

ВИБІР СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ У ЕЛЕКТРОМАШИННОМУ ВУЗЛІ ПРИСТРОЮ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Гнатов А.В.¹, Аргун Щ. В.¹, Дзюбенко О.А.¹, Понікаровська С.В.¹

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

***Анотація.** Проведено дослідження та вибір типу двигуна і схем підключення його обмоток в генераторному режимі роботи електромашинного вузла для пристрою перетворення кінетичної та механічної енергії обертання в електричну. Запропоновано конструкцію та принцип роботи пристрою, що перетворює кінетичну енергію від натискання в електричну. Представлені результати експериментальних досліджень щодо визначення найбільш ефективного типу електродвигуна у відповідності до значення згенеровано потужності. За результатами експериментів визначено, що за одне обертання в прямому та зворотному напрямку з частотою $f = 1,185$ Гц більш ефективним є кроковий двигун ДШ 200-1.*

***Ключові слова:** електричні двигуни, перетворення електричної енергії, альтернативне джерело енергії, енергозбереження, кроковий двигун, генерація електроенергії.*

Вступ

Питання збереження та генерації електричної енергії набуває все більшої актуальності в усьому світі. Особливо нагальними є невеликі системи чи пристрої, що мають гарну «мобільність» та можуть бути легко змонтовані та встановлені у будь-якому місті для альтернативного та децентралізованого живлення. При цьому, мається на увазі те, що дана система (пристрій) здатна частково або повністю забезпечити електроенергією визначених споживачів [1, 2].

Останнім часом все більше країн декларують свої наміри щодо переходу на поновлювальні джерела електроенергії [3-6]. Одними з найперших в цьому є керівництво Шотландії, яке має намір з 2020 р. повністю перейти на поновлювальні джерела електроенергії. Для здійснення таких намірів розглядаються та застосовуються цілі комплекси заходів по розробці та впровадженню нових альтернативних джерел електроенергії. При цьому використовуються методи та способи перетворення різноманітних видів енергії в електричну. Цілком зрозуміло, що таке перетворення вимагає спеціальних технічних розробок пристроїв та систем. Отже, розробка пристроїв перетворення та генерації електроенергії є актуальною задачею, розв'язання якої дозволить не тільки вирішати питання електроживлення а й сприятиме прискореному переходу на чисті та поновлювальні джерела електроенергії.

У даній роботі представлено експериментальні дослідження типів двигунів та їх схем підключення у електромашинному вузлі пристрою генерації електричної енергії. Такий пристрій має компактні габаритні показники і призначений

для встановлення в містах з достатньою густиною людського потоку (вулиці, тротуари, зупинки громадського транспорту, сходинки, коридори, тощо). При виконанні кроку (натисканні) на такий пристрій йде процес перетворення кінетичної енергії в електричну. Основною ідеєю роботи є визначення найбільш ефективного двигуна та схеми з'єднання його статорних обмоток в електромашинному вузлу такого пристрою. В основу роботи покладено методи та способи перетворення кінетичної енергії та механічної енергії обертання в електричну, що дозволить згенерувати необхідну кількість електроенергії, а також забезпечить систему електроживлення додатковими, альтернативними малопотужними джерелами електроенергії [7, 8].

