

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії

(повна назва)

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (магістерський) _____

«Дослідження інформаційно-контрольної системи електроавтомобілей» _____

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЕППМ-22-1 _____

Кидонь С.М. _____

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка, електронні пристрої та системи _____

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

Освітня програма: Електронні пристрої та системи _____

(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ Стрількова Т.О. _____

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____

(підпис)

Бондаренко І.М. _____

(прізвище, ініціали)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти перший (магістерський)

Спеціальність 171 Електроніка, електронні прилади та пристрої
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Електронні пристрої та системи
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Кидоню Сергію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження інформаційно-контрольної системи електроавтомобілей»

затверджена наказом університету від 20 11 2023 р. № 1369СТ

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 01 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Дослідити інформаційно-контрольну систему електромобіля
Ємність розрахункового акумулятора 4500ма

Інформаційно-контрольна система BMS акумулятора електромобіля

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Пристрій електроавтомобіля

Електронна система керування _____

Розрахунок параметрів джерела живлення _____

Результати отримані при розрахунку _____

Висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

Презентаційний матеріал – 10шт

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	Стрілкова Т.О.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на атестаційну роботу	11.09.2023	Виконано
2	Аналіз предметної області, робота з літературою	15.09.2023-29.09.2023	Виконано
3	Аналіз вимог завдання, вибір методів і засобів	01.10.2023-06.10.2023	Виконано
4	Дослідження інформаційно-контрольної системи	08.10.2023-24.10.2023	Виконано
5	Розрахунок моделі на практиці	27.10.2023-04.11.2023	Виконано
6	Оформлення дипломної роботи	10.11.2023-15.12.2023	Виконано
7	Проходження нормоконтролю і отримання рецензії		Виконано
8	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи		Виконано

Дата видачі завдання 20 жовтня 2023 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис) _____
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 45 стр., 12 рис., 9 використаних літературних джерел.

ІНФОРМАЦІЙНО-КОНТРОЛЬНА СИСТЕМА, DC-DC ПЕРЕТВОРЮВАЧ, BMS-КОНТРОЛЕР, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ.

Об'єкт дослідження – інформаційно-контрольна система електромобіля.

Мета роботи – дослідити інформаційно-контрольну систему електромобіля.

Метод досліджень – розрахунок параметрів джерела живлення.

Досліджено інформаційно-контрольну систему та зроблено розрахунок параметрів джерела живлення.

Отримані результати свідчать, що інформаційно-контрольну систему дійсно можна покращити. Розвиток даного напрямку є актуальним та дослідження у цій сфері мають перспективи.

ABSTRACT

The qualification work contains: 44 p., 12 fig., 9 sources.

INFORMATION AND CONTROL SYSTEM, DC-DC CONVERTER, BMS CONTROLLER, ELECTRIC CAR.

Study objective: information and control system.

Study object: examine the information and control system of an electric car and tell what can be added to make it work better.

Study methods: calculation of power source parameters.

The information and control system was studied and the parameters of the power source were calculated.

The obtained results show that the information and control system can really be improved. The development of this area is relevant, and research in this area has prospects.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Пристрій електромобіля.....	9
1.1 Складові частини електромобіля.....	9
1.2 Акумуляторна батарея.....	10
1.2.1 Різноманітності акумуляторних батарей електромобіля.....	11
1.3 Бортовий зарядний пристрій.....	16
1.4 Інвертор.....	19
1.5 Перетворювач постійного струму.....	20
1.6 Двигун.....	21
1.6.1 Асинхронні та синхронні двигуни	24
1.6.2 Переваги та недоліки електродвигунів.....	26
1.7 Зарядні станції для електромобілів.....	28
2 Інформаційно-контрольна система керування електромобіля.....	32
2.1 Комплекс інформаційно-контрольної системи.....	32
2.2 Система керування батареї.....	33
2.2.1 Інформаційна система BMS-плати акумулятора.....	37
2.2.2 Що можна додати в BMS-плату.....	38
3 Розрахунок параметрів джерела живлення електромобіля.....	41
Висновки.....	44
Перелік джерел посилання.....	45
Додаток А.....	46
Додаток Б.....	47

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

AC – alternating current;

AGM – Absorbent glass mat;

BMS – battery management system;

CCS – Combined Charging System;

DC – Direct Current;

EFB – Enhanced flooded battery;

EVSE – термін всіх зарядних пристроїв;

SOC – State of Charge;

SOH – State of Health.

АКБ – акумуляторна батарея;

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;

ЕРС – електрорушійна сила;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ВСТУП

Мета роботи – дослідження інформаційно-контрольної системи електроавтомобілей.

Електроавтомобіль – це транспортний засіб, який працює на електричному двигуні і користується електроенергією для руху. Він відрізняється від традиційних автомобілів, які працюють на двигунах з внутрішнього згорання, які використовують бензин або дизельне паливо.

Електроавтомобілі отримують електроенергію з акумуляторів, які зазвичай розташовані у днищі автомобіля. Ці акумулятори можуть бути заряджені з електромережі або інших джерел електроенергії. Електроавтомобілі вважаються більш екологічно чистими, оскільки їхні електричні двигуни не викидають в атмосферу токсичні викиди, які характерні для двигунів з внутрішнього згорання.

Основною частиною електроавтомобіля є його акумулятор, який забезпечує енергією електричний двигун. Розмір, тип і ємність акумуляторів впливають на дальність ходу електроавтомобіля і його вагу.

Електроавтомобілі можна заряджати з допомогою звичайних електричних розеток вдома або в спеціальних зарядних станціях. Також існують різні стандарти і швидкості зарядження, наприклад, зарядка на дому може займати кілька годин, а швидкі зарядні станції можуть значно зменшити цей час.

Однією з головних переваг електроавтомобілів є їхній внутрішній запас енергії, який визначає, наскільки велику відстань автомобіль може проїхати на одному заряді. З технологічним розвитком зростає і дальність ходу багатьох моделей.

1 ПРИСТРІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

1.1 Складові частини електромобіля

Електромобіль складається з різних компонентів, які працюють спільно для забезпечення його ефективної роботи. Основні складові частини електромобіля включають:

- акумуляторна батарея;
- бортовий зарядний пристрій: його функція – забезпечення можливості заряджати акумулятор від побутової електричної мережі;
- інвертор: призначення інвертора – трансформування високої напруги постійного струму акумулятора на трифазну напругу змінного струму;
- перетворювач постійного струму: його функція – заряджання додаткової батареї, яка використовується для системи освітлення, кондиціонування, аудіосистеми;
- електронна система керування (блок керування): відповідає за керування функціями, пов'язаними з енергозбереженням, безпекою та комфортом. У її «підпорядкуванні» – оцінка заряду АКБ, оптимізація режимів руху, регулювання тяги, контроль за використаною енергією та за напругою, керуванням прискоренням та рекуперативним гальмуванням.
- електричний двигун: це пристрій, який приводить в рух електромобіль, перетворюючи електричну енергію з батареї на механічну енергію для приводу коліс. Цей процес відбувається за допомогою електричного струму, який проходить через обмотки двигуна, створюючи магнітне поле.

Батарея та електродвигун – це головні компоненти електромобіля. Водночас найдорожчим і найбільш ніжним компонентом є якраз батарея. Також конструкція електромобіля включає знижувальний редуктор, інвертор, контролер,

перетворювач постійного струму, зарядний порт і зарядний пристрій, а також звичайний акумулятор, який живить сервісну електроніку.



Рисунок 1.1 – Принципова конструкція електромобіля

1.2 Акумуляторна батарея

Акумуляторна батарея – один з найдорожчих компонентів системи. За своєю значимістю грає таку ж роль, як бензобак для ДВЗ. Електромобіль рухається рахунок електрики, отриманого від електромережі під час зарядки і що зберігається в АКБ.

При цьому важливо пам'ятати, що у більшості електромобілів встановлюються одночасно два акумулятори: один тяговий – живить саме мотор і стартерний (як і в машинах з ДВЗ, він допомагає системі освітлення, системі підігріву). Ці акумулятори різні не лише за призначенням, а й технічними характеристиками.

Тяговий акумулятор електричного двигуна призначений для живлення мотора, запуску двигуна. Він не має високого пускового струму, але він заточений на тривалу роботу, витримує велику кількість циклів заряду-розряду.

Типова тягова АКБ – моноблочна секційна конструкція. Тягова АКБ складається з товстих електронних пластин – пористих сепараторів та електролітної речовини.

