

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра _____ Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

_____ другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

_____ Аналіз та оцінка основних напрямів розвитку систем живлення
_____ електромобілів

(тема)

Виконав:
студент _2_ курсу, групи _____ ЕППм 18-1
_____ Шевченко Д.С.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма «Електронні прилади та пристрої»
(повна назва освітньої програми)

Керівник Зав.кафедрой Бондаренко І.М. _____
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____ Бондаренко І.М. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 «Електроніка»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма «Електронні пристрої та прилади»
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Шевченко Димитрію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз та оцінка основних напрямів розвитку систем живлення електромобілів

затверджена наказом по університету від 04. 11. 2019 р. № 1635СТ

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи Провести аналіз та оцінку основних напрямів розвитку систем живлення електромобілів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1.Огляд історії розвитку автономних електротранспортних засобів.

2.Технічні та експлуатаційні характеристики сучасних електромобілів.

3.Особливості побудови автономних систем живлення електромобілів.

4.Основні напрямки розвитку та удосконалення автономних систем живлення електромобілів.

5.Проблеми, які стримують широке поширення автономних електротранспортних засобів.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Інформаційно-тематичний пошук та огляд літературних джерел	04.11.19	Виконано
2	Дослідження		Виконано
3	Виконання чисельних розрахунків		Виконано
4	Аналіз розрахунків та параметрів		Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки		Виконано
6	Оформлення графічних та демонстраційних матеріалів		Виконано
7	Проходження нормоконтролю і отримання рецензії		Виконано
8	Підготовка та захист атестаційної роботи		Виконано

Дата видачі завдання 03 листопада 2019 р.

Студент _____
(підпис)

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи магістра містить 78 с., 6 рис., 5 табл., 17 джерел.

АВТОМОБІЛЬ, АКУМУЛЯТОР, БАТАРЕЯ, ВИКИДИ, ЕНЕРГІЯ, КОНТРОЛЕР, МЕТОД, ТОПЛИВО, ШВИДКІСТЬ.

Об'єкт дослідження – системи живлення електромобілів

Мета роботи - розробка проекту електромобіля придатного для реалізації без значних витрат на організацію виробництва, створення інфраструктури, будівництва виробничих потужностей.

Метод досліджень – теоретичне моделювання і прогнозування розвитку електромобіля.

Проведено аналіз структури електромобіля, аналіз існуючих систем управління електродвигуном електромобіля, розроблені функціональна і принципова електричні схеми системи управління електродвигуном, алгоритм її роботи, зроблено вибір елементів електричної принципової схеми. Вивчено питання вибору тягових акумуляторів. Запропоновано спосіб опалення салону в холодну пору року.

Також зроблено розрахунок витрат на розробку і створення інноваційного проекту, розглянуті питання екологічності та безпеки.

ABSTRACT

Explanatory note of the certification work of the master contains 78 p., 6 fig., 5 table, 17 sources.

CAR, BATTERY, EMISSIONS, ENERGY, CONTROLLER, METHOD, FUEL, SPEED.

The object of research – power systems of electric vehicles

The purpose of the work is to develop a project of an electric vehicle suitable for implementation without significant costs for the organization of production, infrastructure, construction of production facilities.

The research method is theoretical modeling and forecasting of electric vehicle development.

The analysis of the structure of the electric vehicle, analysis of existing systems, motor control of the electric vehicle, developed a functional and schematic diagram of the system of motor control, the algorithm of its operation, selection of items electric concept. The question of the choice of traction batteries is studied. A method of heating the cabin in the cold season.

Also, the calculation of costs for the development and creation of an innovative project was made, the issues of environmental friendliness and safety were considered.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	10
1.1 Історична довідка про виникнення електромобіля	10
1.2 Історія розвитку електромобіля в СРСР	12
2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ НАЗЕМНОГО АВТОТРАНСПОРТУ	21
2.1 Способи удосконалення систем живлення.....	26
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	27
3.1 Пристрій електромобіля.....	27
3.2 Схеми електромобіля.....	32
3.2.1 Електропостачання електромобіля	32
3.2.2 Силові обладнання	38
4 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА	42
5 РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ	47
6 ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ	55
7 ЖИВЛЕННЯ БОРТОВОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ	65
8 ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ОПАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	67
8.1 Способи опалення салону електромобіля	67
8.2 Способи опалення салону електромобіля	68
8.3 Підбір обігрівача салону	72
ВИСНОВКИ.....	74

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	75
Додаток А.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГВЧ - генератор високої частоти

ДТ - датчик тиску

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина

ККД - коефіцієнт корисної дії

МН - механічний насос

П - пастка

РВГ - регулятор витрати газів

Li-ion - Lithium-ion battery

ВСТУП

З кожним роком стає все більш очевидним, що необхідність охорони навколишнього середовища сильно впливає на розвиток автомобільної промисловості. Світовий парк автомобілів щорічно збільшується на 5 - 8%

У цих умовах актуальним є завдання усунення шкоди сучасних автомобілів. Зростаючий рівень забруднення повітря великих міст дуже гостро поставив питання про розробку комплексу заходів щодо зменшення вмісту токсичних речовин в атмосфері.

За документами опублікованими в США, забруднення повітря у великих містах визначається наступними факторами (загальний рівень забруднення прийнятий за 100%):

- автомобілі 60%
- промисловість 19%
- електростанції 12%
- побутові установки 6%
- спалювання сміття 3%.

З цього випливає, що основна частина викидів токсичних речовин в атмосферу припадає на автомобільний транспорт [1.50]. Це обумовлює пред'явлення до автомобільної промисловості вимог для зниження рівня виділення токсичних речовин при роботі автомобіля. Вирішення цієї проблеми іде за двома напрямками:

Перший: передбачає застосування нейтралізаторів і фільтрів в системах викиду газу, причому силові установки автомобіля майже не змінюються. Однак до цього часу не вдалося створити прості, дешеві, довговічні і ефективно діючі системи, що забезпечують очищення відпрацьованих газів від всіх шкідливих компонентів. Існує думка що створити нешкідливий двигун, який би відповідав зазначеним вище вимогам, навряд чи вдасться. Тому все частіше в різних країнах обговорюється питання про можливість заборони або

часткового обмеження використання автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння в містах та окремих районах. Додатковий шкоди сучасні автомобілі створюють своїм шумом. З кожним роком, у міру зростання парку автомобілів, проблема зниження шуму, створюваного ними, набуває все більш гострий характер.

Другий напрямок полягає в розробці практично нетоксичних транспортних засобів. До таких засобів відносяться електромобілі, у яких немає ДВС, і які до того ж дозволяють знизити шкідливий вплив транспортного шуму до мінімуму.

Аналіз робіт зі створення електромобілів починаючи з його зародження до сьогоднішніх днів показує, що можливо виділити шість періодів розвитку електромобілів:[1]

- перший - зародження (1837-1895 рр.),
- другий - інтенсивний розвиток і конкуренція (1896-1930 рр.),
- третій - локальне використання (1931 - 1960 рр.),
- четвертий - широке проведення дослідно-конструкторських робіт і випуск великої кількості дослідних зразків і малих серій електромобілів (1961- 1982 рр.),
- п'ятий - спад робіт, невдачі викликані недосконалістю джерел енергії (1982-2000 рр.),
- шостий - активізація діяльності в області електромобілебудування в зв'язку з ускладненням екологічної обстановки. З'явилися нові типи джерел струму. Усвідомлення неменучості кризи з видобутком вуглеводнів після 2030 року.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Історична довідка про виникнення електромобіля

На межі століть (19-20) інтерес до електромобілів був настільки великий, що часом їх виробництво і збут перевищували такі ж показники в області автомобілебудування. Електромобілі привертали до себе увагу безшумністю, простотою управління і відсутністю вихлопних газів. Невеликий запас ходу, необхідність підзарядок акумуляторів або повної заміни важких батарей тоді мало бентежили покупців. В основному це були представники аристократії, і електромобіль в їх очах був чистенькою і зручною іграшкою - на відміну від пропахлих бензином і маслом, чадних і галасливих бензинових екіпажів. До кінця 19 століття кількість електромобілів перевищувала кількість чадних побратимів в рази. У той час швидкість і дальність пробігу авто були не такі істотні як зручність і простота обслуговування і догляду, тиша і комфорт поїздки.

В багатьох країнах Європи і Америки число фірм, які виробляли електромобілі, обчислювалася десятками. Електромобілями займалися як окремі відомі винахідники - такі, як, наприклад, російський інженер Іполит Романов, - так і великі фірми: французька "Жанго", англійська "Берсе", австрійська "Лорнер" та інші. Найбільш популярні електромобілі були в Америці.[2]

Перші електромобілі були зібрані в 1830-40-х роках. Прийнято вважати першопрохідцями в цій справі англійців Роберта Андерсона, Роберта Девідсона і американця Томаса Девенпорта.

Відомо, що англієць Девідсон в 1838 році зібрав перший електромобіль всього через шість років після відкриття Фарадеєм електромагнітних індукції. Перші екземпляри були незграбні споруди зі швидкістю менше швидкості пішохода. Швидкості росли досить швидкими темпами. У 1895 році був

встановлений рекорд швидкості 63,15 км / год. А в 1899 році був подоланий і 100 кілометровий кордон. Рекорд встановлений бельгійцем Камілем Женатци у французькому місті Ашер (близько Парижа) на електромобілі "La J'amaïs Contente". Машина мала обтічний корпус зі сплаву алюмінію і вольфраму. Корпус був схожий на торпеду (ракету), встановлену на шасі. Вага була близько тонни і швидкість досягла 105,88 км / год.

Винахідник Уолтер Бейкер (1868-1955) вважався засновником електромобільного бізнесу в Америці і взагалі піонером американської моторизації. Перше дітище Бейкера за своїм зовнішнім виглядом майже нічим не відрізнялося від автомобілів Генрі Форда, Олде або Паккарда тих років. Це був легкий і високий 2-місцевий візок на 4-х велосипедних колесах з загнутим вгору передком і рульовим важелем. Через наявність акумуляторів електромобіль вийшов занадто важким, і Бейкер оснастив його м'якою підвіскою на еліптичних ресорах. Новинками тих років були електричні фари і електричний гудок. Акумуляторна батарея дозволяла їздити 6-8 годин без підзарядки.

У 1901 році цей електромобіль був модернізований. Він став виглядати солідніше - отримав тент, кермо і був оснащений подвійним сидінням зі спинкою і підлокітниками. Акумулятори розміщувалися під сидінням, і електромотор в 0,75 кінських сил приводив в рух задню вісь за допомогою ланцюгової передачі. Машина розвивала швидкість 30 км / год і на одній зарядці могла проїхати 80 км.

У 20-му столітті електромобілі поступилися місцем автомобілю. Головною причиною були акумулятори, їх недосконалість. Через них запас ходу був не великий, а виробництво автомобілів розширювалося, вони ставали все комфортнішими, дешевшими завдяки чому і були більш поширеними.

У нас час завдяки досягненням науки і техніки електротранспорт знаходить застосування.

Перевагами електромобілів є :

- екологічна чистота електродвигуна;

- довговічність електродвигуна;
- безшумність;
- рух в пробках без викиду вихлопних газів;
- високий ККД електродвигунів (90-95%);
- регенеративне використання енергії при гальмуванні.

Але є і недоліки:

- обмежень пробіг і запас енергії на борту електромобіля;
- низька питома енергоємність акумуляторів і велика, вага батареї;
- необхідність розвитку енергетики на неуглеводородних видах палива;
- розширення виробництва акумуляторів на інших матеріалах, ніж свинець, утилізація акумуляторів;
- електромобілі дороги, часто дорожче автомобілів;
- підвищена витрата електроенергії при розгонах, негативний вплив великих струмів на термін служби акумуляторів;
- не вирішена проблема опалення салону взимку і кондиціонування влітку;
- створення інфраструктури зарядки електромобілів;

Незважаючи на істотні недоліки, є хороші прогнози на масове використання електротранспорту в близькому майбутньому.

Багато держав підтримують виробництво електромобілів, існують державні програми з підтримки електротранспорту. Зростає екологічне самосвідомість населення. Любителі-ентузіасти вже зараз мають можливість придбати необхідне обладнання для побудови електромобілів або конвертувати серійні автомобілі в електромобілі. Прихильники електромобіля з упевненістю дивляться в майбутнє.

1.2 Історія розвитку електромобіля в СРСР

Використання електричної енергії для самохідних екіпажів в Росії почалося на рубежі XIX і XX ст. Що жив у Франції російський винахідник-електротехнік Павло Миколайович Яблочков (1847-1894) займався розробкою електродвигуна для екіпажу та на одну з висунутих ідей електромобіля навіть отримав авторський документ - привілей. Багато інженерів, конструювати в ті роки електромобілі, в своїх пошуках йшли на дотик, шляхом експериментів. Відомий теоретик в області електротехніки Володимир Миколайович Чиколев (1845-1898) розробив в 1879 р теорію регулювання швидкості руху електричних екіпажів за допомогою контролерів і створив конструкцію для пуску електродвигунів. Але найбільших успіхів досяг Іполит Володимирович Романов.

Петербурзьким винахідником були спроектовані чотири моделі електромобілів: двомісна, чотиримісна коляски, а також 17-місцевий і 24-місцевий омнібуси. Двомісний кеб і 17-місцевий омнібус побудовані за його проектом в 1899 р

Мала модель слідувала по конструкції наміченої тоді оригінальній компоновочній схемі: передні колеса великого діаметра - провідні, передача ланцюгами від двох не зв'язаних один з іншим електродвигунів, під підлогою екіпажу - силова установка. Для управління машиною служили поворотні задні колеса меншим діаметром, ніж передні. Для уповільнення і зупинки екіпажу служили електричний рекупераційних і механічний гальма. Регулює швидкість руху в діапазоні від 1,5 до 35 км / год здійснювалося дев'ятиступеневим контролером.

Акумулятори конструкції Романова мали більш тонкі пластини, ніж більшість тодішніх батарей, і розташовувалися не вертикально, а горизонтально. Маса решіток, які становлять основу цих пластин, дорівнювала 30% від загальної маси, в той час як у акумуляторів інших конструкцій цей показник досягав 66%.

Електродвигун власної конструкції, легкий і швидкохідний, розвивав потужність 4,4 кВт, еквівалентну 6 к.с., при 1800 об / хв. І нарешті, легка рама

з труб, раціональна конструкція ходової частини і кузова дозволили довести масу двомісного електромобіля до 720 кг, причому з них 350 кг доводилося на акумулятори. Тут слід зазначити, що у одного найбільш досконалого електромобіля тих років французького "Жанто" маса становить 1440 кг, в тому числі 410 кг доводилося на акумулятори.

Перша світова війна і Революційні події в Росії на початку 20 століття надовго призупинила розвиток електротранспорту в Росії. В такому стані стан справ з електротранспортом дістався Радянській Росії.

Однак, як тільки стан в країні стабілізувався, економіка встала на ноги, згадали про майже забутий транспорт. У ці роки і в нашій країні почали проводитися роботи по створенню експериментальних зразків електромобілів. У 1935 році на базі автомобіля ГАЗ- А був побудований перший радянський електромобіль. У той же період в лабораторії електричної тяги Московського енергетичного інституту (МЕІ) під керівництвом професора В.Резенфорда і інженера Ю.Галкіна був створений двотонний електромобіль на базі автомобіля ЗІС-5. Це акумуляторний сміттєвоз на переробленому шасі ЗІС-5.