Аналіз публікацій

Одним з аналогів розробки є плитка Pavegen, що розробив англієць Лоуренс Кембелл-Кук, яка виробляє кінетичну енергію від кроків і перетворює її в електричну [9]. Аналогічну розробку запропонували російські вчені Абрамович Х., Хараш Е. та ін. [10]. Винахід відноситься до пристрою, системи і способу збору енергії на дорогах і автомагістралях з використанням п'єзоелектричного генератора. Недолік останньої розробки в тому, що вона потребує стаціонарної будови та вимагає спеціального обладнання і його монтажу. Винахідниками з США Brusaw S., Brusaw J. запропоновано пристрій «Сонячні дорожні панелі», які перетворюють енергію сонця в електричну, що й забезпечує роботу самих панелей та новітніх «розумних доріг» [11]. 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» [12]. Винахід відноситься до перетворювачів енергії, які працюють на основі застосування п'єзокерамічних матеріалів і може бути використано в будь-якій області техніки, у якості малопотужного джерела струму. В статті [13] Shalabh R.B. розглядає принципову можливість отримання електричної енергії шляхом її перетворення з енергії звукових хвиль та шляхом використання п'єзоелектричних елементів. Але автор розглядає лише принципову можливість такого перетворення та не дає конкретних приладів та систем, які здатні це зробити. У роботі [14] запропоновано поєднати процес перетворення механічної енергії в електричну та процес накопичення електричної енергії у вигляді хімічної енергії. Авторами не зазначено експлуатаційні характеристики їх розробки. В публікації [15] представлено спосіб перетворення електролітичного потоку в електричну енергію та надається схемна реалізація, але ж не зазначено склад та властивості основних матеріалів схеми та їх експлуатаційні характеристики. Авторами статті [16] запропоновано перетворювач енергії на основі термоелектричного конденсатора, а отже для його роботи потрібен перепад температур, що є його основним недоліком. В роботі [17] науковці наводять обґрунтування використання п'єзоелектричних перетворювачів в 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. В роботі [18] представлена технічний огляд гібридного вітрогенератора і фотоелектричного перетворювача енергії. Ці технічні рішення є досить потужними та громіздкими. Авторами статті [19] виконано моделювання робочих характеристик вітрових турбін що обертаються двигуном постійного струму. В роботі запропоновано схему імітації крутного моменту вітрової турбіни шляхом контролю струму якоря двигуна постійного струму. Але в статті не приведено характеристик згенерованої потужності двигуном постійного струму. В роботі [20] досліджено генератор з прямим приводом на основі принципу нелінійної комутації, що використовує енергію хвиль. Integrated with the sensorless technique, the direct-drive generator has the characteristics of low cost and robustness, and the power generation control system is especially suitable for the operation under hostile working environments since restrictions of

physical sensors are eliminated. Представлено аналіз ефективності системи управління виробленням електроенергії. Але автори, як і в статті [19] не приводять показники згенерованої потужності. Це не дає змоги сформувати комплексну уяву щодо ефективності роботи електроприводу в генераторному режимі роботи. Авторами статті [21] досліджують пристрій перетворення кінетичної енергії від вібрацій в електричну. У цьому дослідженні розроблено прототип «Vibration Energy Harvester» для оцінки його ефективності при виробленні електроенергії з джерела вібрації. Основним елементом перетворення енергії є п'єзоелектричний матеріал. Завдяки властивостям та технічним характеристикам п'єзоелементів запропонований пристрій має малі масогабаритні показники. Загальним недоліком пристроїв та систем на основі п'єзоелементів є малий ресурс їх роботи, невелика надійність, та досить незначні силові показники з точки зору згенерованої потужності.

Досить перспективним представляється використання крокових двигунів в малопотужних системах генерації електроенергії, аналогом яких є плитка або дорожнє покриття, що генерує електроенергію [7-9]. В роботах [22] представлено результати чисельного моделювання для крокових двигунів але енергетичних характеристик не приведено. Нагальним же питанням остається такі – як ефективно кроковий двигун здатен працювати в електромашинному перетворювачі енергії? Яку кількість та потужність електроенергії можна згенерувати використовуючи кроковий двигун? Відповідь на поставлені питання будуть шукатися в дослідженнях запропонованої роботи.

Проведений огляд публікацій за темою дослідження показує, що дана тематика є актуальною для широкого загалу.

Мета роботи

Метою роботи є дослідження та вибір типу двигуна і схем підключення його обмоток в генераторному режимі роботи електромашинного вузла для пристрою перетворення кінетичної та механічної енергії обертання в електричну.

Конструкція пристрою

Досить перспективним та ефективним виглядає електромеханічний пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну, в якому кінетична енергія від кроків людей перетворюється в електричну і накопичується в смісних нагромаджувачах – іоністорах та акумуляторних батареях. Перетворення енергії відбувається за рахунок використання електромашинного вузла, в якому енергія від натискання перетворюється в енергію обертання

ротора електричної машини. Такого роду пристрій може бути використаний, як альтернативне та децентралізоване малопотужне джерело електричної енергії [7, 8].