Найпоширеніші акумулятори – літій-іонні. У них найбільш висока енергетична щільність, не потрібне обслуговування, досить низький саморозряд.

1.2.1 Різноманітності акумуляторних батарей електромобілей.

Свинцево-кислотний акумулятор – тип акумуляторів, що набув широкого поширення через помірну вартість, непоганого ресурсу (від 500 циклів і більше), високої питомої потужності. Основні сфери застосування: стартерні акумуляторні батареї в транспортних засобах, аварійні джерела електроенергії, резервні джерела енергії. Строго кажучи, акумулятором називається один елемент акумуляторної батареї, але в просторіччі «акумулятором» називають акумуляторну батарею (скільки б у ній не було елементів).

Акумуляторна батарея, що складається з свинцево-кислотних акумуляторів, також скорочено називається АКБ (автомобільна кислотна батарея).

Свинцево-кислотні акумулятори містять близько 85% всього свинцю, що використовується у світі, через що становлять значну небезпеку.

AGM (від англ. absorbent glass mat) – акумулятор, в якому між пластинами встановлені абсорбуючі електроліт мати зі скловолокна в ролі сепараторів. Ці сепаратори не тільки попереджають коротке замикання пластин у разі їх руйнування, губчаста конструкція сепараторів утримує в них електроліт рахунок капілярних сил, і електроліт не випливає з батареї ні за яких обставин. Такі губчасті сепаратори, утримуючи електроліт, попереджають його розшарування (стратифікацію), що продовжує термін служби акумулятора. Також в акумуляторах AGM працює цикл рекомбінації кисню, що має як переваги, так і недоліки. За рахунок рекомбінації кисню в акумуляторах AGM витрата води менша, ніж у простих АКБ.

EFB (від англ. enhanced flooded battery, поліпшена наливна батарея) – акумуляторна батарея з рідким електролітом, що вільно плескається, пластинами підвищеної товщини в порівнянні з простими АКБ (такі ж пластини, як в AGM) і с

більш щільною в порівнянні з простими АКБ конструкцією. Серед інших, у EFB зустрічаються сепаратори зі скловолокна (подібно до AGM). Акумуляторні батареї EFB займають проміжне положення між простими АКБ та батареями AGM.

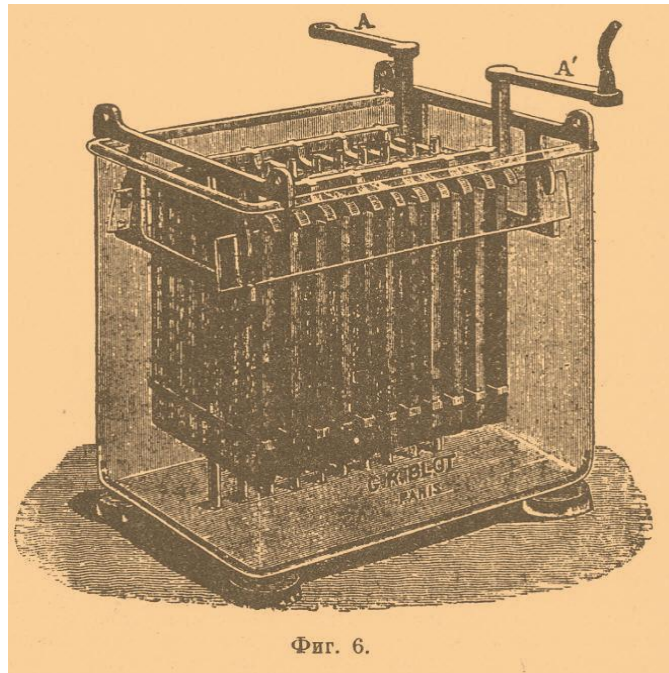


Рисунок 1.2 – Свинцево-кислотний акумулятор у зборі

Принцип роботи свинцево-кислотних акумуляторів ґрунтується на електрохімічних реакціях свинцю та діоксиду свинцю у водному розчині сірчаної кислоти.

При підключенні до акумулятора зовнішнього навантаження починається електрохімічна реакція взаємодії оксиду свинцю та сірчаної кислоти, причому металевий свинець окислюється до сульфату свинцю (у класичному варіанті акумулятора). Проведені у СРСР дослідження показали, що з розряді акумулятора протікає щонайменше ~60 різних реакцій, близько 20 у тому числі протікають без участі кислоти електроліту.

Під час розряду відбувається відновлення діоксиду свинцю на катоді та окислення свинцю на аноді. При заряді протікають зворотні реакції. При перезаряді

акумулятора, після вичерпання сульфату свинцю, починається електроліз води, у своїй на аноді (позитивний електрод) виділяється кисень, але в катоді – водень.

Серед електричних та експлуатаційних параметрів можна виділити такі:

- питома гранична теоретична енергоємність близько $133 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$;
- питома енергоємність: $25\text{-}40 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}$;
- ЕРС одного зарядженого акумулятора $2,11\text{-}2,17 \text{ В}$, робоча напруга $2,1 \text{ В}$ (3 або 6 акумуляторів у результаті дають в батареї стандартні $6,3$ або $12,6$ відповідно);
- напруга повністю розрядженого акумулятора $1,75\text{-}1,8 \text{ В}$. Нижче розряджати їх не можна;
- робоча температура: від $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- ККД близько $80\text{-}90\%$ (по струму заряду-розряду). ККД з енергії $70\text{-}80\%$.

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. Це найпопулярніший тип акумуляторів у таких пристроях як мобільні телефони, ноутбуки, цифрові фотоапарати, відеокамери та електромобілі. У 2019 році Віттінгем, Гуденаф та Йосіно отримали Нобелівську премію з хімії з формулюванням «За розвиток літій-іонних акумуляторів».



Рисунок 1.3 – Літій-іонний акумулятор циліндричний, типорозміру 18650

Залежно від хімічного складу та пристрою (LMO, LCO, NCA, NMC, LFP, LTO,...), літій-іонні поділяються на типи, що сильно відрізняються споживчими якостями. Серед типів виділяють такі:

– літій-кобальтові (ICR). Цей різновид має найвищу ємність, але вимогливі до умов роботи, мають дуже обмежений ресурс. Робочий діапазон напруги – від 3 до 4,2 В. Найвища питома енергоємність - до 250 Втч/кг, піковий струм розряду – не більше двох ємностей (тобто акумулятор 2 Ач має дозволений струм 4 А), тривалий струм розряду – не більше однієї ємності. Температура тривалого зберігання акумуляторів – 5 °С при 40-50% заряду. Літій-кобальтові акумулятори вибухонебезпечні і можуть спалахувати при перегріві або внаслідок глибокого розряду. З цих причин вони зазвичай забезпечуються захисною платою та мають маркування Protected. Напруга розряду – не нижче 3 В. Вибухонебезпечні при пошкодженні корпусу, що швидко старіють (середній термін життя – 3-5 років, у циклах «заряд-розряд» – не більше 500). Небажана зарядка великим струмом. Вкрай токсичні при запаленні;

– літій-нікель-марганець-кобальт-оксидний (NMC), літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидний (NCA), літій-марганцеві (IMR або INR). Більш довговічні та безпечні, ніж кобальтові, допустима зарядка великим струмом. Робочий діапазон напруги – від 2,5 до 4,2 В. Питома енергоємність – 140-150 Втч/кг. Ресурс – близько 5-6 років – до 1000 циклів «заряд-розряд». Високий струм під навантаженням – до 5 ємностей. Гранична межа розряду – 2,5 В, проте можливе зниження ресурсу. INR-акумулятори рідко забезпечують захисною платою, але зарядний ланцюг завжди має обмеження напруги. Непрацездатні нижче -10 °С. Достатньо безпечні у використанні, не вибухають і не спалахують. Мають низький саморозряд;

– літій залізофосфатні акумулятори (LiFePO₄, LiFe, LFP, IFR). Робочий діапазон напруги – від 2 до 3,65 В, номінальна напруга – 3,2 В. Питома енергоємність – приблизно 150 Втч/кг. Ресурс – 10-20 років, приблизно 1500-3000

циклів «заряд-розряд» (до 8000 в м'яких умовах). Високий струм під навантаженням (до 10 ємностей) та стабільна напруга розряду ідеальні для електромобілів, велосипедів та подібних застосувань. Розряд поблизу нижньої межі напруги (2 В) може знижувати ресурс. Допустиме зарядження великим струмом із збереженням безпеки. За найважчих умов експлуатації не виділяють газу, не вибухають і не спалахують;

– літій-титанатні акумулятори (LTO). Найвища довговічність та широкий температурний інтервал роботи. Робочий діапазон напруги від 1,6 до 2,7 В, номінальна напруга – 2,3 В. Питома енергоємність – приблизно 100 Втч/кг. Ресурс – понад 15 000 циклів «заряд-розряд». Температурний діапазон від -60 °С до +60 °С. Має дуже низький опір, що дозволяє використовувати надшвидкий заряд і низький саморозряд, приблизно 0,02% на добу.

