

І. В. Пислар

ДИСТАНЦІЙНЕ ПОНОВЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЖЕРЕЛ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Розглянуто способи поновлення енергії автономних джерел живлення радіотехнічних пристроїв. Описано спосіб отримання електроенергії за рахунок кінетичної енергії крапель дощу. Наведено експериментальні результати ефективності передачі електромагнітних хвиль без підвищення потужності передавальної сторони за використання помножувача напруги. Проаналізовано можливість використання світлової енергії штучних джерел світла.

Ключові слова: альтернативна енергія, електромагнітна енергія, сонячна енергія.

Вступ

Значна кількість радіотехнічних пристроїв, таких як: системи охорони, вимірювальні датчики, потребує автономного, незалежного живлення, яке підтримувало б функціонування пристрою в місцях, де немає доступу до стаціонарної електромережі 220 В. Використання акумуляторів частково розв'язує проблему забезпечення автономного живлення, але їх потрібно постійно замінювати чи підзаряджати. При цьому застосуванню дистанційних методів підзарядки акумуляторів надають перевагу над дротовими за рахунок надійності та можливості приховування блока пристрою, який працює.

Використання кінетичної енергії крапель дощу

У всьому світі збільшується попит [1] на використання альтернативної енергії. У зв'язку з цим розширюється пошук нових альтернативних джерел відновлювальної енергії.

Кінетична енергія крапель дощу, як і енергія сонця чи вітру, є відновлюваним джерелом енергії. На сьогодні дощові краплі належать до найменш експлуатованих джерел енергії. Щороку на поверхню Землі випадають сотні тисяч кубічних кілометрів води у вигляді дощу. Кожна краплина має кінетичну енергію, яка залежить від розміру краплі та від її швидкості. Експлуатація такого перетворювача енергії є абсолютно екологічно чистою без будь-яких викидів у атмосферу чи завдання шкоди навколишньому середовищу. На відміну від вітрогенераторів, узагалі не існує жодних перешкод для використання пристрою такого виду в населених пунктах, оскільки він не створює додаткові акустичні шуми. До того ж у пристрої немає рухомих механічних частин, які суттєво зменшують час безвідмовної роботи. За відсутності сонця (хмарна погода, ніч) використання сонячних батарей є неефективним. Перетворення кінетичної енергії крапель дощу в електричну може слугувати доповненням (додатковим джерелом) до сонячних фотоелементів.

Уперше досліди щодо отримання електроенергії з крапель дощу були проведені французькими вченими [2, 3]. Результати їх дослідження підтверджують можливість експлуатації енергії дощу. Суть способу отримання електроенергії полягає в тому, що під час потрапляння краплі на п'єзопластину-генератор виникає пружна механічна деформація, яка породжує виникнення електричної напруги (прямий п'єзо ефект) на електродах п'єзогенератора.

Як п'єзоелектричний перетворювач французькі вчені використовували пластину PVDF товщиною 25 мікрометрів. Виявлено, що енергія, яку несе одна середньостатистична крапля дощу має величину у $2 \text{ мкДж} \div 1 \text{ мДж}$ залежно від діаметра краплі. На 1 м^2 поверхні Землі припадає майже 1 Вт/год .

Природно, що з такими величинами енергії дощу промислові станції, які живили хоча б

окремий будинок, не побудувати, оскільки отриманої енергії буде недостатньо, проте її буде досить для того, щоб живити малопотужні споживачі електроенергії, наприклад, світлодіодні джерела світла, радіоприймачі тощо.

