



- © Ю.М. Оверченко, в.о. провідного інженера,
- © Л.В. Горпинюк, в.о. наукового співробітника (ДП “ДержавтотрансНДПроект”)

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ МАЛОЛІТРАЖНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ У ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ

Анотація. Розглянуто основні конструктивні схеми електромобілів, вимоги до їх конструкції та доцільність використання.

Ключові слова: електромобіль, електричний двигун, акумуляторні батареї, екологія, схема електромобіля, переобладнання.

Аннотация. Рассмотрены основные конструктивные схемы электромобилей, требования к их конструкции и целесообразность применения.

Ключевые слова: электромобиль, электрический двигатель, аккумуляторные батареи, экология, схема электромобиля, переоборудование.

Annotation: The principal design scheme electric cars, the requirements for their design and expediency of application.

Keywords: electric car, electric motor, batteries, ecology, design of the electric car, conversion.

Вступ

Останніми роками все гостріше постає проблема використання електромобілів (далі – ЕМ). Провідні автоконцерни вже почали випуск серійних ЕМ, та їх ціна для середньозабіятого українського споживача є практично недосяжною.

Найголовнішим фактором, який робить ЕМ більш вигідним вже нині, є постійне зростання вартості нафтопродуктів. Окрім того, є багато додаткових факторів, які впливають на вибір суспільства на користь ЕМ, наприклад, екологічна безпека, що має місце завдяки практично відсутності шкідливих викидів до зовнішнього середовища у місцях використання [1].

У розвинених країнах стимулюється розвиток цього напрямку: ухвалюються державні загальнонаціональні програми з підтримки розвитку електротранспорту, надаються пільги як підприємствам з виробництва ЕМ, так і власникам цього виду транспорту. А власниками ЕМ можуть бути як приватні особи, так і підприємства спеціалізованого призначення для окремих виробництв чи виконання перевезень у приміщеннях або місцях зкупчення людей.

Як стати власником ЕМ в Україні? Купувати в іноземного виробника за ціну, яка перевищує майже удвічі вартість такого ж автомобіля з бензиновим або дизельним двигуном? Чи можливо є інші варіанти, більш бюджетні та доступні?

Одним із таких варіантів, який практикується в Україні, є переобладнання серійного автомобіля шляхом заміни бензинового або дизельного двигуна на електричний, який приводиться в дію від енергії, що запасена в акумуляторних батареях (далі – АКБ).

Отже, розглянемо основні та більш розповсюджені схеми переобладнання автомобіля з двигуном внутрішнього згорання (далі – ДВЗ) на авто з електричним двигуном (далі – ЕД), а також головні вимоги, яких потрібно дотримуватись задля безпечного використання та експлуатації ЕМ.

Основна частина

Для виконання переобладнання звичайного серійного автомобіля шляхом заміни штатного ДВЗ на ЕД потрібно, по-перше, визначитись із самим авто, яке буде переобладнуватись. Від технічних характеристик такого автомобіля залежить



багато факторів, що вплинуть на подальшу роботу та експлуатацію ЕМ.

Отже, враховуючи такий важливий фактор, як шлях пробігу автомобіля, що залежить від збереженої в АКБ енергії та характеристик ЕД, у ролі автомобіля, що переобладнується бажано використовувати авто з невеликою спорядженою масою, тоді й необхідна енергія, що витрачатиметься для його руху, буде значно меншою, відповідно, і відстань пробігу автомобіля буде більшою.

Зазвичай, для переобладнання обирають мало-літражні авто з невеликою спорядженою масою, такі як ЗАЗ сімейства “Таврія” або “Славути”, ВАЗ-1111 “Ока” тощо. На цих автомобілях встановлюються ДВЗ з механічною коробкою переміни передач (далі – КПП).

І так, автомобіль, який буде переобладнуватися обрано. Штатний ДВЗ та його системи: охолодження, подачі палива, випуску відпрацьованих газів – повинні бути демонтовані.

Наступним етапом необхідно визначитись з ЕД та його потужністю.