Серед технічних показників можна виділити такі:

- напруга одиничного елемента:
 - 1) максимальна: 4,2 (або 4,35/4,40 для високовольтних);
 - 2) мінімальна: 2,5 (або 2,8/3,0 для високовольтних);
- питома енергоємність: 110 ... 270 Вт · год / кг;
- внутрішній опір: 4 ... 15 мОм;
- число циклів заряд-розряд до зниження ємності до 80%: 600;
- час швидкого заряду: 1:00;
- саморозряд залежить від температури зберігання та ступеня заряду. При температурі 25 °С та заряді 100 % \approx 1,6 % на місяць;
- струм навантаження щодо ємності, представленої в А·ч:
 - 1) постійний: до 5С;
 - 2) імпульсний: до 50С;
 - 3) оптимальний: до 1С;
- діапазон робочих температур: від -20 °С до +60 °С (оптимальна +23 °С).

1.3 Бортовий зарядний пристрій

Бортовий зарядний пристрій для електромобіля є системою, що дозволяє підключати автомобіль до електричної мережі для заряджання акумулятора. Цей пристрій забезпечує зручність заряджання вдома або в інших місцях, де доступна електроенергія. Основні компоненти бортового зарядного пристрою включають:

- кабель та роз'єм: для підключення електромобіля до джерела живлення. Існують різні стандарти рознімання, такі як Type 1, Type 2, CCS, CHAdeMO, і т.д.
- зарядний пристрій (EVSE): цей пристрій керує потоком електроенергії від мережі до акумулятора автомобіля. Воно також може включати функції безпеки, моніторингу та керування зарядженням.
- блок управління зарядкою (Charge Controller): відповідає за управління процесом заряджання, контролюючи напругу та струм, а також забезпечує безпеку заряджання.
- комунікаційний модуль: дозволяє взаємодіяти із системою керування електромобіля, передавати інформацію про статус зарядки та інші дані.
- індикатори та дисплей: для відображення інформації про поточний стан заряджання, рівень заряду акумулятора та інші параметри.
- блок захисту від перевантажень та короткого замикання: гарантує безпеку заряджання, запобігаючи пошкодженню обладнання та автомобіля.

Бортові зарядні пристрої можуть бути вбудовані в електромобіль або надаватися у вигляді зовнішнього портативного пристрою. Розвиток технологій зарядних пристроїв та стандартів для електромобілів активно продовжується, і нові моделі пропонують більш високу потужність зарядки, зручність використання та різноманітність функціональних можливостей.

Серед аспектів бортових зарядних пристроїв для електромобілів можна виділити такі:

– потужність заряджання (кВт): бортові зарядні пристрої можуть мати різні рівні потужності зарядки, виражені в кіловатах (кВт). Що потужніше, то швидше відбувається зарядка. Існують стандартні рівні потужності, такі як 3.7 кВт, 7.2 кВт, 11 кВт, 22 кВт та більше;

– рівні зарядки: Level 1, Level 2, DC Fast Charging;

– «розумні» функції: деякі бортові зарядні пристрої мають функціональність «розумного» управління, наприклад системи віддаленого моніторингу та керування через мобільні програми;

– портативні зарядні пристрої: деякі електромобілі постачаються з портативними зарядними пристроями, які можна використовувати у разі відсутності стаціонарної інфраструктури. Ці пристрої зазвичай повільніші, але надають додаткову гнучкість;

– сумісність і стандарти: існує кілька світових стандартів для роз'ємів і протоколів заряджання, таких як CCS (Combined Charging System), CHAdeMO, Type 1 і Type 2. Важливо, щоб бортовий зарядний пристрій був сумісний з стандартами у вашому регіоні;

– безпека: бортові зарядні пристрої повинні відповідати стандартам безпеки. Вони повинні надавати захист від перегріву, навантаження, короткого замикання та інших аварійних ситуацій;

– можливість швидкого заряджання (Fast Charging): деякі бортові зарядні пристрої та електромобілі підтримують технології швидкого заряджання. Це особливо важливо для довгих поїздок, коли потрібно швидко зарядити акумулятор;

– зарядні станції зі змінним струмом (AC) та постійним струмом (DC): станції змінного струму (AC) зазвичай використовуються для домашньої зарядки та громадських станцій середньої потужності, у той час як станції постійного струму (DC) призначені для швидкої зарядки на автозаправних станціях;

– мобільні програми та мережна взаємодія: багато виробників бортових зарядних пристроїв надають мобільні програми, які дозволяють власникам електромобілів моніторити статус зарядки, керувати процесом зарядки, а також знаходити найближчі доступні станції;

– системи автоматичної оплати: деякі зарядні станції пропонують системи автоматичної оплати, які спрощують процес оплати послуг заряджання, наприклад через мобільні програми або попередньо зареєстровані кредитні картки;

– адаптивна зарядка: деякі бортові зарядні пристрої мають технологію адаптивної зарядки, яка оптимізує процес заряджання відповідно до поточного стану акумулятора, температури навколишнього середовища та інших факторів для продовження терміну служби батареї;

– гібридні системи зберігання енергії: деякі зарядні станції можуть бути інтегровані з гібридними системами зберігання енергії, такими як літій-іонні батареї, що допомагає згладжувати пікові навантаження на мережу;

– розвиток технології бездротової зарядки: дослідження та розробки в області бездротової зарядки також впливають на бортові зарядні пристрої, що дозволяє заряджати електромобіль без використання фізичних кабелів.

1.4 Інвертор

Інвертор електромобіля – це пристрій, який перетворює постійний струм з батареї електромобіля на змінний струм, який використовується для живлення електричних пристроїв в автомобілі. Це важлива частина системи електроживлення, інвертор виконує кілька функцій:

– перетворення постійного струму на змінний струм: батареї електромобілів постачають енергію у вигляді постійного струму, тоді як більшість електричних пристроїв в автомобілі використовують змінний струм. Інвертор перетворює постійний струм батареї на змінний струм;

– керування напругою та частотою: інвертор також регулює напругу та частоту змінного струму, щоб відповідати вимогам електричних пристроїв в автомобілі. Це важливо для забезпечення правильної роботи електроніки та електричних систем;

– заряджання вбудованої батареї: інвертори в електромобілях також можуть бути використані для заряджання вбудованої батареї автомобіля. Наприклад, якщо електромобіль обладнаний режимом рекуперації енергії при гальмуванні, інвертор може перетворювати кінетичну енергію автомобіля на електричну енергію для заряджання батареї;

– керування потужністю: інвертор може регулювати потужність від батареї до електричних пристроїв. Це може бути корисним для оптимізації ефективності електромобіля та збільшення дальності поїздки;

– безпека та захист: інвертори також зазвичай включають системи захисту, такі як захист від короткого замикання, перегріву та перевантаження, щоб запобігти пошкодженню пристрою та забезпечити безпеку експлуатації.

Інвертори в електромобілях є важливою ланкою в системі електроживлення, забезпечуючи ефективне перетворення енергії для підтримки різних електричних пристроїв в автомобілі.

1.5 Перетворювач постійного струму

В електромобілях перетворювач постійного струму (DC-DC перетворювач) виконує функцію перетворення високої напруги постійного струму (від батареї) в низьку напругу постійного струму, необхідну для живлення різних електричних пристроїв та систем в автомобілі. Він забезпечує стабільну напругу для роботи електроніки, освітлення, зарядних пристроїв та інших компонентів електромобіля.