Розроблено модифікований варіант пристрою використання кінетичної енергії крапель дощу, який працює так: коли краплі дощу падають на поверхню п'єзопластини-генератора, у ньому виникає механічна деформація, яка зумовлює виникнення напруги внаслідок прямого п'єзоелектричного ефекту. Завдяки тонкому ізолювальному матеріалу, яким вкрита п'єзопластина-генератор, усувають можливість замикання електродів п'єзопластини-генератора водяною плівкою. Для того щоб ефективніше здійснювати перетворення кінетичної енергії з наступних крапель дощу, п'єзопластину-генератор розміщують під кутом до горизонту близько десяти градусів. Завдяки цьому краплі води стікають із певної точки цієї п'єзопластини-генератора на іншу, розміщену нижче. Тому краплі води не поглинатимуть кінетичну енергію наступної краплі, що падає, та передаватимуть набуту в процесі падіння кінетичну енергію наступній п'єзопластині-генератору. Електрична принципова схема подана на рис. 1. Для усунення оберненого п'єзоелекту, що може виникнути внаслідок паралельного під'єднання двох і більше п'єзопластин-генераторів (1) між собою, необхідно використати діод (2). Кількість діодів M дорівнює кількості використаних п'єзопластин-генераторів N , тобто $M=N$. Швидкість заряджання конденсатора (5) залежить від величини деформації п'єзопластин-генераторів і, врешті, від кінетичної енергії крапель дощу та їх кількості за одиницю часу, а отже, від кількості заряджаючих електричних імпульсів. Кількість електричних імпульсів, які заряджають конденсатор, можна суттєво збільшити, якщо заряджати цей конденсатор від достатньо великої кількості ввімкнених паралельно п'єзопластин-генераторів. Послідовне ввімкнення двох конденсаторів (5) та (6), під'єднаних відповідно до ланок $1 \div N$ та $2 \div S$ п'єзопластин-генераторів через діоди $3 \div M$ та $4 \div D$, дозволяє отримати вдвічі більший рівень вихідної напруги. На рис. 2 відображено концентратор (7) крапель дощу, який збирає та концентрує краплі, які падають і стікають на п'єзопластину-генератор. Гідроізольована коробка (8), прикріплена до рами-корпусу (9), містить необхідну кількість радіоелементів (діоди, конденсатори), які надійно захищені від крапель дощу. П'єзопластина-генератор закріплена на консолі (10), яка з іншого кінця прикріплена до рами-корпусу.

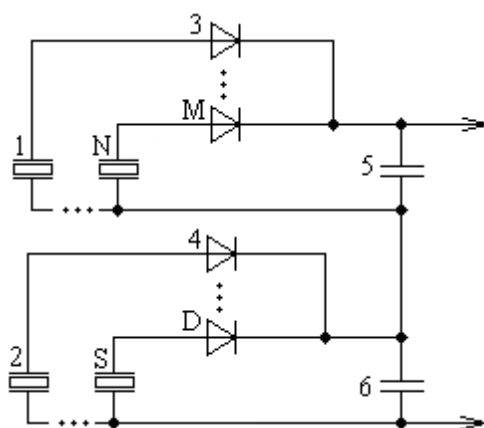


Рис. 1. Електрична принципова схема п'єзоелектричного перетворювача кінетичної енергії крапель дощу

За каскадного розміщення п'єзопластин-генераторів (один над одним) на відстані майже 1,5 м з однієї краплі можна отримати практично вдвічі більшу електричну енергію. Зі збільшенням відстані між п'єзопластинами-генераторами швидкість падіння краплі зростає до величин, за яких силу тяжіння врівноважує сила аеродинамічного опору повітря.

Експериментальні результати [4, 5] показали, що від однієї краплі за умови, що крапля води падає з висоти 1,5 м, можна отримати напругу зарядки конденсатора на рівні 0,8 В з однієї ланки (одна п'єзопластина-генератор, один діод та конденсатор). Хаотичність падіння крапель не дозволяє ефективно використовувати цей спосіб для отримання електроенергії. Проблему можна розв'язати, збираючи краплі і спрямовуючи їх за допомогою концентратора. Концентратор крапель дощу збирає та концентрує краплі, які падають і стікають на п'єзопластину-генератор. Концентратор виготовлений у формі конуса (рис. 2) із прорізами посередині в кожній секції для напрямлення крапель, які стікають, у центр п'єзопластини-генератора.

