В.В. Халіль, С.О. Закурдай, В.І. Скуріхін, О.В. Донець, Д.Ю. Зубенко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ОГЛЯД ЗАСОБІВ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ НА ВІДСТАНІ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬГОСПТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ ЛЮДИНИ

У даній статті розглянуті питання автономної роботи електричної сільгосптехніки заснованої на передачі електроенергії на відстань. Основним моментом даної статті є те, що трактора, які працюють в полі приводяться в рух електродвигунами, при цьому є необхідність використання дорогих акумуляторних батарей. Розглянуто питання впливу і безпеки даної технології на навколишнє середовище і людину.

Ключові слова: бездротова передача енергії на відстань, електротранспорт, економія ресурсів, електромагнітне випромінювання, вплив електромагнітного поля на людину.

Постановка проблеми

Основна проблема створення, обслуговування та експлуатації транспортної техніки, в тому числі і сільськогосподарської техніки, є великі витрати на утримання і паливо, які постійно збільшуються. До того ж екологічна проблема, яка стає такою гострою в останні роки, глобальне потепління, паливна криза і необхідність переведення всієї транспортної техніки на електричну тягу, змушують шукати нові шляхи вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища та економії ресурсів, особливо невідновлюваних джерел енергії [1].

Використання електричної енергії для тяги сільгосптехніки, які працюють на полях або в інших галузях промисловості були застосовані давно, і на ранніх стадіях розвитку транспорту саме електро-транспорт займав основну частину, до винаходу двигуна внутрішнього згорання.

У тому числі і на Харківському тракторному заводі були розробки (і є зараз), досвідченого зразка застосування електродвигунів як основного агрегату для руху.

Однак існує значна проблема для широкого застосування даного способу тяги. Перше – це дорога вартість тягових акумуляторних батарей, друге – не значний пробіг на автономному ходу, при цьому маса самого транспортного засобу зростає значно. Також треба враховувати невеликий ресурс експлуатації самих акумуляторних батарей, це приблизно 3 роки, після чого всі джерела автономного живлення потрібно замінити на нові, а це досить дорого [2].

Виходячи з перерахованого вище очевидним є, що електрична тяга для транспорту – це екологічно і безпечно, хоча і є ряд обмежень і в цьому питанні, але не вирішені проблеми обмеженості використання

акумуляторної батареї змушують шукати нові джерела енергії.

У даній статті пропонується розглянути питання можливості використання електричної тяги для сільгосптехніки з постачанням працюючих тракторів на полях за допомогою спрямованої електромагнітної хвилі з перетворенням її на електричну енергію, яку буде живити електродвигун [3].

Мета і завдання дослідження

Метою статті є розгляд питання використання бездротової передачі електричної енергії на відстань для живлення тягових електричних двигунів сільськогосподарської техніки або техніки іншої галузі з урахуванням розробки заходів безпеки впливу на організм людини.

Завдання статті:

- оглядово розглянути основні проблеми бездротової передачі енергії на відстань;
- розглянути переваги і недоліки даного способу і особливості впливу на живі організми і довкілля;
- розглянути теоретично досвідчений зразок і показати механізм дії даної технології.

Аналіз останніх досліджень

Бездротова передача електрики – спосіб передачі електричної енергії без використання струмопровідних елементів в електричному ланцюзі. Технологічні принципи такої передачі включають в себе індукційний (на малих відстанях і щодо малих потужностей), резонансний (використовується в безконтактних смарт-картах і чіпах RFID) і спрямований електромагнітний для відносно великих відстаней і потужностей (в діапазоні від ультрафіолету до СВЧ) [4, 14].

Метод електромагнітної індукції.

При бездротовій передачі енергії методом електромагнітної індукції використовується ближнє електромагнітне поле на відстанях близько однієї шостої довжини хвилі. Енергія ближнього поля сама по собі не є випромінюючою, проте деякі радіаційні втрати все ж відбуваються. Крім того, як правило, мають місце і резистивні втрати. Завдяки електродинамічній індукції, змінний електричний струм, що протікає через первинну обмотку, створює змінне магнітне поле, яке діє на вторинну обмотку, індукуючи в ній електричний струм. Для досягнення високої ефективності взаємодія має бути досить тісною. У міру віддалення вторинної обмотки від первинної, все більша частина магнітного поля не досягає вторинної обмотки. Навіть на відносно невеликих відстанях індуктивний зв'язок стає вкрай неефективним, витрачаючи велику частину енергії, що передається даремно [6].

