правило, потребують заміни кожні 3 роки.

Свинцево-кислотні батареї в приладах з електроприводом закінчуються значним (25–50%) частиною кінцевої маси автомобіля. Як і всі батареї, вони мають значно меншу питому енергію, ніж нафтові палива - у цьому випадку 30–40 Вт / кг. EV, навіть кращі батареї мають тенденцію вести до вищих мас коли застосовуються до суден з нормальним діапазоном. Ефективність (70–75%) і потужність зберігання поточного покоління звичайних свинцево-кислотних акумуляторних батарей глибокого циклу знижується при більш низьких температурах, а відхиляюча потужність для роботи нагрівальної котушки знижує ефективність і досягає до 40%. Досягнення в ефективності батареї, потужності, матеріалів, безпеки, токсичності та довговічності, швидше за все, дозволять цим чудовим характеристикам застосовуватися в автомобілях розміром EV.

Зарядка та експлуатація батарей зазвичай призводить до викиду водню, кисню та сірки, які є природними і зазвичай нешкідливими, якщо вони правильно вентильовані. Раніше власники електромобілей виявили, що, якщо

не провітрюється належним чином, неприємні запахи сірки просочуються в кабінку відразу після зарядки.

### **2.3 Никель-металгідридні батареї**

Никель-металгідридні батареї тепер вважаються відносно зрілою технологією. Хоча вони менш ефективні (60-70%) при зарядці та розряді, ніж навіть свинцево-кислотні, вони мають питому енергію 30–80 Вт / кг, що набагато вище, ніж свинцево-кислотних. При правильному використанні, никель-металеві гідридні батареї можуть мати виключно довге життя, як було продемонстровано в їх використанні в гібридних автомобілях і вижили NiMH RAV4 EV, які все ще працюють добре після 100 000 миль (160 000 км) і більше десяти років служби. Недоліки включають погану ефективність, високий рівень саморозрядки, дуже переконливі цикли заряду і низьку продуктивність в холодну погоду.

GM Ovonic виробляє NiMH батарею, що використовується в другому поколінні EV-1, і Cobasys робить майже ідентичну батарею (десять 1,2 V 85 Ah NiMH клітини в серії на відміну від одинадцяти клітин для батареї Ovonic). Це дуже добре працювало в EV-1. Патентне обтяження обмежило використання цих батарей в останні роки.

### **2.4 Акумулятор натрію**

Акумулятор натрію або "зебра" використовує розплавлений хлоралюмінат натрію ( $\text{NaAlCl}_4$ ) в якості електроліту. Ця хімія також іноді називають "гарячою сіллю". Відносно зріла технологія, батарея Zebra має питому енергію 120Wh / kg і розумний рядний опір. Оскільки акумулятор повинен бути підігрітий для використання, холодна погода не впливає сильно на його роботу, за винятком збільшення витрат на опалення. Вони були використані в декількох електромобілях. Зебри можуть тривати кілька тисяч циклів заряду і є нетоксичними. Недоліки батареї Zebra включають погану

потужність (<300 Вт / кг) і необхідність нагрівання електроліту до температури близько 270 ° C (520 ° F), яка витрачає деяку кількість енергії і створює труднощі у довготривалому термін зберігання заряду. Також батареї Zebra, мають малу кількість циклів охолодження та нагрівання, близько двадцяти циклів, після чого батарея втрачає ємність.

Батареї Zebra були використані в декількох комерційних транспортних засобах Modex, та ввійшли у виробництво в 2006 році.

## 2.5 Літій-іонні батареї

Літій-іонні (та подібні літій-полімерні) батареї, широко відомі для використання в портативних комп'ютерах та побутовій електроніці, переважають у найсучаснішій групі електростанцій в процесі розробки. Традиційна літій-іонна хімія включає катод оксиду літію кобальту і графітовий анод. Це дає клітини з вражаючою специфічною енергією 200+ Wh / kg і високою питомою потужністю з ефективністю заряду / розряду від 80 до 90%. Недоліком традиційних літій-іонних батарей є короткий цикл життя (сотні до кількох тисяч циклів заряду) і значне погіршення з віком. Матеріал катода також дещо токсичний. Традиційні літій-іонні батареї створюють ризик пожежної безпеки при проколі або неправильному заряді. Ці ранні клітини не приймають і не подають заряд при надзвичайно холодному, і тому в деяких кліматичних умовах для обігріву можуть знадобитися нагрівачі. Зрілість цієї технології є помірною. Tesla Roadster (2008) використовує групи традиційних літій-іонних акумуляторів в корпусі 18650, що широко використовуються в акумуляторах для ноутбуків, які можуть бути замінені індивідуально, коли це необхідно.



**Рисунок 2.1.** Літій-іонний акумулятор Panasonic NCR18650B ємністю 3,4 А\*год

Останні електростанції використовують нові варіанти літій-іонної хімії, які жертвують специфічною енергією та питомою потужністю для забезпечення вогнестійкості, екологічності, швидкої зарядки (так само швидко, як за кілька хвилин) і довших термінів служби. Показано, що ці варіанти (фосфати, титанати, шпінелі тощо) мають набагато більш тривалий термін служби, причому типи A123 використовують фосфат заліза літію тривалістю не менше 10+ років і 7000+ циклів заряду / розряду, і LG Chem їхні літій-марганцеві шпінельні батареї триватимуть до 40 років.

Велика робота проводиться на літій-іонних батареях в лабораторії. Оксид ванадію літію вже пробився в прототип G4e Subaru, що збільшує щільність енергії [цитовання]. Кремнієві нанопровідники, наночастинки кремнію, і наночастинки олова обіцяють в аноді в кілька разів більшу щільність енергії, тоді як композит і надгратка катоду також обіцяють значні поліпшення щільності.



## 2.6 Вартість тягових акумуляторних батарей електромобілей

Прототипи літій-іонно-полімерної батареї на 50 Вт / год. Нові літій-іонні елементи можуть забезпечувати до 265 Вт / кг і триватимуть через тисячі циклів зарядки.

У 2010 році вчені з Технічного університету Данії заплатили 10 000 доларів за сертифікований акумулятор EV з потужністю 25 кВт-год (тобто 400 доларів за кіловат-годину), без жодних знижок або надбавок. Два з 15 виробників акумуляторів можуть надати необхідну технічну документацію щодо якості та пожежної безпеки. У 2010 році було підраховано, що максимум 10 років пройде до того, як ціна батареї знизиться до 1/3.

Згідно з дослідженням 2010 року, Національною дослідницькою радою, вартість літій-іонного акумулятора склала близько 1700 доларів США / кВт-год корисної енергії, і враховуючи, що PHEV-10 вимагає близько 2,0 кВт-год і PHEV-40 близько 8 кВт-год, вартість виробника акумуляторної батареї для PHEV-10 становить близько \$ 3000, і вона досягає 14 000 доларів США для PHEV-40. MIT Technology Review оцінив вартість автомобільних акумуляторних батарей у розмірі від 225 до 500 доларів США за кіловат-годину до 2020 року. Дослідження, проведене Американською радою з енергоефективної економіки за 2013 рік, повідомило, що витрати на акумулятори знизилися з 1 300 доларів США за кВт-год у 2007 році до 500 доларів США за кВт-год у 2012 році. Міністерство енергетики США встановило цільові показники для досліджень США 300 доларів за кВт / год у 2015 році та 125 доларів США за кВт-год до 2022 року. Скорочення витрат за рахунок досягнень в технології акумуляторів і більш високих обсягів виробництва дозволить електричним автомобілям, що підключаються, бути більш конкурентоспроможними зі звичайними транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання. У 2016 році в світі було виробництво літій-іонної потужності 41,57 ГВт-год.