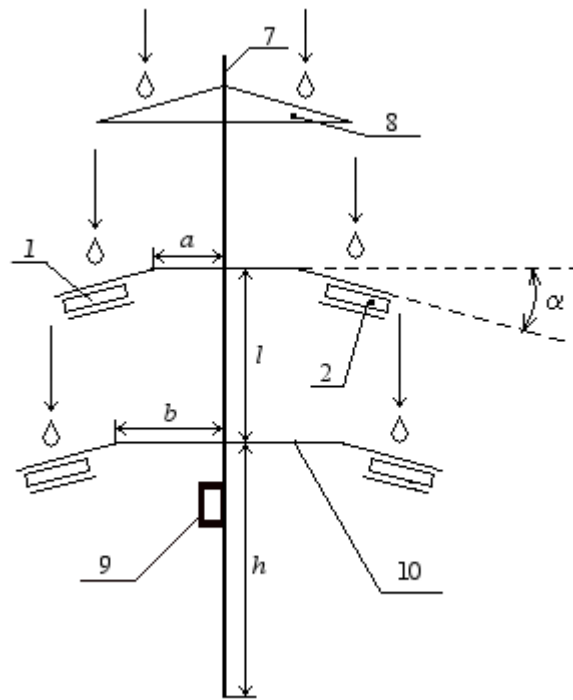


Рис. 2. П'єзoeлектричний перетворювач кінетичної енергії крапель дощу

Під час проведення експериментального дослідження була визначена середня величина кінетичної енергії однієї краплі – 0,96 мДж. Результати дослідження підтверджують можливість використання крапель дощу для отримання електроенергії та дозволяють рекомендувати застосування приладу п'єзoeлектричного перетворювача кінетичної енергії крапель дощу в галузі енергетики за рахунок таких переваг:

- абсолютно екологічна та безпечна експлуатація приладу;
- відсутність рухливих механічних частин (роторів): відсутні акустичні шуми;
- пристрій може слугувати доповненням до сонячних, вітрових, гідроустановок для отримання електроенергії.

У середньому за рік у Чернівцях випадає 621 мм атмосферних опадів [6]. Площа Чернівецької області становить 153 км². Отже, за рік майже 95 млн. літрів води потрапляє на землю Чернівецької області, що в енергетичному еквіваленті, беручи до уваги середню величину однієї краплі води (0,96 мДж), становить 1,8 млрд джоулей, або 3,3 Вт/год, що втричі рази більше, ніж потрапляє на поверхню всієї Землі (1 Вт/год.). Прийmemo, що площа п'єзoeлектричного перетворювача кінетичної енергії становить 1 м². У такому випадку середня енергія, яку можна отримати за рік з такого перетворювача у Чернівецькій області, становить 0,16 мВт/год.

Використання енергії електромагнітних хвиль

У сучасному світі вже нікого не здивувати інформацією про безконтактні зарядні пристрої, за допомогою яких можливо дистанційно заряджати акумуляторні батареї тих чи інших гаджетів тощо. На сьогодні відомі такі основні принципи бездротової передачі електричної енергії: індукційний (на малих відстанях і відносно малих потужностях); резонансний (використовують у безконтактних смарт-картах і чипах RFID); спрямований електромагнітний для відносно великих відстаней і потужностей (у діапазоні від мікрохвиль і практично до видимої частини спектра).

Прикладом використання явища індукції для передачі електроенергії та пристроїв для безконтактної підзарядки акумулятора служать електричні зубні щітки, імплантовані електроприлади [7], умонтовані модулі для безпроводної зарядки мобільних пристроїв в ультрабуках, моноблоки, які заряджають акумулятори периферійних пристроїв [8]. У медицині безконтактні системи енергопередачі заряджають акумулятори пристроїв, які були імплантовані в тіло людини в процесі хірургічного втручання.

