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 ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

У даній статті розглянуті питання безпеки життєдіяльності живих об'єктів в умовах постійного впливу на них електромагнітного поля. Запропоновано планована лабораторна установка для подальших досліджень. Показаний математичний апарат створюваного електромагнітного поля тяговим електродвигуном рухомим складом електричного транспорту. Зроблено висновки, які передбачають створення спеціального захисного одягу для повсякденного використання людиною при постійно діючому електромагнітному полі в умовах техногенного середовища.

Ключові слова: електромагнітне поле, живі організми, захист від електромагнітного поля, безпека життєдіяльності, одяг для захисту від електромагнітного поля.

Постановка проблеми

Сучасна людина постійно перебуває в зоні електромагнітного випромінювання, вплив якого уникнути неможливо. Тільки мінімізувавши випромінювання шляхом уникнення зон з підвищеною електромагнітної активності і розробляючи сучасні засоби захисту можуть забезпечити безпечне і гармонійне перебування людини в сучасному техногенному середовищі існування.

Якщо звернутися до статистики і проаналізувати питання впливу електромагнітного випромінювання на організм людини та вивчити проблеми, що виникають після його негативного впливу, то ми виявимо, що практично всі системи і органи людини зазнають негативного впливу з деструктивними наслідками [1–5].

У даній статті ми постараємося торкнутися тільки деяких аспектів негативного впливу і методів протидії або зменшення впливу на організм людини.

Запропоновані технічні засоби дозволяють лише незначно створити екранізовану середу для комфортного і безпечного перебування людини в зовнішньому середовищі.

Дана стаття має характер більше оглядової публікації, яка присвячена аналізу даної проблеми і пропозицією шляхів виходу з ситуації, що склалася. У наступних публікаціях автори намагатимуться створити в лабораторії наближені до реальних умов моделі як випромінювання, так і засобів захисту від них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження проведені авторами різних країн світу, як останніх публікаціях так і ранні роботи

показують, що проблема не тільки не втратила актуальності в даний час, а стала ще більше затребувана в зв'язку з багаторазовим збільшенням навантаження на організм людини електромагнітними хвилями. Це пов'язано більшою мірою з очевидним розгортання колеса прогресу в бік створення прогресивного високотехнологічного суспільства, де основну роль у створенні комфортної та безпечної життєдіяльності, перебування людини на землі є електронні прилади і перетворювачі, здатні змінити життя людини на краще [4–8].

Перебування людини в техногенному середовищі негативно позначається на його здоров'ї, як і тривалості життя. Так з досліджень вчених негативно впливає даний вид випромінювання на нервову, імунну, ендокринну, статеву. Біологічний ефект ЕМП в умовах багаторічного впливу накопичується, внаслідок чого можливий розвиток віддалених наслідків дегенеративних процесів в центральній нервовій системі, новоутворень, гормональних захворювань. До електромагнітних полів особливо чутливі діти, вагітні, люди з порушеннями в серцево-судинній, гормональній, нервовій, імунній системах [1].

Мета і завдання дослідження

Метою статті є огляд останніх досліджень в області протидії негативному впливу електромагнітного поля на організм людини і пропозиція сучасних засобів захисту від них, з урахуванням наростаючого тренда використання електричного транспорту.

Завдання статті: вивчити останні досягнення в області впливу електромагнітних хвиль на організм

людини; проаналізувати найбільш актуальні проблеми, пов'язані з цим.

До методів дослідження, які можна застосувати до даного предмету, є аналіз статистичних даних. Аналіз, в основі – уявне розкладання предмета на частини, які його складають [3–9]. Для створення нових засобів можна застосувати метод синтезу, який об'єднує умовиводи, отримані в ході попереднього методу дослідження, в єдине ціле.

Найбільш часто використовувані на сьогоднішній день в транспорті тягові електродвигуни засновані на застосуванні, як постійних магнітів, так і електромагнітів, що створюють електромагнітне поле полюсів і якоря двигуна.

Виклад основного матеріалу

Математичний апарат і алгоритми роботи електродвигуна.

Розглянемо повне вираження для струму раптового трифазного к. з. (Короткого замикання) для синхронного електричного двигуна, як випромінювача потужного електромагнітного поля.

В реальній машині ці струми, потік і відповідна складова струму збудження загасають з постійною часу T_d . Вважаючи це, рівняння (1) можна переписати у вигляді:

$$\Delta i_f = I_m \cdot \frac{x_{fa}}{x_f} e^{-\frac{t}{T_d}} - I_m \cdot \frac{x_{fa}}{x_f} e^{-\frac{t}{T_a}} \cos(t + \varphi_f). \quad (24.62)$$

Повний струм обмотки збудження при к.з

$$i_f = I_f + \Delta i_f = I_f + I_m \cdot \frac{x_{fa}}{x_f} e^{-\frac{t}{T_d}} - I_m \cdot \frac{x_{fa}}{x_f} e^{-\frac{t}{T_a}} \cos(t + \varphi_f); \quad (1)$$

він складається з усталеного струму збудження i_f , аперіодичного струму, згасаючого з постійною часу T_d і періодичного струму, згасаючого з постійною часу T_a .