Пропонується електромеханічний пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну з електрогенератором (обратимая электрическая машина), що має корпус з натискною кришкою, в якому співвісно розміщені ротор і статор, з можливістю їх переміщення один відносно одного (рис.1). При цьому однакові кінці обмоток статора з'єднані між собою та виходять до електричного випрямляча, вихідні затискачі якого під'єднані до ємнісного накопичувача – іоністору. Останній через діод заряджає акумуляторну батарею, що через вимикач підключається до навантаження.

Ротор електрогенератора обертається відносно своєї вісі під дією рейки приводу електрогенератора через циліндричний мультиплікатор, що підвищує кутову швидкість обертання.



Рис. 1. Пристрій перетворення кінетичної енергії в електричну: 1 – натискна кришка; 2 – рейка приводу електрогенератора; 3 – корпус; 4 – електрогенератор; 5 – мультиплікатор; 6 – робочий хід натискної кришки

Особливістю запропонованого пристрою перетворення кінетичної енергії в електричну є те, що він має малі ваго-габаритні показники та може легко встановлюватися в місцях з великою кількістю пішоходів та щільністю людського потоку.

Експериментальні дослідження

Метою експериментальних досліджень є визначення енергетичних характеристик різних типів електродвигунів (обратимых электрических

машин) та оптимальної схеми підключення їх статорних обмоток, для найкращої генерації електричної енергії при короткотривалих механічних впливах.

У відповідності до вимог здійснення пристрою перетворення кінетичної енергії від натискання в електричну (конструктивні та ваго-габаритні), було відібрано два типи електродвигунів – це двигун постійного струму (ДПТ) типу: 45.3730 та кроковий двигун типу: ДШ 200-1, рис. 2.

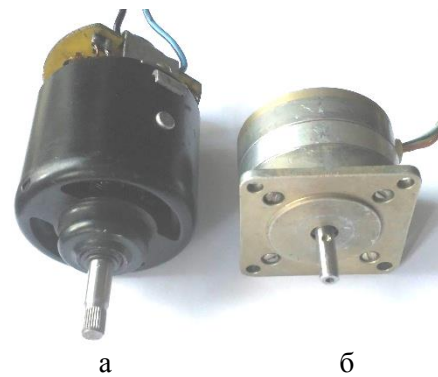


Рис. 2. Досліджувані двигуни: а – двигун постійного струму (мотор опалювача ВАЗ, тип: 45.3730); б – кроковий двигун, тип: ДШ 200-1

Експериментальні дослідження складаються з двох частин:

1. Визначення найбільш ефективного типу електродвигуна (у відповідності до значення згенерованої потужності);

2. Визначення найбільш ефективною схеми підключення статорних обмоток електродвигуна.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено експериментальний стенд (рис. 3), який складається з блоку керування (БК), драйверу крокового двигуна (КД), приводного крокового електродвигуна (ПКД) типу ДШ 200, до валу якого під'єднується досліджуваний електродвигун (ДД) в режимі генератора. Напруга, що генерується досліджуваним двигуном при обертанні, подається на блок випрямлення, фільтрації та навантаження (БВФН) і далі на вимірювальний канал осцилографа для фіксації результатів.

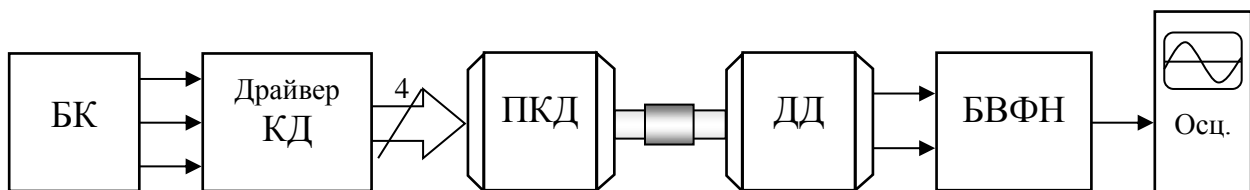


Рис. 3. Структурна схема експериментального стенду дослідження енергетичних характеристик роботи електродвигунів в якості генераторів