У якості ЕД для ЕМ застосовуються такі декілька типів: колекторні двигуни постійного струму, асинхронні двигуни перемінного струму, синхронні двигуни перемінного струму та сучасні типи двигунів перемінного струму з вентилянням та ін.

Розрізняють сучасні види ЕД:

1. ЕД за родом напруги живлення:
 - перемінного струму;
 - постійного струму.
2. ЕД за числом фаз мережі живлення:
 - однофазний (з одною робочою обмоткою, підключається до однофазної мережі перемінного струму);
 - двофазний (має дві обмотки, зміщені у просторі на 90 градусів);
 - трифазний (підключається до трифазної мережі перемінного струму, має три обмотки, магнітні поля яких розташовані через 120 градусів).
3. ЕД за конструктивним виконанням:
 - колекторний (перемикачем струму в обмотках і датчиком положення ротора є той самий пристрій – щітковоколекторний вузол. Працює переважно на постійному струмі, однак сучасні електродвигуни, так звані універсальні колекторні двигуни, можуть одночасно працювати на постійному та перемінному струмі);
 - безколекторний (вентильні двигуни постійного струму виконані у вигляді замкнутої системи з датчиком положення ротора, інвертором та перетворювачем координат).
4. ЕД за принципом роботи:
 - синхронні (електромеханічна машина, в якій ротор обертається синхронно з магнітним полем перемінного струму);
 - асинхронні (частота обертання ротора асинхронного двигуна перемінного струму не збігається

з частотою обертання магнітного поля, яке створюється струмом обмотки статора).

5. ЕД за способом збудження:

- зі збудженням від постійних магнітів;
- із паралельним збудженням;
- із послідовним збудженням;
- із послідовно-паралельним збудженням.

Найбільше розповсюдження в ЕМ отримали двигуни постійного стуму з послідовним збудженням. Водночас застосовуються двигуни постійного стуму з паралельним збудженням, які дають змогу реалізувати режим рекуперації енергії при гальмуванні, тобто повернення енергії гальмування у тягову батарею.

Асинхронні ЕД застосовуються доволі часто. Вперше його використали при електрифікації автомобіля УАЗ в 70-х роках. Зараз цей тип ЕД широко застосовують на серійних гібридних та суто електричних автомобілях. Але для таких двигунів контролер керування дещо дорожчий, ніж для двигунів постійного струму. Тому в одиничних екземплярах ЕМ він використовується рідко.

Синхронні ЕД можна застосувати на ЕМ, але реально практикують це не дуже часто через жорсткість їхніх пускових (стартових) електромеханічних характеристик.

Останнім часом багато розробляється ЕД з вентиляційним керуванням. Вони характеризуються потужним електронним пристроєм керування на основі мікропроцесорних систем. Такі ЕД перспективні для використання в ЕМ, вони компактні, мають високу питому потужність на одиницю ваги, але їх застосування стримує велика вартість.

Також, при виборі ЕД, за характеристиками ваги, крутного моменту та частоти обертання валу ЕД потрібно намагатись не перевищити характеристик штатного ДВЗ, який застосовувався на автомобілі до його заміни на ЕД.

Існує залежність [2] для визначення потужності, що необхідна для руху автомобіля:

$$N = gF_{\text{тр}}mV + C_xSV^2 + gm \sin \alpha, \quad (1)$$

- де: g – прискорення вільного падіння;
 $F_{\text{тр}}$ – тертя кочення по асфальту;
 m – повна маса колісного транспортного засобу (далі – КТЗ);
 V – швидкість руху, максимальна;
 C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору;
 S – лобова площа кузова;
 α – кут нахилу дорожнього полотна.

Як видно з рівняння (1), потужність двигуна, необхідна для руху автомобіля, залежить від вагових та габаритних характеристик автомобіля, умов експлуатації та бажаної швидкості руху.

Також необхідно враховувати вихідний коефіцієнт корисної дії (ККД) вузлів ЕМ: двигуна,



редуктора головної передачі, контролера з втра-
тами на проводах і контакторах тощо.

