

УДК 255:29.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ ND-11 З ПОВНОЮ ЗАМІНОЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА ПНЕВМАТИЧНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ

М. М. Яцина

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: salenko2006@ukr.net

Розглянута тенденція розвитку електромобілів, встановлені їх переваги та недоліки, приведено порівняння різних електрокарів, існуючих у сьогоднішній, а також умови їх роботи. При модернізації транспортного засобу розглянуто повну заміну електрорушія на пневморушій з подальшим розрахунком тягово-швидкісних характеристик на основі отриманих параметрів досліджуваної моделі, описано переваги та недоліки пневмоапаратури.

Ключові слова: тягово-швидкісна характеристика, пневматичні системи управління, пневмокар, високоенергоємні акумулятори, електромобіль.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ND-11 С ПОЛНОЙ ЗАМЕНОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ПНЕВМАТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ

Н. Н. Яцына

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: salenko2006@ukr.net

Рассмотрена тенденция развития электромобилей, установлены их преимущества и недостатки, приведено сравнение различных электрокаров, существующих в настоящем, а также условия их работы. При модернизации транспортного средства рассмотрена полная замена электропривода на пневмопривод с последующим расчетом тягово-скоростных характеристик на основе полученных параметров исследуемой модели, описаны преимущества и недостатки пневмоапаратуры.

Ключевые слова: тягово-скоростная характеристика, пневматические системы управления, пневмокар, высокоэнергоемкие аккумуляторы, электромобиль.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Електромобіль – автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від акумуляторів або паливних елементів тощо, а не двигуном внутрішнього згорання. Електромобіль слід відрізнити від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання і електричною передачею і від тролейбусів. Підвидами електромобіля вважаються електрокар (вантажний транспортний засіб для руху на закритих територіях) і електробус (автобус з акумуляторною тягою). Однак електромобіль не є єдиним транспортним засобом з альтернативним силовим агрегатом. Все більше розповсюдження отримує пневмокар і не лише як самостійний транспортний засіб, а й як додаткова силова система на електромобілі.

Аналіз попередніх досліджень. Швидкий розвиток альтернативних транспортних засобів наприкінці ХХ століття був зумовлений зростання цін на органічне паливо, його швидка вичерпаність з надр землі, а також потужним забрудненням навколишнього середовища продуктами згорання органічних палив.

Окрім того, електромобілі мають свої переваги. Електромобілі відрізняються низькою вартістю експлуатації, а саме, споживає 4–0,25 кВт/год. на один кілометр шляху. Акумуляторні батареї служать близько трьох років, або 85000–100000 км пробігу. ККД електродвигуна становить 90–95 %. У міському циклі автомобіль використовує близько 3 к.с. двигуна, таким чином міський автотранспорт може бути замінений на електромобілі.

Існує свого роду проблема у даному автомобілі – електромобілі відрізняються низьким рівнем шуму від звичайних транспортних засобів, оснащених ДВЗ, а це може створювати проблеми для пішохо-

дів, які, переходячи дорогу, часто орієнтуються на звук автомобіля. У деяких країнах навіть пропонується штучно підвищити рівень шуму електромобілів. Зрозуміло, різкий шум працюючого потужного електродвигуна важко з чимось сплутати, шум електроприводів тролейбуса, електрокара, поїздів метро широко відомий, а на електромобілях необхідно встановлювати пристрої для створення шуму під час руху.

Так як будь-який транспорт має свої недоліки, то й акумулятор за півтора століття еволюції так і не досяг характеристик, що дозволяють електромобілю на рівних конкурувати з автомобілем за запасом ходу і ціною, незважаючи на значне вдосконалення конструкції. Наявні високоенергоємні акумулятори або занадто дорогі через застосування дорожочинних чи дорогих металів (срібло, літій), або працюють за дуже високих температурах (робоча температура натрій-сірчаного акумулятора > 300 °С). Крім того, такі акумулятори відрізняються високим саморозрядом.