Кілька ключових аспектів, пов'язаних із перетворювачами постійного струму в електромобілях:

– напруга: DC-DC перетворювач отримує високу напругу постійного струму від батареї, яка зазвичай є вищою, ніж напруга, необхідна для живлення допоміжних систем автомобіля. Перетворювач зменшує цю напругу до рівня, придатного для використання електронікою та іншими пристроями автомобіля;

– стабільність напруги: перетворювачі постійного струму забезпечують стабільну напругу на виході, що важливо для надійної роботи електричних пристроїв та електроніки в автомобілі;

– ефективність: висока ефективність роботи перетворювача важлива мінімізації втрат енергії у процесі перетворення. Це особливо важливо для електромобілів, де ефективне використання енергії впливає на дальність поїздки;

– захисні функції: перетворювачі зазвичай обладнані різними системами захисту, такими як захист від короткого замикання, перегріву та перевантаження. Ці функції запобігають пошкодженню перетворювача та інших систем автомобіля у разі несправностей;

– інтеграція в систему керування автомобілем: перетворювачі інтегруються в систему керування електромобілем, що дозволяє ефективно керувати споживанням енергії залежно від поточних потреб.

DC-DC перетворювачі в електромобілях виконують важливу роль у забезпеченні енергією допоміжних систем та електроніки, роблячи їх ключовим компонентом для ефективної та надійної роботи автомобіля.

1.6 Двигун

Електродвигун (тяговий електромотор, двигун на електротязі) – мотор, який встановлюється на електротранспорт та гібридні автомобілі. У електромобілів електродвигун – єдиний двигун. Принцип роботи двигуна електромобіля заснований на перетворенні електроенергії на механічну енергію обертання.

Головні учасники перетворення енергії – статор та ротор. При цьому традиційний електродвигун працює за такою схемою:

- подається напруга на обмотки статора;
- виникає крутний момент;
- ротор починає рухатись.

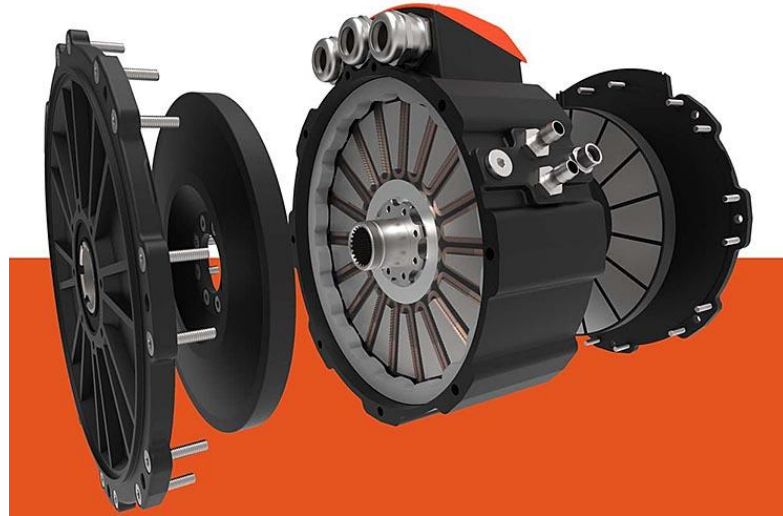


Рисунок 1.4 – Конструкція традиційного електродвигуна

Важлива особливість класичного електрокара – відсутність диференціала, коробки передач, передавальних пристроїв із шестеренками. Енергія від електромотора надходить прямо на колеса.

Без коробки – і більшість «гібридів» з електродвигуном і ДВС. Виняток – «гібриди» з паралельною схемою передачі на колеса моменту, що крутить.

Принцип роботи будь-якого електродвигуна базується на процесах взаємного тяжіння та відштовхування полюсів магнітів на роторі та статорі. Рух здійснюється під дією самого магнітного поля та інерції.

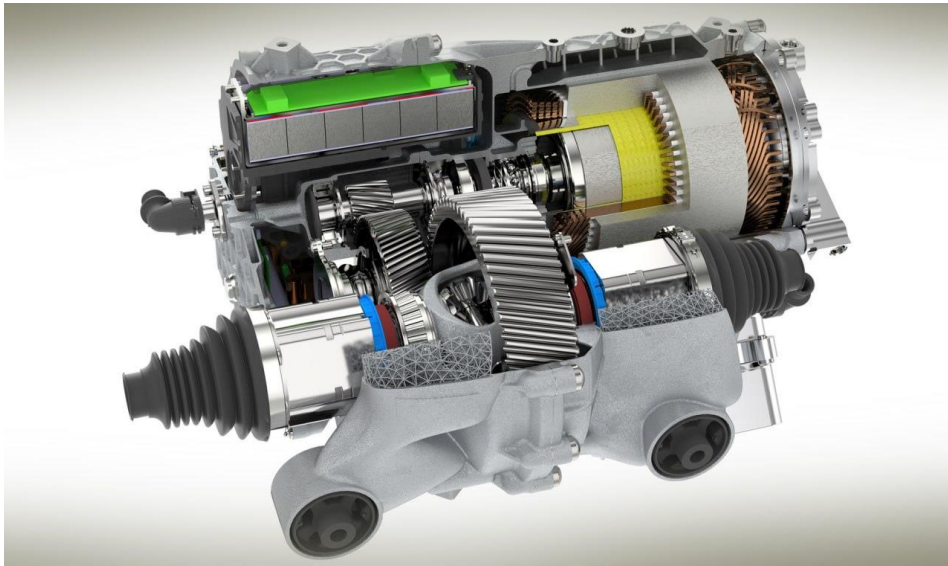


Рисунок 1.5 – Конструкція двигуна електромобіля у розрізі

При описі принципу роботи електродвигуна вже було згадано, що головні компоненти двигуна електромобіля - ротор і статор.

Класичний ротор автомобіля складається з:

- сердечник: це металевий стрижень, на периферії якого знаходиться обмотка. Безпосередньо через сердечник відбувається замикання магнітного кола електродвигуна. Сердечник виготовляється із сталевих пластин круглої форми. За структурою схожий на листковий пиріг. При виробництві сердечників використовують ізольовані листи сталі із присадками кремнію. У цьому випадку забезпечені збільшення ККД електродвигуна, найменші питомі втрати в металі на одиницю маси, зниження величини вихрових струмів Фуко, що розмагнічують, які виникають через перемагнічування сердечника. На поверхні сердечника є поздовжні пази. Через них прокладається обмотка;

- вал: це металевий стрижень, який безпосередньо передає крутний момент. Також виготовляється із електротехнічної сталі. Служить основою для насаджування осердя. На кінцях валу є різьблення, виїмки під шестерні, підшипники кочення, шківи;

– колектор: це блок, що кріпиться на валу. Являє собою систему мідних пластин. Ізольовані від валу. Служить випрямлячем змінного струму, перемикачем автоматом напрямку струму (залежно від виду електродвигуна).

Статор складається з:

– станина статора: це корпус статора. Як правило, корпус буває алюмінієвим чи чавунним. Алюмінієві станини популярні у електродвигунів легкових авто, чавунні – спецтехніки, яка змушена працювати в умовах високої вібрації. Станина служить базою кріплення основних та додаткових полюсів;

– серце статора: це циліндр із профільованих сталевих листів. Фіксується гвинтами усередині станини. Забезпечений пазами для обмотки.

– обмотування: створює магнітний потік. При перетині провідників ротора наводить в них електрорушійну силу.

Електродвигуни класифікують:

– за типом живлення приводу: пристрої поділяються на мотори змінного та постійного струму. Двигуни постійного струму здатні забезпечити більш точне та плавне регулювання обертів, високий ККД. Двигуни змінного струму рятують, коли важлива висока перевантажувальна здатність. Це зручний варіант для підйомно-транспортних машин. Втім, існують і універсальні двигуни, які функціонують від змінного та постійного струму.

– за конструкцією щітково-колекторного вузла: випускаються безколекторні та колекторні мотори. Безколекторний двигун працює за рахунок руху ротора з постійним магнітом. Конструкція не має щітково-колекторного вузла. Рішення забезпечує гідний момент, що крутить, широкий діапазон швидкостей і високий ККД. Важливі переваги безколекторного мотора – надійність, здатність до самосинхронізації, можливість підживлюватись при змінній напрузі. Ресурс безколекторного двигуна обмежений виключно ресурсом підшипників. У колекторних моторів є лужно-колекторний вузол. Зручність рішення пов'язана з тим, що він може використовуватися як перемикач струму в обмотках, і як

сповіщувач положення ротора, немає необхідності в контролі. Проблема колекторних моделей – у тому, що вони залежні від постійних магнітів, які, як відомо, з часом, на превеликий жаль, втрачають свої властивості.