За принципом роботи пристрою генерації енергії від натискання примусове обертання двигуна здійснюється при натисканні через мультиплікатор в одному напрямку, а при відпусканні в зворотному, ці фази розділяються паузою при перенесенні ваги тіла людини. Весь процес триває близько секунди, тому за основу було вибрано такі часові параметри 300 мс на натискання, 100 мс пауза і 300 мс на зворотну дію пружини. Управління приводним двигуном здійснюється так, що він робить один повний оберт в одному напрямку, зупи-

няється та робить один оберт у зворотному напрямку, саме тому у якості приводного двигуна виступає кроковий двигун. Для всіх експериментальних досліджень час обертання приводного електродвигуна є сталим та незмінним.

На відміну від колекторного, досліджуваний кроковий двигун ДШ 200-1 має дві пари статорних обмоток, що дозволяє використати лише частину обмотки (рис. 4, а), а також включати їх в уніполярному (рис. 4, б) та біполярному (рис. 4, в) з'єднанні.

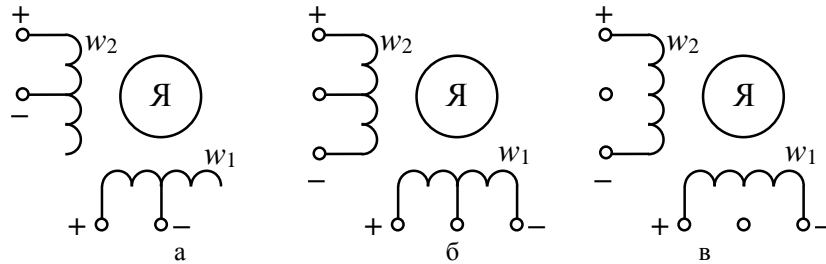


Рис. 4. Схеми з'єднання обмоток ДШ 200-1: а – однофазна; б – уніполярна; в – біполярна

Для виключення різноманітних похибок при вимірюваннях та для проведення їх в однакових умовах, виміри проводяться лише на одній парі

статорної обмотки КД. В залежності від схеми з'єднання статорних обмоток використовувались дві схеми блоку випрямлення напруги рис. 5.

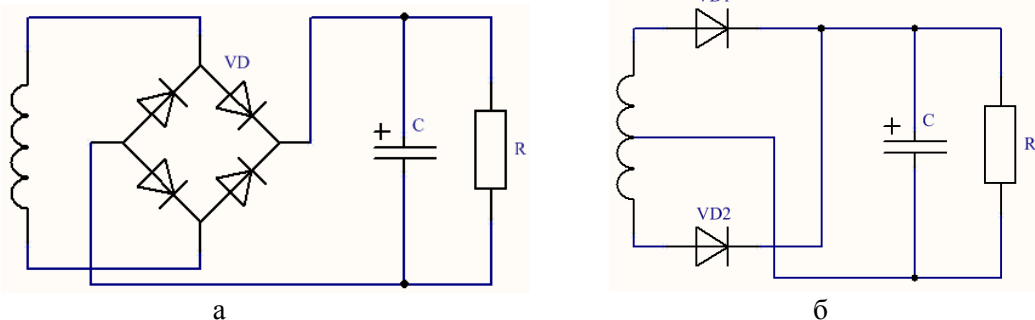


Рис. 5. Схема блоку випрямлення напруги: а – мостова; б – з середньою точкою

Зі статорної обмотки досліджуваного електро-двигуна вимірюється сигнал напруги на активному опорі $R = 18 \text{ Ом}$. Отже, маючи опір навантаження (шунта) виміряну залежність напруги від часу $u = f(t)$, можна розрахувати залежність згенерованої потужності від часу $p = f(t)$ у відповідності до закону Ома [23]:

$$u(t) = R \cdot i(t), \quad (1)$$

де $u(t)$ – змінна напруга, В;

R – активний опір кола, Ом;

$i(t)$ – змінний струм, А.