Фактичні витрати на клітини піддаються великим обговоренням і спекуляціям, оскільки більшість виробників EV відмовляються обговорювати цю тему в деталях. Однак у жовтні 2015 року виробник автомобілів GM на своїй щорічній глобальній бізнес-конференції повідомив, що очікується ціна на 145 доларів за кіловат-годину для літій-іонних елементів, що входять до 2016 року, що є значно нижчим, ніж оцінки інших аналітиків. GM також очікує вартість \$ 100 за кВтч до кінця 2021 року.

Згідно з дослідженням, опублікованим у лютому 2016 року компанією Bloomberg New Energy Finance (BNEF), ціни на акумулятори знизилися на 65% з 2010 року та на 35% лише у 2015 році, досягши 350 доларів за кВт-год. Дослідження робить висновок, що витрати на акумуляторні батареї знаходяться на траєкторії, щоб зробити електричні транспортні засоби без державних субсидій доступними як автомобілі двигунів внутрішнього згорання в більшості країн до 2022 року. доларів. BNEF очікує, що вартість акумулятора електричного автомобіля до 2030 року буде значно нижчою за 120 доларів за кВт / год.

**Таблиця 2.1.** Зміна вартості акумуляторів з роками.

Тип акумулятора	Рік	Вартість (\$/кВт*год)
Li-Ion	2016	130-145
Li-Ion	2014	200–300

## Продовження таблиці 2.1.

Тип акумулятора	Рік	Вартість (\$/КВт*год)
Li-Ion	2012	500–600
Li-Ion	2012	400
Li-Ion	2012	520-650
Li-Ion	2012	752
Li-Ion	2012	689
Li-Ion	2013	800–1000
Li-Ion	2010	750
Nickel Metal Hydride	2004	750
Nickel Metal Hydride	2013	500–550
Nickel Metal Hydride		350
Lead acid		256.68

**Таблиця 2.2.** Дослідження ресурсу батареї в залежності від тип акумулятора та удосконалення технології з роками.

<b>Тип акумулятора</b>	<b>Рік дослідження</b>	<b>Цикли</b>	<b>Максимальний пробіг електромобіля в милях</b>	<b>Років</b>
Li-Ion	2016	>4000	1,000,000	>10
Li-Ion			100,000	5
Li-Ion			60,000	5
Li-Ion	2002			2-4
Li-Ion	1997	>1,000		
Nickel Metal Hydride	2001		100,000	4
Nickel Metal Hydride	1999	>90,000		
Nickel Metal Hydride			200,000	
Nickel Metal Hydride	1999	1000	93,205.7	
Nickel Metal Hydride	1995	<2,000		

## Продовження таблиці 2.1.

Тип акумулятора	Рік дослідження	Цикли	Максимальний пробіг електромобіля в милях	Років
Nickel Metal Hydride	2002	2000		
Nickel Metal Hydride	1997	>1,000		
Nickel Metal Hydride	1997	>1,000		
Lead acid	1997	300–500		

Отже, можна зробити висновки, що технологія створення акумуляторів з роками покращується. Це позитивно впливає на ресурс акумуляторів, та на можливості їх використання в різних областях. За допомогою сучасних технологій, ціна акумуляторів значно знизилась за останні роки, що гарно можна прослідкувати за таблицею 2.1.

Через великий попит на сировину, її ринкова вартість виросла, але це не сильно вплинуло, на кінцеву ціну акумуляторних батарей.

## **3 АНАЛІЗ ГОТОВИХ РІШЕНЬ**

### **3.1 Вступ**

Зараз на ринку є декілька готових рішень приладів для діагностики електромобілів. Перед тим як перейти до проектування даного приладу, потрібно проаналізувати, готові рішення, що зараз є у вільному продажу. Одразу можна сказати, що так як сервіс електромобілів в Україні не досить популярний, то і пристроїв для їх діагностики не багато.

Основні марки електромобілів що є в Україні:

- Nissan;
- Renault;
- Hyundai;
- Tesla;
- Kia.

Отже, розглянемо, офіційні спеціалізовані діагностичні пристрої, що можуть собі придбати тільки офіційні дилерські станції технічного обслуговування електромобілів, та не офіційні для широкого кола користувачів.

### **3.2 Огляд діагностичного пристрою Nissan Consult-3 Plus**

Перший розглянутий діагностичний прилад Nissan Consult-3 Plus, може працювати з електромобілями фірми Nissan, а саме Nissan Leaf та Nissan e-NV200. Офіційно придбати цей пристрій може тільки авторизована станція технічного обслуговування Nissan, проте є аналог цього пристрою виробленого в Китаї, що можна купити в міжнародних інтернет магазинах.



**Рисунок 3.1.** Діагностичний пристрій Nissan Consult-3 Plus.

Для роботи з цим пристроєм потрібен комп'ютер зі спеціальним програмним забезпеченням, та порт підключення USB 2.0, або вище. В програмного забезпечення для роботи з пристроєм можна обрати одну з одинадцяти мов, але Української немає. За допомогою цього пристрою можна прочитати, розшифрувати та зробити скидання помилок. А так зробити налаштування різних блоків системи автомобіля, серед яких є блок керування тяговою батареєю електромобіля. З цього блока можна зчитати данні:

- ємність поточна (SOC);
- ємність залишкова від номінальної (SOH);
- внутрішній опір елементів батареї;
- загальну напругу батареї ;
- напругу певного елемента батареї;
- температуру на кожному з трьох датчиків температури батареї;
- силу струму;
- стан кінцевих вимикачів системи безпеки;
- кількість повільних зарядів батареї;
- кількість швидких зарядів батареї.

Цей пристрій має такі недоліки:

- Висока ринкова ціна;
- неможливість роботи без комп'ютера;
- обмежена портативність;
- важкість придбання;

Отже, можна зробити висновок, що діагностичний пристрій Nissan Consult-3 Plus, має гарний набір функцій, але також має досить вагомі недоліки, що потрібно врахувати, при розробці прототипу.

### **3.3 Огляд діагностичного пристрою Renault Clip**

Діагностичний прилад Renault Clip, працює лише з автомобілями Renault. У компанії Renault, на відміну від Nissan більший модельний ряд електромобілів, а саме:

- Renault Zoe;
- Renault Kangoo
- Renault Twizy;
- Renault Fluence;
- Renault Master.

Renault Clip працює з усіма електромобілями Renault, але так як пристрій призначено використовувати на офіційних станції технічного обслуговування електромобілів Renault, у вільному продажі Renault Clip немає. Але є не офіційні версії приладу, що можна купити в спеціалізованих магазинах, обладнання для станцій технічного обслуговування автомобілів.





**Рисунок 3.2.** Діагностичний пристрій Renault Clip.

Для роботи з цим діагностичним приладом потрібно мати комп'ютер, за спеціалізованим програмним забезпеченням, що мистця на компакт диску, що йде в комплекті до пристрою. Пристрій підключається до електромобіля, через діагностичний роз'єм OBD-2, а до комп'ютера через USB порт.

За допомогою Renault Clip, можна виміряти такі параметри тягової акумуляторної батареї електромобіля:

- ємність поточна (SOC);
- ємність залишкова від номінальної (SOH);
- загальну напругу батареї ;
- напругу певного елемента батареї;
- різницю між максимальною і мінімальною напругою елементів батареї;
- загальну температуру батареї;
- силу струму;
- стан кінцевих вимикачів системи безпеки;
- одометр батареї.

При діагностиці батареї від Renault Zoe, до цього списку ще додаються такі параметри, як:

- температура кожного з дванадцяти термодатчиків;
- максимальна сила струму заряду батареї;
- сила струму на кожній з трьох фаз під час зарядки батареї;
- напруга на кожній з трьох фаз під час зарядки батареї;
- опір заземлення;
- стан кліматичної установки батареї.

При діагностиці батареї від Renault Fluence, до цього списку ще додаються такі параметри, як:

- кількість швидких замін батареї;
- стан кінцевих вимикачів фіксаторів батареї.

Для роботи з Renault Zoe потрібно мати підключення до сервера Renault, що доступне тільки в умовах офіційної дилерської станції технічного обслуговування. Тому, діагностувати батарею електромобіля Renault Zoe неможливо за межами офіційної дилерської станції технічного обслуговування.

