

Використання енергії кроку людини як альтернативного джерела енергії

Мірошник^f К. В., ORCID [0000-0002-3523-4005](https://orcid.org/0000-0002-3523-4005)

Бевза^g О. М., ORCID [0000-0002-0903-1263](https://orcid.org/0000-0002-0903-1263)

Факультет електроніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Київ, Україна

Анотація—Робота присвячена дослідженню впровадження новітньої системи генерації електроенергії в місцях, які не придатні для встановлення інших систем електрогенерації. В роботі розглянуто екологічну проблему традиційних методів вироблення електроенергії, проаналізовано переваги та недоліки альтернативних систем. Показано переваги та доцільність застосування електрогенеруючої плитки в місцях з інтенсивним рухом людей. Розроблено структурну схему системи генерації електроенергії з даною плиткою і проведено розрахунки потужності її компонентів в цілому.

Ключові слова — альтернативне джерело енергії; Pavegen Systems; екологічна проблема.

I. ВСТУП

По тій причині, що ще не всі проблеми вирішені з виробництвом електроенергії, у світі досліджують і застосовують всі можливі варіанти виробництва електроенергії. Основна проблема, яку становить виробництво електроенергії, це екологічна проблема, зокрема теплове забруднення середовища і забруднення атмосфери газами від виробництва електроенергії.

Найбільшу частку виробництва електроенергії займають теплові електростанції. Для виробництва ці станції використовують невідновлювальні ресурси, яких може вистачити на 150-200 років. Зважаючи на приріст потреби електроенергії у світі, ці дані можуть піддатися перерахунку. Також, в свою чергу, вони найбільше забруднюють навколишнє середовище. Окрім вище описаних витрат ресурсів, продукти спалювання викидають в атмосферу вуглекислий газ і інші шкідливі речовини. Також під час виробництва відбувається теплове забруднення водою для охолодження пари з турбін станції.

Іншими традиційними способами генерації електроенергії є гідроелектростанції і атомні електростанції. В порівнянні з ТЕС, екологічний вплив даних станцій у значній мірі менший. ГЕС практично не забруднює природу, виробництво електроенергії не потребує сторонніх ресурсів, лише енергію води. Але його будівництво досить затратне, виробництво електроенергії не високе, а при малій кількості опадів може бути ще менше. АЕС дуже потужні станції, викиди і вплив на природу значно менший, запасів ресурсів вистачить на значно довше, вони ефективніші і перспективніші. На даний момент ведуться дослідження і роботи над вирішенням проблеми термоядерного синтезу, що є наступним кроком ядерної енергетики

[1]-[2]. З недоліків – це радіоактивне забруднення, а також теплове забруднення водою.

Останнім часом людство намагається освоїти багато альтернативних джерел електроенергії до них можна віднести енергію вітру, сонця, припливних течій, теплова енергія надр Землі, теплова енергія сонячного випромінювання, кінетична енергія кроку людини та багато іншого. Вони практично невичерпні, тому привертають увагу дослідників [3].

Виробництво електроенергії за допомогою вітру забезпечується вітроелектростанціями. Вітроелектростанції являють собою турбіни з лопастями, встановлені на горизонтальній осі, рідше на вертикальній. Перевагою таких станцій є їх цілодобова робота практично в будь якій частині світу. До недоліків можна віднести непостійність вітру. Він часто змінює напрямок, що для турбін з горизонтальною віссю створює проблему в ефективності, може зникнути, або виникнути надзвичайної сили, що призведе до виведення з ладу конструкції. Іншим недоліком є інфразвук, котрий створює непридатну для життя тварин і людей територію навколо електростанції.

Більш привабливим для застосування варіантом є сонячні панелі. Вони практично повністю безпечні, на відміну від вітрових електростанцій, доступні для встановлення в будь-якому місці. Недоліком є ціна і необхідна площа встановлення для забезпечення необхідної потужності, та якщо говорити про «екологічну окупність», то виправляти екологічні проблеми дорожче.