– за кількістю фаз для запитування: залежно від того, як запитується обмотка, електродвигуни бувають однофазними та трифазними. У автомобілебудуванні широкого поширення набули трифазні рішення, це з рядом технічних характеристик (потужність, перевантажувальна здатність, частота обертання на холостому ходу).

Працювати трифазні мотори можуть синхронно та асинхронно, а як ротор використовуються як короткозамкнуті, так і фазні моделі. Найпопулярніший варіант – трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Вони стоять на більшості сучасних електрокарів.

1.6.1 Асинхронні та синхронні двигуни.

Синхронні мотори – двигуни змінного струму, у яких частота обертання ротора ідентична частоті обертання магнітного поля (вимірювання проводиться у повітряному зазорі). У автомобілебудуванні синхронні мотори зустріти можна нечасто (хоча у світі техніки – це, загалом, дуже популярне рішення – особливо у кліматотехніці, насосних системах).

Але є виробники авто, які під час виробництва електрокарів вважають за краще встановлювати на свої машини саме синхронні двигуни. Яскравий приклад – концерн Renault. Синхронними двигунами на електромагнітах він оснастив електрокар Renault Zoe. На електромагніти подається постійний струм. Полярність магнітів ротора є стабільною. Полярність магнітів статора при цьому змінюється та забезпечує безперебійне обертання.

Перевага синхронних двигунів на електромагнітах авто – максимальна оптимізація рекуперації енергії гальмування. І головний "коник" авто з таким типом електродвигуна - повна безпека при буксируванні.

Набагато популярніший варіант – асинхронні двигуни. Це двигуни змінного струму, у яких потенціал напруги магнітного поля не збігається з частотою обертання ротора. Типовим 3-фазним асинхронним двигуном оснащені, наприклад, добре відомі автомобілі Tesla S та Tesla X.

Іноді асинхронні мотори називають індукційними, тому що в роторі у відповідність до закону Ленца у них індукується електромагнітна сила.

Відокремлено серед електромоторів стоїть двигун-колесо. Особливість двигуна-колеса – орієнтир моменту, що крутить, і сили напруги на конкретне колесо.

Такі рішення можна зустріти в плагін-гібридних автомобілях («гібриди» з паралельною схемою, при описі пристрою гібридних авто нижче за текстом ми зупинимося на них докладніше). Працює двигун-колесо у парі з ДВС.

У перших плагін-гібридних автомобілів з двигуном-колесом агрегат був монтований в маточину колеса, а робота здійснювалася виключно в парі з внутрішнім зубчастим редуктором.

Деякі сучасні моделі моторів, що монтуються всередині коліс, цілком можуть працювати без зубчастого редуктора. Це збільшує керованість, дозволяє уникнути збільшення частки шасі, зменшити ризики, підвищує ККД.



Рисунок 1.6 – Мотор-колесо

1.6.2 Переваги та недоліки електродвигунів.

Переваг у електродвигунів значно більше, ніж недоліків. Більше того, за рахунок удосконалення і конструктивних особливостей самих електроприводів та інфраструктури, пов'язаної із зарядкою, багато речей, які вчора ще здавалися критичними, сьогодні втрачають свою актуальність. Серед переваг виділяють такі:

- не потрібне «розгойдування»: крутний момент досягає максимуму безпосередньо при включенні. Саме з цієї причини електричний двигун електромобіля не вимагає наявності стартерів та зчеплень – невід'ємних супутників ДВЗ;

- зручність: для включення заднього ходу (тобто корекції з боку обертання двигуна) досить змінити полярність, складна коробка передач не потрібна;

- високий ККД: у машин з електродвигунами він сягає 95%;

- незалежність: на будь-якій позначці швидкості досягається максимальний показник моменту, що крутить;

- у двигуна – мала вага: виробники можуть легко дозволити собі створювати компактні автомобілі;

– є всі можливості рекуперації енергії гальмування: якщо авто з ДВЗ кінетична енергія просто йде в колодки (і стирає їх), то у електромобіля в режимі рекуперації мотор може функціонувати як генератор. У режимі генерації електроенергія легко трансформується в іншу форму і швидко накопичується в АКБ. Особливо рішення ефективно для транспортних засобів із довгим гальмівним шляхом. На обсяг генерованої та накопиченої енергії суттєво впливає маршрут (рельєф, зокрема наявність горбистих ділянок на дорозі та ухил дороги);

– зниження витрат на експлуатацію машини: заряджання можна проводити від електромережі. Це значно дешевше, ніж використання дизеля, бензину. Вигода очевидна навіть у порівнянні з бензиновими авто економ-класу;

– мінімальний рівень шуму;

– у більшості випадків для двигуна не потрібне примусове охолодження;

– екологічність: використання транспорту з електродвигуном знижує кількість вихлопних газів у повітрі.

Довгий час вважалося, що найбільшим мінусом використання електродвигуна є його залежність від акумуляторів, які швидко виходять із ладу. Наразі це неактуально. Сучасні батареї електрокарів, які представлені в масовому випуску, гарантують пробіг автомобіля 150-200 тис. км. Втратив актуальність і той фактор, що машини з електродвигуном суттєво поступаються бензиновим потужністю. Електротяга сучасних електромоторів не поступається ДВЗ.

Тому недоліки електродвигунів зараз правильно звести не до недоліків конструкції, а до погано розвиненої інфраструктури для того, щоб заряджати електромобілі. Якщо в США, Скандинавії підзарядити електрокар легко, то донедавна навіть у Західній та Центральній Європі з інфраструктурою для підзарядки таких машин були проблеми.

1.7 Зарядні станції для електромобілів.

З появою електромобілів двигуни внутрішнього згорання з сотнями частин, що рухаються, поступаються місцем електричним трансмісіям, в яких таких рухомих частин менше двадцяти. Інновації на цьому новому ринку часто стосуються трьох основних компонентів:

- зарядні станції та батареї;
- тягові електродвигуни;
- силова електроніка.

Інженери працюють над тим, щоб збільшити дальність ходу авто, підвищити його безпеку, термін служби та, звичайно, надійність. Найцікавіші трансформації зараз відбуваються із зарядками та силовими пристроями.

Може здаватися, що зарядка для електромобіля – це щось на кшталт зарядки для телефону. Насправді, це складна екосистема.

Поки що цей ринок незрілий. Змінюється вся інфраструктура, сам автомобіль та зарядки, трансформуються постачальники електроенергії та інфраструктура міст, народжуються цікаві проекти.

Нині на ринку зарядок сформувалися три сегменти: домашній, приватний та громадський. 60% зарядок зараз становить домашнє використання, коли користувачі встановлюють зарядку у себе вдома, а якщо є можливість – у паркінгу свого багатоквартирного будинку.

Приватні зарядки це зарядні станції приватних компаній. Наприклад, банк встановлює зарядки для своїх співробітників, які мають свої електромобілі. Або компанії, які доставляють товари Amazon: вони мають парк автомобілів, і вони встановлюють їм мережу зарядок у різних містах.

Громадські зарядки доступні для всіх, вони розташовуються в містах та вздовж автотрас. Як аналогію можна навести мережу операторів мобільного зв'язку: ти маєш підписатися на певний тариф, щоб користуватися послугами.



Рисунок 1.7 – Промислова зарядна станція

У домашньому сегменті обладнання може бути простішим. Це звані зарядки другого рівня. Власнику такої зарядки не потрібно спеціально розподіляти доступ до пістолета. Основне завдання – зарядити своє авто, а статистика, яка потім приходить на смартфон, вже не така важлива.

Але річ у тому, що у багатьох країнах вартість електроенергії може змінюватись в залежності від часу доби – постачальники електрики намагаються компенсувати пікові навантаження вранці та ввечері за рахунок підвищення тарифів. Тому зараз домашні зарядки інтегруються у smart grid, систему керування електроенергією. Домашні зарядки з такою функцією можна включати спочатку на маленькому струмі, а вночі, коли вартість електроенергії нижча, заряджання автоматично вмикається на повну потужність. На повну зарядку автомобіля йде від 6 до 8 години.

Інтеграція зі smart grid, звичайно, ускладнює найпростіший варіант зарядки: потрібне підключення до сервера, а сам сервер підключається до постачальника електроенергії – так контролюється максимальний струм на зарядках у різний час. Це цікаве інженерне завдання, але є ще цікавіші проекти: наприклад,

комунікаційний інтерфейс vehicle to grid (ISO15118). Згідно з цією концепцією, авто може не тільки заряджатися, а й віддавати електрику – жити будинок, коли дорога електрика. Такий power bank на колесах. Також власник такого пристрою може продавати електроенергію – повертати її до мережі та отримувати за це гроші.