Планування експерименту при вивченні впливу електромагнітного поля на стани живих біологічних об'єктів.

У даній статті автори обмежуються теоретичними дослідженнями, так як стаття є оглядовою з даної тематики. Але в наступній публікації планується показати створену експериментальну установку для вивчення впливу електромагнітного поля на живі організми [8–15].

Передбачається, що установка може створювати різні за величиною електромагнітні поля, а також регулювати ступінь захисту біологічного об'єкта дослідження, при різних параметрах, яких може бути тисячі, при точній настройці.

Висновки

У даній статті розглянуто останні досягнення в області впливу електромагнітних хвиль на організм людини.

Проаналізовано найбільш актуальні проблеми, пов'язані з роботою електротранспорту, як техногенного середовища.

Запропоновано математичний апарат і рівняння електромагнітного поля для електродвигуна створити математичні моделі, що показують залежність зростання електромагнітного поля в залежності від режимів роботи транспортного засобу і місць перебування пасажирів в салоні транспортного засобу.

Запропоновано засоби захисту від негативного електромагнітного випромінювання, вироблені електродвигунами, на людину в залежності від частоти та інтенсивності випромінювання.

Зроблено висновки для подальшого дослідження питання в даному напрямку, з рекомендаціями необхідного захисту організму на даному етапі. У перспективі даних досліджень є можливість опрацювання зі створення повсякденних засобів захисту від електромагнітних випромінювань у вигляді одягу, що сприятиме комфортному і безпечному перебуванню людей в новому техногенному середовищі.

Література

1. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека и способы защиты от их вредного воздействия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://13.rosпотреbnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/13_5871 (дата звернення 27.08.2021 р.)
2. Беспроводная передача электричества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества (дата звернення 27.08.2021 р.)
3. Основные методы научного исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sibac.info/blog/osnovnye-metody-nauchnogo-issledovaniya> (дата звернення 28.08.2021 р.)
4. Ilka R. Optimum Design of a Five-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor for Underwater Vehicles by use of Particle Swarm Optimization / Ilka R., Asghar Cholanian S. // TELKOMNIKA : Indonesian Journal of Electrical Engineering. – 2012. – 10(5). – PP. 925–932. DOI: <http://dx.doi.org/10.12928/telkomnika.v10i4.860>
5. Slusarek B. Synchronous Motor with Hybrid Permanent Magnets on the Rotor / Slusarek B., Kapelski D., Antal L., Zalas P., Gwoździwicz M. // Sensors (Basel). – 2014. – Vol. 14 (7). – PP. 12425–12436. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/s140712425>
6. Rivero M. Magnetohydrodynamic flow induced by arrays of rotating permanent magnets / M. Rivero, S. Cuevas,

E. Ramos // *Experimental Thermal and Fluid Science*. – 2016. – Vol. 78. – PP. 30–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.05.008>

7. Aranovskiy S. Flux and Position Observer of Permanent Magnet Synchronous Motors with Relaxed Persistency of Excitation Conditions / S. Aranovskiy, A.A. Bobtsov, A.A. Pyrkun, R. Ortega, A. Chaillet // *IFAC-PapersOnLine*. – 2015. – Vol. 48, Is. 11. – PP. 301–306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.09.202>

8. Corradini M.L. A sensorless speed-tacking controller for permanent magnet synchronous motors with uncertain parameters / M.L. Corradini, A. Cristofaro // *IFAC Proceedings Volumes*. – 2014. – Vol. 47, Is. 3. – PP. 7749–7754. DOI: <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.00091>

9. Verrelli C.M. Repetitive learning position control for full order model permanent magnet step motors / C.M. Verrelli, P. Tomei, V. Salis, S. Bifaretti // *Automatica*. – 2016. – Vol. 63. – PP. 274–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2015.10.038>

10. Lyshevski S.E. Microstepping and high-performance control of permanent-magnet stepper motors / S.E. Lyshevski // *Energy Conversion and Management*. – 2014. – Vol. 85. – PP. 245–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.078>

11. Guo H. Fault tolerant control with torque limitation based on fault mode for ten-phase permanent magnet synchronous motor / H. Guo, J. Xu // *Chinese Journal of Aeronautics*. – 2015. – Vol. 28, Is. 5. – PP. 1464–1475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2015.07.001>

12. Calvo E.S. Synchronous reluctance motors with and without permanent magnets for high performance low cost electrical drives / E.S. Calvo, D. Potoradi // *2015 5th International Electric Drives Production Conference (EDPC)*, 15–16 Sept. 2015. – 2015. – PP. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDPC.2015.7323220>

13. Irion T. Epoxy bonding of magnets for permanent magnet motors / T. Irion // *Proceedings of Electrical/Electronics Insulation Conference*, 4–7 Oct. 1993. – 1993. – PP. 275–279. DOI: <https://doi.org/10.1109/EEIC.1993.631072>

14. Матюченко А.В. Полевые математические модели вентильных двигателей с постоянными магнитами и их сопоставительный анализ / А.В. Матюченко // *Електротехніка і Електромеханіка*. – 2015. – № 1. – С. 25–28. DOI: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2015.1.05>