Позаду кабіни на вантажній платформі розміщувалися в дерев'яних ящиках 40 акумуляторів сумарною місткістю 168 А-ч і загальною масою 1400 кг. Батарея живила енергією розміщений під кабіною водія електродвигун з послідовним збудженням. Він розвивав потужність 13 кВт при 930 об / хв. Для регулювання швидкості руху служив керований педаллю контролер, який забезпечував сім режимів. У спорядженому стані електромобіль ЛЕТ, побудований в 1935 р, мав масу близько 4200 кг. Міг перевозити два контейнери зі сміттям масою 1800 кг. Найбільша швидкість машини - 24 км / год. Тоді ж був створений перший радянський електробус на базі тролейбуса СВАРЗЛК (Лазар Каганович) місткістю до 80 чоловік.

Також інтерес представляє чотиримісний легковий електромобіль, побудований в 1935 р в Києві групою фахівців автовідділу республіканського Главдортранса. Машина мала алюмінієві трубчасту раму і кузов. Всі колеса були підвішені незалежно на пневмо балонах (новинка для середини 30-х рр.).

Джерелом енергії служили сім акумуляторних батарей загальною ємністю 112 А-ч, які живили два електромотора потужністю 3 кВт кожен. Ці двигуни приводили кожен по одному колесі і дозволяли відмовитися від диференціала

Основу машини "НПГТ- Аремз" становило шасі тролейбуса ЯТБ-2. При вантажопідйомності 6000 кг вона мала споряджену масу 6700 кг і розвивала швидкість 55 км / год. Основні розміри: довжина-8700 мм, ширина - 2500 мм, колісна база - 5200 мм. Кілька таких троллейкаров експлуатувалися в період 1940- 1948 рр. на столичних вулицях.[3]

У 1941 році на вулицях Москви з'явилися перші вантажні троллейбуси-троллейвози. Розбиті від бомбардувань і перероблені пасажирські троллейбуси. Троллейвози, на відміну від пасажирського тролейбуса, повинен мати певний рівень автономності - здатність від'їхати від контактної мережі як мінімум на кілька кілометрів. Саме таким став з'явився в 1960 році перший вітчизняний троллейвози промислового виготовлення СВАРЗ ТГ1. Джерелом енергії для автономного ходу служила потужна акумуляторна батарея, яка автоматично заряджалась при роботі під контактною мережею.

Дуже оригінальною, повної технологічних нововведень була одна з перших післявоєнних моделей автобусів - ЗІС-154, що випускався з 1947 по 1950 рік. Корпус без звичного пасажирам капота, незвичайної для тих часів форми, великий салон (34 сидіння). Його кузов виконувався не з дерева, і навіть не з жерсті, а з алюмінію - що було для тих часів справжньою сенсацією. Крім того, він оснащувався дизель-електричною силовою установкою (110 к.с.), яка забезпечувала високу плавність ходу.

У 1957 р в НАМИ були розроблені нові зразки електромобілів тієї ж вантажопідйомності. В цей же період був створений перший радянський електробус на базі тролейбуса СВАРЗ місткістю 70-80 чол.

Однак, як це не парадоксально, в наступні роки транспортні засоби з тяговим електричним приводом в черговий раз не витримали конкуренції з машинами, що використовують ДВС.

Конструктивно схема електричного приводу більш досконала і в цілому простіша, ніж схема традиційного механічного приводу з ДВС, разом з тим найбільш важкі проблеми, які потребують негайного вирішення в даний час, зосереджені в області розробки джерел електричної енергії для електромобілів.

У 70-ті роки силами різних організацій проводилося багато експериментів в області електромобілів. У центрі уваги були батареї і системи управління, які сприяли більш економного витрачання енергії. До експериментів підключився досить широке коло організацій. У їх числі НДІ автомобільного транспорту (НИИАТ), Всесоюзний НДІ електромеханіки (ВНПЕМ), Всесоюзний НДІ електротранспорту (ВНПЕТО), а також автомобільні заводи ВАЗ, ЕрАЗ, РАФ і УАЗ. Дорожні випробування партії електромобілів НИИАТ - А.925.01 з системою харчування на постійному струмі проходили в 1975 році в Подільському. Роком раніше п'ять електромобілів У-131 на базі УАЗ-451 ДМ надійшли в дослідну експлуатацію на автокомбінат № 34 в Москві. Ці машини - результат спільних зусиль НДІ

Главмосавтотранса і ВНПЕМ Мінелектротехпромом. Вони працювали на змінному струмі з асинхронними двигунами.

У період з 1980-1985 роки було випущено 100 електромобілів УАЗ-3801. Корисна вантажопідйомність до 650 кг. Маса акумуляторів 680кг. Повна маса 2750кг. Однієї зарядки вистачало на 48-50 км пробігу, а бортовий зарядний пристрій всього за годину заряджало АКБ майже на 70%. Після установки системи рекуперації (при гальмуванні заряджалась батарея) пробіг зріс до 70- 75км. для зими встановили бензиновий опалювач від «Запорожця».

Першим легковим електромобілем в СРСР був український. У 1973 р в Запорізькому ЗМІ під керівництвом асистента кафедри електричних машин В. Б. Павлова, на базі ЗАЗ-968 був створений дослідний ЕМ. Ця машина вже тоді мала новинку: імпульсний напівпровідниковий перетворювач. У 1974

році цей ЕМ на ВД НХ СРСР отримав бронзову медаль, а електроніка його управління-срібну!

У 1976 році на Єлгавському автозаводі виготовлено партію мікроелектробусів РАФ-2203. Ці електромобілі забезпечені двигунами потужністю 23 кВт, вміщають дев'ять осіб (включаючи водія) і розвивають до 60 км / год. Акумуляторні батареї (їх загальна маса 630 кг) забезпечують запас ходу близько 70 кілометрів. Пізніше під час олімпіади 1980 року в Москві деякі суддівські автомобілі були перероблені в електромобілі оснащені сонячною панеллю. Також проводились роботи з моделлю РАФ-2210 в якості електромобіля. У 1982 році 3 таких машини поставлені в Москву в якості таксі.

Першим легковим електромобілем в СРСР був український. У 1973 р в Запорізькому ЗМІ під керівництвом асистента кафедри електричних машин В. Б. Павлова, на базі ЗАЗ-968 був створений дослідний ЕМ. Ця машина вже тоді мала новинку: імпульсний напівпровідниковий перетворювач. У 1974 році цей ЕМ на ВДНГ СРСР отримав бронзову медаль, а електроніка його управління-срібну!

Що стосується ВАЗа, то його досліді охоплювали як конвертований в електромобіль серійний ВАЗ-2102 грузоподємність 0,2 тонни, так і абсолютно нову машину ВАЗ-1801. Випробовувалися вантажні ВАЗ-2301 і ВАЗ-2313

У 1979-80 роках АвтоВаз працював над електромобілем ВАЗ-2802 у вантажному варіанті. З метою полегшення ваги кабінку зробили одномісній, раму і навісні деталі з алюмінію. Зварювання вели методом точкового зварювання. Дизайн Олександра Дегтярьова. Вага машини 1140 кг, корисний вантаж 500 кг. Було виготовлено два примірника для випробування компоновальних рішень.[4-6]

Наступну модель ВАЗ-2702 (з 1982 року) робили також з алюмінію АЛ1915 Самарського металургійного заводу. Але рама електромобіля тепер була зроблена хребтовою конструкцією. Раму виготовили в ТолПІ. Автором дізайта став Геннадія Граборов. 120В АКБ розмісили в двох відсіках в

середній частині машини, в контейнерах. Був передбачений і автономний обігрівач - той же п'ятилітровий побутової балон, що і на ВАЗ 2802-01. Цей електромобіль був першим вітчизняним, які пройшли краш-тест. Електромобіль був практично доведений до стадії промислового зразка, але тут почалися складні "перебудовні" роки.

На багато років роботи з електромобілем припинилися. В середині 90-х років невеликими партіями випускалася конвертована "ОКА" ВАЗ-1111Е. Але комплектування застарілим електродвигуном ПТ-125 і застарілими батареями НЦ призвело до припинення виробництва.

У ВАЗ-1111Е (2 + 2 чол., Багажник місткістю 90 дм³) запас ходу при швидкості 40 км / год - 130 км, в міському режимі - 100 км; максимальна швидкість - 90 км / год; час розгону до швидкості 30 км / год - 4 с, а до 60 км / год - 14 с; максимальний може здолати підйом - 30.

Існувала версія ВАЗ-2109Е. Характеристики були не погані.

ВАЗ-2131Е - електрифікований варіант п'ятидверного автомобіля ВАЗ-2131. Призначений він для часткової заміни міських малотоннажних автомобілів-фургонів, що виконують регулярні дрібнооптові перевезення по постійними маршрутами невеликої довжини. Його вантажопідйомність - 2 чол. +400 кг вантажу; максимальна швидкість - 80 км / год; час розгону до швидкості 30 км / год - 6с, до 60км / год - 20с.

Інші заводи також будували досвідчені електромобілі. Так, ЕрАЗ-3731 (1973 г.) вантажопідйомністю 0,9 тонни важив в спорядженому стані 1925 кілограмі мав запас ходу в 75 кілометрів. Два інституту - ВНПЕТО і ВНПЕМ - теж виготовили досвідчені електромобілі, в тому числі один - з гібридною силовою установкою (електромотор і бензиновий двигун). Всі дослідження цих НДІ та інших організацій не вирішили кардинальної проблеми - створення більш легкого і ємного, ніж свинцево-кислотний, акумулятора.

В середині 1990-х років АЗЛК на базі автомобіля АЗЛК-2141 розробив електромобіль "Москвич-2141Е1" з такими технічними даними: ємність акумуляторів - 125 А · ч, напруга джерела струму - 108 В, номінальна

потужність тягового електродвигуна - 19 кВт, пікова - 30 кВт, час розгону до швидкості 60 км / год - 14,4 с, максимальна швидкість - 110 км / год, запас ходу при швидкості 50 км / год і одним пасажиром - 100 км, при тій же швидкості, але з повним навантаженням - 80 км. Економічні витрати на 100 км пробігу, за твердженням розробників, виявилися в 10 разів менше, ніж у аналога з ДВС.

На Міжнародному автотранспортному форумі, Москва, 9 - 12 сентября 2008 г. "Група ГАЗ" представила міський автобус ЛіАЗ 5292 з гібридним приводом. Автобус ЛіАЗ 5292 - результат спільної роботи концерну «Руселпром» і Лікінський автобусного заводу. Розробка комплексу тягового електрообладнання до автобусу велася ТОВ «РУСЕЛПРОМЕлектропривод». Це перший російський автобус з гібридним приводом, аналогів якого немає ні у одного вітчизняного виробника. Автобус ЛіАЗ 5292 призначений для роботи в містах-мегаполісах. Автобус комплектується дизельним двигуном Cummins екологічного стандарту Євро-4 максимальною потужністю 136 кВт, асинхронним мотор-генератором такої ж потужності. Буферний накопичувач на основі суперконденсатора ємністю 21 Ф забезпечує пікові споживання потужності тягового приводу, і дозволяє рекупериувати кінетичну енергію при гальмуванні автобуса. Місткість автобуса 100 чоловік.

Електромобіль перспективний вид транспорту і на даний момент є майже єдиним рішенням проблеми забруднення атмосфери. Тому в даний час багато автовиробники витрачають багато сил на рішення конструктивних проблем електромобіля.[7-9]

Тому ведуться роботи над створенням акумуляторних батарей з малим часом зарядки (близько 15 хвилин), в тому числі і з застосуванням наноматеріалів.

Розглядається також можливість використання в якості джерел струму не акумуляторів, а іоністрів (суперконденсаторів), що мають дуже малий час зарядки, високу енергоефективність (більше 95%) і набагато більший ресурс циклів зарядка-розрядка (до декількох сотень тисяч). Дослідні зразки

іоністорів на графені мають питому енергоємність 32 Вт · год / кг, порівнянну з такою для свинцево-кислотних акумуляторів (30-40 Вт · год / кг)

Розробляються електричні автобуси на повітряно-цинкових акумуляторах Toyota працює над створенням нового покоління гібридних автомобілів Prius (повний гібрид, plug-in гібрид, PHEV). У новій версії водій за бажанням може включати режим електромобіля, і проїхати на акумуляторах приблизно 15 км. Подібні ж моделі розробляє Ford - модель Mercury Mariner - пробіг в режимі електромобіля 40 км, і Citroen - модель C-Metisse - пробіг в режимі електромобіля 30 км і інші. Toyota вивчає можливість встановлення пристроїв для зарядки акумуляторів гібридів на бензозаправних станціях.

Пошта Японії, починаючи з 2010 року, планує придбати 21000 електромобілів для доставки поштових відправлень на коротку відстань.

За прогнозами PriceWaterhouseCoopers до 2015 року світове виробництво електромобілів виросло до 500 тисяч штук в год.

У 2017 році кількість повністю електричних і гібридних автомобілів на світових дорогах перевищила позначку в 3 млн на тлі того, як виробники нарощують свої плани по масовому виробництву автомобілів на батарейках, повідомляють аналітики EV-Volumes.

Вони відзначають, що швидке зростання продажів електрокарів стимулюється заохоченням держав, зниженням вартості батарей, і тим, що виробники запускають моделі для більш широкого кола водіїв.

Південнокорейська автомобілебудівна компанія Hyundai Motor має намір в 2020-2025 рр. вкласти 61,1 трлн вон (\$ 52 млрд) у розвиток виробництва електромобілів (EV). Про це передають «Весті.Економіка» з посиланням на «Прайм».[8-11]

Мета нової програми - представити 2030 році як можна більше електромобілів на ключових ринках в Південній Кореї, США, Китаї та Європі, а до 2035 року - налагодити їх поставки в Індію та Бразилію. До 2025 р Hyundai має намір продавати 670 тис. Електромобілів на рік.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ НАЗЕМНОГО АВТОТРАНСПОРТУ

Для аналізу систем заряду акумуляторних батарей (АБ) наземного автотранспорту була проведена виборка серед найбільших виробників електричних автомобілів, що мають багаторічний досвід роботи в даній сфері - Tesla, Nissan, Renault і Ford. Ці компанії досліджують перспективні напрямки розвитку і володіють інноваційними технологіями для розвитку автомобільної промисловості в майбутньому.

Основним критерієм відбору моделей автомобілів було прийнято використання АБ в якості основного джерела енергії. Розглянуто електромобілі, що відповідають даним критерієм, виконаний аналіз технічних характеристик і особливостей функціонування систем заряду.

Електромобілі з кращими характеристиками наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Електромобілі з найкращими характеристиками

Назва моделі	Запас ходу, км.	Ємність батареї кВт · год	Максимальна швидкість км/год	Потужність двигуна л.с
Tesla Model S	502	85	200	362
Nissan Leaf	135	24	140	107
Renault KANGOO ZE	170	22	130	60
Ford Focus Electric	130	23	136	143

Електромобіль Tesla Model S впевнено займає частку ринку в преміум сегменті. Його ергономічний і агресивний дизайн, а також концепція екологічності дозволяє конкурувати зі своїми основними суперниками.

Відмінною особливістю електромобіля Tesla Model S є порівняно велика ємність АБ, завдяки якій електромобіль має максимальний запас ходу. Це є

конкурентною перевагою, тому що основними недоліками електромобілів є їх великий час зарядки і малий запас ходу.

