



УДК 620.9

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-24

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДОМАШНЬОГО СТАЦІОНАРНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА

Сілі І. І.¹, к.т.н. ORCID 0000-0002-6603-2174
Азархов О. Ю.¹, д. мед.н., к.т.н. ORCID 0000-0003-2085-4786
Бухлал Н. А.¹, ст. викладач ORCID 0000-0002-0361-9584
Петров В. О.², к.т.н. ORCID 0000-0002-6399-9064

¹ ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

² Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного
e-mail: sili_i_i@pstu.edu

Постановка проблеми. Вітер - це одна з найдоступніших форм серед поновлюваних джерел енергії. Напрямок потоків вітру мінливий і повністю залежить від рельєфу земної поверхні, присутності водойм, рослинності. Людина спочатку навчилася перетворювати енергію руху повітряних мас в механічну, а згодом і в електричну енергію. В даний час в усьому світі спостерігається підвищений інтерес до використання в різних галузях економіки нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. Ведеться бурхлива дискусія про вибір шляхів розвитку енергетики. Це пов'язано перш за все зі зростаючою необхідністю охорони навколишнього середовища і виснаженням корисних копалин природних ресурсів, а також з необхідністю підвищення енергоефективності промислових і побутових комплексів [1].

Сучасна вітроенергетика має ряд проблем, які негативно впливають на підвищення ефективності енергозбереження. Найбільш актуальні з них такі відповідно до Soraida Vargas в [2]:

- забезпечення тривалого функціонування вітроелектричних агрегатів;
- забезпечення ефективного використання енергії вітру;
- стабілізація частоти електроенергії, яку виробляють вітроустановки.

У цій статті пропонується розглянути розробку нового, ефективного, домашнього вітрогенератора на базі аеродинамічної труби Ранка-Хілша з використанням елементів Пельтьє та двох типів завихрувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перед початком етапу розробки нового вітрогенератора, нами було проаналізовано ряд питань, серед яких:



- аналіз конструкцій існуючих вітрогенераторів;
- вибір і обґрунтування конструкції вітрогенератора для створення автономної системи електропостачання;
- аналіз існуючих систем стабілізації частоти обертання валу електрогенератора;
- аналіз застосовуваних електрогенераторів і обґрунтування їх вибору.

Вітрогенератори підрозділяються по розташуванню осі обертання на конструкції з вертикальною віссю (перпендикулярно землі) і горизонтальною віссю (паралельно землі).

Найбільшу популярність в промислових масштабах при створенні вітроелектростанцій отримали механізми з горизонтальною віссю обертання (горизонтальні вітрогенератори), вісь обертання турбіни яких розташована паралельно землі. Цей тип отримав назву «вітряка», лопаті якої обертаються проти вітру. Конструкція горизонтальних вітрогенераторів передбачає автоматичний поворот головної частини (в пошуках вітру), а також поворот лопатей для використання вітру невеликої сили. Механізми з вертикальною віссю наділені рядом суттєвих особливостей перед вітрогенераторами з горизонтальною віссю як зазначає в своїй роботі Cédric Philibert [3]. Відсутність вузлів під орієнтування на вітровий потік помітно зменшує все гідроскопічне навантаження. Через особливості своєї будови при абсолютно будь-якому напрямку вітру конструкція розташовується в абсолютно довільному положенні, через що вона простіша в своєму виконанні. У подібних механізмах виникнення обертання створюють підйомна сила лопатей, а також сили опору.

Як стверджує Valentin Voisea в [4] до переваг вітрогенераторів з вертикальною віссю слід віднести:

- відсутність напрямних потоку повітря;
- низькі витрати на ремонт зважаючи на малу кількість рухомих деталей;
- конструктивно даний ротор може розташовуватися нижче аналогічного горизонтального, через що відсутня необхідність в спеціальних підйомних механізмах і підйому персоналу на висоту;
- на високу ефективність ротора не впливають ні кут, ні швидкість напрямку потоку вітру.