Далі визначаємось з місцем розташування ЕД в трансмісії ЕМ. Може бути три варіанти: 1) ЕД підключається безпосередньо до ведучого колеса; 2) ЕД підключається до осьового диференціалу ведучого моста; 3) ЕД підключається до первинного валу КПП.

Кожен із варіантів має свої переваги та недо-
ліки. Враховуючи, що використовується для пере-
обладнання серійний автомобіль, останній (третій)
варіант підійде найбільше. В автомобілі вже існу-
ють всі вузли трансмісії для підключення ЕД.

ЕД з'єднується через перехідну плиту (план-
шайбу) зі штатною КПП авто зі збереженням орі-
єнтації та співвісності валів. Використання КПП
дасть змогу ефективніше керувати автомобілем
при різних режимах руху та є більш звичним для
переважної кількості водіїв. Зчеплення можна і не
застосовувати – синхронізатори КПП та навички
водіння нададуть змогу перемикаати передачі й без
нього, й більш того, ще й зменшить механічні
втрати енергії на перемикаання та додасть, хоча
й не суттєву, довжину пробігу.

Встановлення силового агрегату (ЕД з КПП)
повинне бути виконане без зміни основних точок
його кріплення на штатні опори автомобіля. Кон-
струкція перехідних елементів повинна забезпечу-
вати необхідну жорсткість та надійність кріплення
силового агрегату.

Для керування роботою ЕД повинен бути вста-
новлений відповідний регулятор напруги та
командоконтролер керування регулятором (елек-

тронна педаль). Максимальна напруга живлення
ЕД має бути обмежена відповідно до його техніч-
них характеристик. Система керування роботою
ЕД повинна забезпечувати його сталу роботу на
всіх режимах руху ЕМ.

У моторному відсіку варто встановити та
надійно закріпити АКБ для забезпечення жив-
лення штатних електроспоживачів ЕМ, таких як
зовнішні світлові прилади, освітлення, привод
склоомивача та склоочисників, вентилятор обдуву
тощо, розраховані на напругу 12 В.

У підкапотному та, за необхідності, багажному
відсіках ЕМ необхідно обладнати місця для вста-
новлення та закріплення тягових АКБ – блоків
батарей. Означені відсіки повинні мати систему
вентиляції для забезпечення відведення назовні
газів, що виділяються під час заряджання АКБ.
Від кількості АКБ залежить і запас ходу ЕМ, бо
саме в них накопичується необхідна енергія для
живлення ЕД.

Розмаїття та характеристики АКБ дають змогу
власнику самому вирішувати, які саме використо-
вувати, але необхідно пам'ятати про їх вагу, бо від
кількості застосованих АКБ будуть зростати
і навантаги на осі ЕМ, а їх перевищувати не допус-
тимо (табл. 1). Також необхідно враховувати стій-
кість АКБ до перезаряджання і максимального роз-
ряду – від цих показників залежить їх термін
використання [3].

Для поновлення енергії АКБ повинен засто-
суватись зарядний пристрій, розрахований на від-
повідні до характеристик та сумарної кількості
АКБ силу струму та напругу. Зарядний пристрій

Таблиця 1

Найпоширеніші види джерел

Джерело струму	Енергетична потужність Вт-год/кг	Термін служби (циклів зарядки- розрядки)
Свинцево-кислотні акумулятори	30	300
Нікель-кадмієві акумулятори	40-60	1500
Нікель-металогідридні акумулятори	75	500
Іонно-літієві акумулятори	100	500
Полімерно-літієві 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



може використовуватись як стаціонарний, що розташовано та закріплено в ЕМ, так і зовнішній (розташований в гаражі, на зарядній колонці тощо), з можливістю підключення до джерела струму.

Силова проводка повинна бути виконана проводом відповідного перерізу (наприклад типу ПР-25), який має бути прокладений та захищений вогнестійким рукавом та надійно зафіксований на кузові ЕМ.

Силу електромережу потрібно захистити плавким запобіжником, розрахованим на відповідну силу струму та розташованим як найближче до тягових АКБ, а також обладнати механічним розмикачем ("червона" кнопка).

Електромережа ЕД повинна бути захищена встановленням електромагнітного контактора, розрахованого на відповідну силу струму, який має запобігати несанкціонованому керуванню регулятором напруги.