Досить перспективною є застосування технології Pavegen Systems, що використовує кроки людей для виробництва електроенергії [4]. Перевагою є можливість встановлення в місцях, де не можливо або недо-



цільно встановлювати інші електрогенеруючі системи. Вона виготовлена з гнучкого водонепроникного матеріалу, отриманого при переробці використаних автомобільних покришок, що надає плитці міцність і робить її стійкою до стирання. Корпус плитки виготовлений з особливої нержавіючої сталі. При натисненні поверхня прогинається на 5-10 мм, і змушує інтегрований перетворювач генерувати електроенергію. Технологія перетворювача базується на гібридному перетворенні [5], що включає п'єзоелектричний ефект, що генерує електроенергію за рахунок деформації [6], і електромагнітну індукцію [7]. Недоліком є недоцільність встановлення в місцях малої інтенсивності руху людей.

Метою даної роботи є розробка альтернативного джерела електроенергії із застосуванням технології Pavegen Systems. Дана технологія відносно нова, екологічно чиста при виробленні електроенергії, досить доцільна у застосуванні в місцях великого скупчення людей і їх інтенсивного руху, наприклад, на різних промислових об'єктах, в громадських місцях густонаселених міст.

II. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

A. Структурна схема системи генерації електроенергії

На Рис. 1 приведена структурна схема системи генерації електроенергії від кроку людини, що включає в себе наступні компоненти:

- Електрогенеруюча тротуарна плитка Pavegen Systems – передає кінетичну енергію кроку людини електромагнітній котушці і п'єзоелектричному перетворювачу.
- П'єзоелектричний перетворювач – п'єзоелектрик, котрий під впливом деформації виробляє електроенергію.
- Електромагнітна котушка – електрогенеруючий пристрій, котрий від переміщення осердя в котушці виробляє електроенергію.
- Сенсор – пристрій, фіксує кроки, здійснені на плитку.
- Перетворювач напруги 12-48 В в 12 В – перетворює напругу 48 – 12 В, що видають п'єзоелектричний перетворювач та електромагнітна котушка, в 12 В.
- Стабілізатор напруги 12 В – усуває перепади напруги, стабілізуючи 12 В.
- Свинцево-гелієвий акумулятор – накопичує вироблену електроенергію з п'єзоелектричного перетворювача і електромагнітної котушки.
- Мікроконтролер – регулює процес роботи системи, отримує і обробляє дані з сенсору, відправляє інформацію на модуль зв'язку.
- Модуль зв'язку – отримує дані з МК і відправляє в загальну систему для аналізу.

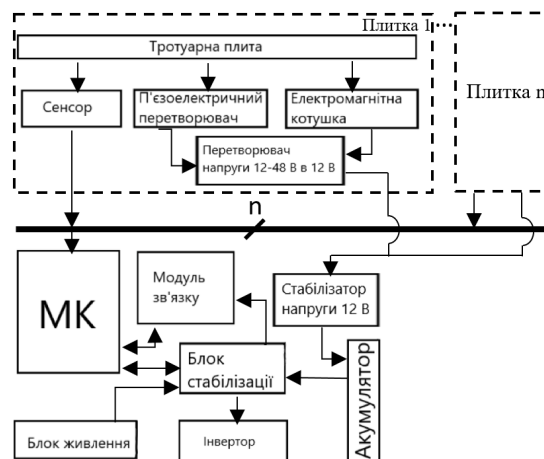


Рис. 1 Структурна схема системи генерації електроенергії з електрогенеруючою плиткою Pavegen Systems

- Блок стабілізації – регулює надходження живлення в системі з блоку живлення та акумулятора до мікроконтролера, модуля зв'язку та навантаження.
- Блок живлення – забезпечує стабільне постійне живлення МК і модулю зв'язку через блок стабілізації.
- Інвертор – перетворює напругу 12 В в напругу 220 В для мережі освітлення підприємства.