Зарядити автомобіль Tesla Model S можна п'ятьма способами [14]:

- за допомогою стандартного зарядного пристрою Mobile Connector стаціонарно розміщеного в гаражі;
- з використанням спеціального адаптера для Mobile Connector, підключеного до розетки стандарту NEMA 14-50;
- за допомогою додаткового, більш потужного зарядного пристрою High Power Wall Connector, також розміщеного в гаражі;
- з використанням High Power Wall Connector, а також додаткової технологією Twin Chargers;
- за допомогою системи підзарядки Supercharger на станціях технічного обслуговування. Час зарядки електромобіля Tesla Model S в залежності від використовуваного способу представлено в таблиці

2.2

Таблиця 2.2 – Час зарядки в залежності від способу зарядки

Спосіб (пристрій)	час
Mobile Connector	29 год
Mobile Connector з використанням спеціального адаптера, розетки стандарту NEMA 14-50	9 год
High Power Wall Connector	9 год
High Power Wall Connector + Twin Chargers	4,5 год
Tesla Superchargers	1,5 год

Стандартний мобільний зарядний пристрій Mobile Connector призначене для підзарядки електромобіля Tesla. Пристрій може підключатися до мережі

змінного струму напругою від 85 до 265 В, частотою 45-65 Гц. Струм заряду 1-40 А. Пристрій розрахований на максимальну потужність 10 кВт. Характеристики зарядного пристрою дозволяють працювати з різними напругами, струмами і частотами, тому можливі варіанти підзарядки, як на спеціальних станціях, так і в умовах електрифікованого гаража [14].

Стаціонарний пристрій для зарядки Wall connector встановлюється на постійному місці. Коштує він 1200 \$. Може бути встановлено на вулиці.. Процес включення зарядки в цьому випадку спрощений, штекер знімається зі стіни і вставляється в струмоприймач Tesla [14].

Twin Chargers - це спаренне зарядний пристрій. Розташований безпосередньо в автомобілі, дозволяє прискорити час зарядки в два рази. Опція доступна при замовленні автомобіля [14].

Інтерес представляє розробка компанії Tesla у вигляді системи Supercharger. Tesla Super- chargers - це самі передові технології в світі, здатні зарядити батарею Model S в 20 разів швидше, ніж більшість інших громадських зарядних станцій. Потужні (120 кВт·год) Super- charger можуть поповнити половину заряду всього за 20 хвилин. Це можливо завдяки передачі енергії постійного струму безпосередньо до акумулятора в обхід бортового зарядного обладнання. Швидкість зарядки батареї змінюється по нелінійному закону. Зарядка 80% ємності батареї проходить за першу половину всього часу зарядки, інші 20% ємності батареї заряджаються протягом другої половини цього часу. Це відбувається тому, що на завершальному етапі необхідно знизити струм заряду [14].

Компанія Tesla бере активну участь в розвиток інфраструктури зарядних станцій для електромобілей. На даний момент існує 795 зарядних станцій з 5085 зарядними пристроями, які охоплюють Сполучені Штати Америки, Європи, а також Азіатсько-Тихоокеанський регіон [4].

Більшість автомобілів, навіть гібриди, виробляють тонни викидів CO₂ щороку. Електромобіль Nissan Leaf є повністю електричним автомобілем, який не має шкідливих вихлопів. Даний електромобіль не призначений для

тривалих поїздок, проте він зарекомендував себе з кращого боку в умовах мегаполісу. У компанії Nissan розроблено власний додаток для мобільних телекомунікаційних пристроїв, що дозволяють знайти найближчу спеціальну зарядну станцію, а також є можливість відфільтрувати станції, які вже зайняті, або, які мають пристрої зарядки постійним струмом високої потужності.

Для підзарядки батареї Nissan Leaf можна використовувати 2 способи: звичайний спосіб від б- тової розетки і прискорений спосіб за допомогою спеціального високовольтного (480 В) зарядного пристрою від Nissan.[5].

Наступним електромобілем, який потрапив до вибірки, є Renault KANGOO ZE. Дана модель була створена переважно для бізнес-середовища. Кілька видів перегородок вантажного відсіку дозволяють легко перевозити вантажі різних розмірів.

Відмінною особливістю компанії Renault є система «розумної» зарядки «Хамелеон», що дозволяє заряджати автомобіль від розеток будь-яких потужностей.

Використовуючи кабель з стандартного комплекту поставки Renault ZE, можна зарядити Renault KANGOO ZE за 7-10 годин. Для цього необхідно кваліфіковано встановити розетку типу «Green'up™ Access» Legran в гаражі. Підключившись до звичайної побутової розетки 220 В, можна повністю зарядити акумулятор за 10-12 годин [16].

Останньою моделлю аналізу обраний Ford Focus Electric. Електромобіль відрізняється своєю надійністю і практичністю. Компанія Ford воліє використовувати акумулятор з активним рідинним охолодженням і підігрівом, який забезпечує стабільну роботу батареї в широкому діапазоні температур.

Підзарядку електромобіля можливо виконувати на напрузі 120, 240 Вольт, а також за допомогою постійного струму. Модель обладнана зарядним пристроєм потужністю 6,6 кВт, що дозволяє заряджати електромобіль швидше, ніж у основного конкурента Nissan Leaf. Потужність зарядки при використанні постійного струму може доходити до 50 кВт [7].

Для аналізу були обрані електромобілі з найкращими характеристиками в своєму сегменті. Внаслідок того, що моделі електромобілів знаходяться в різних цінових категоріях і призначені для різних завдань, порівняння за абсолютними значеннями показників не може бути об'єктивним. Щоб забезпечити об'єктивність і наочність дослідження була запропонована система узагальнених відносних показників. Для порівняння прийняті наступні основні показники:

- витрата електроенергії на 100 км в [кВт · год];
- вартість 1 кВт · год ємності АБ в тисячах доларах США;
- швидкість заряду АБ в [кВт / год].

Порівняльна характеристика електромобілів за узагальненими показниками зображена на рис. 2.1. високовольтного (480 В) зарядного пристрою від Nissan [5].

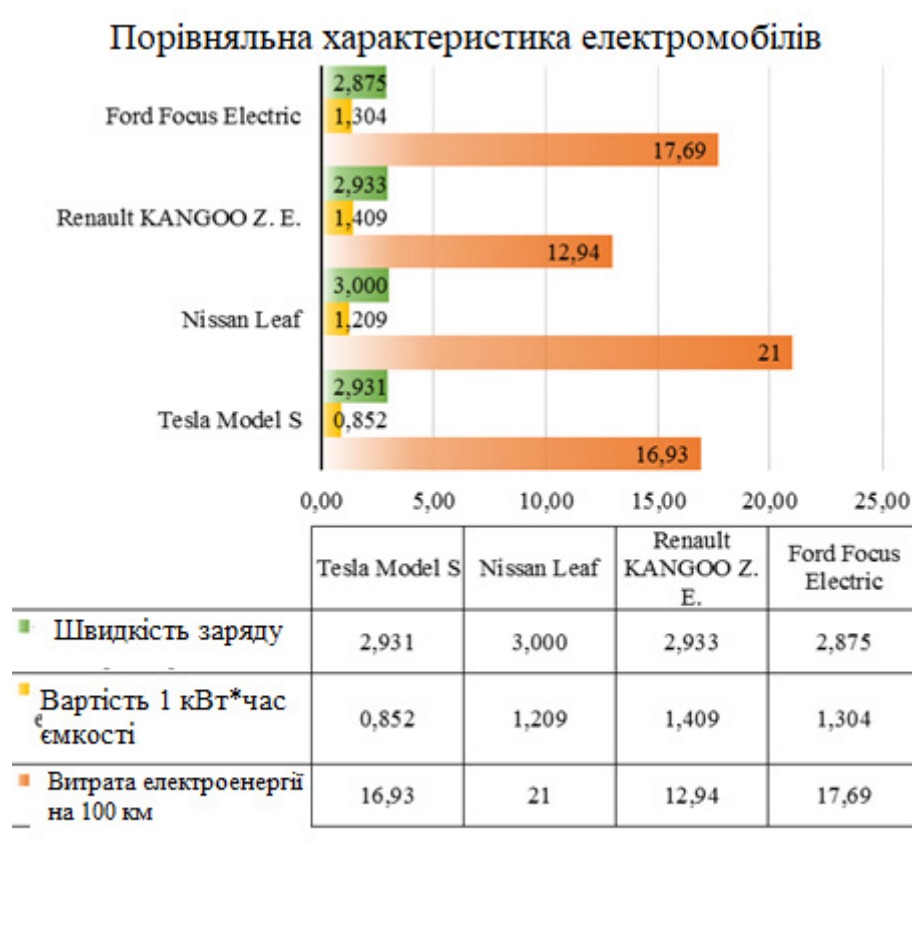


Рисунок 2.1 – Порівняльна характеристика електромобілів

Аналіз діаграми, представленої на рис. 2.1, дозволяє зробити наступні висновки:

- самим економним електромобілем є Renault KANGOO ZE;
- електромобілем з найвищою швидкістю заряду - Nissan Leaf;
- електромобілем з максимальною ємністю АБ - Tesla S 85.

2.1 Способи удосконалення систем живлення

Для удосконалення систем заряду АБ електромобілів пропонується об'єднати технології різних компаній в одну систему. Використання технологій компанії Nissan дозволить домогтися найвищої швидкості зарядки. Застосування конструктивних особливостей АБ компанії Tesla дасть можливість виробляти даний продукт з низькою вартістю, а система розподілу енергії в електромобілі компанії Renault дозволить зменшити витрату електроенергії до низького рівня.

Для того, щоб планомірно впровадити електромобілі в нашій країні, необхідно зробити мережу зарядних станцій. Розвиток інфраструктури надпотужних зарядних станцій в СТО, а також в регіонах України дозволить електромобілям пересуватися на далекі відстані, що збільшить їх привабливість, як сучасного засобу пересування.

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

3.1 Пристрій електромобіля

В даний час ще немає остаточного визначення поняття електромобіль. Іноді електромобілі виділяються по роду приводу, розуміючи при цьому «безрейкові транспортні засоби з автономним електроприводом». Але до цього типу можуть бути віднесені в тому числі і кар'єрні вантажівки. В інших випадках до електромобілів відносять за типом споживаного палива. Тоді сюди можуть бути віднесені і транспортні засоби з двигуном внутрішнього згоряння на борту або паливні елементи працюють на нафтопродуктах. Більш повним можна вважати визначення дане О. А.Ставровим (Ставрів О.А. Електромобілі. М. Транспорт, 1968, 102 с.): «Під терміном електромобіль мається на увазі автомобіль, у якого для приводу ведучих коліс використовується електрична енергія, що отримується від хімічного джерела струму ».

- автономність електроустановки і самого електромобіля
- використання в якості першоджерела енергії хімічного джерела струму.

Таким чином визначимо електромобіль: Електромобіль – це безрейковий транспортний засіб з автономним хімічним джерелом струму (напруги) використовуваним а як джерело енергії для руху.

Особливості конструкції електромобіля обумовлені наступними проблемами:

- забезпечення балансу маси електромобіля при відносно великій масі джерел енергії у вигляді тягової акумуляторної батареї;
- просторовим розміщенням тягової акумуляторної батареї значного обсягу, що забезпечує прийнятні показники конструкції електромобіля, при достатньому зручності в експлуатації;

– опалення салону. Ця проблема останнім часом не привертає увагу широкого кола фахівців. Однак для зимових умов нашої країни при загальному дефіциті енергії на електромобілі вона виявляється дуже істотною. Для забезпечення прийнятних умов в кабіні водія і для досить швидкого розморожування вітрового скла необхідна потужність порядку 3-6 кВт, яка порівнянна з потужністю, потрібної для руху електромобіля. Але це є проблемою на перших порах. Розробляються системи накопичення енергії з високими питомими показниками накопичується енергії, що усуне питання опалення кабіни як енергетичну проблему.[1]

Інші особливості конструкції електромобіля визначаються специфічними можливостями електричних тягових систем, які полягають у наступному:

- високі регульовальні якості електродвигунів в принципі дозволяють отримати необхідні межі зміни швидкості руху без перемикання передач;
- малі габарити і маси вузлів електроприводу значно розширюють можливості компонування приводу ведучих коліс;
- поліпшені гальмівні властивості електричних тягових систем дозволяють спростити механічні гальмівні системи.

Крім того внутрішньоміське використання сучасних електромобілів з обмеженою максимальною швидкістю при порівняно високій якості доріг дозволяє знизити вимоги по ряду конструктивних характеристик вузлів і агрегатів, що створює передумови для певного спрощення їх в порівнянні зі звичайними автомобільним.

Головні показники за якими електромобіль виграє перед простим автомобілем:

-експлуатаційні витрати у електромобіля нижче, ніж у автомобіля з ДВС. Наприклад, невеликий ав автомобіль з ДВЗ об'ємом 1,2 літра і ручною коробкою перемикання передач на легкому паливі вартість 1 долар проїжджає близько 50 км. Електромобіль при тарифі на електроенергію 12 центів за 1 кВт

· год (для США) проїжджає за 1 долар 120 км. Цей оптимістичний розрахунок наведено в Американських ЗМІ;

- двигун внутрішнього згоряння працює при високих температурах, вібраціях, в хімічно активному середовищі, потребує рідинному охолодженні, має багато рухомих частин. Як наслідок, силовий агрегат електромобіля служить набагато довше, ніж двигун внутрішнього згоряння, сам електромобіль також значно довговічніший, ніж автомобіль з ДВЗ. Акумуляторна батарея- ось єдиний проблемний елемент електромобіля, так як потребує інтенсивного обслуговуванні і заміні кожні 4-5 років.

Вузли і агрегати сучасного електромобіля.

Для більшості сучасних електромобілів кузов, шасі і багато інших механічні вузли і агрегати запозичили від серійних автомобілів з ДВС. Лише деякі моделі з самого початку проектувалися як електромобілі, наприклад, GM EV1 або Honda EV-plus. Але ті й інші мають приблизно однаковий склад основних функціональних і допоміжних компонентів, показаних на рисунку 3.1.

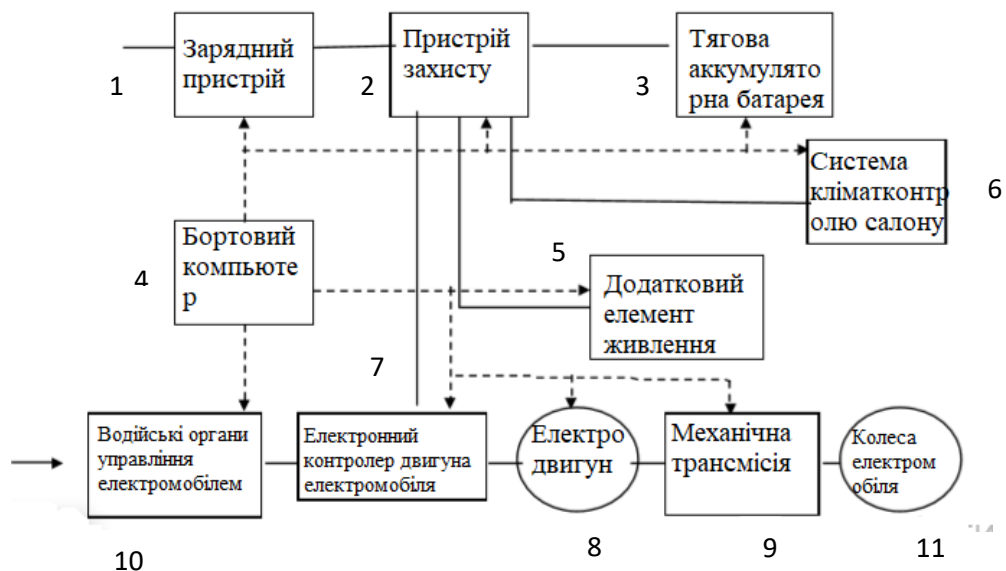


Рисунок 3.1 – Блок-схема електромобіля

На рисунку позначено:

– зарядний пристрій. Перетворює змінну напругу зовнішньої мережі в постійне для заряду акумуляторних батарей, тягової і допоміжної. Воно містить ланцюга підключення до мережі змінного струму, випрямляч, регулятор зарядного струму (напруги), систему управління зарядом (зазвичай мікропроцесорну) для контролю за рівнем заряду, параметрами батареї, відключення при виникненні аварійної ситуації.

