

УДК 629.341

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧА ПЛИТКА ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ МАЛОПОТУЖНЕ ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено аналіз розробок альтернативних джерел живлення, що здатні перетворювати різні види енергії в електричну. Запропоновано технічне рішення, детально розглянуто та описано принцип дії енергогенеруючої плитки, яка перетворює кінетичну енергію від натискання в електричну та накопичує її.

Ключові слова: енергогенеруюча плитка, джерело електричної енергії, енергоефективність.

ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩАЯ ПЛИТКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МАЛОМОЩНЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проведен анализ разработок альтернативных источников питания, способных преобразовывать различные виды энергии в электрическую. Предложено техническое решение, подробно рассмотрен и описан принцип действия энергогенерирующей плитки, которая преобразует кинетическую энергию от нажатия в электрическую и накапливает ее.

Ключевые слова: энергогенерирующая плитка, источник электрической энергии, энергоэффективность.

ENERGY GENERATING TILE, AS ALTERNATIVE LOW-POWER SOURCE OF ELECTRIC ENERGY

A. Gnatov, Prof., Ph. D. (Eng.), Sch. Argun, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. Analysis of existing developments such as the alternative power sources transforming different types of energy into electric energy is carried out. The technical solution for the installation of energy-generating plates, which converts the kinetic energy from pressure into electric and accumulates it for further use is suggested. The principle of action of energy-generating tiles as an alternative and decentralized source of electric energy is discussed in detail and described.

Key words: energy generating tile, electric energy accumulation, alternative energy source, accumulator battery, energy-efficient technology.

Вступ

Останнім часом все актуальнішою стає проблема енергонезалежності, а отже, виникає неабияка потреба в альтернативних джерелах живлення. У цьому напрямі проводиться досить велика кількість різного роду досліджень та випробувань [1].

Дослідження, що проведені в даній роботі, присвячені вирішенню проблеми енергозбереження та більш ефективному використанню електричної енергії, в тому числі і для транспортних засобів та їх інфраструктури. Основною ідеєю роботи є розробка та впровадження систем енергозбереження та генерації електричної енергії. В основу ідеї проекту покладено методи та способи перетво-

рення кінетичної енергії в електричну, що дозволить згенерувати необхідну кількість енергії, забезпечити системи електроживлення додатковими альтернативними малопотужними джерелами живлення та провести ефективний розподіл енергії та її збалансування за потужністю споживання [2].

Аналіз публікацій

Одним з аналогів розробки є плитка Pavegen, яку розробив англієць Лоуренс Кембелл-Кук. Pavegen виробляє кінетичну енергію від кроків і перетворює її в електричну [3].

Аналогічну розробку запропонували російські вчені Х. Абрамович, Е. Хараш та ін. [4]. Винахід відноситься до пристрою, системи і способу збору енергії на дорогах і автомагістралях з використанням п'єзоелектричного генератора. Недолік останньої розробки полягає в тому, що вона потребує стаціонарної будови та відповідного монтажу.

Винахідниками із США Brusaw S., Brusaw J. запропоновано пристрій «Сонячні дорожні панелі», які перетворюють енергію сонця в електричну для забезпечення роботи самих панелей та новітніх «розумних доріг» [5–7]. Але їх розробка не може перетворювати кінетичну енергію від натискання в електричну.

Вчений Ской В.Р. винайшов «П'єзоелектричний генератор постійного струму на основі ефекту Казимира» [8]. Винахід відноситься до перетворювачів енергії, які працюють на основі застосування п'єзокерамічних матеріалів, і може бути використаний в будь-якій галузі техніки як малопотужне джерело струму.

У статті [9] Shalabh R.V. показано принципову можливість отримання електричної енергії шляхом її перетворення з енергії звукових хвиль та використовуючи п'єзоелектричні елементи. Але автор розглядає лише принципову можливість такого перетворення та не пропонує конкретних приладів та систем, здатних це зробити.

У роботі [10] запропоновано поєднати процес перетворення механічної енергії в електричну та процес накопичення електричної енергії у вигляді хімічної енергії. Авторами не зазначено експлуатаційних характеристик їхньої розробки.

У публікації [11] подано спосіб перетворення електролітичного потоку в електричну енергію та надається схемна реалізація, але ж не зазначено складу та властивостей основних матеріалів схеми та їх експлуатаційних характеристик.