Збільшення відстані пристрою для передачі електроенергії можливе за рахунок відповідного збільшення потужності передавача електричної енергії. Такий шлях розв'язання проблеми може погіршувати принципи електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів. Для розв'язання цієї проблеми пропонуємо безконтактний пристрій для передачі електроенергії, у якому використано резонансні кола та випрямляч із помноженням випрямленої напруги [9, 10].

Пристрій для передачі електроенергії складається з передавального і приймального блоків (рис. 3). Передавальний блок безконтактного зарядного пристрою містить: трансформатор (WT), випрямляч змінної напруги (UZ), фільтр нижніх частот (LPF), стабілізатор (ST), задавальний генератор (AG), послідовний коливальний контур (LC), підсилювач потужності (AM) та передавальну котушку (L transmission). Живиться схема передавача від напруги мережі 220 В. У приймальний блок увімкнено приймальну котушку (L receiving), випрямляч із помноженням випрямленої напруги (UZ), фільтр (LPF) та стабілізатор (ST). Для передачі енергії застосовують індукційний спосіб. У цьому способі передачі використано ефект електромагнітної індукції.

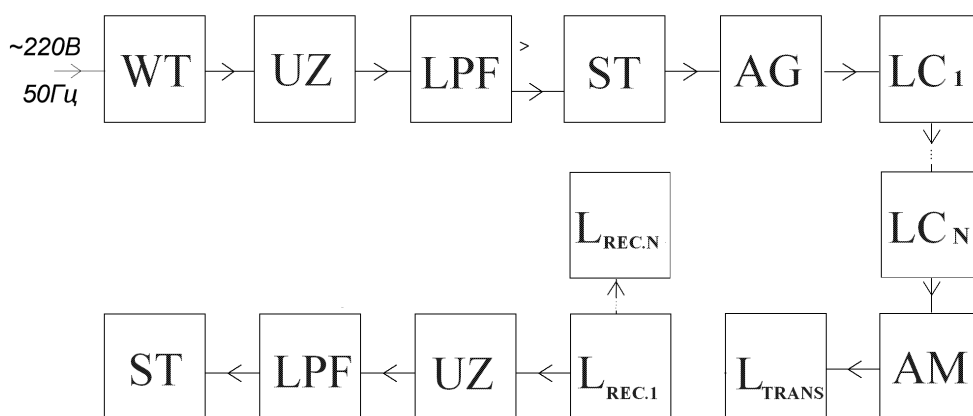


Рис. 3. Блок-схема пристрою для бездротової передачі електроенергії

Коливання, сформовані генератором, далекі за своєю формою від гармонійних. Ураховуючи відносно велику вхідну ємність польового транзистора, а також керуючись необхідністю забезпечення роботи пристрою на певній фіксованій частоті, між генератором і транзистором увімкнено послідовний LC-контур із відповідною резонансною частотою.

Потужний польовий транзистор підсилює потужність енергетичних коливань і подає їх на передавальну котушку, таким чином в обмотці утворюється змінний струм високої частоти, який створює навколо контуру електромагнітне поле. За рахунок цього в другій котушці утворюється змінна напруга, яка випрямляється, потім згладжується за допомогою LC-фільтра. Для стабілізації напруги використовують стабілізатор. Стабілізатор підбирають, зважаючи на напругу, необхідну для зарядки акумулятора.

Експериментальні дані свідчать (рис. 4), що на виході приймального пристрою на відстані в 5 см можливо отримати значення напруги 2,5 В, із використанням випрямляча з помножувачем, коефіцієнт якого 5, напругу – 5 В. За використання помножувача з коефіцієнтом 10 напругу – 7 В.