Потужність і ККД вітрогенератора залежать не тільки від його конструктивних параметрів, а й від вітрового навантаження. На рис. 1 представлена карта вітрового навантаження України, згідно якої більша частина Приазов'я (південь Запорізької та Донецької області) знаходиться в найбільшому – п'ятому районі, з показником у 600 Па [5]. Використання даного вітрового потенціалу є пріоритетом з точки

розвитку даного регіону, а домашні стаціонарні вітрогенератори в перспективі можуть стати джерелом автономного енергозабезпечення невеликих фермерських господарств та приватних будинків.

Для більшості регіонів України характерні умови слабких і помірних вітрів (рис. 1), що призводить до необхідності застосування додаткового обладнання - редуктора. Він дозволяє збільшувати швидкість обертання валу генератора за рахунок падіння потужності на валу пропорційно передавальному числу. Дослідження редукторів для вітрогенераторів було проведено Ronald Barazarte в Universidad Tecnológica de Panamá результатом якого стало, що редуктори, які розрізняються за типом використовуваної передачі, володіють одним загальним недоліком - низькою надійністю [6].

Застосування безредукторних вертикальних вітряних електроустановок дозволяють підвищити надійність, знизити шум і вібрацію, збільшити термін експлуатації. Єдиним недоліком залишається висока вартість існуючих установок як стверджено в [7].

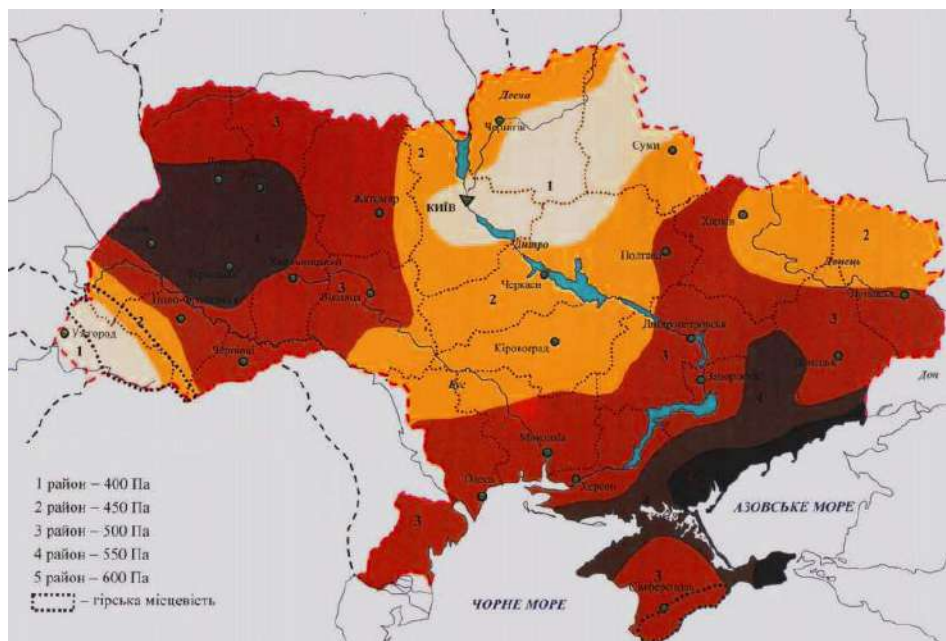


Рис. 1. Карта вітрового навантаження України

Відомий спосіб перетворення енергії і вихрова труба Грицкевича для його здійснення [8], яка може бути використана для виробництва як теплової, так і електричної енергії, за рахунок перетворення енергії рухомого потоку рідини в вихровій трубі, яка містить електромагнітні обмотки, трубчастий корпус з теплою частиною, що включає циклон у вигляді равлика з інжекційним патрубком і діафрагмою. Гаряча частина труби містить випускний патрубок, регулювальний конус з пристроєм осевого регулювання і пари електродів, рівномірно



розподілених по колу між корпусом і конусом. Недоліком цього пристрою є складність конструкції за рахунок наявності електромагнітних обмоток низький коефіцієнт корисної дії.