Авторами статті [12] запропоновано перетворювач енергії на основі термоелектричного конденсатора, а отже, для його роботи потрібен перепад температур, що є основним недоліком.

У роботі [13] науковці наводять обґрунтування використання п'єзоелектричних перетворювачів на дорозі з асфальтним покриттям з точки зору ефективності та виробництва енергії. Отже, показано перетворення кінетичної енергії від натискання в електричну, але не наведено конкретних технічних рішень для практичного використання цього процесу.

У роботі [14] подано технічний огляд гібридного вітрогенератора і фотоелектричного перетворювача енергії. Ці технічні рішення є досить потужними та громіздкими.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження альтернативного малопотужного джерела електричної енергії у вигляді енергогенеруючої плитки, що перетворює кінетичну енергію в електричну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати методи перетворення різних видів енергії в електричну;
- проаналізувати характеристики та можливість використання різних видів відновлюваних та альтернативних джерел електроенергії;
- проаналізувати характеристики накопичувачів електричної енергії;
- розробити схеми перетворювачів електричної енергії, що генерується, для її утримання та подальшого використання;
- розробити системи контролю кількісних показників електроенергії.

Будова енергогенеруючої плитки

Привабливою простотою технічної реалізації й широкими можливостями вирізняється пристрій генерування електричної енергії (з лінійним електрогенератором), в якому кінетична

енергія від кроків людей перетворюється в електричну і накопичується в ємнісних нагромаджувачах – іоністорах та акумуляторних батареях. Запропонований пристрій може бути використаний як альтернативне джерело електричної енергії, наприклад, при зовнішньому світлодіодному освітленні [15, 16].

В основу дослідження покладено завдання розширення функціональних можливостей, а також підвищення ефективності процесу перетворення кінетичної енергії в електричну за рахунок вдосконалення конструкції та конструктивних особливостей устаткування пристрою генерування електричної енергії, а саме, конструктивних особливостей лінійного електричного генератора – основного складового елемента запропонованого пристрою як автономного та альтернативного джерела живлення.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що пристрій генерування електричної енергії з лінійним електрогенератором має корпус, в якому співвісно розміщені ротор і статор, з можливістю їх відносного поступального переміщення в одній площині. При цьому статор виготовлено у вигляді обмотки, що охоплює ротор із групою постійних магнітів, а виводи статора призначені для підключення до них навантаження. Ротор виконано із суцільних неодимових магнітів, а як демпферні пружини використовуються плоскі неодимові магніти, що орієнтовані однако-вими полюсами до полюсів ротора. Однакові кінці обмоток статора з'єднані між собою та виходять до електричного випрямляча, який випрямляє змінний струм та заряджає ємнісний нагромаджувач – іоністор, який через діод заряджає акумуляторну батарею, що через вимикач підключається до навантаження, наприклад, зовнішнього світлодіодного освітлення.

Особливістю запропонованого пристрою генерування електричної енергії (з лінійним електрогенератором) є і те, що він має малі ваго-габаритні показники та може легко встановлюватися в місцях з великою кількістю пішоходів та щільністю людського потоку.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється схематичними кресленнями (рис. 1) [15, 16].

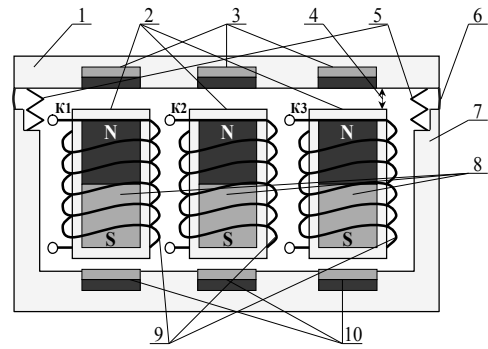


Рис. 1. Конструкція енергогенеруючої плитки

На рис. 1 показано конструкцію енергогенеруючої плитки. Запропонований пристрій генерування електричної енергії має наступні конструктивні елементи (рис. 1): натискну кришку 1; статор 2; неодимові магніти в натискній кришці 3; робочий хід натискної кришки 4; пружини 5; герметичне з'єднання кришки з корпусом 6; корпус 7; неодимові магніти ротора 8; обмотки котушок статора (K1–K3) 9; неодимові магніти в корпусі 10; електричний випрямляч 11.