Отже, можна зробити висновок, що до діагностичного прилад Renault Clip. Прилад має такі самі недоліки, як і Nissan Consult-3 Plus, але до цього, ще можна додати, неможливість використання за межами офіційної дилерської станції технічного обслуговування для роботи з електромобілями Renault Zoe.

### **3.4 Огляд діагностичного пристрою Launch x431**

Перша відмінність, на яку звертаєш увагу при огляді Launch x431, на відміну від попередніх двох пристроїв, це те, що він досить компактний. Цей пристрій одразу під'єднується до діагностичного роз'єма OBD-2, а далі для роботи з ним потрібен смартфон або планшет з операційною системою, з модулем. Діагностичний пристрій складається з планшета працює на ОС Android 7.1, діагностичного адаптера і програмного забезпечення. У

порівнянні з попередньою версією, у планшета збільшилася потужність процесора і об'єм оперативної пам'яті. Пристрій підключається до OBD-2 роз'єму автомобіля безпосередньо або через перехідники що входять в комплект до пристрою. Передача даних з адаптера на планшет здійснюється по бездротовому протоколу BlueTooth. Так як цей пристрій може працювати з багатьма марками автомобілів, то і можливість діагностики великої кількості електромобілів присутня.



**Рисунок 3.3.** Діагностичний пристрій Launch x431.

### **3.5 Огляд діагностичного пристрою ELM327**

LM327 - це звичайний мікроконтролер PIC з прошивкою, розробленої Elm Electronics. Коли перша версія ELM327 надійшла в продаж, виявилось, що виробник забув активувати в своїх пристроях захист від копіювання. Це дозволило всім охочим зробити копію прошивки за допомогою програматора. Що, в свою чергу, призвело до створення дешевих клонів на спрощеній елементній базі. Все ELM327, що надходять з Китаю, є клонами оригінального продукту і мають різний ступінь програмної і апаратної сумісності з оригінальним ELM327. Так як тільки перша версія прошивки

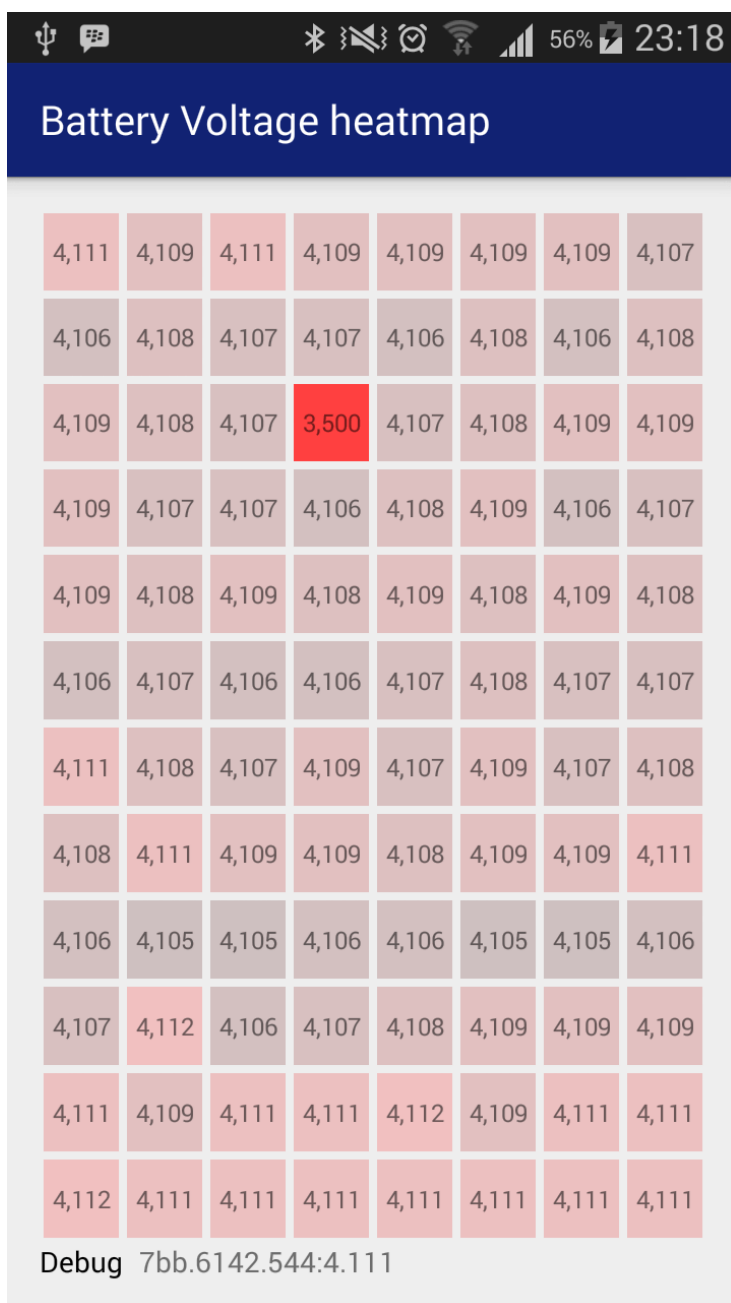
виявилася доступна для копіювання, клони з більш новими прошивками є адаптацією старої прошивки і спробою відтворити функціональність новіших оригінальних прошивок. Як наслідок, кількість помилок і проблем (проблеми можуть виникнути як з прошивкою пристрою, так і з самим пристроєм) в таких клонах вище, а рівень сумісності з оригіналом - нижче.



**Рисунок 3.4.** Діагностичний пристрій ELM327.

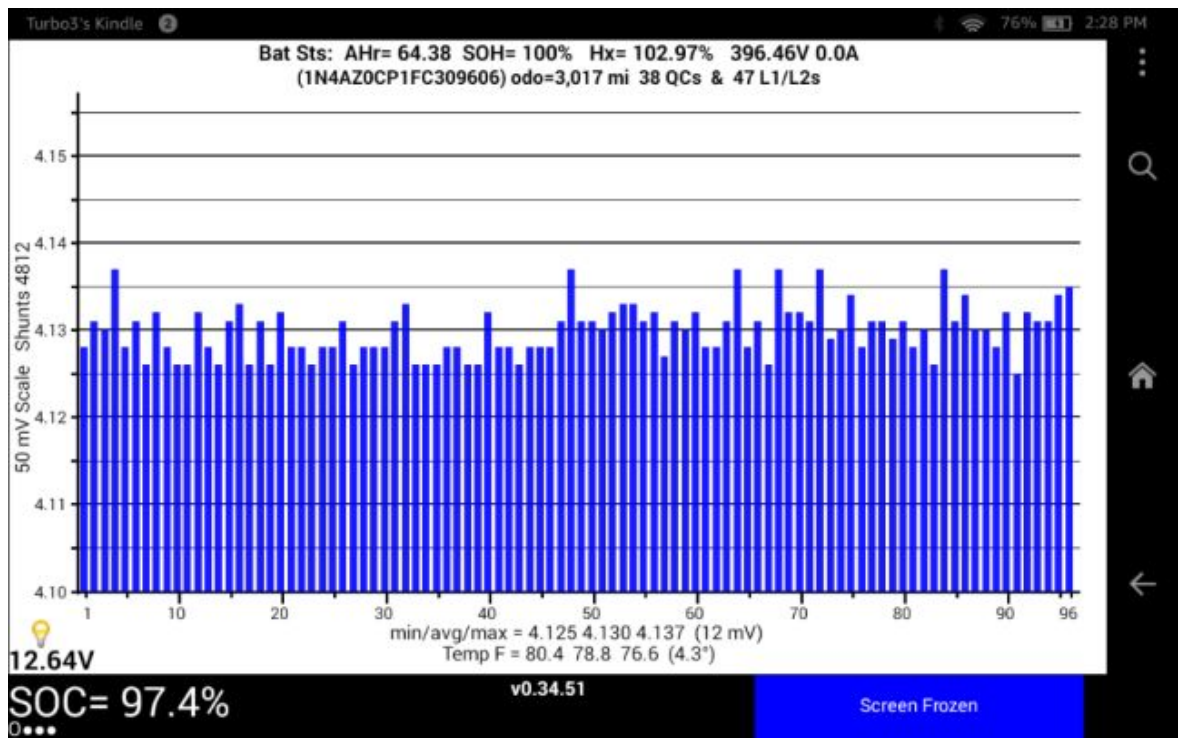
ELM327 реферує протокол низького рівня і представляє простий інтерфейс, який можна викликати через UART, зазвичай за допомогою ручного діагностичного засобу або комп'ютерної програми, підключеної через USB, RS-232, Bluetooth або Wi-Fi. Існує велика кількість доступних програм, які підключаються до ELM327.