Елементи Пельтьє сьогодні знаходять все більше застосування, так в [9] представлено осушувач повітря на базі елемента Пельтьє та ардуіно. В даному приладі використовується алюмінієва пластина розміром 36 см^2 і товщиною близько $0,5 \text{ мм}$, термоелектричний елемент Пельтьє, плата Arduino UNO, провідники-перемички, транзистори TIP122 та резистори опором 1 кОм . У рамках первинних результатів було отримано процес конденсації водних крапель на алюмінієвій пластині, а сам процес виявився постійним та контрольованим. Прототипу системи для осушення повітря має на меті зменшити вологість повітря у приміщенні, в першу чергу медичних закладів охорони здоров'я (за допомогою конденсації). В нашій розробці пропонуємо також використати термоелектричні елементи Пельтьє, але в якості джерела електричної енергії.

Формулювання цілей статті. Виходячи з аналізу останніх досліджень та взявши за основу існуючі моделі вітрових генераторів, запропонувати споживачам використання саме вертикальних безредукторних вітрогенераторів в умовах Півдня України з гарними показниками вітрового потенціалу. Одним з таких є розроблений нами генератор, який представлений в даній роботі.

Виклад основного матеріалу. В основу нашої розробки поставлена задача удосконалити існуючі види вітрогенераторів на базі вихрової труби шляхом встановлення додаткових конструктивних елементів та виконання її у вигляді вертикальної гіперболічної труби Ранка-Хілша, що дає можливість підвищити ККД пристрою та величину генерації електричної енергії.

Поставлена задача вирішується тим, що стаціонарний вертикальний вітрогенератор містить раму, яка виконана у вигляді гіперболічної труби Ранка-Хілша, згідно запропонованої моделі, встановлено направляючу шайбу у нижній частині труби, два типи завихрувачів, що задають протилежні напрямки потоку вітру в трубі, елементи Пельтьє і витяжну шайбу. Блок-схема процесу роботи та генерації електричної енергії представлена на рис. 2.

Застосування запропонованої конструкції за рахунок відмови від використання електромагнітних обмоток, дозволяє спростити конструкцію. Застосування двох типів завихрувачів для вітрогенератора запропонованої конструкції, дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії та величину генерації електричної енергії, за рахунок розділу потоків повітря з різними напрямками обертання.

Стаціонарний вертикальний вітрогенератор містить витяжну шайбу 1, елементи Пельтьє 2, гіперболічну трубу 3 у вигляді труби

Ранка-Хілша, направляючих шайб 4, двох типів завихрувачів за годинниковою стрілкою 5 та проти годинникової стрілки 6.



Рис. 2. Блок-схема процесу генерації електричної енергії розробленого вітрогенератора

На розроблену модель стаціонарного вертикального вітрогенератора був отриманий патент на корисну модель [10].

Пристрій використовують наступним чином (рис. 3). Стаціонарний вертикальний вітрогенератор монтується на спеціальному майданчику, де закріплюють трубу генератора 3 у вертикальному положенні. Потоки повітря потрапляють у завихрувачі 5 і 6, якими задається напрямок обертання потоків повітря всередині труби 3.

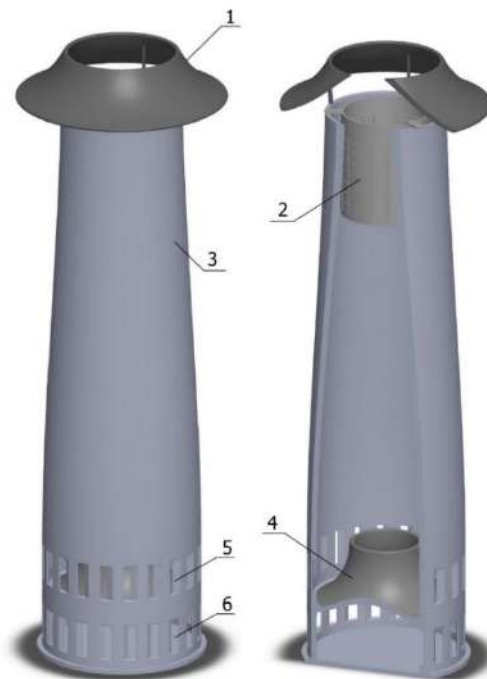


Рис. 3. 3Д модель розробленого стаціонарного вертикального вітрогенератора

Відомий вихровий ефект або ефект Ранка-Хілша відповідно до якого, при проходженні потоку газу по плавно звужуючій поверхні



труби у її зовнішньої стінки утворюється область підвищеної температури газу, а у внутрішній - область зниженої температури. У вітрогенераторі холодне повітря, за рахунок вихрового ефекту та направляючої шайби 4, буде формуватися у центральній частині, а гаряче витиснеться на периферію - до стінок труби.