В системі регулювання рухом КТЗ, переобладнаного на ЕМ, необхідно передбачити такі блокування:

- уникнення можливості початку руху при натиснутому положенні приводу керування роботою регулятора напруги ("педаля газу");
- відключення силової мережі у разі пробою регулятора напруги та зриву управління системи завдань;
- уникнення можливості початку руху під час заряду тягових АКБ.

ЕМ обов'язково повинен бути обладнаний контрольною системою (індикатором) появи електричного потенціалу на корпусі.

Датчики режимів роботи двигуна та тягових АКБ необхідно сумістити з показниками на панелі приладів ЕМ.

Схема електрообладнання і електросхема з'єднань ЕМ повинні бути скориговані з урахуванням особливостей живлення споживачів електроенергії ЕМ. Джерела електроенергії і поперечний переріз провідників доцільно узгодити з потужністю і режимами роботи споживачів. Електрообладнання повинне відповідати ДСТУ ГОСТ 3940:2007

Джгути проводів та окремі проводи системи електрообладнання потрібно надійно закріпити, аби уникнути непередбаченого конструкцією контакту з деталями КТЗ. Ізоляція електропроводів КТЗ повинна виключати можливість виникнення випадкових замикань проводів з "масою" КТЗ і між собою.

Повна маса переобладнаного КТЗ на ЕМ, а також навантаження на осі при повній масі, не повинні перевищувати показників, зазначених заводом-виробником. Враховуючи цей фактор, гальмівна система ЕМ та рульове керування за конструкцією і характеристиками мають залиша-

тись без змін і відповідати вимогам виробника автомобіля та ДСТУ 3649:2010 (п.п. 6.4;7.2;7.4).

Система сигналізації та контролю гальмівних систем повинна функціонувати відповідно до вимог інструкції з експлуатації КТЗ.

Спідометр повинен бути у працездатному стані. Похибка показань спідометра має становити не більше +8 км/год на швидкості 40 км/год та +10 км/год на швидкості 60 км/год.

Усі різьбові з'єднання необхідно затягнути із зусиллям, яке передбачене інструкцією з експлуатації КТЗ, і в необхідних випадках зафіксувати спеціальними пристроями.

На переобладнаному ЕМ забороняється перевищувати максимальну швидкість, передбачену технічною характеристикою автомобіля до переобладнання та п. 12.9 "а" Правил дорожнього руху.

Висновки

Найбільш оптимальний варіант для мінімізації затрат на виготовлення ЕМ є переобладнання серійного автомобіля. У серійному автомобілі вже існують усі вузли трансмісії для підключення ЕД. Залишається лише виготовити перехідні елементи для з'єднання валів двигуна та КПП, а також для кріплення ЕД, акумуляторів та елементів управління до кузова автомобіля.

Існує велика кількість типів АКБ для ЕМ, але жодні з них повністю не відповідають усім вимогам. Більш того, питання їх вартості для ЕМ дуже гостре. АКБ є основною затратною частиною, тому проблема мінімізації затрат на їх заміну займає одне з перших місць у розрахунках при переобладнанні на ЕМ.

Характеристики ЕМ більш придатні для його внутрішньо міського використання (з обмеженою максимальною швидкістю та пробігом при порівняно гарній якості доріг), і це дає змогу знизити низку вимог до деяких конструктивних характеристик при обранні автомобіля, який переобладнується на ЕМ.

На сьогодні є змога придбання необхідного обладнання та пристроїв для будови ЕМ, або переобладнання серійного автомобіля в ЕМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щетина В.А., Морговский Ю.Я., Богомазов В.А. *Электромобиль : Техника и экономика*; Под общ. ред. Щетины В.А. – Л.: Машиностроение, 1987. – 253 с.
2. Ставров О.А. *Перспективы создания эффективного электромобиля.* – М.: Наука, 1984 – 87 с.
3. Карагодский И.В. *Электромобили (краткий литературный обзор).* – К. : ГП "ГосавтотрансНИИпроект", 1978 – 28 с.