За допомогою програмного забезпечення CanZE для пристроїв з операційною системою Android або iOS, можна отримати параметри тягової акумуляторної батареї електромобілів Renault. На рисунку 2.2 зображено інтерфейс програми CanZE, а саме мапа напруги на кожному елементі тягової батареї.



**Рисунок 3.5.** Зображення мапи напруг елементів тягової батареї Renault Zoe в мобільному додатку CanZE.

Для використання ELM327 з електромобілями Nissan, необхідне програмне забезпечення Leaf Spy.



**Рисунок 3.6.** Зображення мапи напруг елементів тягової батареї Nissan в мобільному додатку Leaf Spy.

Ця програма випускається в двох версіях – Lite та Pro. Перша, надається користувачу безкоштовно, та має обмежений набір функцій. Другу версію необхідно купувати, але користувачу надається більша кількість функцій. В Pro версії можливо вимірювати параметри електромобіля:

- ємність поточна (SOC);
- ємність залишкова від номінальної (SOH);
- коди помилок;
- загальну напругу батареї ;
- напругу певного елемента батареї;
- різницю між максимальною і мінімальною напругою елементів батареї;
- загальну температуру батареї;
- силу струму;
- максимальний струм що може надати зарядна станція;
- напругу низьковольтної бортової мережі .

Окрім цього, ELM327 може отримувати коди помилок системи, та стирати не активні помилку. Для роботи з електромобілями інших виробників, потрібне інше програмне забезпечення, але, не для всіх марок воно є.

### **3.5 Висновки**

Висновки до розділу 4. Проаналізувавши чотири пристрої для діагностики тягової акумуляторної батареї електромобіля, можна підвести підсумки, та використати основні переваги кожного з оглянутих пристроїв, при проектуванні даного пристрою, таким є:

- невеликий розмір;
- автономність;
- відсутність додаткового обладнання для роботи з пристроєм;
- можливість роботи з батареєю, за відсутності електромобіля.
- зручний інтерфейс користувача.

## **4. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ**

### **4.1 Розробка принципової схеми пристрою**

У ході розробки пристрою було обрано мікроконтролер Atmega328. Це основний вузол, що обробляє інформацію від модуля CAN-Bus та відображає цю інформацію на OLED дисплеї. Особливість даного мікроконтролера зручність програмування, так як є можливість встановлення бутлодера Arduino, що дозволяє програмувати мікроконтролер у програмі Arduino IDE.

Arduino - торгова марка апаратно-програмних засобів для побудови простих системних автоматик і робототехники, орієнтована на непрофесорних користувачів.

Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратур. Апаратна частина являє собою набір фокусів для друку, які продаються як офіційний виробник, так і сторонні виробники. Найбільш відкрита архітектурна система дозволяє вільно копіювати або доповнювати лінійну продукцію Arduino.

Arduino може використовувати як для створення автономних об'єктів автоматики, так і підключити до програмного забезпечення на комп'ютерах через стандартні проводні і безпроводні інтерфейси. Апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною мови програмування C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (рисунок друкованої плати, специфікації елементів, програмне



забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.

Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість виводів мікроконтролера як вхідні/вихідні контакти у зовнішніх схемах. Наприклад, у платі Decimila доступно 14 цифрових входів/виходів, 6 із яких можуть генерувати ШІМ сигнал, і 6 аналогових входів. Ці сигнали доступні на платі через контактні площадки або штирові роз'єми. Також існує багато різних зовнішніх плат розширення, які називаються «shields» («щити»), які приєднуються до плати Arduino через штирові роз'єми.

Середовище розробки Arduino це багатоплатформовий додаток на Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки засноване на мові програмування Processing та спроектоване для програмування новачками, не знайомими близько з розробкою програмного забезпечення. Мова програмування аналогічна мові Wiring. Загалом, це C++, доповнений деякими бібліотеками. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюються за допомогою AVR-GCC.

Пристрій повинен мати можливість живлення як від електромобіля, так і від власного акумулятора. Так як мікроконтролер живиться від +5В, то необхідний понижувальний стабілізатор напруги. Для цього обрано мікросхему LM7805. Вона має діапазон вхідних напруг 7 – 18В. Бортова мережа електромобіля, має діапазон напруг 10,5 – 14,2В.

Отже, даний лінійний стабілізатор підходить для цього пристрою.

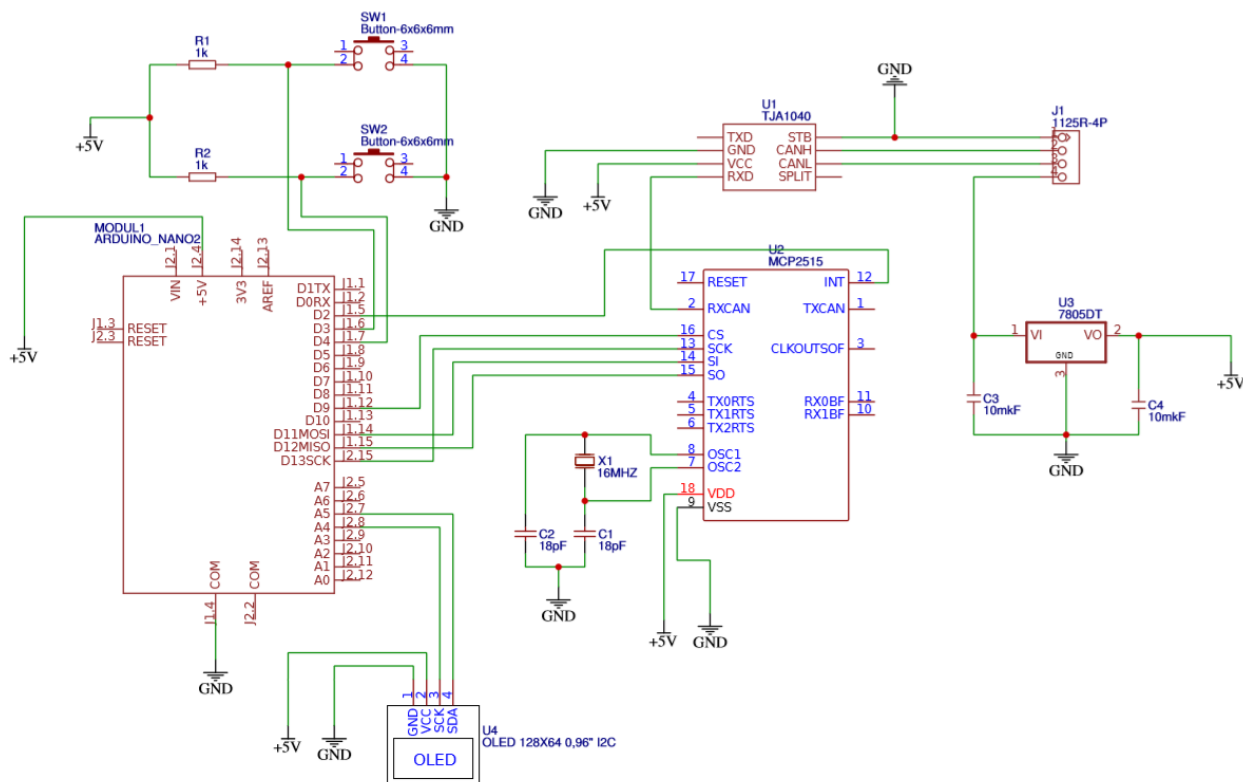


Рисунок 4.1. Принципова схема приладу.