Миттєва потужність, що виділяється на опорі визначається :

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R}, \quad (2)$$

де P – миттєва потужність, Вт;

$$u = u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u);$$

$$i = i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i).$$

Відомо, що для резистора $\psi_u = \psi_i$, тоді для потужності p отримаємо:

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = U_m I_m \sin^2(\omega t + \psi_u); \quad (3)$$

З рівняння (3) видно, що миттєва потужність завжди більше нуля і змінюється у часі. У таких випадках прийнято розглядати середню за період T потужність:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{U_m I_m}{T} \int_0^T \sin^2(\omega t + \psi_u) dt. \quad (4)$$

Виконавши інтегрування отриманих кривих $p=f(t)$ можна визначити значення згенерованої потужності статорною обмоткою досліджуваного двигуна за один оберт в прямому та зворотному напрямку.

Перейдемо до проведення експериментальних досліджень по першій з зазначених частин. Схема експериментального стенду представлена на рис. 3, схеми підключення статорних обмоток обох типів двигунів відповідають рис. 4,а. Спочатку проведено дослідження з електродвигуном постійного струму типу 45.3730, потім з кроковим електродвигуном ДШ 200-1.

Результати експериментальних досліджень по першій частині представлені на рис. 6.

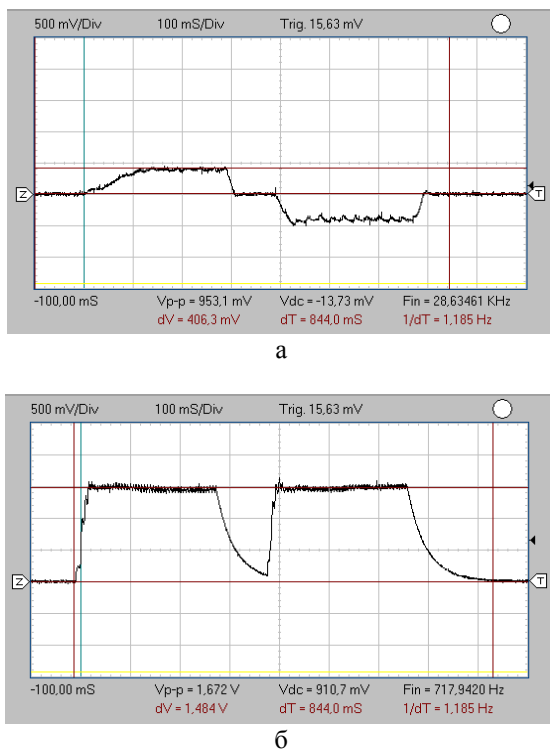


Рис. 6. Вимірювання кривої напруги на статорній обмотці електродвигунів: а – ДПТ; б – кроковий двигун

Слід зазначити, що вимірювання кривої напруги на двигуні постійного струму проводилось без випрямлення сигналу (без електричного випрямляча), в той час, як на кроковому двигуні сигнал був випрямлений за мостовою схемою. Це пов'язано з тим, що виміряні амплітудні значення напруги відрізняються більш ніж в 3,5 рази. Отже, очевидно, що більш ефективним є кроковий двигун, тому не має необхідності в випрямленні сигналу від ДПТ, для подальших розрахунків. Також слід вказати на те, що на схемі випрямлення втрачається потужність сигналу, тобто його майже не видно (у вибраному масштабі), отже втрачається наочність.

У відповідності до другої частини експериментальних досліджень, проведено визначення найбільш ефективної схеми підключення статорних обмоток крокового електродвигуна. Схеми підключення статорних обмоток ДШ 200-1 представлені на рис. 4,б,в. Схема експериментального стенду представлена на рис. 3. Для кожної схеми проведено вимірювання кривої згенерованої напруги. Результати даних досліджень представлені у вигляді осцилограм на рис. 7.