Принцип дії енергогенеруючої плитки

На рис. 2 та 3 показано роботу енергогенеруючої плитки.

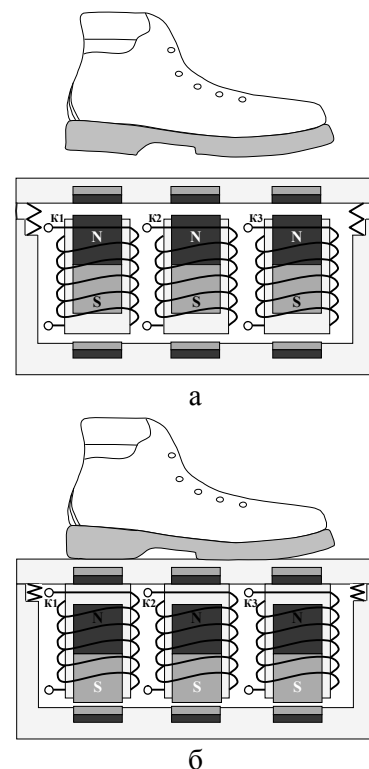


Рис. 2. Схематичне зображення принципу дії енергогенеруючої плитки: а – до натискання; б – після натискання

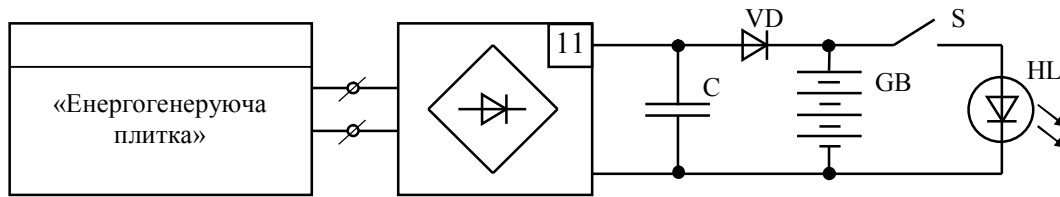


Рис. 3. Схема принципова енергогенеруючої плитки: C – ємнісний нагромаджувач; VD – діод; GB – акумуляторна батарея; S – вимикач; HL – світлодіодне навантаження

Енергогенеруюча плитка працює таким чином. Коли людина наступає на пристрій, натискає кришку 1, що з'єднана герметичним сполученням із корпусом 6, починає рухатися вниз (рис. 2), тим самим забезпечуючи роботу пристрою як лінійного електрогенератора. Завдяки тому, що неодимові магніти в натискній кришці 3 орієнтовані однаковими полюсами до полюсів магнітів ротора 8, вони через магнітне поле відштовхують ротор і тим самим змушують його вертикально зміщатися вниз, поки не буде пройдено весь робочий хід натискної кришки 4. У крайньому нижньому положенні, коли натискає кришка 1 лежить на корпусі 7, на неодимові магніти ротора 8 буде діяти максимальне магнітне зусилля від неодимових магнітів у корпусі 10, які також орієнтовані однаковими полюсами до полюсів неодимових магнітів ротора 8 та будуть відштовхувати ротор угору. Таким чином, неодимові магніти у натискній кришці 3 та неодимові магніти в корпусі 10 використовуються як демпферні пружини. Маючи механічну інерцію, ротор буде коливатися між неодимовими магнітами в натискній кришці 3 та неодимовими магнітами в корпусі 10, як між демпферними пружинами. При зніманні ноги з пристрою генерування електричної енергії пружини 5 повертають натиснену кришку 1 в початкове положення, що збільшує проміжок робочого ходу натискної кришки 4, тим самим створюючи умови для переміщення неодимових магнітів ротора 8 угору, бо сила магнітного тиску від неодимових магнітів у корпусі 10 стає більшою, ніж від неодимових магнітів у натискній кришці 3. Зворотно-поступальний рух ротора наводить в обмотках котушок статора (K1...K3) 9 змінний електричний струм. Обмотки статора 2 з'єднані між собою та підключені до електричного випрямляча 11 (рис. 3), із затискачів якого заряджається ємнісний нагромаджувач C – іоністор та через діод VD-акумуляторна батарея GB. Вимикач S включає світлодіодне навантаження HL до

електричного кола акумуляторної батареї GB.