## 4.2 CAN-Bus інтерфейс

Controller Area Network, (CAN) (локальна мережа контролерів, він же CAN-Bus і Інтерфейс CAN) — стандарт, призначений для організації високонадійних та недорогих каналів зв'язку у розподілених системах керування.

CAN створений компанією Robert Bosch GmbH в середині 1980-х і знайшов широке застосування у промисловій автоматизації, технологіях розумного будинку, автомобільній промисловості та інших галузях. Найчастіше CAN-інтерфейс використовується як зв'язна ланка між головною магістраллю та багатьма допоміжними датчиками, механізмами і т. д., підключення яких до центральної магістралі не завжди доцільне.

CAN є послідовною шиною, що підтримує одночасну роботу багатьох ведучих пристроїв. Це означає, що всі вузли CAN-мережі мають можливість передавати дані і декілька вузлів одночасно можуть давати запит на шину.

На ринку CAN присутній у двох версіях: версія 2.0A задає 11-бітову ідентифікацію повідомлень (тобто в системі може бути 2048 учасників), версія 2.0B — 29-бітову (536 млн учасників). Слід відзначити, що версія 2.0B, яку часто називають *FullCAN*, поступово витісняє версію 2.0A, яку називають, також, *BasicCAN*.

Шина даних CAN використовує виту пару провідників і працює з максимальною швидкістю трансляції 1 Мбіт/с на довжині до 40 м. Із збільшенням відстані зменшується максимальна швидкість трансляції (напр. 250 кбіт/с до 250 м).

Роз'єми для мережі CAN не стандартизовані. Кожен протокол високого рівня зазвичай визначає свій тип роз'ємів для CAN-мережі.

У будь-якій реалізації мережа CAN — фізичне середовище передачі даних інтерпретується як ефір, в якому контролери, працюють як прийомо-передавачі. При цьому, розпочавши передачу, контролер не перериває прослуховування ефіру, зокрема він відстежує і контролює процес передачі поточних даних. Це означає, що усі вузли мережі одночасно приймають сигнали, що передаються по шині. Неможливо послати повідомлення якомусь конкретному вузлу. Проте, CAN-контролери надають апаратну можливість фільтрації CAN-повідомлень.

CAN мережа призначена для комунікації так званих вузлів. Кожен вузол складається з двох складових. Це власне CAN-контролер, який забезпечує взаємодію з мережею і реалізує протокол, і мікропроцесор (CPU).

CAN-контролери з'єднуються за допомогою шини, яка має як мінімум два дроти CAN<sub>H</sub> і CAN<sub>L</sub>, по яких передаються сигнали за допомогою

спеціалізованих прийомо-передавачів, котрі ще реалізують додаткові сервісні функції:

- регулювання швидкості наростання вхідного сигналу шляхом зміною струму на вході;
- вбудована схема обмеження струму захищає виходи передавачів від ушкодження при можливих замиканнях ліній CAN\_H і CAN\_L з колами живлення, а також від короткочасного підвищення напруги на цих лініях;
- внутрішній тепловий захист.

Режим зниженого енергоспоживання, в якому приймачі продовжують повідомляти контролер про стан шини для того, щоб при виявленні на шині інформаційних сигналів він міг вивести приймачі в нормальний режим роботи.

**Таблиця 4.1.** Структура кадру в CAN мережі.

Поле	Довжина (в бітах)	Опис
Початок кадру (SOF)	1	Сигналізує початок передачу кадру
Ідентифікатор	11	Унікальний ідентифікатор
Запит на передачу (RTR)	1	Повинен бути домінантним
Біт розширення ідентифікатора (IDE)	1	Повинен бути домінантним (Визначає довжину ідентифікатора)
Зарезервований біт (r0)	1	Резерв
Довжина даних (DLC)	4	Довжина поля даних в байтах (0-8)
Поле даних	0-8 байт	Передані дані (довжина в поле

		DLC)
Контрольна сума (CRC)	15	Контрольна сума всього кадра
Розмежувач контрольної суми	1	Повинен бути рецесивним
Проміжок підтвердження (ACK)	1	Передавач відправляє рецесивним, приймач вставляє домінанту
Розмежувач підтвердження	1	Повинен бути рецесивним
Кінець кадра (EOF)	7	Повинен бути рецесивним

#### Види кадрів:

- Кадр даних (data frame) - передає дані;
- Кадр віддаленого запиту (remote frame) - служить для запиту на передачу кадру даних з тим же ідентифікатором;
- Кадр перевантаження (overload frame) - забезпечує проміжок між кадрами даних або запиту;
- Кадр помилки (error frame) - передається вузлом, який виявив в мережі помилку.

Кадри даних і запиту відокремлюються від попередніх кадрів міжкадрових проміжком.

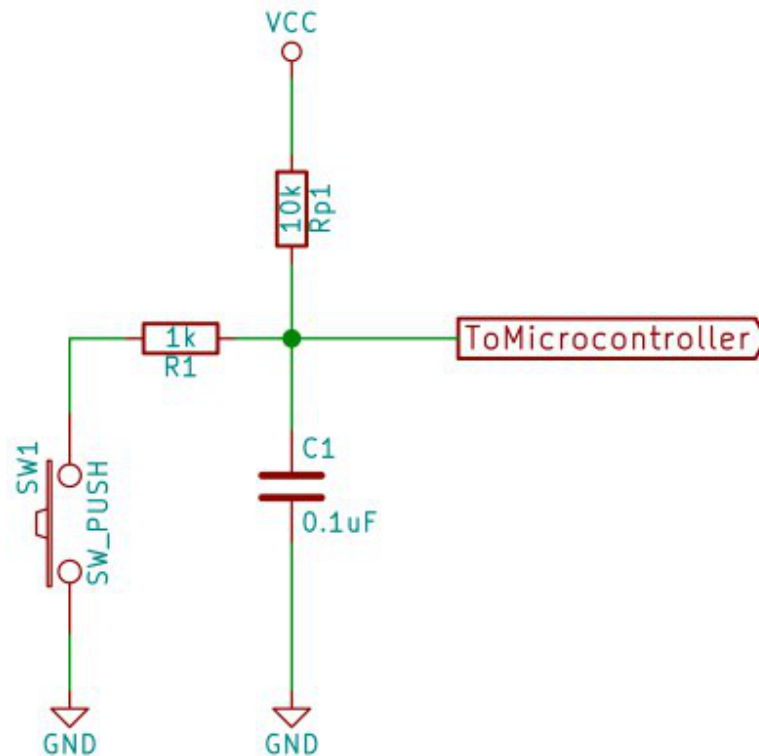
Для роботи мікроконтролера AtMega328 в CAN мережі, необхідна спеціалізована мікросхема MCP2515. Це контролер CAN мережі з SPI інтерфейсом підключення до мікроконтролера. Мікросхема TJA1050T необхідна, для правильної роботи пристрою в мережі. Це CAN-Bus трансивер, за допомогою нього мікроконтролер може приймати пакети даних, та відправляти їх в мережу.





**Рисунок 4.1.** Зображення OLED дисплею SSD1306.

Для введення інформації використовуються дві тактові кнопки. За допомогою них, можна переміщатися по пунктах меню приладу, та в ручному режимі відправляти команди з приладу до блока керування акумуляторної батареї. Через те, що кнопки не ідеальні, в них присутній брязкіт контактів всередині, через, що вони підключені до портів мікроконтролера за схемою (Рис 4.2).