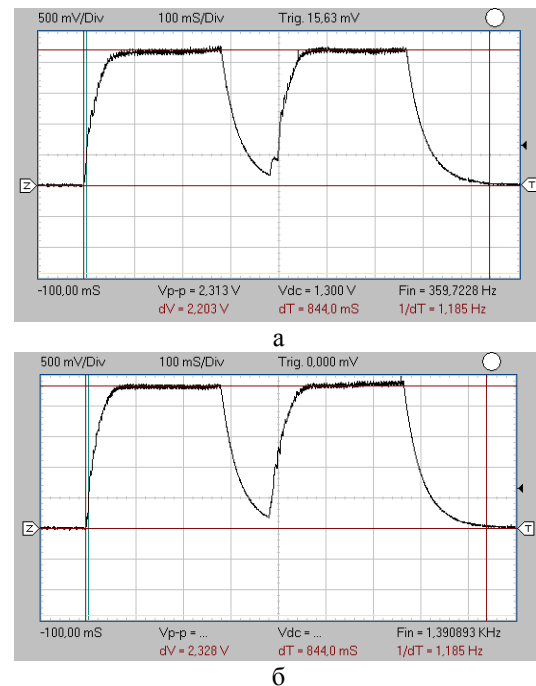


Рис. 7. Вимірювання кривої напруги на статорній обмотці електродвигунів ДШ 200-1: а – схема рис. 4,б; б – схема рис. 4,в

Обробка результатів дослідження

Для отримання графіку згенерованої потужності у відповідності до виразів (2) та (4), необхідно провести інтегрування виміряних осцилограм, рис. 6, 7. Інтегрування осцилограм проведено у відповідності до методу трапецій [24]:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{2} \cdot \left(f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n) \right), \quad (5)$$

де $[a; b]$ – відрізок (границі) інтегрування;

$$h = \frac{a-b}{n} \text{ – крок розбиття;}$$

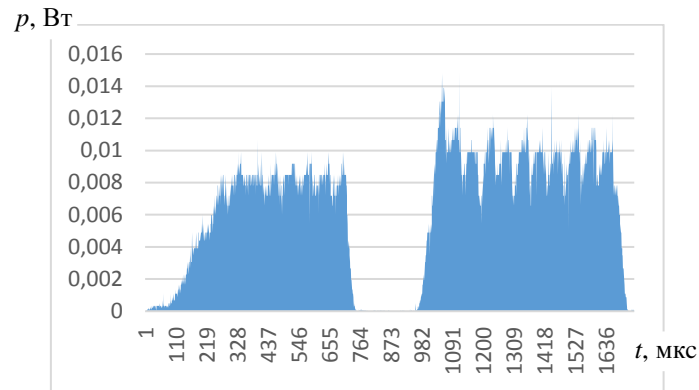
$$i = 0, 1, \dots, n;$$

$f(x)$ – значення підінтегральної функції.

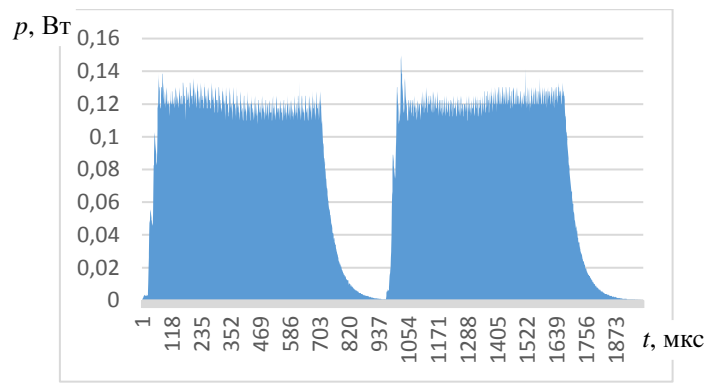
Відповідно до умов проведених експериментальних досліджень вираз (5), для визначення значення згенерованої потужності можна записати:

$$P = \int_0^T p(t) dt \approx \frac{h}{2} \cdot \left(p(t_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} p(t_i) + p(t_n) \right). \quad (6)$$