Одним з перспективних напрямків стала розробка нікельметалгідридних акумуляторів з оптимальним співвідношенням енергоємності та собівартості. Перспективними вважаються акумулятори на основі поліпропілену, проте фактично через патентні обмеження на електромобілях, як і століття тому, застосовуються свинцево-кислотні АКБ. Утім, енергоємність таких АКБ збільшилася за ХХ століття у чотири рази (до 40–45 Вт·г/кг), і вони не вимагають обслуговування протягом усього терміну служби. Значно підвищити віддачу від акумуляторів дозволило застосування електронних систем оперативного контролю за станом і зарядкою та розрядкою АКБ.

Акумулятори добре працюють під час руху електромобіля на постійних швидкостях і при плавних роз-

гонах. При різких стартах тягові АКБ утрачають багато енергії. Для збільшення пробігу електромобіля необхідні спеціальні стартові системи, наприклад, конденсатори, а також застосування систем рекуперації енергії (економія до 25 %).

Проблемою є виробництво та утилізація акумуляторів, які часто містять отруйні компоненти (наприклад, свинець або літій).

Близько 10 % енергії втрачається у коробці передач та інших елементах трансмісії. Для вирішення цієї проблеми розроблено колесо з вбудованим електродвигуном (мотор–колесо), що може повертати колеса перпендикулярно вісі автомобіля та дозволяє значно спростити паркування.

Частина енергії акумуляторів витрачається на охолодження або обігрів салону автомобіля, а також живлення інших бортових енергоспоживачів. Здійнюються зусилля, щоб вирішити цю проблему з використанням паливних елементів, іоністорів і фотоелементів.

Для масового застосування електромобілів потрібне створення відповідної інфраструктури для підзарядки акумуляторів (зарядка на «автозарядних» станціях).

При масовому використанні електромобілів у момент їх зарядки від побутової мережі зростають перевантаження електричних мереж «останньої милі», що загрожує зниженням якості енергопостачання, ризиком локальних аварій.

Тривалий час зарядки акумуляторів порівняно з заправкою стислим повітрям балонів пневмомобіля. Та й в загальні недоліки електромобіля на дорозі ставлять його в невідгідне становище перед пневмокаром. Особливо це помітно під час планової заміни устаткування, оскільки і АКБ, і пневмобалони мають обмежений термін роботи. Але на відміну від електричного устаткування, пневмоапаратура має більший термін експлуатації, а також нижчу собівартість.

Мета роботи – розглянути можливості модернізації електромобіля шляхом встановлення на нього пневмоапаратури, визначити тяговоексплуатаційні характеристики переобладнаного транспортного засоба.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.
На основі зазначеного вище було поставлено за мету переобладнати Електроавтобус ND–11 (рис. 1) місткістю 11 осіб на пневмокар.

Таке рішення було викликано тим, що час роботи електромобіля від зарядки до зарядки та час зарядки не забезпечував повним обсягом графік руху, а також вийшов термін роботи АКБ, що в будь-якому випадку призвело до значних фінансових затрат. Тому було прийнято рішення здійснити заміну електричної системи управління на пневмопривід, бо це б дало змогу збільшити пробіг та зменшити час заправки, а також здійснювати пасажироперевезення в паркових зонах з урахуванням екологічних вимог.

При переобладненні електромобіля головним етапом є заміна силового агрегату. У данній моделі електродвигун розташовувався безпосередньо на корпусі головного передачі. Пневмодвигун було вирішено встановити таким же чином, що дало змогу не змінювати систему передачі крутячого моменту на

ведучі колеса. Балони для сжатого повітря розмістили на місці АКБ, виконавши отвори для заправки болонів (рис. 2). Систему управління та гальмівну систему залишили незмінними.



Рисунок 1 – Електромобіль ND–11



Рисунок 2 – Розміщення автономного джерела живлення на переобладнаному транспортному засобі

На основі таких модифікацій постало завдання виконати тягово-швидкісний розрахунок, задавшись початковими даними.