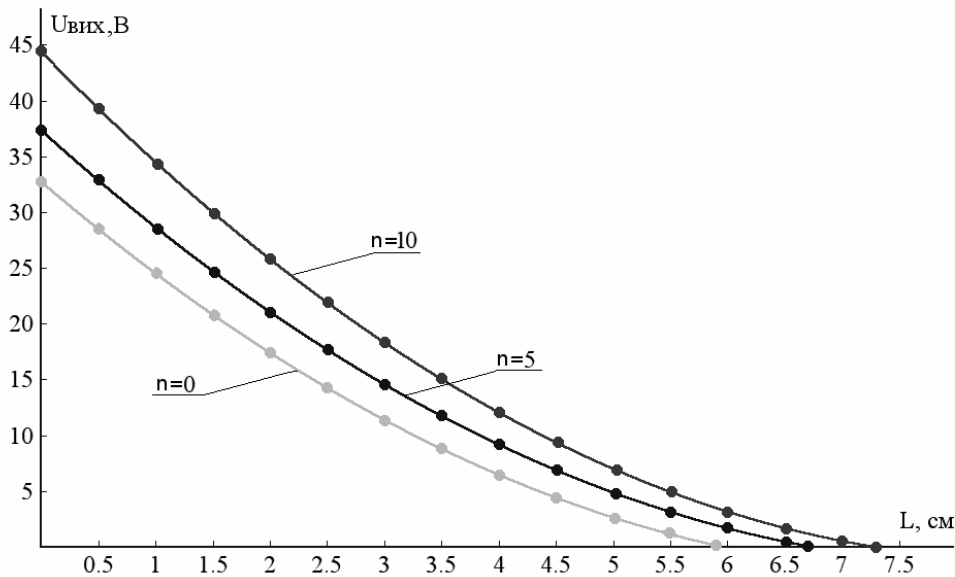


Рис. 4. Ефективність використання помножувача напруги

У нашому випадку використано несиметричний помножувач напруги, кількість каскадів якого забезпечує необхідну напругу на виході [11]:

$$U_{вих} = 2nU_{вх}. \quad (1)$$

Більш точні розрахунки можна отримати, скориставшись формулою

$$U_{вих} = 2nU_{вх} - (I_n * (4n^3 + 3n^2 - n) / (6fC)), \quad (2)$$

де I_n – струм навантаження; n – кратність множення; f – частота вхідної напруги; C – ємність конденсаторів.

Використання світлової енергії Сонця та штучних джерел світла

Більшість із радіотехнічних пристроїв може підзаряджати свої акумулятори за допомогою напівпровідникових сонячних елементів, які перетворюють сонячну енергію в електричну, однак у нічний період через відсутність Сонця використання такого типу підзарядки неможливе, але існують пристрої [12], які випромінюють штучне світло, наприклад, лампи, світлодіоди. Теоретично випромінюване штучне світло також можна перетворювати в електричну енергію.

Експериментальне дослідження показало, що ККД за потужністю перетворення штучної енергії світла (у нашому випадку LED із паспортною потужністю 10 Вт) в електричну не перевищував 0,002 %. Кількість напівпровідникових сонячних елементів обмежена тільки площею кута розкриття випромінюваного світла від штучних джерел світла.

Збільшення ККД від джерел штучного світла можливе за використання сучасних напівпровідникових сонячних елементів, у яких ККД становить до 31% [13], або з розширенням площі кристала напівпровідникового сонячного елемента.

Висновок

У цій статті розглянуто експериментальні способи поновлення енергії джерел автономного живлення РЕП. Найбільш придатним із розглянутих до використання виявився спосіб із використанням енергії Сонця разом зі штучними джерелами світла. Однак в умовах відсутності сонця чи штучного освітлення виникає потреба в пошуку іншого способу для забезпечення автономного живлення. Таким способом може бути здійснена передача електромагнітної енергії або використана кінетична енергія крапель дощу. Останнє у свою чергу є доповненням до сонячних елементів. Застосування пристрою для перетворення кінетичної енергії крапель дощу найефективніше в регіонах, де часто випадають дощі (гори, тропіки). Можливі місця використання приладу в населеній місцевості: на дахах будинків, під водостічними трубами тощо. На відміну від спалювання корисних копалин (вугілля, нафта, газ), енергія крапель дощу практично невичерпна.