**Рисунок 4.2.** Схема підключення тактової кнопки до мікроконтролера.

Резистор R1 виконує роль струмообмежувальну, и захищає порт мікроконтролера від надмірного споживання струму, що може призвести до його виходу з ладу. Резистор Rp1 – це підтягуючий резистор. Щоб, на порті мікроконтролера при не нажатій кнопці, був низький рівень сигналу, тобто логічний нуль. Конденсатор C1, захищає схему від брязкіту контактів.

#### 4.4 Розробка друкованої плати

Плата пристрою розроблена в середовищі Sprin-Layout 6.0, в ній є багато бібліотек з елементами, що дозволяє досить швидко розташувати деталі на робочому полі. Після цього, контакти деталей з'єднуються між собою зв'язками, за принциповою схемою. Коли всі елементи з'єднані зв'язками, можна почати прокладати дороги, зв'язки допомагають краще орієнтуватися на платі під час розробки. Також можна використати функцію автоматичного розведення плати, але після цього все одно необхідно редагувати деякі з'єднання.



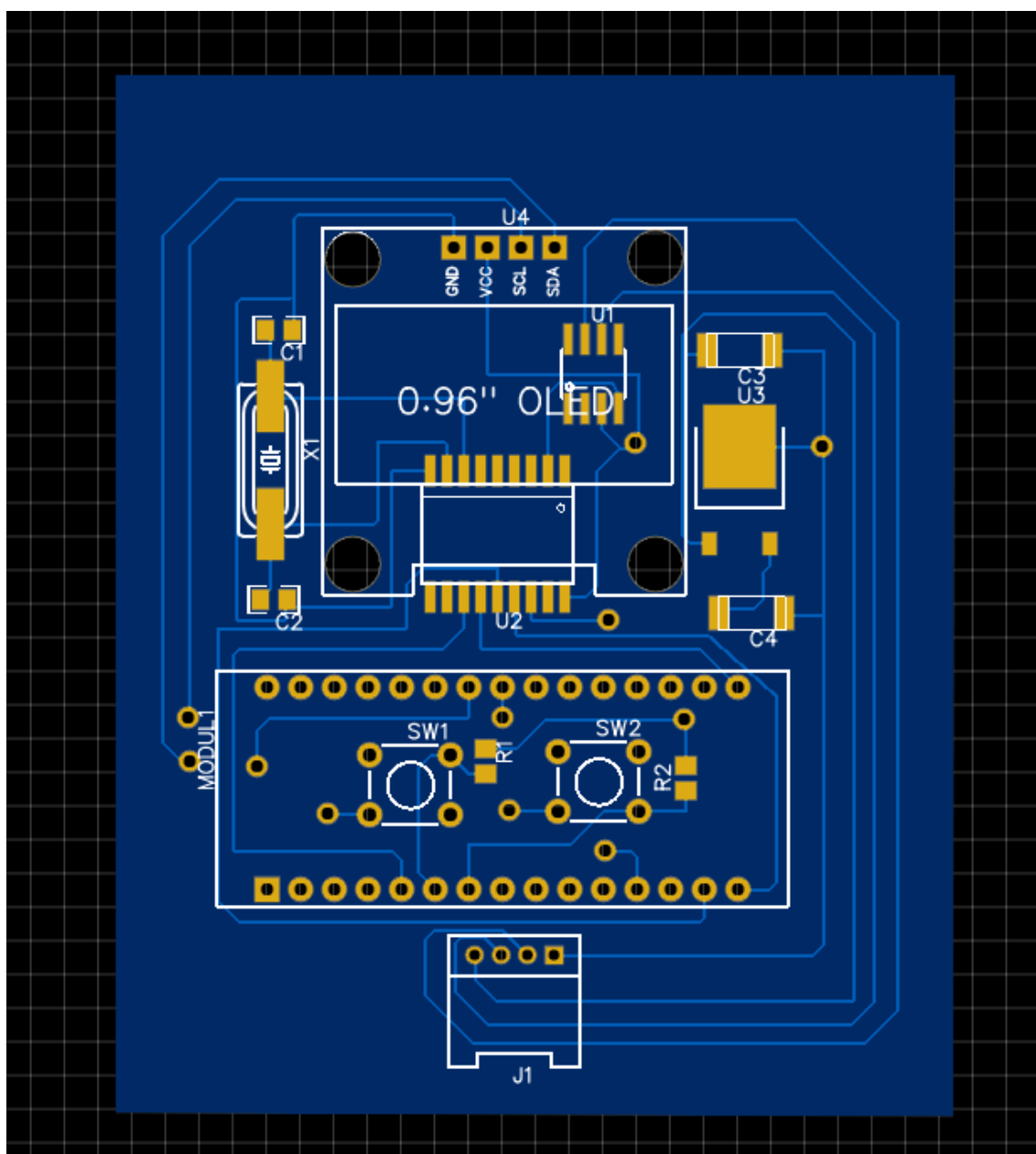


Рисунок 4.3. Передня сторона друкованої плати пристрою

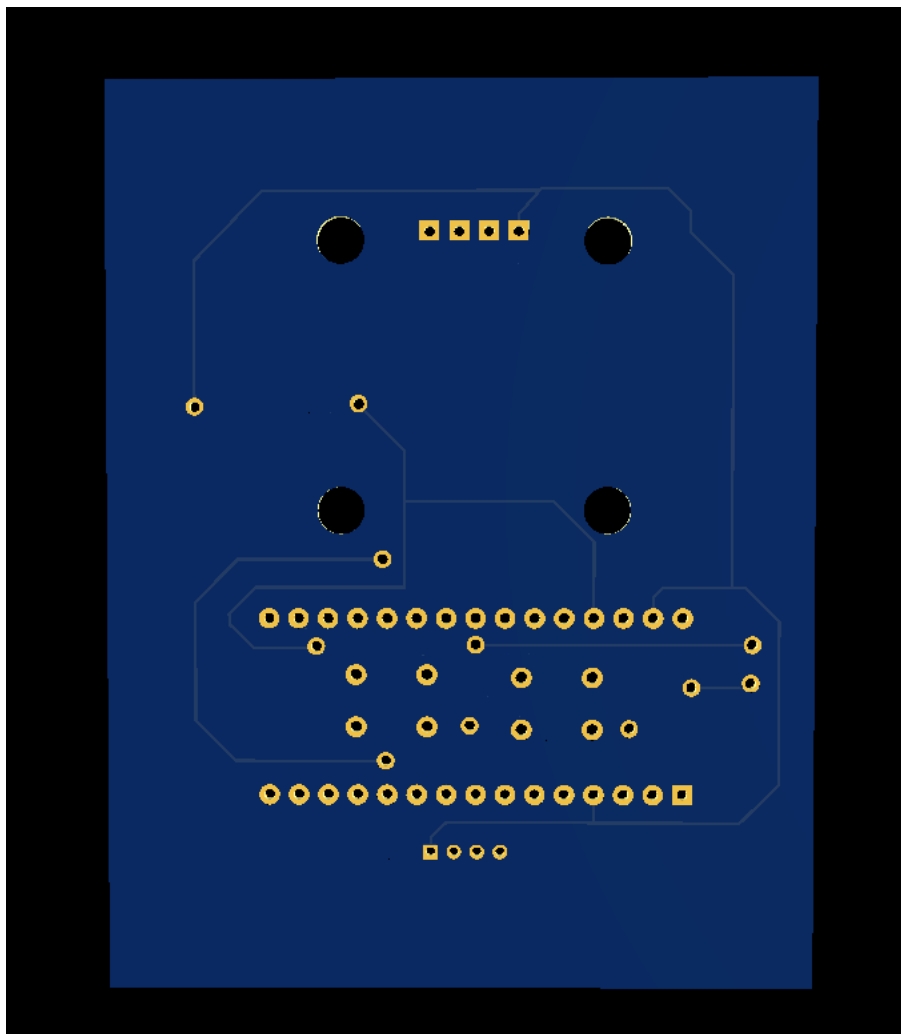


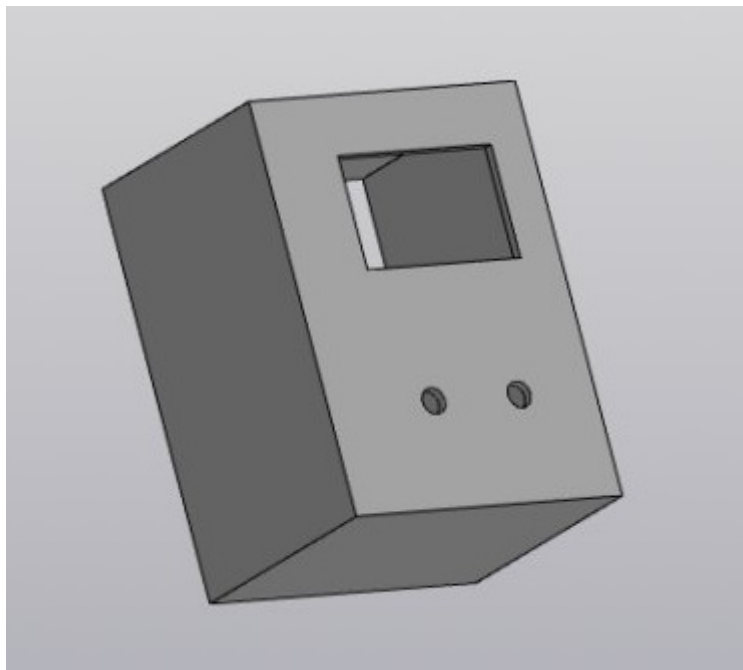
Рисунок 4.4 Задня сторона друкованої плати пристрою.

### 5.5 Розробка корпусу приладу

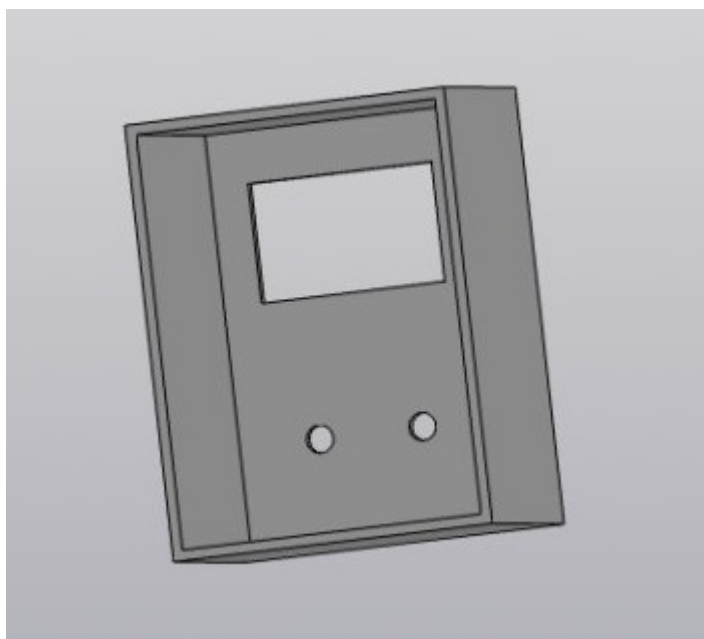
Для зручності користування приладу, а також для захисту плати потрібно розробити корпус в якому буде знаходитись пристрій. Середовище для тривимірного моделювання обрано Компас 3Д. Перший крок, створення нового проекту, необхідно обрати тривимірну деталь. Далі на робочому полі обираємо, першу