Електрогенеруюча плитка генерує від одного кроку від 2 до 4 Дж автономної енергії або близько 5 Вт потужності 12 В напруги за один крок[8]. За даними компанії виробника електрогенеруючої тротуарної плитки Pavegen Systems за 2016 рік, ними було вдосконалено конверсію енергії в 20 разів[8]. Сенсор збирає дані щодо кількості здійснених кроків на тротуарну плитку і передає їх до мікроконтролера. Мікроконтролер відповідає за збір, обробку даних і розподіл енергії на елементи системи через блок стабілізації. Вироблена електроенергія надходить до перетворювача напруги 12-48 В в 12 В і через стабілізатор напруги 12 В надходить до акумулятора, котрий через блок стабілізації передає енергію до елементів системи і інвертора. У даній схемі було обрано саме свинцево-гелієвий акумулятор, які мають дуже низький внутрішній опір, який складає приблизно 3-4 мОм. Свинцево-гелієві акумулятори надзвичайно стійкі до глибокого розряду завдяки зрідженому стану електроліту, яке не дозволяє йому випаруватися в разі глибокого розряду, в результаті якого не відбудеться окислення пластин. Строк експлуатації таких акумуляторів складає не менше 400 циклів заряд-розряд. А якщо не доводити їх до стану глибокого розряду, то строк служби зростає в 10 разів [9]. Навантаженням цієї системи залежно від розташування можуть слугувати системи освітлення приміщень, системи пожежної безпеки. Також вироблену електроенергію можна спрямувати в електромережу. Великою перевагою такої системи є її розташування практично безпосередньо в місцях споживання електроенергії, що зменшує її втрати.

В. Розрахунки потужності

Система, що розробляється, призначена для підприємства, що працює в три зміни і має загальну кількість людей близько півтори тисячі, площа підприємства є досить обмеженою. Сонячні панелі не можуть бути встановлені на даху підприємства через його конструктивні особливості. Місце для встановлення вітрогенераторів відсутнє, а також фактором, що заважає їх встановленню є близьке розташування людського житла. На підприємстві кожного дня двічі на день відбувається зміна персоналу на протязі 30 хв у кількості 300 чоловік на зміну. Таким чином, на прохідній проходять 600 чоловік 2 рази на день. Довжина доріжки від прохідної до роздягальні складає 45 м. Також, на підприємстві знаходиться коридор, в якому фактично, постійно рухаються 10 чоловік офісного персоналу на протязі 8 годин, тобто, кожної секунди здійснюється 10 кроків. Довжина коридору складає 165 м. Розміри одного модулю електрогенеруючої тротуарної плитки складають $0,6 \times 0,4$ м. Ширину для встановлення плиток Pavegen Systems на прохідній обрано 1,6 м, для коридору 0,8 м.

Кількість плиток на прохідній N_1 становитиме:

$$N_1 = \frac{45}{0,6} \cdot \frac{1,6}{0,4} = 300,$$

Кількість плиток в коридорі N_2 становитиме:

$$N_2 = \frac{165}{0,6} \cdot \frac{0,8}{0,4} = 550,$$

Вважатимемо, що на прохідній кожна людина наступатиме на кожен плитку в одній лінії на всій довжині шляху. Таким чином, на прохідній одна людина пройде по 75 електрогенеруючих тротуарних плитках. Згенерована потужність на прохідній P_{II} за період становитиме:

$$P_{II} = 5 \cdot 75 \cdot 600 = 225000 \text{ Вт}.$$

Ця потужність буде накопичена накопичувачами 12 В ємністю 200 А/год у кількості 95 акумуляторів. Енергія буде споживатися енергосистемою підприємства на освітлення, вентиляцію до наступної періодики або до вичерпання енергії.

Потужність що генерується коридором складає:

$$P_K = 5 \cdot 10 = 50 \text{ Вт}.$$

Так як такі системи не можуть працювати на пряму з інвертором для підключення до електромережі, тому електрогенеруюча плитка, що розташована в коридорі, підключається до акумуляторних батарей для електрогенеруючих плиток від прохідної, паралельно до них. І вже потім електроенергія від них через інвертор буде потрапляти в електромережу підприємства. Електрогенеруюча плитка, що розташована в офісному коридорі зможе згенерувати за час роботи офісних приміщень до 180 кВт*год.