Електричний трансформатор є найпростішим пристроєм для бездротової передачі енергії. Первинна і вторинна обмотки трансформатора прямо не пов'язані. Передача енергії здійснюється за допомогою процесу, відомого як взаємна індукція. Основною функцією трансформатора є підвищення або зниження первинної напруги. Безконтактні зарядні пристрої для мобільних телефонів і електричних зубних щіток є прикладами використання принципу електродинамічної індукції. Індукційні плити також використовують цей метод. Основним недоліком методу бездротової передачі є вкрай невелика відстань його дії. Приймач повинен перебувати в безпосередній близькості до передавача для того, щоб ефективно з ним взаємодіяти [7].

Використання резонансу коливального контуру кілька збільшує дальність передачі. При резонансній індукції передавач і приймач налаштовані на одну частоту. Продуктивність може бути поліпшена ще більше шляхом зміни форми хвилі керуючого струму від синусоїдальних до несинусоїдальних перехідних форм хвилі. Імпульсна передача енергії відбувається протягом декількох циклів. Таким чином, значна потужність може бути передана між двома взаємно налаштованими LC-ланцюгами з відносно невисоким коефіцієнтом зв'язку. Котушки, що приймають і передають, як правило, представляють собою одношарові соленоїди або плоску спіраль з набором конденсаторів, які дозволяють налаштувати приймаючий елемент на частоту передавача [8].

Звичайним застосуванням резонансної електродинамічної індукції є зарядка акумуляторних батарей портативних пристроїв, таких як портативні комп'ютери і стільникові телефони, медичні імплантати і електромобілі. Техніка локалізованої зарядки використовує вибір відповідної передавальної ко-

тушки в структурі масиву багатшарових обмоток. Резонанс використовується як в панелі бездротової зарядки (передавальному контуру), так і в модулі приймача (вбудованого в навантаження) для забезпечення максимальної ефективності передачі енергії. Така техніка передачі підходить універсальним бездротовим зарядним панелям для підзарядки портативної електроніки, такої, наприклад, як мобільні телефони. Техніка прийнята в якості частини стандарту бездротової зарядки Qi [9–12].

Резонансна електродинамічна індукція також використовується для живлення пристроїв, що не мають акумуляторних батарей, таких, як RFID-мітки і безконтактні смарт-карти, а також для передачі електричної енергії від первинного індуктора гвинтовому резонатору трансформатора Тесли, котрий також є бездротовим передавачем електричної енергії.

Виклад основного матеріалу

Модель практичного застосування способу передачі електричної енергії на відстань.

Уявімо трактор, що працює в полі і живиться електричною енергією, яка передається електромагнітної хвилею. На рисунку 1 показана приблизна схема живлення даного трактора в полі [13].

Рис. 1. Схема живлення трактора в полі бездротовою електричною енергією на відстані

де: 1 – приймач електромагнітних хвиль і перетворювач в електричну енергію; 2 – напрямок руху електромагнітної хвилі від передавача до приймача; 3 – передавач електромагнітної хвилі (електричної енергії).

При такому способі передачі електроенергії без проводів перевагою роботи є необмежений час роботи трактора на автономному ході, при цьому немає необхідності у важких і дорогих акумуляторних батареях [14].

Але недоліками і маловивченими впливами і наслідками від цього способу негативний можливий вплив на живі органічні об'єкти і на навколишнє

середовище, хоча і значно менше, ніж при використанні дизельного палива.

Висновки

У даній статті:

- оглядово розглянуто основні проблеми бездротової передачі енергії на відстань;
- визначено переваги і недоліки даного способу, а також особливості впливу на живі організми і довкілля;
- розглянуто теоретично досвідчений зразок і показано механізм дії даної технології.

