

ПОТОЧНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Біляк В.В., Грабовецький О.В., студенти, Приймак Б.І., к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Розвиток електротранспорту в наш час йде високими темпами. Головними чинниками цього розвитку являються електродвигуни з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД), які є екологічними в роботі, та вискоємнісні акумулятори. Завдяки цим чинникам сучасні технології дозволяють впроваджувати у сферу сухопутних перевезень електричні вантажівки (electric truck), що за своїми показниками переважають автомобілі на двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ).

Мета роботи – на основі аналізу інформаційних джерел у сфері електричних транспортних засобів та використовуваних у них типів тягових електродвигунів і акумуляторних батарей висвітлити сучасний стан і тенденції розвитку вантажних електромобілів, що потрібно для формування задач дослідження виконуваних на кафедрі науково-дослідних робіт та магістерських дисертацій.

Матеріали і результати досліджень. Вантажний електромобіль – це електромобіль, основною задачею якого є перевезення вантажів. При цьому власне електромобіль – це транспортний засіб, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами змінного чи постійного струму, які живляться від акумуляторних батарей (АКБ) [1].

До переваг електровантажівок над вантажівками, обладнаними двигунами внутрішнього згорання, відносять наступні [2].

- Екологічність – вантажні електромобілі не створюють викидів CO₂.
- Тиха робота завдяки електродвигуну.
- Високий ККД електропривода – до 96%, а у ДВЗ він становить 35-40%.
- Більша надійність електродвигуна, а саме механічна зносостійкість.
- Відсутність великої коробки передач, стартера, генератора, свічок запалювання, паливного бака, спрощена трансмісія.
- Рекуперація енергії при гальмуванні дозволяє повертати до 25% енергії, витраченої на розгін.
- Електромобіль має кращі динамічні показники у порівнянні зі звичайним авто на ДВЗ при тій же еквівалентній потужності.

Серед недоліків електромобілів, порівняно зі звичними нам автомобілями на ДВЗ, можна вказати наступні.

- Недостатня кількість зарядних станцій для електромобілів.
- Малий вибір серед існуючих у продажі електромобілів.
- Велика вартість та обмежена кількість заряджання/розряджання АКБ.

Електромобілі у сфері транспортування існують вже більше сотні років, але поява літій-іонних акумуляторів дозволила збільшити пробіг електричних вантажівок, що робить їх альтернативою традиційним вантажівкам на ДВЗ.

Електровантажівки поділяються на ті ж класи [3], що й вантажівки на ДВЗ. Ці класи наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Класифікація вантажівок (електровантажівок)

Клас вантажівок	Класифікація вантажівок	Обмеження ваги
Клас 1	Легка	0–6000 фунтів (до 2 722 кг)
Клас 2a	Легка	3001–8500 фунтів (2 722–3 856 кг)
Клас 2b	Легка-середня	8 501–10 000 фунтів (3 856–4 536 кг)
Клас 3	Середня	10 001–14 000 фунтів (4 536–6 350 кг)
Клас 4	Середня	6 001–16 000 фунтів (6 351–7 257 кг)
Клас 5	Середня	16 001–19 500 фунтів (7 258–8 845 кг)
Клас 6	Середня	19501–26.000 фунтів (8 846–11 793кг)
Клас 7	Важка	26001–33 000 фунтів (11 794–14 969кг)
Клас 8	Важка	33 001 фунт (від 14 969 кг)

Джерела живлення вантажних електромобілів

Акумулятори – це хімічні джерела струму, що призначені для багаторазового використання. В середині акумуляторів знаходяться активні речовини, які регенеруються шляхом заряджання. Заряджання/розряджання акумулятора називається циклом. З кожним заряджанням та розряджанням акумулятори зношуються та мають певну кількість циклів заряджання/розряджання. Ця кількість визначає експлуатаційну довговічність акумулятора [4].

Є три основні й найпопулярніші типи АКБ – це свинцево-кислотні, літій-іонні та літій-кисневі. Їх показники наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння показників типів АКБ

Показник	Акумуляторні батареї		
	Свинцево-кислотні	Літій-іонні	Літій-кисневі
Питома енергоємність, Вт·год/кг	40-45	110..190, 250	8-13
Ємність, А·год	60-80	100-150	700-1500
Маса, кг	15-22	6-10	3-5
Кількість циклів заряджання/розряджання	500-800	1000-3000	> 2000
Вартість, тис. гривень	1-3	40-60	> 75
Рік появи	1857	1991	2013

Суперконденсатор (СК) – це конденсатор з великою електричною ємністю, що накопичує енергію в подвійному електричному шарі на поверхні пористої структури. Загалом СК мають низку переваг.

- Велику потужність (до 6500 Вт/кг).
- Високу ємність (до 3200 Ф).
- Низькі струми втрат.
- Велику кількість циклів "заряджання/розряджання" (1 000 000 циклів).
- Широкий робочий діапазон температур (від –40°C до +75°C).
- Малий внутрішній опір (до 1 мОм).

- Високу швидкодію – максимальна потужність досягається за 10-30 мкс.
- Швидке заряджання – приблизно в 6 разів швидше ніж літій-іонні АКБ.
Поряд із цим існує ряд недоліків.
- Низька питома енергія (в кращих зразках до 6-10 Вт·год/кг).
- Висока вартість (до \$0,3 США за 1 Вт·год) накопиченої енергії, що пов'язано з дрібносерійним виробництвом.
- низька напруга одиничного елемента (3-6 В).