Власне зарядка для домашнього використання складається з:

- плата перетворювача енергії (GFCI), яка перетворює напругу, у ній вбудовані різні типи захисту;

- плата контролю комунікації з автомобілем: найчастіше в зарядках такого рівня використовується аналоговий інтерфейс (для комунікації використовується сигнал, який називається pilot signal);

- комунікаційна плата, яка може мати свій модем з wi-fi або кабелем.

Зарядки для приватного та публічного використання додатково містять вбудований захист для обмеження доступу та екрани для спілкування з користувачем. Також у них може бути контролер для інтеграції в систему керування будинком.

Зарядки третього рівня для офісів та громадських місць – це такі великі «холодильники» вздовж автотраси, у великих містах та на заправках. Вони досить складні технологічно: 100-150 кіловат, сотні амперів, 480 вольт. Це пристрої з постійним струмом, так звані зарядки DC. На повну зарядку авто йде від 10 до 30 хвилин максимум. Начинка вони аналогічна, є графічний інтерфейс.



Рисунок 1.8 – Промислова швидкісна зарядна станція

Відмінний компонент DC-зарядок – додатковий power-модуль для перетворення струму та контролю. І коли йдеться про сотні ампер, сам кабель зарядки досить важкий, не всім вистачає сил підключити його. Але Tesla, наприклад, використовує водяне охолодження кабелю, тому він досить легкий.

З точки зору комунікації зарядки другого та третього рівня схожі – у них використовуються самі модеми для підключення зарядки до сервера. Причому вже зараз з'являються нові завдання для компаній у цій сфері: модеми у старих моделях більше не можуть підтримувати потрібну швидкість та кількість даних, що переноситься від заряджання до сервера.

2 ІНФОРМАЦІЙНО-КОНТРОЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

2.1 Комплекс інформаційно-контрольної системи

Електронна система керування (Electronic Control Unit, ECU) електромобіля – це комплекс електронних пристроїв та програмного забезпечення, призначених для керування різними аспектами електричної системи автомобіля. Блок управління забезпечує координацію роботи різних компонентів електромобіля для забезпечення оптимальної продуктивності, ефективності та безпеки. Ось кілька ключових функцій, які виконує електронна система керування електромобілем:

- управління двигуном: електронна система управління контролює роботу електричного двигуна, регулюючи подачу енергії, керуючи моментом обертання та забезпечуючи оптимальну продуктивність;
- управління батареєю: система контролює стан та заряд акумуляторної батареї, а також управляє процесами заряджання та розрядження;
- управління заряджання: у разі підключення до електричної мережі електронна система керування регулює процеси заряджання, включаючи швидкість заряджання та безпеку процесу;
- керування термальним режимом: система контролює температуру електричного двигуна та батареї, що важливо для оптимальної продуктивності та довговічності;
- управління енергоспоживанням: електронна система керування оптимізує витрати енергії, регулюючи споживання електроенергії різними системами автомобіля, такими як освітлення, клімат-контроль та інші електричні пристрої;
- управління гальмуванням з рекуперацією: система контролює процеси гальмування з використанням рекуперації енергії, перетворюючи кінетичну енергію гальмування назад в електроенергію для заряджання батареї;

– діагностика та моніторинг: електронна система управління виконує функції моніторингу та діагностики, стежачи за станом різних компонентів електромобіля та виявляючи можливі проблеми;

– зв'язок із зовнішніми системами: у деяких випадках, система керування може мати можливість взаємодії із зовнішніми системами, такими як системи навігації, мобільні програми для керування автомобілем віддалено та інші.

Електронна система управління відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної, безпечної та сталої роботи електромобіля. Її можливості та функції можуть відрізнятися залежно від конкретної моделі та виробника електромобіля.

2.2 Система керування батареї

Система управління батареєю (BMS) – електронна система, яка керує зарядом/розрядним процесом акумуляторної батареї, відповідає за безпеку її роботи, проводить моніторинг стану батареї, оцінку вторинних даних працездатності.

BMS (Battery Management System) – це електронна плата, яка ставиться на акумуляторну батарею з метою контролю процесу заряду/розряду, моніторингу стану акумулятора та його елементів, контролю температури, кількості циклів заряду/розряду, захисту складових акумуляторної батареї. Система керування та балансування забезпечує індивідуальний контроль напруги та опору кожного елемента акумулятора, розподіляє струми між складовими акумуляторної батареї під час зарядного процесу, контролює струм розряду, визначає втрату ємності від дисбалансу, гарантує безпечне підключення/відключення навантаження.

На основі даних BMS виконує балансування заряду осередків, захищає акумулятор від короткого замикання, перевантаження по струму, перезаряду, перерозряду (високої і надмірно низької напруги кожного осередку), перегріву і переохолодження. Функціональність BMS дозволяє не лише покращити режим

експлуатації акумуляторних батарей, а й максимально збільшити термін їхньої служби. При визначенні критичного стану батареї Battery Management System відповідно реагує, видаючи заборону використання акумуляторної батареї в електричній системі – відключає її. У деяких моделях BMS передбачена можливість ведення реєстру (запису даних) про роботу акумуляторної батареї та їх подальшу передачу на комп'ютер.

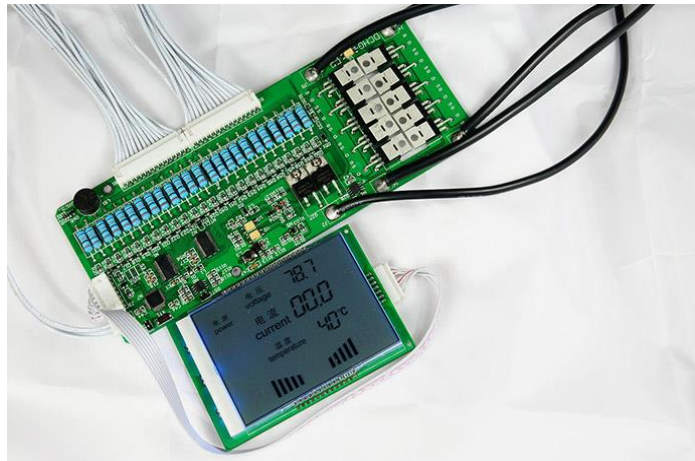


Рисунок 2.1 – BMS плата-контролер

Основними цілями застосування BMS (Battery Management System) як регулятор роботи акумуляторної батареї можна виділити такі:

- захист акумуляторних клітин та цілої батареї від пошкоджень;
- збільшення терміну служби батареї;
- підтримка акумулятора в стані, при якому стане максимально можливим виконання всіх покладених на нього завдань.

Серед функцій BMS можна виділити такі:

- контроль за станом елементів акумуляторної батареї з погляду напруги, температури, заряду та глибини розряду, струмів заряду/розряду, справності. Система управління та балансування осередків може зберігати в пам'яті такі показники, як кількість циклів заряду/розряду, максимальна та мінімальна напруга

осередків, максимальне та мінімальне значення струму заряду та розряду. Саме ці дані дозволяють визначати стан справності акумуляторної батареї. Неправильний заряд – одна з найпоширеніших причин виходу акумуляторної батареї з ладу, тому контроль заряду є однією з основних функцій мікроконтролера BMS;

– інтелектуально-обчислювальна: на основі вищезазначених пунктів BMS проводить оцінку максимального допустимого струму заряду, максимального допустимого струму розряду, кількості енергії, що поставляється внаслідок зарядки, або втрачається при розряді, внутрішнього опору осередку, сумарного напруження акумуляторної батареї у процесі експлуатації (загальної кількості циклів роботи);

– зв'язкова: BMS може подавати вищевказані дані на зовнішні керуючі пристрої шляхом провідної або бездротової комунікації;

– захисна: BMS захищає батарею, запобігаючи її виходу за межі безпечної роботи. BMS гарантує безпеку підключення/відключення навантаження, гнучке керування навантаженням, захищає акумулятор від перевантаження струмом, перенапруги (під час заряджання), падіння напруги нижче за допустимий рівень (під час розряду), перегріву, переохолодження, витоку струму.