Упровадження технології передачі електроенергії на відстань за допомогою електромагнітних хвиль і інтегрування її в сучасні пристрої зменшить потребу в дротових системах, що суттєво підвищить надійність використання й безпеку пристроїв з автономним живленням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Касич А. О. Альтернативна енергетика: світовий та вітчизняний досвід / А. О. Касич, Я. О. Литвиненко, П. С. Мельничук // Наукові записки Національного університету “Острозька академія”, серія “Економіка”. – Острог, 2014. – № 23. – С. 43 – 47.
2. Harvesting raindrop energy: theory [Електронний ресурс] / Romain Guigon, Jean-Jacques Chaillout, Thomas Jager, Ghislain Despesse // Smart Materials and Structures. – 2008. Vol. 17, №1. – Режим доступу до журн. : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0964-1726/17/01/015038/pdf>.
3. Harvesting raindrop energy: experimental study [Електронний ресурс] / Romain Guigon, Jean-Jacques Chaillout, Thomas Jager, Ghislain Despesse // Smart Materials and Structures. – 2008. Vol. 17, № 1. – Режим доступу до журн. : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0964-1726/17/01/015039/pdf>.
4. Браїловський В. В. Використання енергії дощу / В. В. Браїловський, І. В. Пислар // Сборник публикаций Научно-информационного центра “Знание” по материалам IV международной заочной научно-практической конференции: “Развитие науки в XXI веке”, Харьков. – 2015. – С. 12 – 15.
5. Пат. 104441 Україна, МПК Н 02 N 2/18, H01L 41/113. П'єзоелектричний перетворювач кінетичної енергії крапель дощу / Браїловський В. В., Пислар І. В., Рождественська М. Г. ; заявник та патентовласник Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – № u 2015 08490 ; заявл. 31.08.2015, опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2.
6. Климат Черновцов, Pogodaiklimat.ru [Електронний ресурс] / «Погода и Климат». – Режим доступу : – <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/33658.htm>.
7. Пат. 31659 Україна, МПК А 61 N 1/362, Н 04 В 10/10. Пристрій для безконтактної підзарядки акумуляторів імплантованих електростимуляторів / Пентегов І. В., Волков І. В., Приступа А. Л., Шейковський Д. О., Стемковський Є. П.; заявник та патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. – № а 200602349 ; заявл. 03.03.2006; опубл. 25.04.2008, Бюл. № 8.
8. Беспроводные зарядные устройства: о новинках, принципах работы и хороших новостях [Електронний ресурс] / Хабрахабр, Компания Intel // Режим доступу : <http://habrahabr.ru/company/intel/blog/147970/>.
9. Браїловський В. В. Безконтактний зарядний пристрій / В. В. Браїловський, І. В. Пислар, О. В. Типа // Тези. Доп. Наукової-технічної конф. “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”, Одеса. – 2014. – № 13. – С. 145.
10. Пат. 95963 Україна МПК (2015.01) Н 02 J 17/00. Пристрій для бездротової передачі електроенергії / Наукові праці ВНТУ, 2017, № 2

Браїловський В. В., Пислар І. В., Рождественська М. Г.; заявник та патентовласник Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича. – № u 2014 08701 ; заяв. 31.07.2014, опуб 12.01.2015, Бюл. №1.

11. Cockroft-Walton Optimun Design guide v.2.0, Blazelabs.com [Електронний ресурс] / Blazes labs research. - Режим доступу : <http://www.blazelabs.com/e-exp15.asp>.

12. Браїловський В. В. Завадостійка інформаційна система на світлових променях / В. В. Браїловський, І. В. Пислар, М. Г. Рождественська // Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”, Хмельницький. – 2013. – С. 157 – 160.

13. Solar Cell Efficiency Tables / M. E. Green, K. Emery, D. L. King [та інш.] // Progress in photovoltaics: research and applications. – 2002. – №10 (355). – P. 355 – 360.

Пислар Іван Васильович – аспірант кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки, i.pyslar@chnu.edu.ua.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.