СК ставлять у поєднанні з літій-іонними АКБ, де вони використовуються для миттєвого накопичення енергії, що виникає внаслідок рекуперації при гальмуванні електромобіля [5].

Типи тягових електродвигунів (ТЕД) електровантажівок

В електричних вантажівках в основному використовуються ТЕД, що не мають ковзних контактів. Сюди відносяться наступні двигуни.

- Асинхронний двигун (АД).
- Синхронний двигун з постійними магнітами (СДПМ).
- Вентильний реактивний двигун (ВРД).

Також існує такий тип ТЕД як мотор-колесо [6]. Перевагою електромобілів, де використовуються мотор-колеса, є спрощення конструкції, досягнення плавного ходу, високі динамічні показники, підвищення маневреності автомобіля, що забезпечує менші радіуси повороту. Також перевагою є можливість паркування в найскладніших умовах і миттєве адаптування до дорожнього покриття.

Приводи електромобілів можуть бути реалізовані з одним або декількома тяговими електродвигунами. Наприклад, мотор-колеса завжди ставлять парами. До недоліків мотор-коліс відносять наступні.

- Значна маса колеса, що призводить до прискореного зношення підвіски.
- Часто мотор-колеса комплектуються планетарним редуктором, що призводить до зменшення ККД, додаткового шуму, нагрівання, та збільшення масогабаритних показників.
- Висока вартість. У більшості мотор-коліс використовуються постійні магніти, що збільшує їх вартість [7].

В табл. 3 наведені типи тягових двигунів електровантажівок, що використовують різні виробники [8-10].

Таблиця 3 – Типи ТЕД електровантажівок

Компанія	Рік	Модель електромобіля	Тип ТЕД	Клас вантажівок
Volkswagen	2015	Volkswagen I.D. Buzz Cargo Concept	СДПМ	Клас 1
Богдан	2018	ERCV27	Мотор-колесо	Клас 7
MAN	2018	MAN eTGE	СДПМ	Клас 1
Nissan	2017	NISSAN NAVARA	СДПМ	Клас 1
Tesla Motors	2017	Tesla Semi	ВРД	Клас 8
DAF Trucks	2018	DAF CF	АД	Клас 6

Висновки. В даній статті розглянуто такий вид електромобілів як електровантажівки, їх недоліки, переваги, стан та тенденції розвитку на сьогодні. Також розглянуті основні комплектуючі – акумуляторні батареї і двигуни. Дані порівняльної таблиці засвідчують, що літій-іонні батареї є основним типом батарей, які використовуються в електротранспорті. Ці батареї часто застосовуються у поєднанні із суперконденсаторами для забезпечення можливості швидкої рекуперації енергії. Були розглянуті типи тягових електродвигунів використовуваних в електровантажівках на прикладах низки моделей, що випускаються світовими виробниками. У них використовуються асинхронні короткозамкнуті двигуни та вентильні реактивні двигуни, проте найширше застосовуються синхронні двигуни з постійними магнітами.

Висвітлення сучасного стану і тенденцій розвитку вантажних електромобілів є важливим для обґрунтування актуальності та формування задач дослідження виконуваних на кафедрі науково-дослідних робіт та магістерських дисертацій.

Перелік посилань

1. Вантажні електромобілі [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_truck [Останній доступ 01.10.2020].
2. Переваги та недоліки електромобілів [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://report.if.ua/gazeta/na-kolesah/elektromobili-vsi-perevagy-ta-nedoliky-mashyn-majbutnogo/> [Останній доступ 01.10.2020].
3. Класифікація вантажівок [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Truck> [Останній доступ 02.10.2020].
4. Акумуляторні батареї в електротранспорті Elsied M. и др. Efficient Power-Electronic Converters for Electric Vehicle Applications // Veh. Power Propuls. Conf. (VPPC), 2015 IEEE, Montr. QC,. 2015. С. 1–6. [Останній доступ 02.10.2020].
5. Типи акумуляторних батарей для електромобілів : [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ukrelektrik.com/publ/typy_akkumuljatornykh_batarej_dlja_ehlektromobilej/1-1-0-1743 [Останній доступ 11.10.2020].
6. Мотор-колесо [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Wheel_hub_motor [Останній доступ 09.10.2020].
7. Переваги та недоліки мотор-коліс [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.electra.com.ua/ebike/196-kakoe-motor-kolesoluchshepryamoprivodnoe-ili-reduktornoe.html> [Останній доступ 11.10.2020].
8. Електровантажівка Volkswagen_I.D._Buzz [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_I.D._Buzz [Останній доступ 09.10.2020].
9. Електровантажівка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2018/11/22/642899> [Останній доступ 09.10.2020].
10. Електровантажівка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://specmachinery.com.ua/ua/news/trucks/4167-elektrychni-modeli-man-otrymaly-yevropeysku-transportnu-premiyu> [Останній доступ 10.10.2020].
11. Електровантажівка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nissan-single.com.ua/elrt/> [Останній доступ 10.10.2020].
12. Електровантажівка [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla,_Inc. [Останній доступ 10.10.2020].
13. Електровантажівка [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/DAF_Trucks [Останній доступ 10.10.2020].