ВИСНОВОК

Проведено розрахунок кількості електроенергії, що може згенерувати така система при заданих умовах конкретного підприємства. Розраховане виробництво потужності електроенергії на прохідній за період становить 225 кВт, розраховане виробництво потужності в коридорі становить до 180 кВт*год. Використання такої системи внесе вагомий вклад в зменшення викиду парникових газів і відповідно покращення екологічної ситуації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] "International Thermonuclear Experimental Reactor." [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/ITER>.
- [2] "Fusion: A Big Win For ORNL." [Online]. Available: https://web.archive.org/web/20081206061108/http://www.ornl.gov/info/ornlreview/v38_1_05/article15.shtml.
- [3] O. V. Hulman, "Alternatyvni dzherela enerhii [Alternative Energy Sources]." [Online]. Available: <https://naurok.com.ua/alternativni-dzherela-energi-duzhe-vazhliva-problema-dlya-dano-epohi-yak-otrimati-bagato-energi-i-yakomoga-deshevshe-70680.html>.
- [4] A. Povnyy, "Trotuarnaya plitka Pavegen, generiruyushchaya elektroenergiyu [Pavegen paving slabs that generate electricity]." *Elektrik.info*, 2020. [Online]. Available: <http://elektrik.info/main/news/1138-trotuarnaya-plitka-generiruyushchaya-elektroenergiyu.html>.
- [5] D. Khadilkar, "Energy-Harvesting Street Tiles Generate Power from Pavement Pounder," *SCIENTIFIC AMERICAN, A DIVISION OF SPRINGER NATURE AMERICA, INC.*, 2013. [Online]. Available: <https://www.scientificamerican.com/article/pavement-pounders-at-paris-marathon-generate-power/>.
- [6] Y. M. Poplavko and Y. I. Yakymenko, *P'yezoelektryky. Navchal'nyy posibnyk [Piezoelectrics. Tutorial]*. NTUU "KPI," 2013, ISBN: 978-966-622-587-3.
- [7] I. Y. Irodov, *Elektromagnetizm. Osnovnyye zakony [Electromagnetism. Basic laws]*. Moscow: Laboratorija znanij, 2009, ISBN: 978-5-9963-0064-8.
- [8] "Pavegen." [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pavegen>.
- [9] "Chto takoye gelevyy akkumulyator? Kakaya raznitsa mezhdru gelevym i obychnym AKB [What is a gel battery? What is the difference between a gel and a regular battery]." *AvtoPulsar*, 2014. [Online]. Available: <https://avtopulsar.ru/chto-takoe-gelevyj-akkumulyator-kakaya-raznitsa-mezhdru-gelevym-i-obychnym-akb/>.

UDC 620.92

Use of Human Step Energy as an Alternative Energy Source

K. V. Miroshnyk^f, ORCID [0000-0002-3523-4005](https://orcid.org/0000-0002-3523-4005)O. M. Bevza^s, ORCID [0000-0002-0903-1263](https://orcid.org/0000-0002-0903-1263)

Faculty of Electronics

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Kyiv, Ukraine

DOI: [10.20535/2617-0965.2020.3.3.199026](https://doi.org/10.20535/2617-0965.2020.3.3.199026)

Abstract—The work is devoted to the development of an electrogeneration system that uses kinetic energy of human pitch. Traditional methods of electricity production using thermal power plants, hydroelectric power plants and nuclear power plants are considered. Hydroelectric and nuclear power plants have the advantage of production capacity. The main disadvantage of a thermal power plant is atmospheric pollution, a nuclear power plant is likely to have radioactive contamination, and their common disadvantage is thermal water pollution. Hydroelectric power plants have less production capacity, but are environmentally better than the above-mentioned power plants. The main alternative to these stations are power plants that use wind and solar energy. The main advantage of wind power plants is the possibility of round-the-clock power generation and the ability to install almost anywhere where there is constant air movement. The main disadvantages of wind power plants are the instability of power generation due to the instability of the air flow and the generation of infrasound during operation. The advantage of solar panels is their high environmental friendliness, the ability to install anywhere. The disadvantage is the need for a large area to produce sufficient capacity and the feasibility of location in more sunny regions. These disadvantages are absent in the pavement tile Pavegen. A characteristic feature of this technology is the generation of electricity through the use of kinetic energy in human steps. The disadvantage is the inappropriate installation in places of low intensity of movement of people. The surface of the tile is made of recycled tires for durability, abrasion resistance and the prospect of further disposal of the tires. The case is made of stainless steel. When pressed, the tile surface flexes by 5-10 mm, forcing the integrated converters to generate electricity through the effects of piezoelectric effect and electromagnetic induction. One step generates 2 to 4 J of autonomous energy, or about 5 watts per step. The block diagram of the developed power generation system includes a power generating tile that generates electricity, a voltage regulator 12 V, lead-helium battery as a drive, microcontroller, sensor, communication module, stabilizer unit, power supply designed to ensure the stable operation of modules and monitoring of information on traffic intensity and amount of energy produced, and inverter. Lighting of the territory of the enterprise, premises, ventilation, etc. can be a load.

Keywords — *alternative energy source; Pavegen Systems; environmental problem.*