Зарядний пристрій може розміщуватися на борту електромобіля. В цьому випадку бортовий комп'ютер управляє процесом заряду, а мережа змінного струму підключається до електромобіля.

– пристрій захисту (блок реле і запобіжників). Складається з вимикачів, реле, запобіжників, які включені між акумуляторною батареєю і осментаальною електричною схемою - споживачами. При виникненні несправності ланцюг змінного струму та акумулятори відключаються. В електромобілях металеві частини корпусу не використовуються в якості провідника (маси), вся електропроводка ізолювана від корпусу, колісні покришки (шини) ізолюють корпус від дороги. Порушення ізоляції між електричним колом і корпусом в одній точці не призводить до появи значних струмів, здатних розрядити акумулятори. Пробій в другій точці може стати причиною замикання акумуляторної батареї і небезпечний для користувача.

– тягова акумуляторна батарея. Забезпечує енергією двигун електромобіля. Є велика кількість типів акумуляторів, жоден з них повністю не відповідає всім вимогам і немає чіткого критерію вибору оптимального акумулятора. Недостатня ємність, великий час заряду, мала питома енергія акумуляторів обмежують вже багато років зусилля конструкторів електромобілів. Типи акумуляторів для тягових акумуляторних батарей:

Сьогодні на електромобілях найчастіше встановлюються:

- свинцево-кислотні акумулятори (СК);
- нікель-кадмієві акумулятори (Ni-Cd);
- залізонікелеві акумулятори (Ni-Fe);

- нікель-металгідридні акумулятори (Ni-MH);
- натрієво-сірчані акумулятори (Na-S);
- нікель-хлоридні акумулятори (Ni-Cl).

Перспективні джерела енергії для електромобілів:

- літій-іонні сульфідні акумулятори;
- літій-полімерні акумулятори;
- рідинні паливні елементи;
- інерційні маховики;
- конденсатори надвеликої місткості.

– бортовий комп'ютер. Контролює стан основних функціональних компонентів і бортових систем електромобіля. При необхідності ініціює засоби захисту.

– додатковий джерелом електроенергії (зазвичай допоміжна акумуляторна батарея на 12 В). Забезпечує роботу освітлювальних приладів, панелі приладів, склопідйомники, склоочисників і т. Д.

– система клімат-контролю салону. Складається з кондиціонера і електроотоплювача.

– електронний контролер електродвигуна. Формує необхідний вид напруги харчування. Управляє числом оборотів і тяговим моментом на валу по командам водія або автоматично.

– електродвигун. Надає руху колеса електромобіля безпосередньо або через трансмісію. Спочатку електромобілі оснащувалися звичайними електродвигунами постійного або змінного струму. Сьогодні на електромобілях використовуються в основному спеціальні електродвигуни змінного струму. До таких електродвигунів пред'являються вимоги високої ефективності при сталості тягових характеристик, необхідності в періодичному техобслуговуванні, здатності витримувати перевантаження і забруднення

– механічна трансмісія. Складається з коробки передач, диференціала і інших механічних пристроїв для забезпечення руху електромобіля.

– водійські органи управління електромобілем. Це педалі, рульове управління, важіль управління з тояночним гальмом, органи управління системами і приладами електромобіля.

– рушії (Колеса) електромобіля. При застосуванні тягового електродвигуна, колеса мають конструкцію характерну для автомобілів. Але можуть застосовуватися і мотор-колеса, коли електродвигун вбудований в колесо.

3.2 Схема електромобіля

3.2.1 Електропостачання електромобіля

При описі електропостачання електромобіля звертаємося до рисунку 3.2.

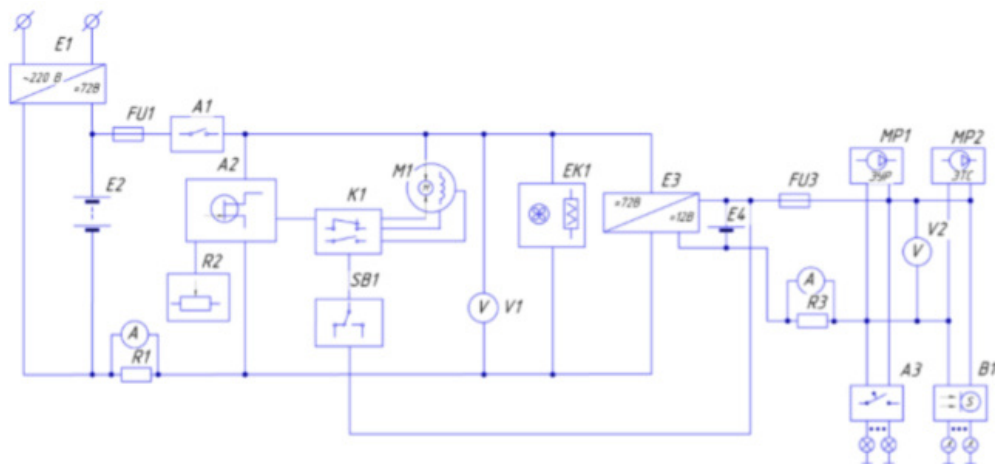


Рисунок 3.2 – Схема електрична функціональна електромобіля

Основою енергетики електромобіля є тягова батарея E2, що складається з шести акумуляторів ємністю 130 А / годину. Для збільшення дальності пробігу можливе підключення додаткових ланцюжків акумуляторних батарей. Шість батарей ємністю 130 А / годину забезпечують накопичення 9,3 кВт / год енергії на борту електромобіля. Такий вибір акумуляторів забезпечує

найбільш оптимальне поєднання ваги енергетичної установки, дальності пробігу і швидкості руху електромобіля при використанні електродвигуна потужністю 7,2 кВт (PMG-132).

У перспективі можливе застосування пристрою, званих суперконденсаторами або електрохімічними джерелами струму, які підключаються паралельно основній тяговій батареї і полегшують їх роботу в режимах імпульсного підвищеного споживання енергії з батареї. Такі випадки можливі при інтенсивному розгоні електромобіля, коли потрібно віддача батареями струму значної величини перевищує допустиме значення для конкретного типу акумуляторних батарей, також прийом значних струмів в режимі рекуперації (гальмування шляхом перемикання тягового електромобіля в режим генератора).

У справжній момент такі вироби випускаються ЗАТ "ЕСМА" (м Троїцьк Московської обл.), ЗАТ "ЕЛІТ" (г. Курск), ТОВ "Технокор" (м. Москва), НВО "ЕКОНД" (м. Москва), АТ "Плескава" (м Псков - за ліцензією НВО "ЕКОНД").

Заряд основної батареї здійснюється від зарядного пристрою Е1 наявного або на борту електромобіля або позаним. Його завдання забезпечити необхідний струм в найкоротший період часу з дотриманням алгоритму заряду акумуляторної батареї, рекомендованої заводом-виробником. Сучасні батареї використовуються в якості тягових вимогливі до якості зарядного пристрою. Необхідні пульсації вихідного струму не повинні перевищувати 4%. Струм заряду може досягати величини 1С, що означає значення зарядного струму рівне цифрі зазначеної ємності акумулятора. Вбудований в зарядний пристрій мікропроцесор забезпечує необхідний алгоритм заряду батареї, а при необхідності його десульфатації.

Пристрій захисту FU1 представляє собою запобіжник на 500 ампер в вигляді плавкою вставки або автоматичного вимикача з максимально-струмового захистом. Вид захисту вибирається при прив'язці схеми електропостачання до конкретного екземпляру електромобіля і тому донору

(вихідний ав автомобіль), який використовується для конвертації в електромобіль.

Амперметр R1 являє собою стандартний промисловий шунт типу 75ШСМ-200 і показує прилад зі шкалою 75 мВ. Як мілівольтметра можливе застосування цифрового вольтметра. Компанія EKITS розробила лінійку електронних амперметрів для застосування на електротранспорті, це SAN003R і SAL0006 працюють також зі стандартним шунтом 75ШСМ. Амперметри прямого виміру в даному випадку застосувати складно через необхідність монтажу силових ланцюгів проводом великого перерізу.

Пристрій позначене на схемі як A1 позначає сукупність контактів силових контакторів, відповідальних за комутацію силових ланцюгів. Це контакт педалі управління оборотами тягового електродвигуна. При опусканні педалі харчування з електродвигуна знімається в уникненні мимовільного руху електромобіля при несправності проводки або електронних пристроїв регулювання струму електродвигуна. Також сюди (A1) належить учасник ключа запалювання подає харчування на пристрої управління електромобілем і готує до роботи ланцюг харчування силового електродвигуна.

Регулятор обертів електродвигуна A2 служить для управління оборотами електродвигуна (зміна величини крутного моменту), завдання швидкості електромобіля, а також здійснює необхідні види захистів режимів електродвигуна по току. Як регулятор для колекторного електродвигуна найчастіше використовується контролер CURTIS. Контролер має лінійку модифікацій для різних електродвигунів. Російська компанія MoviCom розробила контролер типу MoviCar —+1625 має кілька модифікацій для електродвигунів аж до 12 кВт з напругою живлення до 120 В.

Пристрій зазначених контролерів не обговорюється через недоступність схем електричних принципів і застосованих технічних рішень складових Ноу-хау (Know How).

Резистор R2 являє собою стандартний датчик положення дросельної заслінки від десятого сімейства ав томобілів ВАЗ (ДПДЗ). Резистор датчика

має повне опір 7,5 кОм з вбудованим в ланцюг рухомого контакту потенціометра резистором величиною 1,5 кОм. Або можна застосувати спеціальний резистивний акселератор MoviCar. На рухомому контакті при натисканні на педаль з'являється напруга пропорційне величині натискання педалі, що і визначає величину крутного моменту електродвигуна, а відповідно і швидкість руху.[3]

Блок контакторів K1 призначений для завдання напрямку обертання ротора електродвигуна M1 і як наслідок напрямки руху електромобіля «вперед» або «назад». Для зміни напрямку обертання ротора електродвигателя застосовується комутація однією з статорних обмоток електродвигуна. Більш докладно спосіб комутації розглядається в описі схеми силового обладнання.

У якості блоку контакторів застосовуються або два контактора, або один реверсивний.

Перемикання контакторів блоку контакторів K1 здійснюється перемикачем SB1. З його допомогою підключений до джерела живлення на одну з обмоток блоку контакторів. А вони в свою чергу змінюють полярність керуючого струму в обмотках електродвигуна.

Запобіжник FU2 захищає ланцюг харчування блоку контакторів K1. В якості запобіжника можуть бути застосовані або плавка вставка величиною 10 ампер, або автоматичний вимикач на той же струм спрацювання.

Електродвигун M1 - це рушій електромобіля. Його крутний момент визначається, як уже раніше згадувалося, регулюється контролером A2, а напрямок обертання його ротора і напрямок ходу електромобіля задає блок контакторів K1.

Як електродвигуна для електромобіля застосовуються кілька типів електродвигунів. Це колекторні двигуни постійного струму (ДПТ), асинхронні двигуни змінного струму, синхронні двигуни змінного струму або сучасні типи двигунів змінного струму з вентильним керуванням.

Найбільшого поширення набули ДПТ з послідовним збудженням. Нарівні з ними застосовуються ДПТ з паралельним збудженням, які

дозволяють не складними засобами реалізувати режим рекуперації енергії при гальмуванні, тобто повернення енергії гальмування в тягову батарею. Рекуперацію при використанні ДПТ послідовного збудження реалізують за допомогою додаткових генераторів приєднаних до трансмісії. Але найчастіше режимом рекуперації жертвують. Це цілком виправдано в деяких застосуваннях електротранспорту, коли ККД (коефіцієнт корисної дії) його використання не суттєвий. Наприклад до таких машин відносяться електрокари, спортивні машини, машини застосовуються для розваг на атракціонах, гольф-кари, представницький транспорт на офіційних заходах,

Асинхронні електродвигуни застосовуються досить часто. Вперше його застосували при електрифікації автомобіля УАЗ в 70-х роках. Зараз цей тип електродвигунів широко застосовується на серійних гібридних автомобілях і чистих електромобілях.

Але для таких двигунів контролер управління трохи дорожче, ніж для ДПТ. Тому в одиничних екземплярах електромобілів він застосовується рідко.

Синхронні електродвигуни можливо застосувати на електротранспорті, але реально застосовується рідко через жорсткості його пускових (стартових) електромеханічних характеристик.

Останнім часом багато розробляється електродвигунів з вентильним керуванням.

Вони характеризуються потужним електронним пристроєм управління на основі мікропроцесорних систем. Такі електродвигуни перспективні для застосування в електродвигунах, але їх застосування стримує висока вартість. Ці двигуни характеризуються компактністю, високою питомою потужністю на одиницю ваги.

У цьому дипломному проекті для комплектування електромобіля обраний ДПТ послідовного збудження без реалізації режиму рекуперації з метою мінімізації витрат на його виготовлення.

Вольтметр V1 відображає напругу в силовому ланцюзі. При досягненні нижнього значення допустимого зниження напруги тягової батареї E2

необхідно вжити заходів до заряду батареї або припинення його використання. У зв'язку з тим що метою дипломного проекту є розробка недорогого електромобіля, автоматика контролю напруги тягової батареї не передбачена.

Пристрій клімат-контролю ЕК1 складається з обігрівача в зимовий період і (або) кондиціонера в літню пору. При створенні нашого економічного електромобіля функцією кондиціонування салону можна знехтувати. А ось обігрівач важливий в холодну пору року, коли просто необхідний обігрів вікон. У якості обігрівача можливо застосувати різні пристрої: термообігрівач живиться від тягової батареї електромобіля, газовий обігрівач, рідинний обігрівач з паливом у вигляді солярки чи бензину. З цих трьох пристроїв найбільш небезпечним є газовий обігрівач і застосовується досить рідко. Інші легко придбати як серійно випускаються промисловістю і не вимагають зміни конструкції електромобіля при його застосуванні.

Перетворювач напруги Е2 служить для підзарядки акумуляторної батареї Е3 напругою 12 вольт. Батарея Е3 служить для харчування бортових споживачів електричної енергії. Призначення перетворювача Е2 полягає в перетворенні вхідної напруги 72В в вихідний 12В. У нього не закладається специфічних функцій зарядного пристрою, тому що в даному випадку акумуляторна батарея Е3 виконує функції буферного пристрою. Цей режим батареї і визначає спрощений пристрій перетворювача Е2.

Запобіжник FU3 захищає джерела електроенергії від перевантажень і коротких замикань в електропроводці і приладах. В якості запобіжника можна застосувати плавку вставку або автоматичний вимикач.

Амперметр R2 аналогічний амперметрі R1 з меншим діапазоном вимірювання. Перебудова діапазону вимірювань передбачена в більшості електронних амперметрів. В електротехнічних амперметрах зміна діапазону вирішується шляхом заміни шунта на відповідний з необхідним струмом вимірювання.

Вольтметр V2 аналогічний вольтметру V1.

Електричний підсилювач керма МР1 аналогічний за призначенням гідропідсилювачу керма з тією лише різницею, що для обертання гидронасоса використовується електродвигун невеликої потужності. Він включається в роботу при повороті ключа запалювання і працює до відключення.

Електропідсилювач гальмівної системи МР2 також аналогічний вакуумного підсилювача. Але тут використовується вакуумний насос, який підтримує певне значення розрідження в ресівері. Ресивер може бути зовнішній або вбудований в вакуумний насос.