площину та креслимо периметр корпусу, отриманий ескіз видавлюємо на товщину стінки корпусу, а саме 1,25 мм.. Наступним кроком, на отриманому тілі, креслимо два прямокутники, один по контуру тіла, а другий з відступом 1,25 мм, в середину тіла. Отриманому ескізу надаємо товщину 20 мм. Далі, необхідно зробимо отвори в стінках, для дисплею, кнопок, роз'єм підключення електромобіля і роз'єм зарядного пристрою.

Отримуємо фронтальну модель корпусу прототипу приладу

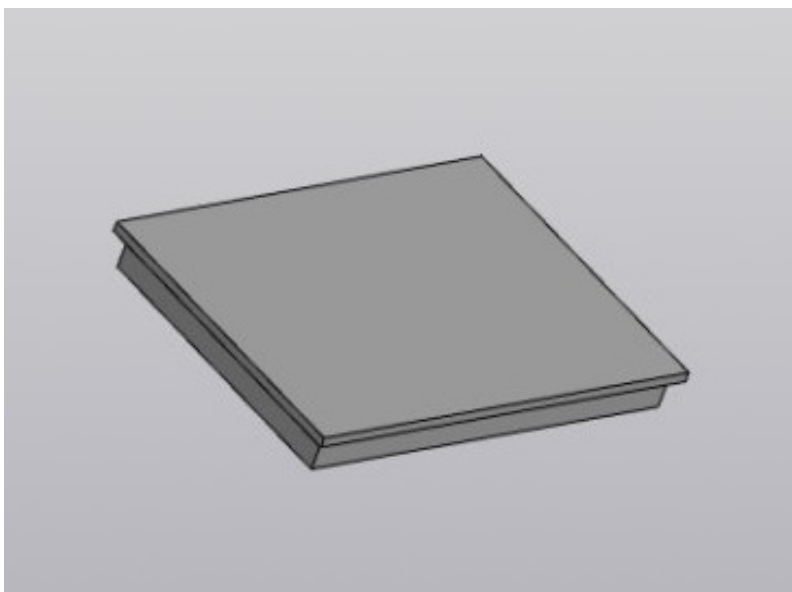
Задня стінка приладу, моделюється аналогічно, але на другому кроці, необхідно побудувати периметр, з відступом 1,25 мм від краю тіла, та надати цьому ескізу товщину 3 мм. Отримуємо, задню стінку корпусу прототипу приладу.



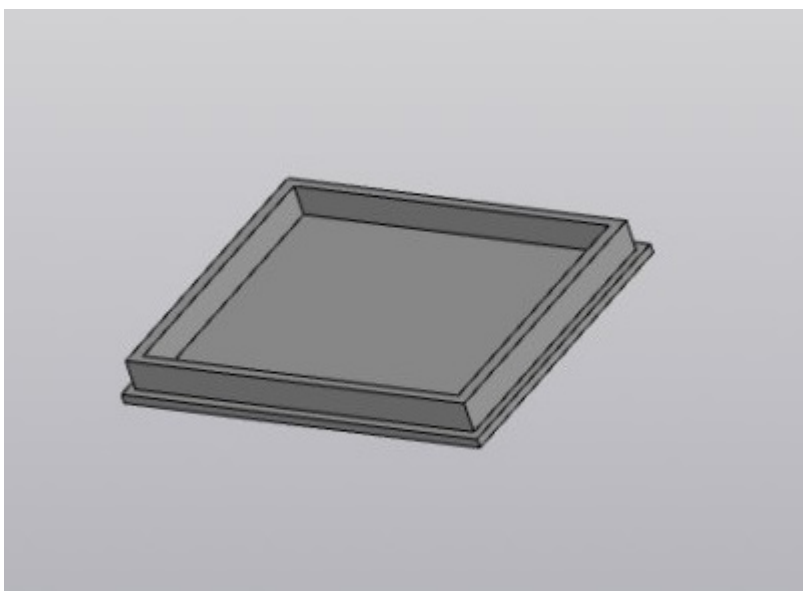
**Рисунок 4.5.** Основна частина корпусу пристрою, вигляд спереду.



**Рисунок 4.6.** Основна частина корпусу пристрою, вигляд ззаду.



**Рисунок 4.7.** Задня частина корпусу пристрою, вигляд спереду.



**Рисунок 4.8.** Задня частина корпусу пристрою, вигляд ззаду.

## 5. ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРИСТРОЮ

### 5.1 Виготовлення друкованої плати

У пристрої використані деталі як з поверхневим так і вивідним монтажем, тому було використано сумісний монтаж. Датчик температури під'єднан до плати роз'ємом з фіксацією, а плата з Ардуїно на штировому з'єднанні PLS, що дозволяє у випадку виходу із строю елементів, швидко їх замінювати, без використання паяльного обладнання. Також роз'єми встановленні для живлення плати, та на навантаження, що дає змогу цілісної заміни приладу.