Розрахуємо необхідну потужність та крутячий момент при швидкості пневмокара 50 км/ч = 13,89 м/с і статичному радіусі колеса 0,285 м. Кутова швидкість колеса визначається з виразу [2, 3]

$$W = \frac{V}{r_{cm}} \quad (1)$$

Коефіцієнт опору повітря:

$$y_v = f_o \left(1 + \frac{V_{max}^2}{1500} \right) \quad (2)$$

де f_o – коефіцієнт опору кочіння під час руху автомобіля з найбільшою швидкістю по дорозі з асфальтобетонним покриттям. $f_o=0,012\dots0,018$ приймаємо $f_o=0,015$ [1, 4]. Тоді необхідна потужність буде дорівнювати:

$$N_{ev} = \frac{1}{h} (m_a \cdot g \cdot y_v \cdot V_{max}) \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

де N_{ev} (кВт) – потужність двигуна, забезпечує максимальну швидкість руху V_{max} завантаженого автомобіля; $h_{тр}$ – коефіцієнт потрібної дії трансмісії пневмокара [2]; $m_a=1000$ кг. повна маса візка.

На основі отриманих даних розрахуємо крутячий момент [2]:

$$M_{кр} = \frac{N}{W} \quad (4)$$

Результати занесемо до табл. 1 необхідної потужності (N_{ev}) і кутової швидкості (W), при різноманітній швидкості (V) та коефіцієнті опору повітря (y_v).

Таблиця 1 – Результати розрахунку потужності (N_{ev}) і кутової швидкості (W)

Швидкість V , м/с	Коеф. Опору, пов y_v	Потужність N_{ev} , кВт	Кутова швидкість W , рад/с
1	0,01501	0,16	3,5
2	0,01504	0,34	7,0
3	0,01509	0,51	10,5
4	0,01516	0,68	14,0
5	0,01525	0,86	17,5
6	0,01536	1,04	21,0
7	0,01549	1,22	24,5
8	0,01564	1,41	28,0
9	0,01581	1,6	31,5
10	0,016	1,8	35,0
11	0,01621	2,01	38,6
12	0,01644	2,22	42,1
13	0,01669	2,44	45,6
14	0,01696	2,68	49,1
15	0,01725	2,92	52,6

За результатами наведеними у табл. 1 будемо графік залежності потужності пневмодвигуна від кутової швидкості ротора [5] (рис. 3).

Визначимо потужність пневмодвигуна при різноманітному крутячому моменті і кутовій швидкості [3]:

$$N = M_{кр} \cdot W \quad (5)$$

Розрахункові значення кутової швидкості і крутячого моменту зводимо до табл. 2.

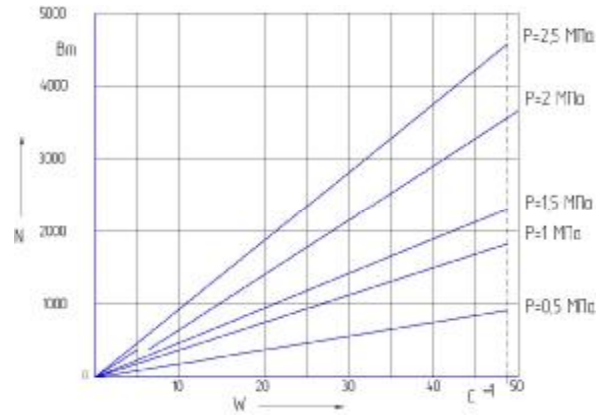


Рисунок 3 – Залежність потужності пневмодвигуна від кутової швидкості при різноманітному тиску у робочих камерах

Таблиця 2 – Результати розрахунку кутової швидкості і крутячого моменту

W , (рад/с) / $M_{кр}$, (Нм)	18,81	37,61	47,48	75,23
5	94,05	188,	237,4	376,15
10	181,1	376,1	474,8	752,3
15	282,15	564,1	712,2	1128,4
20	376,2	752,2	949,6	1504,6
25	470,25	940,2	1187	1880,7
30	564,3	1128	1424,4	2256,9
35	658,35	1316,3	1661,8	2633
40	752,4	1504,	1899,2	3009
45	846,45	1692,4	2136,6	3385,3
48,7	916,61	1832,7	2313,7	3665,9

На основі розрахункових даних будемо графік залежності крутячого моменту від тиску повітря у робочих камерах пневмодвигуна (рис. 4).