Комплект комутуючої апаратури управління світловими приладами АЗ і світлові прилади. Як комутаційної апаратури використовуються тумблери, підрульові перемикачі, кнопки, проміжні ав автомобільним реле. Під світловими приладами маються на увазі всі світлові пристрої, передбачені технічними регламентами на виготовляється тип автомобіля (електромобіля).

Комплект приладів В1 призначений для контролю основних параметрів електромобіля. Це швидкість руху, температура тягової акумуляторної батареї, температура тягового електродвигуна, величина тиску в електропідсилювач керма, розрідження в підсилювачі гальмівній системі, індикація стоянкового гальма, що не пристебнутого ременя безпеки, рівня рідини в бачку гальмівної системи, та ін.

3.2.2 Силове обладнання

При описі силового обладнання скористаємося рисунком 3.3.

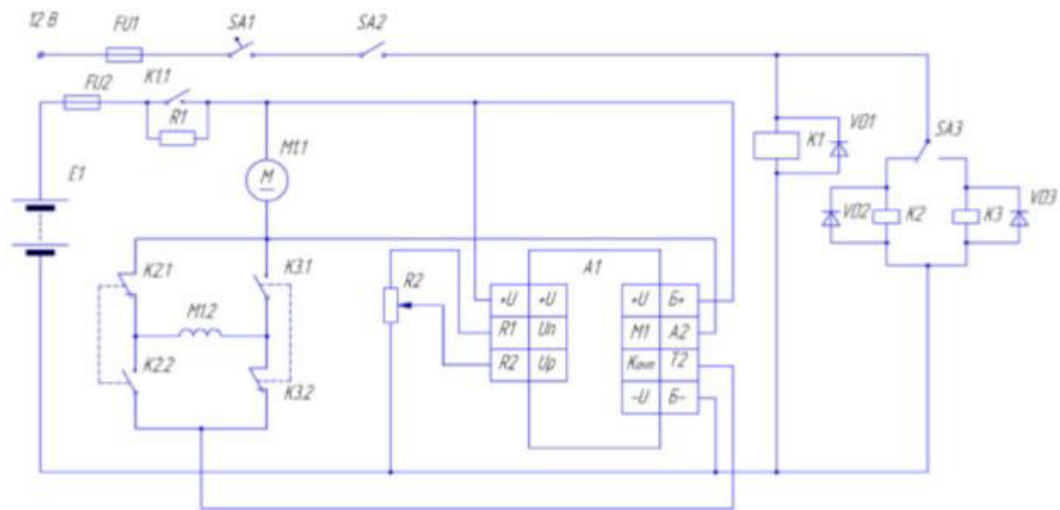


Рисунок 3.3 – Схема електрична функціональна електромобіля

Силове обладнання електромобіля працює від батареї E1,, що складається з шести акумуляторів ємністю 130 А / годину з номінальною напругою 72В.

Батарея запобіжник не менше ніж (автоматичним вимикачем) FU2 від короткого замикання і перевантаження з боку навантаження і з'єднують провідників.

Запобіжник FU1 захищає низьковольтні ланцюги одержувані живлення від бортової батареї напругою 12В.

Вимикач SA1 представляє собою головний вимикач (замок запалювання).

Вимикач SA2 – це кінцевий вимикач, розташований на педалі управління оборотами електродвигуна і служить для знеструмлення силових ланцюгів при опусканні педалі щоб уникнути мимовільного руху електромобіля при несправностях в системі електропостачання.

K1 – головний контактор силового ланцюга. На схемі рознесеним способом вказано два графічних зображень цього контактора. K1.1 - контакт, розриває силовий ланцюг харчування. K1 - обмотка контактора. При подачі живлення на неї здійснюється замикання контакту K1.1

R1 – шунтируючий резистор. При розмиканні контакту K1.1 через нього подається невеликий струм на вихідний ланцюг контролера управління A1 для забезпечення його роботи в режимі очікування і ненаголошеного включення в роботу.

M1–електродвигун. Графічний елемент M1.1 позначає якірну обмотку електродвигуна, графічний елемент M1.2 позначає статорну обмотку. Статорна обмотка використовується для реверсування руху електромобіля.

K2, K3 – контактори реверсу, аналогічні головному контактора. Графічні елементи K2.1 і K3.2 - нормально замкнуті контакти при положенні перемикача SA3 в стані «ВПЕРЕД» і служать для живлення електродвигуна при русі вперед. K3.1 і K2.2 - нормально розімкнуті контакти, служать для замикання ланцюга живлення електродвигуна при русі назад. Ці два контакти замикаються окремим перемикачем тільки на час руху назад. Графічні елементи K2 і K3 позначають робочі обмотки контакторів керування напрямком обертання електродвигуна.

R2 – резистивний акселератор, служить для управління оборотами електродвигуна за допомогою контролера електродвигуна.

A1 – контролер управління. Служить для перетворення руху педалі управління оборотами електродвигуна в електричні імпульси струму управління цим електродвигуном.

VD1– VD3 - блокують діоди, що запобігають імпульсні викиди струму при комутації контакторів. Служать для захисту від радіоперешкод приладів електромобіля і оточуючих радіоприймальних пристроїв.

SA3 – тумблер перемикання напрямку обертання ротора електродвигуна, а відповідно і напрямки руху електромобіля.

Пристрій працює наступним чином:

Перевіряється стан пристроїв захисту FU1 і FU2, при необхідності переводяться у включений стан. Ключем запалювання (головним вимикач) готується ланцюг харчування низьковольтних пристроїв.

Перемикачем SA3 встановлюється потрібний напрямок руху транспортного засобу, наприклад вперед. Далі при натисканні на педаль управління оборотами спрацьовує кінцевий вимикач SA2, розташований в корпусі резистивного акселератора і пов'язаного тягою з педаллю. При цьому подається напруга на робочу котушку головного контактора K1 і далі замикається контакт K1.1. Напруга живлення контролера A1 і електродвигуна M1 подано.

Подальше натискання на педаль викликає зміна опору резистивного акселератора R2 і отже поява електричних імпульсів на виході контролера A1. На роторі електродвигуна M1 з'являється крутний момент. Подальша зміна крутного моменту відбувається пропорційно ступеня натискання на педаль акселератора.

Для зміни напрямку руху ротора електродвигуна, а відповідно і напрямки руху електромобіля необхідно провести повну зупинку ротора електродвигуна і самого електромобіля. Перемикачем SA3 переключити контактори реверсу і плавно натиснути на педаль акселератора.

При закінченні використання електромобіля необхідно розімкнути контакт головного вимикача SA1. А при необхідності провести відключення запобіжних пристроїв FU1 і FU2. А при тривалому простої електромобіля таке відключення обов'язково.

І на закінчення додам, що при монтажі електрообладнання кузов електромобіля не використовується в якості провідника щоб уникнути ураження електричним струмом.

4 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Спочатку на електромобілях використовувалися звичайні електродвигуни постійного або змінного струму. Т.е. електродвигуни загальнопромислового застосування. Останнім часом все частіше застосовуються електродвигуни спеціально розроблені для електротранспорту. До них пред'являються вимоги високої економічності зі збереженням тягових характеристик в широкому діапазоні швидкостей, здатність витримувати перевантаження і забруднення, спрощений спосіб обслуговування. Використовуються трифазні електродвигуни змінного струму з короткозамкнутим ротором, керовані контроллером шляхом зміни частоти. Вони практично не вимагають обслуговування. ККД таких електродвигунів сильно залежить від оборотів і може мінятися від 82 до 97%. До переваг можна віднести можливість перемикання з "зірки" на «трикутник». При відкритті по схемі «зірка» електродвигун має більш високий крутний момент на валу і може застосовуватися при русанні або важких умовах експлуатації. Перемикання на схему «трикутник» збільшує швидкість обертання валу електродвигуна, що може бути застосовано при розгоні або русі на шосе.

З давніх-давен застосовуються електродвигуни постійного струму. Обероти такого двигуна залежать від напруги живлення, що спрощує спосіб управління ним. Електродвигуни з послідовним збудженням мають хороші тягово-швидкісні характеристики. Але їх ККД трохи нижче ніж у електродвигунів змінного струму, конструкція складніше, потребують періодичного обслуговування, більш чутливі до перевантажень, максимальні оберти трохи нижче. На електромобілях з двигунами постійного струму (ДПС) зазвичай застосовують багатошвидкісні коробки передач (БКП).

У двигунів послідовного збудження статорна і роторна обмотки з'єднані послідовно. При русанні у таких двигунів момент на валу максимальний, але

з набором оборотів за рахунок противоЕДС виникає в обмотці збудження момент дещо зменшується. Тому часто використовують електродвигуни постійного струму зі змішаним включенням обмоток збудження. Такі двигуни мають дві обмотки збудження - послідовну і паралельну.

Ефективність електродвигунів постійного струму збільшується при заміні обмотки статора збудження на постійні магніти. Найбільшого поширення вони отримали після винаходу неодімових магнітів.

Застосування постійних магнітів в електродвигунах викликало появу безколекторних електродвигунів. Постійні магніти розташовуються на роторі. Статор забезпечується кількома секціями обмотки. Це зазвичай три або чотири обмотки.

Електронний комутатор підключає харчування до однієї з обмоток, виходить біжуще електричне поле. Ротор забезпечується датчиками положення для визначення його положення і відповідно своєчасного перемикаць статорних обмоток. Такий електродвигун простіше, але ускладнення контролера робить його в цілому дорожче звичайних колекторних. Найчастіше его застосовують для розміщення в колесі (мотор-колесо). При цьому магніти розташовуються на ободі, обмотки на нерухомій ступиці.

Останнім часом за такими двигунами закріпилася назва вентильних (ВД). Це в тому числі і синхронні електродвигуни змінного струму з електромагнітним збудженням від вентильного джерела струму з контролем положення ротора спеціальними датчиками. Застосовуються найчастіше для швидкісного транспорту, спортивних електромобілів, обертання тягового гвинта літальних апаратів і снігоходів. ККД досягає величини 90% і вище. У той час як колекторні електродвигуни можуть мати ККД менше 80%, а серійні асинхронні електродвигуни мають максимум 87.5%. Таким чином вентильні електродвигуни мають дві модифікації: що живляться змінним струмом і постійним струмом.

Виходячи з поставленого завдання отримати в результаті проектування максимально економічний проект в плані реалізації вибираємо для майбутнього електромобіля колекторний електродвигун постійного струму (ДПТ), що не вимагає складної системи управління, доступний для придбання та застосування для руху по місту.

Для розрахунку потужності електродвигуна задамося вихідними даними електромобіля (автомобіль ОКА, ВАЗ-1113): повна маса - 1000 кг., Коефіцієнт тертя кочення по асфальту - 0.018, коефіцієнт обтічності кузова – 0,32, площа лобового опору – 1,8 м², максимальна швидкість руху 60 км / год.

Необхідна потужність електродвигуна автомобіля:

$$N = g \cdot F_{\text{тр}} \cdot m \cdot V + C_x \cdot S \cdot V^2 + g \cdot m \cdot \sin \alpha, \quad (4.1)$$

де g – прискореного вільного падіння;

$F_{\text{тр}}$ – тертя кочення по ас фальту ;

m – повна маса транспортного засобу ;

V – швидкість руху, максимальна;

C_x – коефіцієнт обтічності, мидель ;

S – лобова площа кузова;

α – кут нахилу дорожнього полотна .

Застосувавши зазначену формулу для нашого випадку, маємо:

$$N = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 1000 \cdot 16,6 + 0,32 \cdot 1,8 \cdot (16,6)^2 + 9,8 \cdot 1000 \cdot \sin 15 = 2928,24 + 158,72 + 2548 = 5634,96 \text{ Вт}$$

Для руху електромобіля по асфальту зі швидкістю до 60 км / год і допустимих підйомах 15% дорожнього полотна необхідна потужність на колесах 5,7 кВт.

Необхідно врахувати ККД вузлів електромобіля. ККД двигуна 0.8, ККД редуктора головної передачі 0,9 ККД контролера з втратами на проводах і контакторах – 0,9.

Підсумковий ККД кінематики електромобіля маємо:

$$\text{ККД} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,65;$$

Реальна необхідна потужність електродвигуна

$$N_{\text{п}} = 3586,96 / 0,65 = 8669,16 \text{ Вт.}$$

Вибираємо електродвигун з потужністю не менше 8,7 кВт. З запропонованих виробниками електродвигунів і доступних на українському ринку найбільш краще підходить електродвигун компанії Балканкар ЕС 10 / 7,5 / 28 потужністю 10 кВт, застосовуваний на електрокарах в якості приводу масляного насоса гідравліки.

Визначимо місце положення електродвигуна в трансмісії електромобіля.

Може бути кілька варіантів застосування електродвигуна:

- двигун підключається безпосередньо до ведучого колеса;
- двигун підключається до осьового диференціалу головної передачі;
- двигун підключається до первинного валу коробки зміни передач.

Кожен з варіантів має свої переваги і недоліки. Підключення електродвигуна безпосередньо до колеса спрощує конструкцію трансмісії, але вимагає підбору тихохідного електродвигуна, вимагає запасу потужності для забезпечення різкого старту. Підключення електродвигуна до осьового диференціалу не в повному обсязі розв'язує проблеми запасу потужності для здійснення швидкого старту. Кілька збільшує масу трансмісії в порівнянні з попереднім варіантом, але дозволяє використовувати більш поширені типи двигунів. Третій варіант - використання коробки передач повністю вирішує задачу зрушення електромобіля з місця, що дозволяє використовувати менш потужні електродвигуни, дозволяє застосовувати електромобіль для руху по пересічній місцевості на низьких швидкостях. Значно збільшується маса трансмісії за рахунок застосування коробки передач, диференціала моста і інших деталей. Розширює діапазон вибору електродвигунів.

У зв'язку з тим, що ми зупинилися на виборі серійного автомобіля для конвертації в електромобіль, останній варіант найкращий. У ньому вже існують всі вузли трансмісії для підключення електродвигуна. Залишається тільки виготовити перехідну план-шайбу і рухливу муфту з'єднання валів

двигуна і КПП, а також додатковий кріпильний елемент з опорної подушкою для кріплення двигуна до кузова електромобіля. Це найбільш оптимальний варіант для мінімізації витрат на виготовлення електромобіля.

5 РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Потужність зазначеного нижче контролера далі будемо називати ШИ-регулятором, дозволяє приводити в дію транспортний засіб з силовою установкою розглянутого електромобіля.