Плата виготовлена технологією ЛПТ (Лазерна – праскова технологія) . Спочатку вирізається лист одностороннього фольгованого склотекстоліту розміром 47x60 мм. Далі його необхідно натерти до блиску гумкою.

Фотошаблон необхідно роздрукувати на лазерному принтері, з максимальною кількістю тонера. У налаштуваннях принтера треба вибрати – найкраща якість фото. Слід пам'ятати, що зображення після нанесення на склотекстоліт стає дзеркальним, тому це треба враховувати при налаштуваннях друку. При необхідності в середі розробки є функція дзеркального друку.

На підготовлену поверхню склотекстоліту прикладеться фотошаблон, зображенням до низу. Після чого до поверхні прикладеться праска, на 1,5 хвилини. Тонер відбиваються від поверхні фотошаблону, та прилипає до поверхні склотекстоліту. Не відклеюючи фотошаблон, склотекстоліт треба залишити на 5 хвилин охолоджуватися. Після чого його необхідно помістити у ємність з водою, щоб папір почав розмочуватися, достатньо 5 хвилин. Далі можна обережно знімати та прибирати залишки фотошаблону. На склотекстоліті залишається зображення, яке слід промити під проточною водою, так як в отворах що будуть свердлитися можуть залишитися частинки паперу, що призведе до погано травління.

Наступний етап, травління плати у розчин хлорного заліза. Плату

необхідно помістити у ємність з розчином, так щоб вона плавала на поверхні, тоді мідь буде осипатися до низу, що пришвидшить процес, та покращить якість плати. Цей процес займає 15-30 хвилин. Швидкість реакції залежить від якості розчину, та його температури. Коли вся зайва мідь відірветься від склотекстоліту, плату можна виймати з розчину. Її необхідно промити водою. Після чого, необхідно зняти тонер з плати, це можна зробити механічно, або хімічним способом.

Далі слід просвердлити отвори у платі. Основні отвори діаметром 0.9мм. Тепер плата готова для монтажу елементів. Також за допомогою цього методу, можна нанести зображення з іншої сторони плати, це доцільно, якщо необхідно мати додаткову інформацію на самій платі. Наприклад, розташування деталей з їх номіналами, ключі мікросхем, та іншу важливу інформацію.

Пайку деталей бажано виконувати при температурі паяльника 300°C та з використанням флюсу.

Основна перевага, даного методу, його дешевизна. Також співвідношення ціни до якості найвище в умовах виготовлення плат не великих розмірів. Мінімальна ширина доріжок 0.4-0.5 мм. Недоліки такого методу, не висока швидкість виготовлення, та складність виготовлення плат великих розмірів. Також, не можливість виготовлення захисного шару доріжок. Але цей метод найкращий в побутових умовах.

## **5.2 Нанесення захисного шару на друковану плату**

Щоб друкована плата була захищена від фізичного пошкодження, та можливих дефектів при монтажі радіо деталей, необхідно нанести захисне покриття – маску. Її можна зробити за допомогою фоторезисту. Або спеціальної пасти, що за своїм принципом схожа на фоторезист.

### 5.3 Монтаж деталей на друковану плату

Після виготовлення друкованої плати, можна починати монтаж деталей на плату. Монтаж деталей здійснюються за допомогою паяльної станції. В налаштуваннях станції, слід встановити температуру на кінці паяльника 300°C, для того щоб не перегріти плату, та не пошкодити радіо деталі.

Спершу, потрібно покрити місця пайки виводів радіо деталей, флюсом, а потім тонким шаром припою, для того щоб полегшити припаювання компонентів до плати, так як потрібно менше часу гріти місце контакту радіо деталі до плати.

Другим етапом, є сам монтаж деталей на друковану плату. Починати слід з пайки мікроконтролера, так як ця деталь має більше всього виводів, та складніше всього встановлюються на плату. Далі необхідно встановити стабілізатор напруги. В останню чергу паяються пасивні елементи, конденсатори та резистори.

### 5.4 Виготовлення корпусу приладу

Для прототипу приладу, розроблено трьох вимірну модель корпусу, яку можна роздрукувати на принтері. Для друку використовують такі пластики:

- ABS;
- ABS plus;
- PLA;
- PVA;
- PET;
- coPET;
- FLEX;
- PC;
- HIPS;
- PP.

Тип пластику корпус прототипу обрано ABS, так як він має найнижчу ринкову ціну в порівнянні з іншими пластиками.

Після моделювання корпусу, модель потрібно зберегти в форматі .STL, цей формат широко використовується для зберігання тривимірних моделей об'єктів для використання в адитивних технологіях. Інформація про об'єкт зберігається як список трикутних граней, які описують його поверхню, і їх нормалей. STL-файл може бути текстовим (ASCII) або двійковим.

Модель в STL-файлі необхідно відкрити в програмі Repetier-Host, в якій налаштовуються параметри друку, а також розміщення деталі на робочому полі принтера. Після налаштувань, потрібно запустити процес переведення тривимірної моделі в формат G-code. G-code - це мова, на якій люди кажуть комп'ютеризованим верстатам, послідовність дій. Саме в такому форматі файл, передається на 3д принтер, для подальшого друку.

Для друку ABS пластиком, робоча поверхня принтера повинна бути розігріта до температури 70°C, а екструдер до 230°C. Час друку фронтальної частини корпусу прототипу приладу займає 2 години 16 хвилин, задня частина корпусу друкується 48 хвилин. Для того, щоб зняти модель з робочої зони принтера, треба дочекатись її охолодження, після чого модель сама втратить з'єднання з поверхнею принтера.



## ВИСНОВКИ

Під час роботи було розроблено прототип автономного приладу для вимірювання параметрів тягової акумуляторної батареї електромобіля.

Першим етапом практичної роботи було, аналіз принципу роботи CAN-Bus протоколу обміну даними вбудованого блока керування акумуляторної батареї (LBC) з діагностичним приладом. Було знайдено за допомогою зворотної інженерії службові команди запиту інформації діагностичного приладу до блока керування акумуляторної батареї, та відповіді цього блока, що згодом були розшифровані. Після підготовки теоретичної бази, було підібрано компоненту базу. На основі якої і було розроблено друковану плату.

Другим етапом практичної роботи було виготовлення прототипу приладу для вимірювання параметрів тягової акумуляторної батареї електромобіля. Перший прототип приладу було зроблено на макетній платі, на якій і почалося тестування програмного коду.

Третім етапом було написання програмного коду, та тестування прототипу на електромобілі. У ході якого вдалося, отримати на OLED дисплеї прототипа інформацію про залишкову ємність батареї електромобіля, напругу загальну батареї, та напругу максимальну і мінімальну в елементах тягової акумуляторної батареї.

Отже, в кінці практичної роботи, було отримано дієвий прототип приладу для вимірювання параметрів тягової акумуляторної батареї електромобіля.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Лебедев О.М. Цифрова схемотехніка / О.М. Лебедев, О.І. Ладик. – К.: Політехніка, 2004. – 247 с.
2. Ерофеев Ю.Н. Основы импульсной техники. / Ерофеев Ю.Н. – М.: Высш.шк.,1979. – 384 с.
3. Зубчук В.И. Справочник по цифровой схемотехнике. / Зубчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. – К.: Техника, 1990. – 446 с.
4. Хоровиц П. Искусство схемотехники./ Хоровиц П., Хилл У. – М.: Мир, 1963.
5. Бушмильский И.П. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов/ Бушмильский И.П. , Даутов О.Ш., Достанко А.П. – М.: Радио и связь, 1989. – 624 с.