Таким чином, запропонована енергогенеруюча плитка дозволяє суттєво зменшити складність, габарити і собівартість, порівняно з існуючими аналогами, за рахунок використання ротора, виконаного із суцільних неодимових магнітів, а як демпферні пружини – плоских неодимових магнітів, орієнтованих однаковими полюсами до полюсів ротора, й за рахунок того, що однакові кінці обмоток статора з'єднані між собою і через електричний випрямляч проводиться заряд іоністора та акумуляторної батареї. Усе це дозволило не застосовувати у конструкції лінійного електрогенератора додаткових складних механізмів, спеціальну рідину та герметичне обладнання для забезпечення його роботи.

Також як основний елемент, що перетворює кінетичну енергію в електричну, може використовуватися електричний двигун (ДПС або кроковий двигун). У такому разі необхідно передбачити спеціальний редуктор, який перетворює лінійне переміщення у кругове та підвищує кутову швидкість обертання ротора двигуна [17].

Висновки

Проведено аналіз публікацій щодо аналогів запропонованої енергогенеруючої плитки.

Виконано детальні дослідження щодо будови енергогенеруючої плитки як альтернативного та децентралізованого джерела електричної енергії.

Запропоновано, детально розглянуто та описано принцип дії енергогенеруючої плитки як альтернативного та децентралізованого джерела електричної енергії.

Запропонована енергогенеруюча плитка може бути використана як альтернативне дже-

рело електричної енергії у місцях з великою прохідністю людей.

Література

1. Транспортна інфраструктура / Матеріали сайту. – 2016. – Режим доступу: <http://bagrationovsk.gov39.ru/about/transportnaya-infrastruktura>.
2. Гнатов А.В. Малопотужна система енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: 7-ма Міжнародна науково-практична конференція СЕУТТОО-2016. Херсон, Україна 22–23 вересня 2016 р. – 2016. – №263. – С. 56–57.
3. Xiaofeng Li Modelling piezoelectric energy harvesting potential in an educational building / Xiaofeng Li, V. Strezov // Energy Conversion and Management. – 2014. – September. – P.435–442.
4. Пат. 2 482 568 России, H01L 41/11. Сбор энергии с дорог и взлетно-посадочных полос / Абрамович Х., Хараш Е.; заявитель и патентообладатель ИННОВАТЕК ЛТД. – заявл. 20.03.2012; опубл. 20.05.2013.
5. Pat. US D712,822 S United States. Solar Roadway Panel / Brusaw S., Brusaw J. – Declared 19.04.2013; Publ. 9.09.2014.
6. Welcome to Solar Roadways. 2016. Available online: <http://www.solarroadways.com>.
7. How 'Solar Roadways' plans to create smart roads to produce clean energy and save lives and money. / Матеріали сайту – 2014. – Режим доступу: <http://www.techrepublic.com/article/how-solar-roadways-plans-to-create-smart-roads-to-produce-clean-energy-and-save-lives-and-money/>.
8. Пат. 2499350 России, H02N. Пьезоэлектрический генератор постоянного тока на основе эффекта Казимира / В.Р. Ской; заявитель и патентообладатель Ской В.Р. – заявл. 19.03.2012; опубл. 20.11.2013.
9. Shalabh R.B. Converting sound energy to electric energy / R.B. Shalabh // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2012, October. – Vol. 2, Issue 10.
10. Xinyu Xue, Sihong Wang. Hybridizing Energy Conversion and Storage in a Mechanical-to-Electrochemical Process for Self-Charging Power Cell. Nano Letters, 2012.
11. L. Liu, H. Lim, W.Y. Lu, Y. Qiao. Mechanical-to-Electric Energy Conversion by Mechanically Driven Flow of Electrolytes Confined in Nanochannels, Appl. Phys. Express 6, (2013).
12. Преобразование тепла окружающей среды в электрическую энергию / Л. С. Луин // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83, № 11. – С. 72–77.
13. Cafiso Salvatore; Cuomo M. Experimental Analysis for Piezoelectric Transducers Applications into Roads Pavements. Advanced Materials Research 684. – 2013. – P. 253–257.
14. P. Kumar and D. Kumar. Palwalia Decentralized Autonomous Hybrid Renewable Power // Generation Journal of Renewable Energy. – 2015. – 18 p. Article ID 856075.
15. Пат. 106587 України, H02K 7/00, H02K 7/12, H02K 35/00, H02K 35/02 Пристрій генерування електричної енергії / Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т. – № у 2015 11853; заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
16. Пат. 106588 України, H02K 7/12, H02K 35/02 Спосіб генерування електричної енергії від кроків людського потоку / Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т. – № у 2015 11854; заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
17. Гнатов А. В. Теорія електроприводу: Ч. 1. Механічні характеристики електроприводу постійного та змінного струму / А. В. Гнатов, В. І. Калмиков. – Х. : ХНАДУ, 2009 – 156 с.