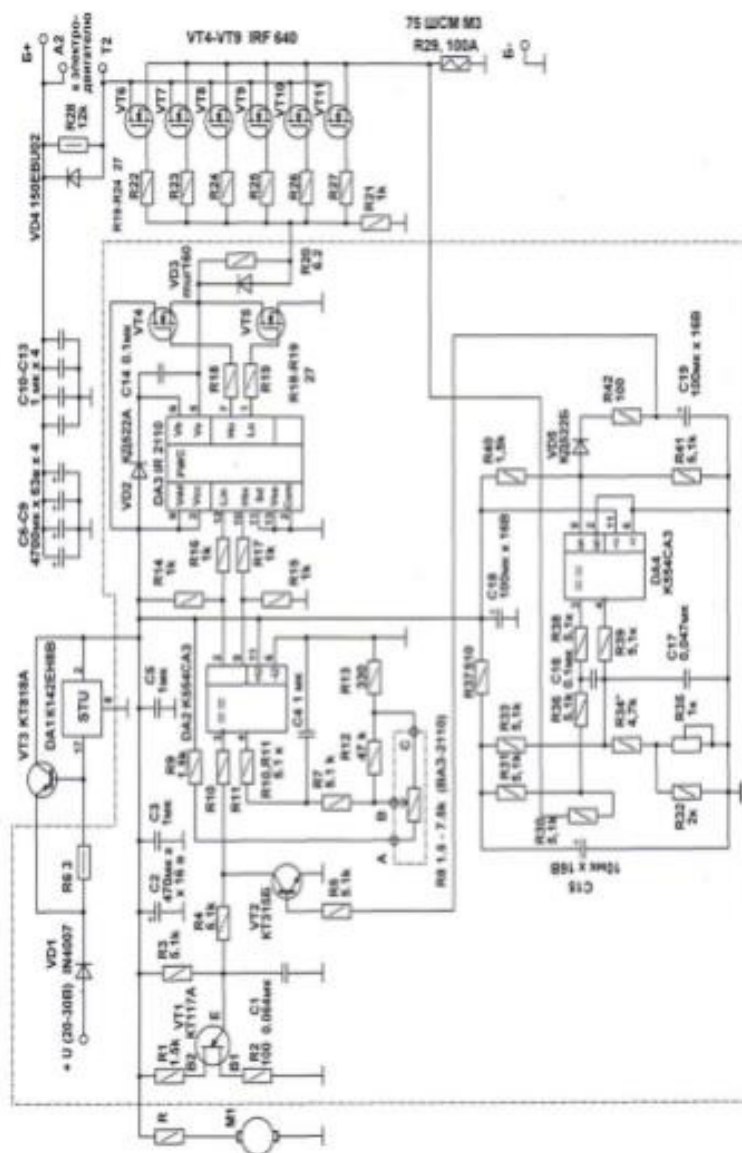


Рисунок 5.1 Схема електрична принципова контролера управління електродвигуном

Описуємий пристрій, схема якого показана на малюнку 4.1, складається з п'яти вузлів: задає на транзисторі VT1, формувача керуючих імпульсів зібраного на мікросхемах DA2, DA3, потужного блоку на транзисторах VT6 - VT11, блоку живлення VD1, R6, VT3 і DA1, блоку захистів на операційному підсилювачі DA4 охолоджуючого вентилятора M1. ШИ-регулятор харчується від двох джерел: один напругою від 20 до 30 В для живлення слаботочної частини пристрою, другий для живлення навантаження, до 150 В. Тяговий електродвигун з послідовним збудженням підключають до контактів A2 і T2. Штриховий лінією на схемі позначені елементи, що розміщуються на друкованій платі.

Частото задаючим елементом ШИ-регулятора служить генератор трикутних імпульсів на транзисторі VT1. Частоту 5 ... 8 КГц, визначає ланцюг R3C1. Імпульси генератора надходять на інвертний вхід компаратора DA2. На неінвертний його вхід подано напругу з резистора R8, керуючого частотою обертання ротора електродвигуна. Цей резистор - датчик дросельної заслінки від автомобілів ВАЗ десятої серії. Опір датчика змінюється від 1,5 до 7,5 кОм. У датчику в ланцюг повзунка включений вбудований резистор опором 1,5 кОм на додаток до нього в ШИ-регуляторі в цей ланцюг додані резистор R7 і конденсатор C4 для зменшення впливу «коливання» контакту движка і збільшення плавності регулювання.

В процесі експлуатації на конкретному обладнанні, можливо, буде підібрати елементи цього ланцюга для отримання потрібної динаміки процесу. Критерієм задовільної динаміки у випадку з електромобілем служить комфорт пасажирів і водія при розгоні і гальмуванні, а також значення максимального струму через електродвигун. Як показує практичний досвід застосування ШИ-регулятора, для прискорення процесу гальмування електродвигуна можливо буде потрібно зашунтувати резистор R7 діодом (КД522А), підключивши його анодом до точки з'єднання резистора R7 і конденсатора C4 для прискорення розрядки цього конденсатора. Резистор R12 служить для запобігання аварійної

ситуації при випадковому відключенні резистора R8 або обриві проводів, що з'єднують резистор R8 з регулятором.

На виході компаратора DA2 отримуємо послідовність імпульсів з тривалістю, що задається резистором R8. Далі сигнал надходить на підсилювач потужності DA3 - формувач імпульсів з фронтами тривалістю не більше 120 нс, і далі на затвори потужних польових переключательних транзисторів VT4 - VT9. Резистори R22 - R27 в ланцюзі затворів VT6 - VT11 вирівнюють значення струму зарядки ємності затвора транзисторів. Імпульс зарядного струму може досягати сотень міліампер. При закриванні транзисторів розрядний струм протікає через резистори R22 - R27, резистор R20, ланцюг R21, VD3 і вихід підсилювача VT4 і VT5. Швидкість закривання транзисторів не менш важлива швидкості відкривання, від цього залежить ступінь їх нагрівання. При налагодженні пристрою необхідно контролювати напругу керуючих імпульсів на затворі потужних транзисторів, вона повинна бути не менше 10 В, для виключення її переходу в лінійний режим.

Напруга живлення навантаження, керованої транзисторами VT6 - VT11, залежить від характеристик застосовуваного електродвигуна, але не повинно перевищувати номінальну напругу стік-витік транзисторів. Для транзисторів IRF 640 максимальна напруга не може перевищувати 150 Вольт при струмі навантаження до 80 Ампер.

Для живлення слаботочної частини пристрою можливо використовувати частину напруги живлення навантаження, це зручно, електродвигун живиться від автомобільних батарей акумуляторів.

Навантаження ШИ-регулятора - електродвигун захищається фіксуючим діодом VD4. Зворотня напруга діода повинна бути не менше напруги живлення, а прямий струм не менше номінального струму двигуна. Можливо використовувати діоди ДЧ-150 або 150EBU02.

При живленні пристрою від акумуляторних батарей, їх рекомендується заблокувати конденсаторами С6 - С13 ємністю з розрахунку 10 000 мкф на один кіловат потужності навантаження з метою зменшення руйнуючої дії

струму високої частоти на батарею акумуляторів. Робоча напруга конденсаторів не менше напруги батареї акумуляторів.

Генератор, компаратор, формувач імпульсів і вентилятор живляться напругою 15 В від блоку, що складається з стабілізатора DA1 і підсилювача на транзисторі VT3.

Транзистор і стабілізатор необхідно встановлювати кожен на тепловідвід площею до 20 см². У разі, якщо в пристрої потужні транзистори встановлені на тепловідвід, що забезпечують достатню їх охолодження, вентилятор M1 і транзистор VT3 можна не встановлювати і тепловідвід стабілізатора не застосовувати.

Слабкострумова частина пристрою розміщена на друкованій платі.

Сигнал управління на вихідні транзистори рекомендується подавати кручений парою проводів безпосередньо на затвор і витік транзисторів. Не бажано пропускати струм управління транзистора через загальний провід пристрої, через небезпеку проникнення комутаційних перешкод з ланцюга навантаження в ланцюг управління.

На операційному підсилювачі DA4 реалізовано захисний пристрій. Він складається з чотирьох вузлів: вимірювального моста на резисторах R30R31R32R33R34, накопичувача заряду імпульсів струму R36C16, компаратора DA4 і формувача блокуючого імпульсу на елементах VD5, R41, C19, R42. Для захисту ланцюга живлення пристрою від наведень потужних імпульсів управління застосовані конденсатори C15 і C18.

Вхідний сигнал пристрою являє собою послідовність імпульсів змінної тривалості напругою 75 мВ, що знімаються з вимірювального шунта R29 в зазначеній вище статті. Значення напруги і тривалості вхідного імпульсу залежать від потужності навантаження ШИ-регулятора, напруги живлення навантаження (електродвигуна) і опору шунта R29. Звідси випливає, що при зміні основних параметрів силової установки потрібно регулювання пристрою захисту.

Вихідний імпульсний сигнал пристрою формується на конденсаторі C19 і надходить на блокуючий транзистор VT2 ШИ-регулятора. Тривалість блокуючого імпульсу визначається ємністю конденсатора C19, опором резистора R43 і дорівнює приблизно 1 с. При необхідності цю величину можна міняти виходячи з призначення обладнання, де застосовується ШИ-регулятор, шляхом зміни постійної часу ланцюга C5, R14. Вхідні імпульси надходять на вимірювальний міст, змінюють напругу в точці з'єднання резисторів R30 і R31 щодо зразкового напруги в точці з'єднання резисторів R33 і R34. Імпульси інтегрує ланцюг R36C16 і при досягненні на конденсаторі C16 деякого порогового напруги, що визначається вхідними характеристиками компаратора DA1, відбувається перемикання компаратора в стан з високою напругою на виході. Напруга на конденсаторі C16 досягне рівня перемикання компаратора тим швидше, чим більше тривалість вхідних імпульсів. Параметри вхідного ланцюга захисного пристрою обрані так, що напруга на конденсаторі C16 досягне рівня перемикання компаратора за час не менше 1 мс як тільки струм навантаження ШИ-регулятора перевищить граничний. Дещо по-іншому вирішений захист при замиканні в ланцюзі навантаження регулятора. В цьому випадку падіння напруги на шунт R29 перевищить номінальне значення (в нашому випадку 75 мВ), що призведе до негайного перемикання компаратора захисного пристрою. Тривалість імпульсів в цьому випадку суттєвої ролі грати не буде.

Налагодження пристрою захисту зводиться до установки зразкової напруги за допомогою підбору резистора R34 і регулювання напруги в точці з'єднання резисторів R33, R34 налагодження пристрою захисту зводиться до установки зразкової напруги за допомогою підбору резистора R34 і регулювання напруги в точці з'єднання резисторів R33, R34 підлаштування резистором R35, так, щоб пристрій спрацьовував при навантаженні, рівній максимальній.

Зразкову напругу в точці з'єднання резисторів R33 і R34 встановлюють виходячи з значення падіння напруги на шунт R29 ши регулятора. У нашому

випадку використаний шунт промислового виготовлення 75ШСМ МЗ з номінальним значенням 75 мВ. резистором R35, так, щоб пристрій спрацьовував при навантаженні, рівній максимальній.

Налаштування пристрою, зібраного з справних деталей полягає тільки в установці порога спрацьовування пристрою захисту резистором R35. Для цього збирають обладнання з яким буде працювати пристрій, і підключають його до ШИ-регулятора.[4]

Послідовно з шунтом ШИ-регулятора R27 підключають контрольний амперметр. Електродвигун виводять на граничний режим роботи і резистором R6 встановлюють момент спрацьовування захисного пристрою. При необхідності змінити час затримки включення навантаження слід підібрати конденсатор C5.

Пристрій захисту можна розмістити на загальній платі з ШИ-регулятором потужного електродвигуна. Місце для нього необхідно вибрати подалі від ланцюгів і деталей, через які тече великий імпульсний струм, і, якщо необхідно, скористатися екрануванням.

Пристрій, зібраний з справних деталей, практично, не вимагає налагодження.

Досить обмежитися перевіркою діапазону регулювання вихідної потужності і при необхідності підібрати резистори R9 і R13, переконатися в величині не менше 10 В керуючих імпульсів на затворах транзисторів VT6 - VT11. Частота задає генератора істотно не впливає на якість роботи пристрою, тому досить обмежитися перевіркою наявності частоти проходження імпульсів 5-8 КГц на емітер транзистора VT1.

Вихідні транзистори встановлюють на мідну пластину розмірами 160x60x4 мм., що служить теплоотводом і охолоджену вентилятором M1. Без застосування вентилятора площа тепловідведення для кожного транзистора розраховується виходячи з його характеристик і розсіюється. В якості охолоджувального вентилятора можна використовувати вентилятор від

кулера персонального комп'ютера, підключений через попередньо підібраний резистор для зниження напруги на ньому до 9 ... 12 В

Корпус тепловідведення допустимо використовувати в якості сполученого виведення витоку транзисторів. Витік транзистора електрично надійно з'єднаний з монтажним фланцем.

Батарею конденсаторів С6-С13 доцільно розміщувати в безпосередній близькості від батареї акумуляторів, а при використанні на транспортному засобі - укласти в герметичний бокс. Фіксує діод VD4 можна розташувати в будь-якому зручному місці. Шунт R27 при роботі з захисним пристроєм використовується готовий 75ШСМ М3 (або 75ШС). Номінал його підбирають виходячи із струму навантаження регулятора.

Для підключення навантаження слід застосовувати мідні дроти з перетином струмопровідної жили з розрахунку 8 А на 1 мм², наприклад підійде провід з серії ПВ3. На кінцях проводів монтують кабельні наконечники, відповідні їх перетину.

Частина електронної схеми Ши-регулятора розміщена на друкованій платі зображеної на рисунку 5.2. Інші елементи схеми розміщуються всередині конструктивна контролера.

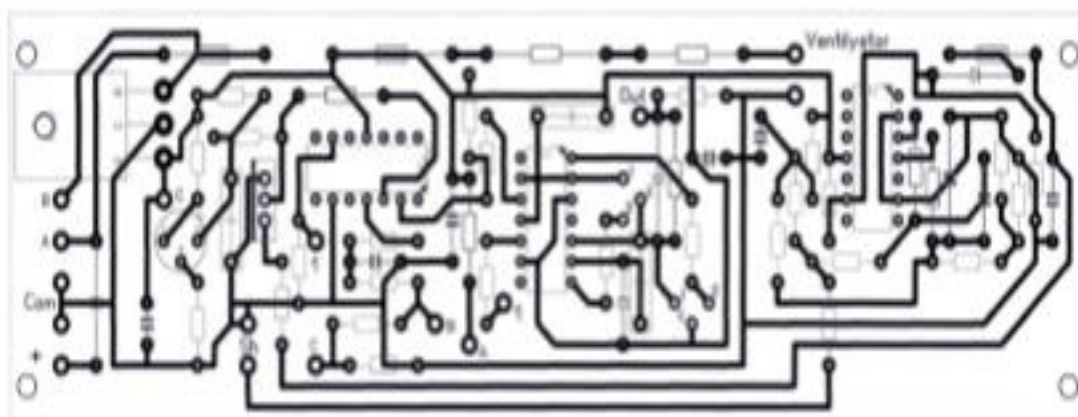


Рисунок 5.2 – Друкована плата Ши-регулятора

В даний час для виготовлення односторонніх і двосторонніх друкованих плат найбільшого поширення набули три методи: хімічний, електрохімічний (полуаддівний), комбіновано позитивний. Хімічний метод широко застосовується у виробництві не тільки односторонніх друкованих плат, але і для виготовлення внутрішніх верств багат шарових друкованих плат, а також гнучких. Основною перевагою хімічного методу є простота і мала тривалість технологічного циклу, що полегшує автоматизацію, а недоліком відсутності металізованих отворів і низька якість.

Електрохімічний (полуаддівний) метод дорожче, потребує великої кількості спеціалізованого обладнання, менш надійний. Необхідний головним чином для виготовлення двосторонніх друкованих плат.

Комбіновано позитивний метод заснований на хімічному і електрохімічному методах. Дозволяє отримати провідники підвищеної точності. Перевагою позитивного комбінованого методу в порівнянні з негативним є хороша адгезія провідника, підвищена надійність монтажних і перехідних отворів, високі електроізоляційні властивості. Останнє пояснюється тим, що при тривалій обробці в хімічно агресивних розчинах (розчини хімічного міднення, електроліти та ін.) Діелектричне підставу захищене фольгою.

Отже, проаналізувавши всі методи, обраний метод комбіновано позитивний так як в порівнянні з хімічним він пропонує кращі якості виготовлення, достатньо гарними характеристиками, що необхідно в вимірювальній апаратурі і є можливість реалізації металізованих отворів.

6 ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

В даний час для виготовлення електромобілів використовують такі типи накопичувачів енергії:

- свинцево-кислотні батареї;
- літій іонні;
- натрій нікель-хлоридні;
- нікель-кадмієві;
- лужні;
- нікель-металогідридні;
- суперконденсатори;
- паливні елементи.