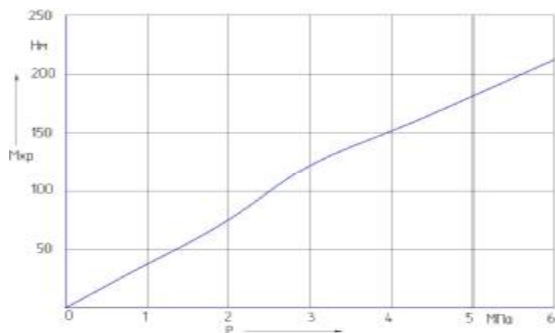


Рисунок 4 – Зміна крутячого моменту від тиску у робочих камерах

У міському циклі автомобіль використовує близько трьох к.с. двигуна. Таким чином, міський автотранспорт може бути замінений на електромобілі. Однак порівняно з електромобілем, мобільний транспортний засіб з пневморушієм має значно більший моторесурс та використовується у виробництві із сильно загазованими приміщеннями, у виробництві з великою вибухо- та пожежонебезпекою, а також не потребує особливих умов для утилізації енергозберігаючих ємностей, а саме АКБ. Тому, як зазначено вище, існує можливість не заміни, оновлення або капітального ремонту транспортного парку підприємства, а лише переобладнання електрокарів на пневмокари, що значно зменшує витрати підприємства.

На основі вищевикладеного створюємо порівняльну характеристику внутрішньозаводського транспорту, а саме, електрокара, що працює на КрАСЗ, з переобладнаним мобільним транспортним засобом з автономним джерелом живлення, що показано у табл. 3.

внутрішньозаводського транспорту

Показники	Од. вим.	Електрокара	Пневмокара
Довжина пробігу за робочу зміну	м	16 000	10 000
Час до повної зарядки джерела живлення	год	8–9	0,5–1
Маса переміщеного вантажу за робочу зміну	кг	20 000	12 500
Потужність двигуна	кВт	3,0	3,0
Максимальна швидкість	км/год	28,0	50
Вартість обладнання	грн.	17 220	9186,5

ВИСНОВКИ. Розглянута модернізація електромобіля дозволила визначити тягово-швидкісні характеристики, які показали, що переобладнана конструкція повністю забезпечує динаміку руху та цикл роботи транспортного засобу.

Також у результаті модернізації пневмокари визначено порівняльні показники транспортного засобу з автономним джерелом живлення, що доводить доцільність використання пневмоапаратури у зазначених умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1984. – 132 с.
2. Гришкевич А.И. Автомобиль. Теория. – М.: Машиностроение, 1986. – 127 с.
3. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля. – Київ, 2006. – 176 с.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 1978. – 217 с.
5. Герц Е.В. Пневматически приводы. – М.: Машиностроение, 1969. – 322 с.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика

MODERNISATION OF THE ELECTROCAR ND - 11 WITH COMPLETE SUBSTITUTING ELECTROMECHANICAL PARTS BY PNEUMATIC SYSTEM MANagements

M. Yatsina

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: salenko2006@ukr.net

In this paper the development tendency of the electric vehicles is considered with their pros and cons specified. A comparative analysis of various electric cars existing at the moment is presented and their operating conditions are described. In addition to the tendency of electric car evolution this article describes how to reequip an electric car in order to modify it into a pneumo-car, too, with calculations of the traction-speed characteristics on the basis of the obtained parameters of the model. The advantages and disadvantages of pneumatic equipment are described.

Key words: traction-speed characteristic, pneumatic control systems, pneumo-car, high-energy batteries, electric vehicles.

REFERENCES

1. Reshetov D.N. *Machine elements*. – Moscow: Mashinostroenie, 1984. – 132 p. [in Ukrainian]
2. Gryshkevuch A.I. *Automobiles. Theory*. – Moscow: Mashinostroenie, 1986. – 127 p. [in Russian]
3. Soltus A.P. *Theory of vehicle operating properties*. – Kyiv, 2006. – 176 p. [in Ukrainian]

4. Dunaev P.F. *Construction of machine units and elements*. – Moscow: Higher School, 1978. – 217 p. [in Russian]

5. Hertz E.B. *Pneumatic engines*. – Moscow: Mashinostroenie, 1969. – 322 p. [in Russian]

Стаття надійшла 03.12.12.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Саленком О.Ф.