Література

1. Грибачев П. Без проводов: Scania запустила в Швеции гибридный автобус с беспроводной зарядкой [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autoreview.ru/articles/avtobus-s-besprovodnoy-zaryadkoy/avtobus-s-besprovodnoy-zaryadkoy> (дата звернення 02.09.2021 р.)
2. Бесконтактная зарядка электроавтобусов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://transspot.ru/2014/05/06/beskontaktnaya-zaryadka-elektroavtobusov/> (дата звернення 02.09.2021 р.)
3. Иванов С. В США открыли 200-киловаттную беспроводную зарядку для электроавтобусов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://insideevs.ru/news/421994/v-ssha-otkryili-200-kilovattnuyu-besprovodnuyu-zaryadku-dlya-elektroavtobusov/> (дата звернення 02.09.2021 р.)
4. Barrett J.P. Electricity at the Columbian Exposition // John Patrick Barrett. – University of Michigan Library, 1894. – 528 p.
5. Tesla N. Experiments with Alternating Currents of Very High Frequency and Their Application to Methods of Artificial Illumination / Nikola Tesla // Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. – 1891. – Vol. VIII, Is. 1. – PP. 266–319. DOI: <https://doi.org/10.1109/T-AIEE.1891.5570149>
6. Tesla N. Experiments with Alternate Currents of High Potential and High Frequency / Nikola Tesla. – Martino Fine Books, 2012. – 178 p.
7. On Light and Other High Frequency Phenomena [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teslauniverse.com/nikola-tesla/lectures/light-and-other-high-frequency-phenomena> (дата звернення 03.09.2021 р.)
8. Emerson D.T. The work of Jagadis Chandra Bose: 100 years of millimeter-wave research / D.T. Emerson // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1997. – Vol. 45., Is. 12. – PP. 2267–2273. DOI: <https://doi.org/10.1109/22.643830>
9. Jagadish Chandra Bose [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Jagadish_Chandra_Bose (дата звернення 04.09.2021 р.)
10. Tesla N. On His Work With Alternating Currents and Their Application to Wireless Telegraphy, Telephony and Transmission of Power: an Extended Interview / Nikola Tesla, Leland I. Anderson. – Breckenridge, Colo : Twenty-First Century Books, 2002.

11. Colorado Spring Notes 1899–1900 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teslaresearch.jimdofree.com/books-1/colorado-spring-notes-1899-1900/> (дата звернення 04.09.2021 р.)
12. Tesla N. Guided Weapons & Computer Technology / Nikola Tesla, Leland I. Anderson. – Breckenridge, Colo : Twenty-First Century Books, 1998.
13. The Electrician [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.historictheatrephotos.com/Resources/Theatre-Photos/Theatre-Royal-Drury-Lane-London/Documents/19040212-The-Electrician-TRDL.pdf> (дата звернення 05.09.2021 р.)
14. Беспроводная передача электричества [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/369958> (дата звернення 04.09.2021 р.)