15. Riba J.-R. Rare-earth-free propulsion motors for electric vehicles: A technology review / J.-R. Riba, C.L. Torres, L. Romeral, A. Garcia // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2016. – Vol. 57. – PP. 367–379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.121>

References

1. Influence of electromagnetic fields on human health and methods of protection against their harmful effects. URL: http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/135871 (accessed 27.08.2021) [in Russian]

2. Wireless transmission of electricity. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества (accessed 27.08.2021) [in Russian]

3. Basic research methods. URL:

<https://sibac.info/blog/osnovnye-metody-nauchnogo-issledovaniya> (accessed 28.08.2021) [in Russian]

4. Ilka, R., Asghar Cholanian, S. (2012). Optimum Design of a Five-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor for Underwater Vehicles by use of Particle Swarm Optimization. *TELKOMNIKA*, 10(5), 925–932. DOI: <http://dx.doi.org/10.12928/telkomnika.v10i4.860>

5. Slusarek, B., Kapelski, D., Antal, L., Zalas, P. (2014). Synchronous Motor with Hybrid Permanent Magnets on the Rotor. *Sensors (Basel)*, 14 (7), 12425–12436. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fs140712425>

6. Rivero, M., Cuevas, S., Ramos, E. (2016). Magnetohydrodynamic flow induced by arrays of rotating permanent magnets. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 78, 30–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.05.008>

7. Aranovskiy, S., Bobtsov, A.A., Pyrkun, A.A., Ortega, R., Chaillet, A. (2015). Flux and Position Observer of Permanent Magnet Synchronous Motors with Relaxed Persistency of Excitation Conditions. *IFAC-PapersOnLine*, 48(11), 301–306. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.09.202>

8. Corradini, M.L., Cristofaro, A. (2014). A sensorless speed-tacking controller for permanent magnet synchronous motors with uncertain parameters. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 7749–7754. DOI: <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.00091>

9. Verrelli, C.M., Tomei, P., Salis, V., Bifaretti, S. (2016). Repetitive learning position control for full order model permanent magnet step motors. *Automatica*, 63, 274–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2015.10.038>

10. Lyshevski, S.E. (2014). Microstepping and high-performance control of permanent-magnet stepper motors. *Energy Conversion and Management*, 85, 245–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.078>

11. Guo, H., Xu, J. (2015). Fault tolerant control with torque limitation based on fault mode for ten-phase permanent magnet synchronous motor. *Chinese Journal of Aeronautics*, 28(5), 1464–1475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2015.07.001>

12. Calvo, E.S., Potoradi, D. (2015). Synchronous reluctance motors with and without permanent magnets for high performance low cost electrical drives. *2015 5th International Electric Drives Production Conference (EDPC)*, 15–16 Sept. 2015, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDPC.2015.7323220>

13. Irion, T. (1993). Epoxy bonding of magnets for permanent magnet motors. *Proceedings of Electrical/Electronics Insulation Conference*, 4–7 Oct. 1993, 275–279. DOI: <https://doi.org/10.1109/EEIC.1993.631072>

14. Matyushenko, A.V. (2015). Mathematical field models of brushless DC motors with permanent magnets and their comparative analysis. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 1, 25–28. DOI: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2015.1.05>

15. Riba, J.-R., Torres, C.L., Romeral, L., Garcia, A. (2016). Rare-earth-free propulsion motors for electric vehicles: A technology review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 367–379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.121>

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 – lanysia@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>

REVIEW OF RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD ON HUMAN WORKING WORK AND DEVELOPMENT OF METHODS OF ELECTROMAGNETIC WAVE SCREENING

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 life safety of living objects under conditions of constant influence of an electromagnetic field on them. A planned laboratory facility for further research has been proposed. The mathematical apparatus of the generated electromagnetic field by the traction electric motor by the rolling stock of electric transport is shown. Conclusions are made that suggest the creation of special protective clothing for everyday use by humans with a constantly acting electromagnetic field in a man-made environment.

Modern man is constantly in the zone of electromagnetic radiation, the influence of which cannot be avoided. Only by minimizing radiation by avoiding areas with increased electromagnetic activity and developing modern means of protection can ensure a safe and harmonious stay of a person in a modern technogenic environment of existence.

If we turn to statistics and analyze the issue of the impact of electromagnetic radiation on the human body and study the problems that arise after its negative influence, we will find that almost all human systems and organs are negatively influenced with destructive consequences.

This article discusses the latest developments in the field of electromagnetic waves on the human body. The most actual problems connected with work of electric transport as the technogenic environment are analyzed. The mathematical apparatus and the equation of the electromagnetic field for the electric motor are offered to create the mathematical models showing dependence of growth of an electromagnetic field depending on operating modes of the vehicle and places of stay of the passenger in vehicle interior. Electromagnetic radiation in the form of clothing, which will allow a comfortable and safe stay of people in a new man-made environment.

Keywords: *electromagnetic field, living organisms, electromagnetic field protection, life safety, electromagnetic field protection clothing.*