BMS може запобігти небезпечному для акумуляторної батареї процесу шляхом безпосереднього впливу на неї або подачі відповідного сигналу про неможливість подальшого використання акумулятора до керуючого пристрою (контролера). Система інтелектуального моніторингу (BMS) відключає акумуляторну батарею від навантаження або зарядного пристрою при виході хоча б одного з робочих параметрів за межі допустимого діапазону.

BMS запобігає надмірному перезарядженню, недозаряду та нерівномірному розрядному процесу в окремих акумуляторних осередках забезпечуючи процес модульної зарядки та регулюючи вихідні струми осередків акумулятора, підключеного до електропристрою.

З метою захисту плати BMS від негативного впливу вологи та пилу її покривають спеціальним епоксидним герметиком.

Не завжди акумулятори мають лише одну систему керування та балансування. Іноді замість однієї плати BMS, що приєднується за допомогою вихідних проводів до акумуляторної батареї та контролера, використовується відразу кілька пов'язаних між собою регульовальних електронних плат, кожна з яких керує певною кількістю осередків і подає дані до єдиного контролера.

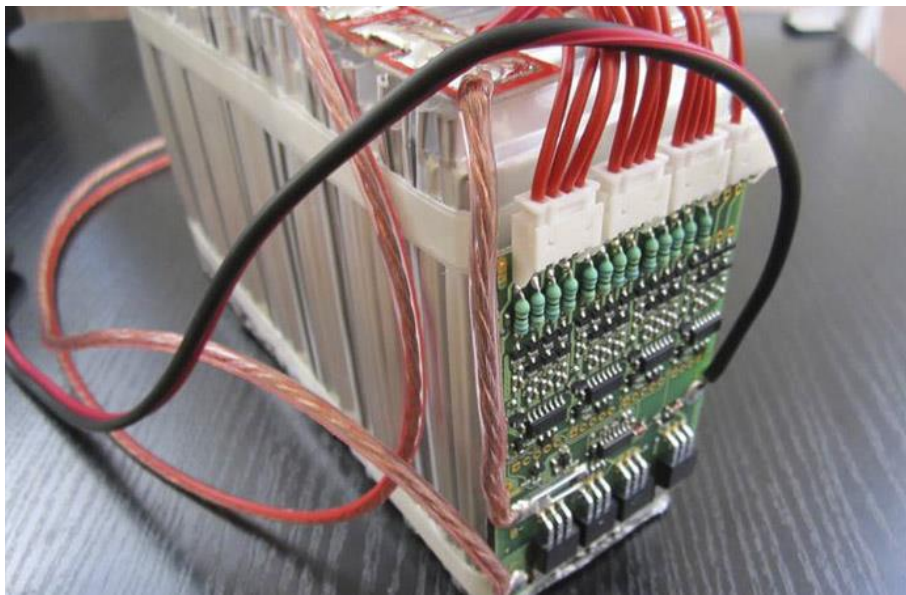


Рисунок 2.2 – Акумулятор у зборі з BMS

З практичної точки зору BMS можуть виконувати значно більше функцій, ніж просто керування роботою батареї. Іноді ця електронна система може брати участь у контролі параметрів режиму роботи електричного транспортного засобу та здійснювати відповідні дії з керування його електричною потужністю. Якщо акумулятор бере участь у роботі системи рекуперації енергії при гальмуванні електричного транспортного засобу, то BMS також може регулювати процес підзарядки батареї при уповільненні та спусках.

Система управління батареєю (BMS) в електромобілі використовує мікроконтролери STM32, Texas Instruments, Infineon XMC, Microchip PIC, NXP LPC та Kinetis. Вибір мікроконтролера може залежати від виробника BMS, його конкретних функцій, вимог та особливостей системи.

Деякі з популярних мікроконтролерів, які використовуються в BMS платах для електромобілів, включають:

- STMicroelectronics STM32: серія STM32 (STM32F0, STM32F4, STM32F7, STM32H7, STM32L4, STM32G4);

- Texas Instruments MSP430 та C2000: MSP430 – це низькопотужний мікроконтролер, який може бути використаний для енергозберігаючих BMS. C2000 – це серія мікроконтролерів для вбудованих систем реального часу (RTOS) і може використовуватися в високопотужних BMS;

- Infineon XMC: серія мікроконтролерів XMC також є популярною в області автомобільних систем (XMC4500, XMC4800);

- Microchip PIC та dsPIC: сімейства мікроконтролерів PIC та dsPIC виробництва Microchip використовуються в різноманітних електронних системах, включаючи BMS (PIC16, PIC18, PIC32, dsPIC33, dsPIC33E);

- NXP LPC та Kinetis: LPC – це серія мікроконтролерів від NXP, які можуть бути використані в BMS (LPC800, LPC1100, LPC1700, LPC1800). Kinetis – це інша серія мікроконтролерів від NXP, яка також знаходить застосування в автомобільних системах (Kinetis L, Kinetis E, Kinetis K, Kinetis V).

2.2.1 Інформаційна система BMS-плати акумулятора.

Інформаційна система, яка використовує дані про стан акумулятора, може надавати цінні відомості для оптимізації роботи та обслуговування електричних пристроїв. У разі електроавтомобілів така система допомагає у відстеженні та моніторингу стану акумуляторної батареї.

Ось кілька ключових аспектів такої системи:

- рівень заряду (SOC – State of Charge): відстеження поточного рівня заряду акумулятора дозволяє водієві знати скільки енергії ще залишилося і планувати свої поїздки;

- температура акумулятора: моніторинг температури акумулятора є важливим для оптимізації продуктивності. Висока або низька температура може впливати на ефективність батареї;

- рівень зносу (SOH - State of Health): оцінка стану здоров'я акумулятора. Це дозволяє передбачити очікувану ємність батареї на основі її зносу та старіння;

- управління зарядом та розрядом: система може оптимізувати процеси заряджання та розряджання для продовження терміну служби батареї;

- діагностика помилок та аварій: виявлення та відстеження будь-яких помилок або проблем у роботі акумулятора;

- прогнозування проблем: система може використовувати аналітику для прогнозування можливих проблем із акумулятором на основі поточних даних.

2.2.2 Що можна додати в BMS-плату.

Додаткові функції, які можуть бути додані до плати BMS (Battery Management System), залежать від конкретних потреб і вимог електромобіля.

Серед можливих доповнень можна виділити такі:

- інтеграція із системами навігації: BMS може використовувати дані про маршрут та топографію для оптимізації управління енергією в реальному часі;

- адаптивна зарядка в залежності від тарифів електроенергії: BMS може бути розширений для керування часом зарядки відповідно до більш вигідних тарифів електроенергії;

- інтеграція із системами розумного будинку: BMS може взаємодіяти із системами розумного будинку для більш ефективного використання електроенергії та інтеграції з домашньою мережею;

- моніторинг якості батарей: додаткові датчики або технології можуть використовуватися для більш детального моніторингу якості кожного осередку

батареї. BMS може бути налаштований для ефективного заряджання батареї від сонячних панелей, якщо вони встановлені на електромобілі;

– системи самонавчання (машинне навчання): впровадження систем машинного навчання може дозволити BMS передбачати споживання енергії, покращувати балансування заряду та розряду, а також оптимізувати процеси керування енергією на основі досвіду використання;

– можливості бездротового зв'язку: вбудовані модулі бездротового зв'язку можуть забезпечити віддалений моніторинг та керування акумулятором;

– поліпшена діагностика за допомогою додаткових датчиків: додавання додаткових датчиків для вимірювання вібрацій, рівня вологості та інших параметрів, які можуть впливати на стан батареї;

– системи прогнозування: використання алгоритмів прогнозування для більш точної оцінки SOH (State of Health) та передбачення майбутніх змін у продуктивності батареї. Кожне доповнення має бути ретельно обґрунтоване та адаптоване до конкретних вимог виробника автомобіля чи іншого електроживного пристрою. Використання додаткової плати балансування кожного окремого акумулятора для вирівнювання напруги між кожною коміркою.