References

1. Transportnaya infrastruktura [Materiali saytu]. 2016. Available at: <http://bagrationovsk.gov39.ru/about/transportnaya-infrastruktura>.
2. Gnatov A. V., Argun Sch. V. *Malopotuzhna sistema energozberezhennya ta generatsiyi elektrichnoyi energiyi dlya transportnih zasobiv. 7-ma Mizhнародna*

- naukovo-praktichna konferentsiya* [Low-power system for energy saving and electric power generation for vehicles. 7th International Scientific and Practical Conference] Herson: Hersonska derzhavna morskа akademiya, 2016. 263. pp. 56–57.
3. Xiaofeng Li, Vladimir Strezov. Modelling piezoelectric energy harve sting potentialinan educational building. *Energy Conversion and Management*. September 2014. pp. 435–442.
 4. Abramovich H., Harash E. *Sbor energii s dorog i vzletno-posadochnyih polos* [Collection of energy from roads and runways] Patent Ros. 2 482 568, 2013.
 5. Pat. US D712,822 S United States. Solar Roadway Panel / Brusaw S., Brusaw J. Declared 19.04.2013; Publ. 9.09.2014.
 6. Welcome to Solar Roadways. 2016. Available online: <http://www.solarroadways.com>.
 7. How 'Solar Roadways' plans to create smart roads to produce clean energy and save lives and money. [MaterIali saytu]. 2014. Available at: <http://www.techrepublic.com/article/how-solar-roadways-plans-to-create-smart-roads-to-produce-clean-energy-and-save-lives-and-money/>.
 8. Skoy V.R. Pezoelektricheskiy generator postoyanno-go toka na osnove efekta Kazimira [Piezoelectric DC generator based on the Casimir effect] Patent Ros. 2499350, 2013.
 9. Shalabh R.B. Converting sound energy to electric energy. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2012. October, vol. 2, iss. 10.
 10. Xinyu Xue, Sihong Wang. Hybridizing Energy Conversion and Storagein a Mechanical-to-Electrochemical Processfor Self-Charging Power Cell. *Nano Letters*, 2012.
 11. L. Liu, H. Lim, W.Y. Lu, Y. Qiao. Mechanical-to-Electric Energy Conversionby Mechanically Driven Flow of Electrolytes Confinedin Nanochannels, 2013. *Express 6, Appl. Phys*.
 12. Lunin L. S. *Preobrazovanie tepla okruzhayuschey sredyi v elektricheskuyu energiyu* [Converting the heat of the environment to electrical energy] *Zhurnal tehnikeskoy fiziki*. 2013. vol. 83, no. 11. pp. 72–77.
 13. Cafiso Salvatore; Cuomo M. Experimental Analysis for Piezoelectric Transducers Applicationsinto Roads Pavements. *Advanced Materials Research* 684. 2013. pp. 253–257.
 14. P. Kumarand D. Kumar. Palwalia Decentralized Autonomous Hybrid Renewable Power Generation *Journal of Renewable Energy*, 2015, 18 p. Article ID 856075.
 15. Gnatov A. V., Argun Sch. V., Gnatova G. A. *Prystriy heneruvannya elektrychnoyi enerhiyi* [Electricity generation device]. Pat. UA 106587, 2016.
 16. Gnatov A.V., Argun Sch.V., Gnatova G.A. *Sposib heneruvannya elektrychnoyi enerhiyi vid krokiv lyuds'koho potoku* [The method of generating electric energy from the steps of the human stream]. Pat. UA 106588, 2016.
 17. Gnatov A.V., Kalmykov V. I. *Teoriya elekt-ropryvodu: Ch. 1. Mekhanichni kharakterystyky elektropryvodu postiynoho ta zminnoho strumu* [The theory of the electric drive: Ch. 1. Mechanical characteristics of the electric drive of the direct and alternating current]ю Kharkov, KhNADU Publ., 2009. 156 p.

Рецензент: О.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.