References

1. Gribachev, P. (2016). Wireless: Scania Launches Hybrid Bus with Wireless Charging in Sweden. URL: <https://autoreview.ru/articles/avtobus-s-besprovodnoy-zaryadkoy/avtobus-s-besprovodnoy-zaryadkoy> (accessed 02.09.2021) [in Russian]
2. Contactless charging of electric buses (2014). URL: <http://transspot.ru/2014/05/06/beskontaktnaya-zaryadka-elektroavtobusov/> (accessed 02.09.2021) [in Russian]
3. Ivanov S. (2018). In the USA opened a 200-kilowatt wireless charging for electric buses. URL: <https://insideevs.ru/news/421994/v-ssha-otkryili-200-kilovattnuyu-besprovodnuyu-zaryadku-dlya-elektroavtobusov/> (accessed 02.09.2021) [in Russian]
4. Barrett, J.P. (1894). Electricity at the Columbian Exposition». University of Michigan Library.
5. Tesla, N. (1891). Experiments with Alternating Currents of Very High Frequency and Their Application to Methods of Artificial Illumination. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, VIII (1), 266–319. DOI: <https://doi.org/10.1109/T-AIEE.1891.5570149>
6. Tesla, N. (2012) *Experiments with Alternate Currents of High Potential and High Frequency*. Martino Fine Books.
7. On Light and Other High Frequency Phenomena. URL: <https://teslauniverse.com/nikola-tesla/lectures/light-and-other-high-frequency-phenomena> (accessed 03.09.2021)
8. Emerson, D.T. (1997). The work of Jagadis Chandra Bose: 100 years of millimeter-wave research. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 45 (12), 2267–2273. DOI: <https://doi.org/10.1109/22.643830>
9. Jagadish Chandra Bose. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Jagadish_Chandra_Bose (accessed 04.09.2021)
10. Tesla, N., Anderson, L.I. (2002). *On His Work With Alternating Currents and Their Application to Wireless Telegraphy, Telephony and Transmission of Power: an Extended Interview*. Breckenridge, Colo : Twenty-First Century Books.
11. Colorado Spring Notes 1899–1900. URL: <https://teslaresearch.jimdofree.com/books-1/colorado-spring-notes-1899-1900/> (accessed 04.09.2021)
12. Tesla, N., Anderson, L.I. (1998). *Guided Weapons & Computer Technology*. Breckenridge, Colo : Twenty-First Century Books.

13. The Electrician. URL: <https://www.historictheatrephotos.com/Resources/Theatre-Photos/Theatre-Royal-Drury-Lane-London/Documents/19040212-The-Electrician-TRDL.pdf> (accessed 05.09.2021)

14. Wireless transmission of electricity. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/369958> (accessed 04.09.2021) [in Russian]

Рецензент: д-р техн. наук, професор В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ХАЛІЛЬ Вікторія Вячеславівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Viktorykh610@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0222-7519>

Автор: ЗАКУРДАЙ Світлана Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – lanyssia@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7927-8413>

Автор: СКУРІХІН Владислав Ігорович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vladscu@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3074-5500>

Автор: ДОНЕЦЬ Олександр Вадимович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – aleksvadds@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6265-8508>

Автор: ЗУБЕНКО Денис Юрійович
кандидат технічних наук, доцент, генеральний директор науково-виробничого впроваджувального підприємства «КІП ІНБЕСТ»
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Denis04@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6736-7849>

OVERVIEW OF DISTANCE ENERGY TRANSMISSION MEANS FOR POWERING AGRICULTURAL MACHINERY TAKING INTO ACCOUNT FACTORS AFFECTING HUMAN SAFETY

V. Halil, S. Zakurdai, V. Scurikhin, O. Donets, D. Zubenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

This article discusses the issues of autonomous operation of electrical agricultural equipment based on the transmission of electricity over a distance. The main point of this article is that tractors that work in the field are driven by electric motors, with the need to use expensive batteries. The issues of the impact and safety of this technology on the environment and humans are considered.

The main problem of the creation, maintenance and operation of transport equipment, including agricultural equipment, is the high cost of maintenance and fuel, which are constantly increasing. In addition, the environmental problem, which has become so acute in recent years, global warming, the fuel crisis and the need to transfer all transport equipment to electric traction, make us look for new ways to solve the problem of environmental pollution and save resources, especially non-renewable energy sources.

The use of electrical energy for traction of agricultural machinery that work in the fields or in other industries has been used for a long time, and in the early stages of the development of transport, it was electric transport that occupied the main part, before the invention of the internal combustion engine.

Including at the Kharkov Tractor Plant there were developments (and still are), a prototype of the use of electric motors as the main unit for movement.

Based on the above, it is obvious that electric traction for transport is obviously environmentally friendly and safe, although there are a number of limitations in this matter as well, but the unresolved problems of the limited use of the storage battery force us to look for new sources of energy.

This article proposes to consider the possibility of using electric traction for agricultural machinery with the supply of operating tractors in the fields with the help of a directed electromagnetic wave with its transformation into electrical energy, which will be supplied to the electric motor.

Keywords: wireless transmission of energy over a distance, electric transport, resource saving, electromagnetic radiation, the influence of the electromagnetic field on a person.