Battery Electric Vehicle (BEV) Block Diagram

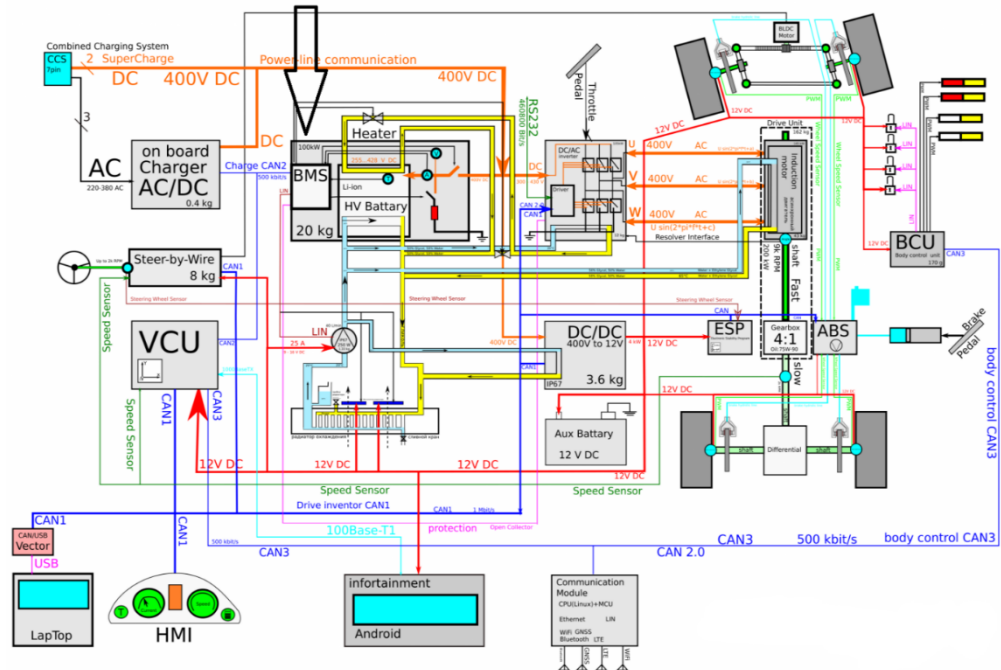


Рисунок 2.3 – Структурна схема інформаційно-контрольної системи

На рисунку показано як підключена інформаційно-контрольна система, та стілкою вказано де розташований блок BMS який керує акумуляторною батареєю та слідкує за її температурою, напругою, струмом, зарядкою та «здоров'ям». Блок виводить інформацію на приборну панель про стан акумулятора, показує коли треба заряджати акумулятор, скільки заряду вже є та інше.

На основі отриманої інформації можна додати таку функцію – програмувати саму BMS-плату, щоб в ній була зашита інформація про ємність акумулятора та заміну якоїсь комірки. Зроблено це для того, щоб не можна було замінити одну комірку акумулятора та використовувати авто далі, а замінити сразу всю акумуляторну батарею щоб вона працювала довше та виводила інформацію на приборну панель про стан акумулятора, тобто показувала скільки ємності лишилось у всьому акумуляторі, які окремі комірки більше всього втратили ємності і повідомляло нам що треба скоріше проводити заміну акумуляторної батареї.

3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Для вибору матеріалу електродів розрахованого акумулятора (окислювача та відновника), скористаємося стандартною таблицею електрохімічного ряду напруг, її фрагмент наведений на рис.3.1., у якому відображений потенціал металу у вольтах.

З наведеної на рис. 3.1 таблиці електрохімічного ряду напруг, оберемо у якості матеріалів кальцій та мідь (вибір був зроблений експериментально).

Визначимо потенціал електродів за формулою Нернста:

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}, \quad (3.1)$$

$$E_{Ca} = -2.87 + \frac{8.31 \cdot 298}{2 \cdot 96500} \ln(0.1) = -2.9 \text{ В}$$

$$E_{Cu} = 0.34 + \frac{8.31 \cdot 298}{2 \cdot 96500} \ln(0.1) = 0.34 \text{ В}$$

$$\varepsilon = E_{Cu} - E_{Ca} = 3.21 \text{ В.}$$

Оскільки ємність акумулятора нам задана, та становить 4500 мА/год, розрахуємо вагу матеріалу, необхідного для виготовлення цього акумулятору. Обираймо матеріал електродів за допомогою електрохімічного ряду напруг металів:

Li	Cs	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
-3,04	-3,01	-2,92	-2,90	-2,87	-2,71	-2,36	-1,66	-0,76	-0,44	-0,28	-0,25	-0,14	-0,13	0	+0,34	+0,80	+0,85	+1,28	+1,5
Li ⁺	Cs ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	2H	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺

Рисунок 3.1 – Електрохімічний ряд напруг металів

Анод виготовляємо з Ca, який має атомну масу 40,08 г. Отже, для продукування 1 моль електронів нам необхідно 40,08 г Ca. Значення одного моля визначається через число Авогадро, один моль – кількість речовини, що містить $6,02214 \cdot 10^{23}$ частинок (атомів, молекул, іонів, електронів або будь-яких інших об'єктів). Тому розрахуємо кількість електронів, необхідних для забезпечення вказаної ємності акумулятора.

$$m_{Ca} = 40.08 \text{ – атомна маса Ca}$$

$$q = 1.60217 \cdot 10^{-19} \text{ – Кл заряд електрона}$$

$$M = 6.02214 \cdot 10^{23} \text{ – кількість електронів в 1 моль заряду}$$

$$q_{Ca} = M \cdot q = 9.648 \cdot 10^4 \text{ – заряд у 40.08 г Ca}$$

$$t = 3600 \text{ сек}$$

$$C = 4500 \cdot 10^{-3} \text{ – ємність акумулятора}$$

$$n = \frac{C \cdot t}{q} = 1.011 \cdot 10^{23} \text{ – кількість електронів при такій ємності}$$

Якщо в 40.08 г матеріалу міститься $6.0221 \cdot 10^{23}$ електронів, то в x г матеріалу міститься $1.011 \cdot 10^{23}$ електронів. Отже, для забезпечення необхідної ємності нам потрібно взяти:

$$x = \frac{1.011 \cdot 10^{23} \cdot 40.08}{6.02214 \cdot 10^{23}} = 6.729$$

До цієї маси додаємо щонайменше аналогічну вагу катода. Отже, приблизна вага одної комірки такого акумулятору без електроліту складає 13.457 г.

Результат розрахунку є досить приблизним, та в ньому не враховується безліч супутніх факторів що застосовуються при проектування хімічних елементів живлення

В залежності від ємності акумуляторної батареї, кількість комірок може бути від 6тис. до 12тис. штук. Також необхідно врахувати вагу електроліту та корпусу.

Як ми бачимо із розрахунків, така вага акумулятору є дуже перспективною та в зимовий час його буде простіше прогріти щоб він не втрачав свою ємність від холоду. Та чим менше вага, тим більше автомобіль може проїхати тому, що йому треба затратити менше енергії.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день електроавтомобілі мають дуже перспективний розвиток у галузі автобудуванні. З кожним роком все більше і більше компаній виходять на ринок з різноманітними рішеннями у цій сфері. Використання електроавтомобілей у повсякденному житті набирає все більшу популярність.

У даній роботі було розглянуто інформаційно-контрольну систему електромобілей. Також було поставлено задачу дослідити інформаційно-контрольну систему та проаналізувати підсумки.

Для реалізації поставленої задачі було обрано інформаційно-контрольну систему BMS-акумулятора електромобіля.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шембель О. М., Білогуров В. А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем. Сучасна спеціальна техніка. Науково-практичний журнал. № 2(17), 2009. с. 66-86.
2. Holze, Rudolf (2005-04). Heinz-Albert Kiehne: Batterien. Journal of Solid State Electrochemistry. Т. 9, № 4. с. 238-238.
3. Шембель, О. М. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем. О. М. Шембель, В. А. Білогуров. Сучасна спеціальна техніка. 2009. № 2(17). с. 66-86.
4. Слюсар, В.І. (2019). Пошук джерел сили. Проблемні аспекти енергетичного менеджменту транспортних платформ – з урахуванням основних трендів та підходів наукових структур НАТО.
5. Glover, Daniel R. (Editor: Andrew J. Butrica) «SP-4217 Beyond The Ionosphere: Fifty Years of Satellite Communication, Chapter 6: NASA Experimental Communications Satellites, 1958-1995.»
6. Lead-acid battery [Електронний ресурс]; режим доступу (https://en.wikipedia.org/wiki/Lead-acid_battery).
7. Акумуляторні батареї, види акумуляторних батарей [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://www.ecosvit.net/ua/akumulyatorni-batarei-akumulyatori-lipo>)
8. Електричний акумулятор [Електронний ресурс]; режим доступу (https://uk.wikipedia.org/wiki/Електричний_акумулятор).
9. Акумуляторні батареї. Вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї [Текст] / Упоряд. Л. С. Іванов, В. В. Гайдамака – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 4 с.