На кінці труби встановлені елементи Пельт'є 2, які обтікаються холодним повітрям з одного боку, та гарячим з іншого. В результаті на вихідних клеммах елемента Пельт'є виникає різниця потенціалів певної величини. Електроенергія, яка при цьому генерується, направляється до електромережі. Витяжна шайба 1 полегшує вихід повітря з труби 3.

Висновки. В роботі проаналізовано існуючі методи та пристрої генерації електричної енергії з вітру з вертикальною віссю. Також підкреслено, що більша частина Приазов'я знаходиться в найкращому регіоні з точки зору вітрового потенціалу України, і тому доцільно розвивати вітроенергетику саме на півдні Запорізької та Донецької області, а в перспективі – автономні домашні вітрогенератори. Визначено, що механізми з вертикальною віссю наділені рядом суттєвих особливостей перед вітрогенераторами з горизонтальною віссю, і можуть бути використанні для генерації в домашніх умовах з більшим ККД. В основу представленої розробки була поставлена задача удосконалити існуючі види вітрогенераторів на базі вихрової труби шляхом встановлення додаткових конструктивних елементів та виконання її у вигляді вертикальної гіперболічної труби Ранка-Хілша, що дає можливість підвищити ККД пристрою та величину генерації електричної енергії. Використання елементів Пельт'є дозволило генерувати електричну енергію лише базуючись на різниці двох закручених потоків повітря всередині труби. На розроблену модель стаціонарного вертикального вітрогенератору був отриманий патент на корисну модель.

Список використаних джерел

1. Nazir, M. S., Mahdi, A. J., Bilal, M., Sohail, H. M., Ali, N., Iqbal, H. M. Environmental impact and pollution-related challenges of renewable wind energy paradigm—A review. *Science of the Total Environment*. 2019. p. 436-444. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.274.

2. Vargas, S. A., Esteves, G. R. T., Maçaira, P. M., Bastos, B. Q., Oliveira, F. L. C., & Souza, R. C. Wind power generation: A review and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 218. 2019. p. 850-870. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.015>.

3. Philibert C. Three reasons why renewable energy is so important to the power industry. 2015. URL: <https://www.gepowerconversion.com/inspire/three-reasons-why-renewable-energy-so-important-power-industry>. (Accessed 3 December 2020).



4. Voicea V. A. Energy storage technologies: The past and the present. *Proceedings of the IEEE*. 2014. 102.11: p. 1777-1794.

5. Навантаження і впливи. Норми проектування. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. ДБН В.1.2-2:2006. Чинний від 1 січня 2007 р. Київ : Управління технічного регулювання в будівництві, 2007. 75 с. (Національний стандарт України).

6. Barazarte, R. Y., Gonzalez, G., Hall, E. Comparison of electrical generators used for wind power generation. *IEEE Latin America Transactions*. Vol. 9(7). 2011. p.1040-1044.4.

7. Fontanella, A., Taruffi, F., Muggiasca, S., Belloli, M. Design methodology for a floating offshore wind turbine large-scale outdoor prototype. In *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. Vol. 58899. June 2019. p. V010T09A058. <https://doi.org/10.1115/OMAЕ2019-95979>.

8. Способ преобразования энергии и вихревая труба Грицкевича для его осуществления; пат. RU2245497C2 Россия; заявл. 21.02.2001; опубл. 10.02.2003, Бюл. №3, 7 с.

9. Сілі І. І., Азархов О.Ю., Волошин В. С. Осушувач повітря на базі елемента Пельтьє та Ардуіно. *Медична інформатика та інженерія*, 2020. Вип. (2). с. 90-95. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11180>.

10. Стационарный вертикальный ветрогенератор / патент України на корисну модель № 139807. МПК F03D 5/00; № u201906121; заявл. 03.06.2019; Опубл. 27.01.2020, Бюл. № 2 -5 с. Сілі І.І., Лисенко О.В., Петров В.О., Коваль Д.М.