Питання вартості АКБ для електромобіля стоять дуже гостро. Акумулятор є основною видатковою частиною, тому питання мінімалізації витрат на зміну АКБ повинні стояти на одному з перших місць при розрахунку електромобіля.

Свинцево-кислотні акумулятори - першовідкривачі в ряду вторинних хімічних джерел струму. Вже близько півтора століття свинцево-кислотні акумулятори вірою і правдою служать електромобілебудуванню.

У 1859 році були винайдені перші, звичні зараз, свинцево кислотні акумулятори. З 1890 року свинцево-кислотні батареї стали випускатися в промислових масштабах. У 1957 році були винайдені батареї з гелевим електролітом, які не потребують догляду. У 1970х роках в промисловості з'явилися також герметизовані батареї, в яких електроліт був адсорбований на сепараторі. У 1980х з'явилися електроди зі сплаву свинцю з кальцієм для поліпшення міцності електрода при зниженні його ваги.

На початку 1990-х з'явилася нова надія на дешеві і, в той же час, більш місткі акумуляторні батареї, це технологія акумуляторних батарей з біполярними електродами. Біполярні електроди можуть застосовуватися не

тільки для свинцево-кислотних батарей, ця технологія може використовуватися для об'єднання в батарею різних типів акумуляторів. Що являють собою біполярні батареї? - Ідея полягає в тому, що при з'єднанні акумуляторних елементів в стринг як струмопровідних перемичок між банками використовується з'єднання між собою різнойменних електродів сусідніх елементів через струмопровідну стінку. Електроди в місці з'єднання утворюють "сендвіч": спочатку йде електрод однієї полярності, він впритул примикає до струмопровідної стінці, що з'єднує сусідні банки, потім до цієї ж стінки примикає електрод протилежної полярності з сусідньої банки. Так як "сендвіч" об'єднує в собі електроди різної полярності, то даний об'єднаний електрод називається біполярним, а батарея, створена за цією технологією - біполярної.

Літій-іонні акумулятори є найперспективнішими для використання в якості тягових батарей для електротранспорту. Технологія виробництва літій іонних акумуляторів постійно вдосконалюється, удосконалюються характеристики, зменшується вартість виробництва акумуляторів. Можливо, літій-іонні акумулятори можуть стати основним джерелом харчування електромобілів в самому найближчому майбутньому.

Перші експерименти з літійовими акумуляторами відносяться до 1912 року, але перші серійно вироблені літійові батареї з'явилися в 1970-х, вони були неперезаряджаними. В середині 1980-х з'явилися серійні літійові акумулятори, але їх використання було обмежене через високу вибухонебезпечність - при Циклирование (процес заряд-розряд) на літійовому аноді утворювалися дендрітообразні кристали літію, які проростали до катода і провокували внутріелементне коротке замикання і вибух з- за перегріву, який запускав хімічну реакцію між літієм і органічним електролітом. З 1991 року почалося комерційне використання літій-іонних акумуляторів, виготовлених фірмою Sony. У цих акумуляторах використовувався кобальтат літію (LiCoO_2), адсорбируемого на коксових анод і катод. В якості електроліту

використовувалася сіль літію в органічному електроліті. При дотриманні умов розряду / заряду дані елементи досить безпечні в плані вибуху.

Літій-фосфатний акумулятори (LiFePO_4) - один з різновидів перезаряджаються літій-іонних акумуляторів, які використовують LiFePO_4 в якості катода. У нинішній час не дуже широко поширені. Елементи LiFePO_4 мають більш високу розрядку і не вибухають в екстремальних умовах, але у них більш низькі напруга і щільність струму, ніж у нормальних літій-іонних елементів.

Ще один тип літієвих елементів - полімерно-літієві акумулятори можуть служити недорогою заміною для своїх іонно-літієвих побратимів. Вони мають ще більш високою енергетичною щільністю (175 Вт.ч / кг) і малим струмом розряду, але їх використання обмежене низьким струмом навантаження. Типове кількість циклів заряд - розряд не перевищує 150.

Натрій нікель-хлоридні акумуляторні батареї (ZEBRA) були винайдені в кінці 1980х років спеціально для потреб електротранспорту. В даний час вони доступні для покупки, і все більше виробників електромобілів пропонують установку акумуляторних батарей ZEBRA як дешевшу і практичною заміні літій-іонним акумуляторам. Акумулятори ZEBRA є продовжувачами ідеї гарячих натрій-сірчаних акумуляторів. Основною причиною відмови від натрій-сірчаних акумуляторів на користь натрій нікель-хлоридних з'явився факт високої корозії керамічного твердого електроліту в натрій сірчаних акумуляторах в процесі циклювання, що призводило до малого терміну життя батарей. В натрій нікель-хлоридних акумуляторах використовуються дешеві складові - розплавлений натрій, хлорид нікелю (II), керамічний твердий електроліт і розплавлений алюмохлорид натрію (NaAlCl_4) в якості рідкого електроліту. Для роботи цього акумулятора необхідно підтримувати внутрішню температуру на рівні $270\text{-}350^\circ \text{C}$. Тому акумуляторні батареї ZEBRA мають в своєму складі нагрівач, повітряний охолоджувач і упаковані в сталевий двостінний ізоляційний корпус, між стінками якого є вакуумна прошарок. Тривалий термін життя і хороші

показники цікліруемості ставлять натрій-нікель-хлоридні акумулятори на одне з перших місць серед існуючих акумуляторів. На даний момент єдиною суттєвою перешкодою є ціна даного типу батарей. Як тільки відбудеться зниження ціни одного кіловат-години ємності батареї до рівня 300USD, що реально можна досягти (собівартість виробництва складає менше 150USD за 1 кВт · год), то електромобілі середнього радіусу дії стануть широко використовуваною реальністю.

Дослідження в області нікель-металгідридних батарей почалися в 1970-х як вдосконалення нікель-водневих батарей, оскільки вага і обсяг нікель-водневих батарей не задовольняв виробників (водень в цих батареях перебував під високим тиском, що вимагало тривалого і важкого сталевих корпусу). Використання водню у вигляді гідридів металів дозволило знизити вагу і об'єм батарей, також знизилася і небезпека вибуху батареї при перегріванні. Починаючи з 1980-х була істотно поліпшена технологія виробництва NiMH батарей і почалося комерційне використання в різних областях. Успіху NiMH батарей сприяла збільшена ємності (на 40% в порівнянні з NiCd), і використання матеріалів, придатних до вторинної переробки. NiMH батареї можуть витримувати менші потужності навантаження в порівнянні з NiCd батареями. Використання при високому навантаженні і зберігання при підвищеній температурі веде до зменшення терміну життя батареї. NiMH батареї схильні до більшого саморазряду, ніж NiCd. Для творців електромобілів є обмеження: для використання в електромобілях NiMH батареї не продаються. Причина - корпорація Техасо викупила патент на нікельметалгідридні батареї у General Motors і тепер об'єднана Техасо / Chevron не дає ліцензій на виробництво акумуляторних елементів великого розміру до кінця 2014 року.

Винайдено шведом Вальдмаром Юнгнер (Waldmar Jungner) в 1899 році. В ті часи матеріал для нікель-кадмієвих акумуляторних батарей був дорогим у порівнянні з іншими акумуляторами і використання цього типу батарей обмежилось невеликим числом місць застосування. Початок герметичним нікель-кадмієвих батарей поклало

вишукування в 1932 році розташування активного матеріалу всередині пористого нікелевого електрода. З 1947 стали серійно випускатися герметичні нікель-кадмієві батареї, які не сильно відрізняються від сучасних. У цих батареях утворюються при зарядці газу рекомбінують і не виходять за межі батареї, що виключає необхідність стеження за рівнем і періодичного доливання електроліту.

Для нікель-кадмієвих батарей краще швидка імпульсна зарядка ніж повільна постійним струмом. Ці батареї можуть видати велику потужність, що визначає їх вибір для такого міцнісного навантаження, як двигун електромобіля. Нікель-кадмієві батареї єдиний тип батарей, який витримує повну розрядку при великому навантаженні без будь-яких наслідків. Решта типів батарей вимагають неповної розрядки при відносно невисоких потужних навантаженнях.

Нікель-кадмієві батареї не люблять тривалої зарядки при епізодичній невеликому навантаженні. Періодична повна розрядка необхідна - при відсутності повної розрядки на електродах утворюються великі кристали металу (що призводить до прояву так званого "ефекту пам'яті") - акумулятор стрибкоподібно втрачає свою ємність. Для довгої і ефективної роботи NiCd батареї необхідні цикли обслуговування батареї - повна розрядка з наступною повною зарядкою, виходячи з більшості рекомендацій - раз на місяць, в крайньому випадку раз в 2-3 місяці.

На даний момент є варіанти заміни кадмієвого електрода на менш токсичні компоненти (наприклад, нікель-металгідридні батареї), але в порівнянні з нікель-кадмієвих батареями вони несуть меншу ємність і щільність потужності і дорожчі.

Перші роботи по дослідженню хімічних конденсаторів проводилися в середині 19 століття Гемгольцем. Тоді ж їм було тереоретично описано будову подвійного електричного шару на поверхні електродів і передбачення використання даного явища в пристроях для запасання енергії.

Перші практичні результати наукових робіт, пов'язаних із застосуванням суперконденсаторів відносяться до середини 20 століття, коли з'явився широке коло матеріалів, що дозволяють практично реалізувати ідею суперконденсатора. З іншого боку, розробку нових типів конденсаторів підстобувала потреба промисловості в потужних, швидко заряджаються джерелах струму з великим ресурсом.

Роботи по поліпшенню властивостей електрохімічних конденсаторів привели до появи в кінці 20 століття суперконденсаторів з ємністю до $10 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{кг}$, що дозволило використовувати суперконденсатори для потреб гібридного і електротранспорту. Кращі характеристики з представлених промислових зразків суперконденсаторів були заявлені російськими компаніями ЕСМА і Інкар-М. Також виробляються суперконденсатори для потреб автотранспорту в Німеччині компанією Epcos. Слід зазначити продукти фірм Maxwell Technologies, NessCap, Panasonic. Цікаві розробки ведуться фірмою Evans Capacitor, де створено новий тип суперконденсаторів - гібридні суперконденсатори. Кращі вироблені суперконденсатори мають густину енергії на рівні $10\text{-}12 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{кг}$, масові - $5\text{-}6 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{кг}$. Велике падіння напруги при розряді і висока вартість, до USD10 за кілоджоуль накопиченої енергії при нинішньому мілкосерійному виробництві суперконденсаторів стримують застосування суперконденсаторів. При розширенні виробництва вартість може бути зменшена в 7-10 разів.

Цинк-повітряні елементи живлення відомі давно і відносяться до хімічних паливним елементам. Перевагами, що дозволили зайняти цю нішу цинк-повітряним первинним хімічних джерел струму стала висока ємність і тривалий термін зберігання в неактивованому стані.

Пристрій механічно перезаряджаються цинк-повітряних батарей просто: в ємність, розділену на відсіки вставляються незнімні електроди, на яких адсорбується і відновлюється кисень повітря і знімні касети, які заповнюються гранулами цинку (витратний матеріал анода). В якості електроліту використовується гідроксид калію, між позитивним і негативним

електродами прокладається сепаратор. Для початку використання цинк-повітряного елемента виймається пробка, перешкоджає доступу повітря всередину. В результаті окислення цинку до оксиду цинку з'являється ЕРС, яка дорівнює 1,65В.

Після вироблення активного матеріалу цинк-повітряну батарею потрібно зарядити - замінити гранули окисленого цинку в анодній касеті на свіжий цинк. Даний процес нагадує заправку паливом автомобілів з ДВС - для електротранспорту з цинк-повітряними батареями потрібно розвинена структура цинкозаправок, цинковози і цинк-переробні підприємства, на яких електро-хімічними методами відновлюється оксид цинку з відпрацьованих анодів, тому справедливо назвати цинк-повітряні елементи "паливними". Причиною використання такої складної технології є те, що цинк повітряні елементи живлення мають щільність енергії в 2-2,5 рази більшу, ніж у найбільш ємних з поширених на сьогоднішній час - літій іонних акумуляторів.

У зв'язку з рідкісним застосуванням паливних елементів в промисловості, інші розробки розглядати не будемо.

У таблицю 6.1 зведені поширені види джерел струму.

Таблиця 6.1 - Існуючі види джерел струму

Джерело	Енергетична потужність Вт · год / кг	Термін служби (циклів заряда- розряду)
Свинцево-кислотні акумулятори	30	300
Нікель-кадмієві акумулятори	40 - 60	1500
Нікель-металогідридні акумулятори	75	500
Іонно-літєві акумулятори	100	500
Полімерно-літєві акумулятори	175	150
Літій-фосфатні акумулятори	65	2000
Нікель-марганцеві акумулятори	60-120	500
Нікель-хлоридні акумулятори	85	Більше 1000
Суперконденсатори	10	необмежено
Цинк-повітряні паливні батареї	220	необмежено

В даний час найбільш поширеним вибором для конвертації автомобіля з ДВС в електромобіль є, перевірена часом, герметизована свинцево-кислотна акумуляторна батарея. На цьому типі батарей зупинимося для використання в проекті.

Для зазначення номінальної ємності виробники використовують розрахунок видаваного акумулятором струму протягом стандартного часу (якщо не вказано значення цього часу в специфікаціях, то воно зазвичай дорівнює 20 годинам для великих акумуляторів). Тобто, якщо в маркуванні акумулятора зазначено, що його ємність дорівнює $100\text{А} \cdot \text{год}$, то це означає, що він може жити навантаження струмом 5А протягом 20 годин.

Все б було добре, але є одна не дуже приємна закономірність: чим більше навантаження на акумулятор, тим менший відсоток видавної ємності (акумулятор $100\text{А} \cdot \text{год}$ може видавати струм 100А протягом менше 1 години), тобто реальна потужність акумулятора зменшується зі збільшення навантаження струму. Але при русі електромобіля з зупинками відбувається часткове відновлення ємності.

Причина цього явища пов'язана з тим, що всередині акумулятора струм тече завдяки іонній провідності. Якщо іонна провідність електроліту досить висока і не несе особливого значення, то процес перенесення іонів всередині пластин акумулятора і подолання ними фазового розділу поверхні електрода електроліт відбувається досить повільно. Тобто при швидкому розряді якась частина іонів не встигає вийти з електрода в електроліт (або увійти з електроліту в електрод) за час розряду, що обмежує видаєваному акумулятором ємність.

Математична модель цього процесу була описана в 1897 році Пекертом (Peukert). Він емпірично встановив, що відношення між розрядним струмом I і часом розряду акумулятора T (від повністю зарядженого до повністю розрядженому) являє собою константне відношення, і може бути описано формулою:

$$Cp = I^n \cdot T. \quad (6.1)$$

де Cp - ємність Пекерта (константне відношення для даного акумулятора);
 n - експонента Пекерта. Експонента Пекерта завжди більше одиниці, чим більше n , тим менше здатність акумулятора віддавати повну ємність при підвищеному навантаженні. Найменше значення експоненти Пекерта мають літій-залізні, літій-марганцевої, літій-полімерні і свинцево-кислотні акумулятори з електродами рулонного типу. Одне з найбільших значень n у недорогих тягових свинцево-кислотних батареях.

Експонента Пекерта зазвичай розраховується на підставі вимірювання часу повного розряду (T_1 і T_2) для двох різних струмів (I_1 і I_2). Для приблизних розрахунків можна використовувати таблиці або графіки розрядки, що надаються виробником акумулятора. Так як Cp - константа, ми можемо записати таке рівняння:

$$Cp = I_1^n \cdot T_1 = I_2^n \cdot T_2. \quad (6.2)$$

перетворюючи вираз, отримуємо формулу розрахунку експоненти Пекерта:

$$n = \log(T_2/T_1) / \log(I_1/I_2). \quad (6.3)$$

Грунтуючись на знанні значень експоненти Пекерта і ємності Пекерта можна розраховувати час роботи акумулятора при певному навантаженні:

$$T = Cp / I^n. \quad (6.4)$$

Для свинцево-кислотних акумуляторів 1,3-1,6. Невизначеність її визначається якістю виготовлення, віком батареї.