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДОМАШНЬОГО СТАЦІОНАРНОГО
ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА
Сілі І.І., Азархов О.Ю., Бухлал Н.А., Петров В.О.**

Анотація.

У цій статті розглянуто розробку нового, ефективного, домашнього вітрогенератора на базі аеродинамічної труби Ранка-Хілша з використанням елементів Пельтьє та двох типів завихрувачів. Сучасна вітроенергетика має ряд проблем, які негативно впливають на підвищення ефективності енергозбереження. Безредукторні вітрогенератори з вертикальною віссю мають ряд переваг та в перспективі можуть стати джерелом автономного енергозабезпечення невеликих фермерських господарств та приватних будинків у Приазов'ї України. В основу нашої розробки поставлена задача удосконалити існуючі види вітрогенераторів на базі вихрової труби шляхом встановлення додаткових конструктивних елементів та виконання її у вигляді вертикальної гіперболічної труби Ранка-Хілша, що дає можливість підвищити ККД пристрою та величину генерації електричної енергії.

Ключові слова: вихрова труба Ранка-Хілша, ефект Ранка, елементи Пельтьє, завихрувачі, вітрогенератор, потоки повітря.



РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДОМАШНЕГО СТАЦИОНАРНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Сили И.И., Азархов А.Ю., Бухлал Н.А., Петров В.А.

Аннотация

В этой статье рассмотрено разработку нового, эффективного, домашнего ветрогенератора на базе аэродинамической трубы Ранка-Хилша с использованием элементов Пельтье и двух типов завихрителей. Современная ветроэнергетика имеет ряд проблем, которые негативно влияют на повышение эффективности энергосбережения. Безредукторные ветрогенераторы с вертикальной осью имеют ряд преимуществ и в перспективе могут стать источником автономного энергообеспечения небольших фермерских хозяйств и частных домов в Приазовье Украины. В основу нашей разработки поставлена задача усовершенствовать существующие виды ветрогенераторов на базе вихревой трубы путем установки дополнительных конструктивных элементов и выполнение ее в виде вертикальной гиперболической трубы Ранка-Хилша, что дает возможность повысить КПД устройства и величину генерации электрической энергии.

Ключевые слова: вихревая труба Ранка-Хилша, эффект Ранка, элементы Пельтье, завихрители, ветрогенератор, потоки воздуха.

HOME STATIONARY VERTICAL WIND GENERATOR PROTOTYPE

Sili I.I., Azarkhov A.Yu., Bukhlal N.A., Petrov V.A.

Summary

This article discusses the development of a new, efficient, home wind turbine based on the Ranque-Hilsch wind tunnel, using Peltier elements and two types of swirlers. Wind is one of the most affordable forms of renewable energy. The direction of wind flows is changeable and completely depends on the earth's surface, the presence of water lakes, plants. Nowadays, there is an increased interest in the use of non-traditional renewable energy sources all over the world, in various sectors of the economy. Modern wind energy has a number of coins that negatively affect the improvement of energy saving efficiency. Gearless vertical-axis wind generators have a number of advantages and in the future can become a source of autonomous power supply for small farms and private houses in the Azov region of Ukraine. The absence of points for orientation to the wind flow significantly reduces the resistance. Due to the peculiarities of its structure, in absolutely any direction of the wind, the vertical structure is located in an absolutely arbitrary position, which is why it is easier in its execution. Our prototype is based on the task of improving the existing types of wind turbines based on a vortex tube by installing additional structural elements and making it in the form of a vertical hyperbolic Ranque-Hilsch tube, which makes it possible to increase the efficiency of the device and the amount of electricity generation. The problem is solved by the fact that the stationary vertical wind generator contains a base made in the form of a hyperbolic Ranque-Hilsch pipe tube, according to the proposed model, a guide washer is installed in the lower part of the pipe, two types of swirlers that set opposite directions of the wind flow in the pipe, Peltier elements and an exhaust washer. The use of Peltier elements made it possible to generate electrical energy only based on the difference between two swirling air flows inside the pipe. This design allows to increase the efficiency and the amount of generation of electrical energy, due to the difference of air flows with different directions of rotation.

Key words: Ranque-Hilsch vortex tube, Ranque effect, Peltier elements, swirlers, wind turbine, air flows.