При розрахунку батареї будемо виходити з-того, що електромобіль буде

використовуватися для внутрішньоміських поїздок з частими зупинками на світлофорах, пробках і визначимо час поїздки періодом 15 хвилин, це цілком реально для середнього українського міста. При середній швидкості 40 км / год і дальності ходу 80 км необхідний час ходу 2 години чистого часу.

При середньому струмі споживання електродвигуна 50 Ампер розрахуємо ємність акумулятора:

$$C_p = I^n \cdot T = 2 \cdot 50 = 100 . \quad (6.5)$$

З запропонованого ряду типових батарей виберемо для використання в проекті батареї ємністю 130 А/ годину.

З наявних у продажу на ринку акумуляторів найкращу репутацію при оптимальній вартості мають акумулятори Мінн Кота МК-31-AGM ємністю 130 А / год.

7 ЖИВЛЕННЯ БОРТОВОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Пристрій живлення бортового обладнання призначене для забезпечення енергією приладів і освітлювального обладнання.

У зв'язку з тим, що електромобіль використовує серійне обладнання для автоматизації процесів вимірювання фізичних параметрів, як і звичайний автомобіль, то і енергетичне забезпечення повинно бути стандартним, а саме напругою 12В

Для нашого електромобіля застосуємо серійний акумулятор ємністю 60 А / год, розрахований за наведеною нижче таблиці і передбачає 10% запасу енергії. Кількість споживаної енергії зведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1- Споживання струму обладнанням електромобіля

Найменування	Споживання струму, А	Час безперервної роботи	Споживана від батареї ємність А / год
фари ближнього світла	14	1	14
Прилади показують	2	1	2
Габаритні ліхтарі	8	2	16
Інші зовнішні ліхтарі	4	1	4
Обігрівач салону, клімат-контроль	15	0.5	7.5
Гідропідсилювач керма	5	1	5
Насос гальмівної системи	5	1	5
Електродвигун двірників	6	0.05	0.3
Загалом	59		53.8

Для поповнення енергією бортовий батареї доцільно використовувати значний запас енергії тягової батареї. Для перетворення рівнів напруг

застосуємо конвертор типу DC / DC 72 В / 12 В. З наявних на ринку використовуємо конвертер SD-150C-12, виробництва Тайвань

8 ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ОПАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

8.1 Способи опалення салону електромобіля

Питання опалення салону актуальний в зимовий період, а також важливо мати джерело опалення для видалення вологи з внутрішньої поверхні лобового скла при його відсирівання, при високій вологості або різкому перепаді температур, наприклад при різкому похолоданні під час дощу.

Для автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння відбір тепла від нього і подача в салон вирішується досить легко. З електромобілями це проблематично. Джерелом енергії на борту є тягова батарея, але ця енергія потрібна для приведення в дію електродвигуна і її бажано економити. Тому завжди обговорюється спосіб опалення салону на стадії проектування.

Для обговорення пропонується:

- електричний обігрівач з відбором енергії від тягової батареї.
- газовий обігрівач від балона з газом на борту електромобіля
- паливний обігрівач з харчуванням на бензині, солярці, спирті.

Виробляється теплова енергія може подаватися безпосередньо в салон шляхом нагрівання повітря або нагрівання теплоносія системи опалення. Перший спосіб може мати пожежну небезпеку при наявності відкритого вогню в приладі вироблення тепла або токсичність. Другий спосіб дозволяє використовувати систему опалення аналогічну серійного автомобіля, а джерело відкритого вогню винести за межі салону і відповідним чином забезпечити його безпеку з безпечним викидом відпрацьованих газів за межі автомобіля.

Електричний обігрівач найбільш простий у виготовленні, компактний, придатний для безпосереднього нагрівання повітря. Негативні риси: деякий висушування повітря, що може вплинути на комфортність і друга, що не продуктивне зменшення запасу енергії тягової батареї. Другий недолік згодом втратить актуальність при отриманні від промисловості акумуляторних

батарей задовольняють вимогам електротранспорту: компактність, легкість, висока ємність, відносна дешевизна.

Газовий обігрівач декілька привабливий через його екологічної чистоти, але його вибухонебезпечність трохи бентежить в застосуванні. Деякі виробники електромобілів відмовляються від газового обігрівача саме через це його нестачі. У разі застосування цього способу опалення легко застосувати існуючі грубки автомобілів з повітряним охолодженням двигуна внутрішнього згоряння. Наприклад, відомий вітчизняний автомобіль ЗАЗ-968 мав такий обігрівач і він легко переводиться на газове паливо. З його допомогою забирається повітря зовні салону і після нагріву подається до будинку електромобіля.

Паливний обігрівач досить поширений в даний час. Його вартість досить висока, але його легко вбудувати в існуючу систему рідинного опалення. Це особливо важливо при конвертації серійного автомобіля в електромобіль. Вибір палива, як кому подобається автора проекту або власника електромобіля.

8.2 Способи опалення салону електромобіля

Перш ніж визначитися з типом обігрівача, порахуємо потужність, яка потрібна для обігріву салону.

Відповідно до ГОСТ 30494-96 внутрішня атмосфера електромобіля підпадає під категорію 3б, що вимагає забезпечення температури в діапазоні 13-17 °С при вологості 30-60%.

Процес стаціонарної теплопровідності описується рівнянням Фур'є

$$Q = -\lambda dt/dx. \quad (8.1)$$

де Q - тепловий потік, що проходить через одиницю перпендикулярної йому поверхні, Вт / м²;

λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт / (м · ° С);

dt - температура змінюється уздовж шляху перетину поверх- ності, ° С;

dx - товщина ділянки матеріалу, м.

Ставлення dt / dx називається градієнтом температур ($gradt$) і має розмірність °С / м.

Для стінки завтовшки σ формула набуде вигляду:

$$Q = \lambda(t_1 - t_2)/\delta. \quad (8.2)$$

Співвідношення $\sigma / \lambda = R$ називається термічним опором матеріального шару і має фізичну розмірність м² · ° С / Вт. Термічний опір шару - це опір теплопровідності, рівне різниці температур на протилежних поверхнос тях шару при проходженні через нього теплового потоку з поверхневою щільністю 1 Вт / м². Витрата тепла:

$$Q_t = Q \cdot A = A \cdot (t_1 - t_2)/R. \quad (8.3)$$

де A - площа поверхні, м².

Крім процесу теплопровідності в транспортному засобі існує ще і повітропроникність (інфільтрація). Повітропроникністю називають витрати повітря (G , кг) яка проходить через 1 кв.м. огорожі за 1 годину. Повітропроникність викликана рухом електромобіля і розрахунок ведеться з умови створення перепаду тиску між зовнішнім повітрям і внутрішнім при русі транспортного засобу із швидкістю 60 км / год.

Витрата тепла на нагрівання інфільтраційного повітря визначається за формулою:

$$Q_t = 0.28 \cdot G \cdot C \cdot A(t_{\text{ви}} - t_{\text{нар}}) \cdot K. \quad (8.4)$$

де C - теплоємність повітря, кДж / (кг · ° С), $C = 1,006$ кДж / (кг · ° С);

К - коефіцієнт обліку впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях;

А - площа поверхні, м².

Зведемо в таблицю 8.1 дані відомі з довідників для розрахунку тепловтрат електромобіля

Таблиця 8.1 – Тепловтрати електромобіля

Поверхня	Теплопровідність, Вт / (м ² · °С)	Термічний опір м ² · °С / Вт	Повітря проникність G, кг / (м ² · год)
Вікно	8.0	-	-
Дах з шумоізоляцією без перфорації	6.5	-	-
Бокові стінки з повітряним проміжком	5.5	-	-
Двері	12.0	-	1.5
Лобове скло	8.5	-	5.0

Тепловтрати салону електромобіля складаються з втрат через скло кузова, стінки кузова, окремо виділимо втрати через лобове скло, інфільтрація через ущільнення. Нагрівання припливного повітря не розглядаємо в зв'язку з тим, що припливний вентилятор повинен бути забезпечений власним нагрівачем.

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{лоб}} + Q_{\text{н}}. \quad (8.5)$$

Розрахунок виконаємо для зимового часу з температурою зовнішнього повітря- 20 ° С і температурою всередині салону 17 ° С.

- а) втрати через скло салону (крім лобового вікна), загальною площею 1.2 м².

$$Q_{ст} = 1,2 \cdot 34 \cdot 8,0 = 355 \text{ Вт} , \quad (8.6)$$

б) втрати через лобове скло з площею $0,65 \text{ м}^2$.

$$Q_{лоб} = 0,65 \cdot 37 \cdot 8,5 = 204 \text{ Вт}, \quad (8.7)$$

в) втрати через дах салону площею $3,52 \text{ м}^2$.

$$Q_{кр} = 3,52 \cdot 37 \cdot 6,5 = 846 \text{ Вт}, \quad (8.8)$$

г) втрати через поверхні кузова (стінки і двері). Площа дверей 1.6 кв.м. , площа стінок 2.1 м^2 .

$$Q_k = 1,6 \cdot 37 \cdot 12,0 + 2,1 \cdot 37 \cdot 5,5 = 710 + 427 = 1137 \text{ Вт}, \quad (8.9)$$

г) Інфільтраційні втрати через вікна і двері, в тому числі і лобове скло

$$Q_n = 0,28 \cdot G \cdot C \cdot A(t_{вн} - t_{нар}) \cdot K = 121 \text{ Вт}, \quad (8.10)$$

Разом загальні втрати тепла через кузов електромобіля: $Q_{общ} = 355 + 204 + 846 + 1137 + 121 = 2663 \text{ Вт}$

Теплові втрати можливо зменшувати шляхом використання сучасних ізоляційних матеріалів.

При першому прогріванні електромобіля на початку робочої зміни відбувається нагрівання повітря в салоні електромобіля. Орієнтовний обсяг повітря становить $2 - 2.5 \text{ м}^3$ (2.8 кг). Застосувавши формулу теплоємності тіла:

$$Q = cm \cdot (t_{вн} - t_{нар}), \quad (8.11)$$

де C - теплоємність повітря;

m - маса повітря.

Визначимо необхідну кількість енергії:

$$Q = 0.716 \cdot 2.8 \cdot 37 = 74.2 \text{ Кдж}, \quad (8.12)$$

Отже при потужності нагрівача 2,663 Квт повітря всередині салону можливо нагріти за 28 секунд.

Розрахунок показує, що для забезпечення комфорту всередині салону електромобіля необхідно підібрати нагрівальний пристрій потужністю 2,6- 3 Квт.

Наш розрахунок добре підтверджується практикою. Недавно анонсований електромобіль BMW Mini E має електричний обігрівач салону потужністю 3 кіловати живиться від тягової батареї.

Наш розрахунок добре підтверджується практикою. Недавно анонсований електромобіль BMW Mini E має електричний обігрівач салону потужністю 3 кіловати живиться від тягової батареї.

8.3 Підбір обігрівача салону

Перш ніж підбирати обігрівач визначимося з видом нагрівача.

Нехай це буде електричний обігрівач, як найбільш простий у використанні, найбільш дешевий, що актуально. Тому, що ми ставимо завдання створити економічно дешевий примірник електромобіля. При цьому усвідомлюємо необхідність пожертвувати енергією тягової батареї на шкоду дальності пробігу. При використанні електромобіля для поїздок на роботу і з роботи, а в цій якості він зазвичай і використовується, втрати енергії не суттєво погіршують проблему енергетики електромобіля.

Пошук на російському ринку електропідігрівачів вивів на нагрівачі СКП виробництва «Заводу з виробництва ТЕНів» в місті Сергієв Посад

Московської області. Виробник готовий виготовити під замовлення електронагрівачі СКП будь-якої форми і будь-який потужності. Таким чином можливо отримати нагрівача для установки в зручне для водія місце в салоні електромобіля. Повне найменування нагрівача для замовлення СКП-10,0-10,0-3,0-72. Площа поверхні нагрівання 1225 мм. Кількість пластин нагріву може бути будь-який, в тому числі можна обійтися однією пластиною.

ВИСНОВКИ

Розроблена система електропостачання електромобіля призначена як для серійно випускається електромобілів, так і для тих, що розробляються.

В ході роботи над дипломним проектом було проведено детальний аналіз існуючих систем електропостачання електромобіля і перспектив розвитку таких систем, розроблені функціональна і електрична принципова схеми системи електропостачання електромобіля і алгоритм її роботи, зроблений вибір і розрахунок елементів електричної принципової схеми, розроблені друкована плата контролера і технологія її виготовлення, проведений розрахунок витрат на розробку і створення інноваційного проекту, розглянуті питання екологічності та без небезпеки і зроблено розрахунок вентиляції ділянки виготовленні друкованих плат.

Розроблену систему електропостачання електромобіля можливо застосувати як основу для створення малосерійних електромобілів, конвертації серійних автомобілів в електромобіль, що безсумнівно сприятливо вплине поліпшення екологічної обстановки в світі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Партала О.Н. Радиокomпоненты и материалы Справочник Радиоматор.- Москва, 1998. –720 с.
2. Сосин Д.А., Яковлев .Ф. Новейшие автомобильные электронные системы.- Київ, 2005. – 240 с.
3. Александров К.К., Кузьмин Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы –Харків, 1990. – 288 с.
4. Александров К.К., Колотилина Т.Ф., Кузьмина Е.Г. Оформление конструкторской документации в электротехнике. 1985. – 88 с.
5. Бусыгин Б.П. Электромобили (методы расчёта). –Москва, 1979. –74 с.
6. Скотников В. А., Мащенский А. А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. –Москва, 1986. – 383с.
7. Щетина В. А., Морговский Ю.Я., Богомазов В.А. Электромобиль : Техника и экономика; Под общ. ред. Щетины В. А. – Л.: Машиностроение, 1987. – 253 с.
8. Козловский А.Б., Яковлев А.И. Испытательные циклы электромобиля – Л.: Автомобил.промышленность, 1983- 12 с.
9. Трантер А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей – С.–П.: Наука, 2001 - 283с.
10. Четверткова И.И. Резисторы – М.: Энергоиздат, 1973 – 150с.
11. Лавру В.С. Источники энергии- М.: Наука и техника, 1997-200с.
12. Вплив вихлопних газів на дітей [Електронний ресурс] / Зеленое спасание. Экологическое общество. [http://www.greensalvation.org/index.php?page=influence AvtoZV](http://www.greensalvation.org/index.php?page=influence%20AvtoZV)
13. Резолюция о запрете производства автомобилей с ДВС с 2030 года [Электронный ресурс] / Бундесрат Германии. — Режим доступа: [http://www.bundesrat.de/EN/homepage/homepage- node.html](http://www.bundesrat.de/EN/homepage/homepage-node.html)

14. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Tesla Model S [Электрон- ный ресурс] / Официальный сайт компании Tesla Motors. Режим доступа: <https://www.tesla.com/>

15. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Nissan Leaf [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Nissan Motor Co., Ltd : <https://www.nissanusa.com/electric-hybrid-cars>

16. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Renault KANGOO Z. E. [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Renault Group. <https://www.renault.ru/vehicles/range/kangoo-ze.html>

17. Основные характеристики и способы зарядки электромобиля Ford Focus Electric [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Ford Motor. па <https://www.ford.com/cars/focus/2017/models/focus-electric/>