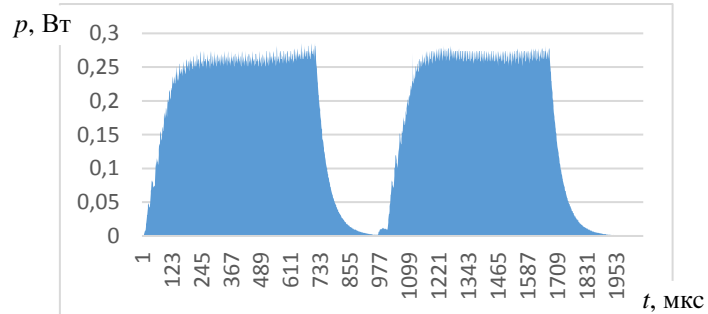
Результати проведеної обробки експериментальних досліджень у відповідності до виразу (6) представлені у вигляді графічної залежності $p = f(t)$ на рис. 8.



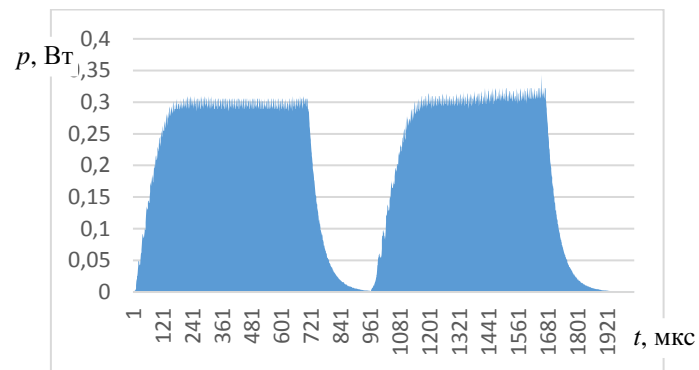
а



б



в



г

Рис. 8. Залежність згенерованої потужності від часу: а – ДПС; б – ДШ 200-1 схема рис. 4,а; в – ДШ 200-1 схема рис. 4,б; г – ДШ 200-1 схема рис. 4,в

Значення згенерованої потужності, що розраховані при обробці експериментальних досліджень за виразом (5) приведені у табл. 1

Таблиця 1 – Значення згенерованої потужності

ДПС	ДШ 200-1(схеми з'єднання обмотки)		
	рис. 4,а	рис. 4,б	рис. 4,в
0,004 Вт	0,069 Вт	0,143 Вт	0,164 Вт

Результати проведених розрахунків показують, що за одне обертання в прямому та зворотному напрямку з частотою $f = 1,185$ Гц більш ефективним є кроковий двигун ДШ 200-1.

Інтегрування вимірних осцилограм показало, що найбільш ефективною, з точки зору згенерованої потужності, є схема з'єднання статорних обмоток крокового двигуна, що приведена на рис. 5,в. Отже, якщо стоїть задача отримати максимальне значення потужності, що генерує електромашинний вузол на основі крокового двигуна ДШ 200-1, то доцільно його статорну обмотку з'єднувати за даною схемою.

Досліджуваний електромашинний вузол у поєднанні з редуктором (мультиплікатором), що підвищує, може знайти своє застосування у малопотужних пристроях чи системах, що перетворюють механічну енергію обертання в електричну.

Висновки

Створення та отримання поновлювальних джерел електроенергії, які не утворюють шкідливих викидів та не забруднюють навколишнє середовище є нагальним науково-технічним завданням. Для вирішення поставленого завдання розглядаються та застосовуються цілі комплекси заходів по розробці та впровадженню нових альтернативних джерел електроенергії. При цьому використовуються методи та способи перетворення різноманітних видів енергії в електричну.

Актуальними є системи чи пристрої, що мають гарну «мобільність» та можуть бути легко змонтовані та встановлені у будь-якому місці для альтернативного та децентралізованого живлення. Дана система чи пристрій здатна частково або повністю забезпечити електроенергією визначених споживачів.

Представлено проведені експериментальні дослідження типів двигунів та їх схем підключення у електромашинному вузлу пристрою генерації електричної енергії. Такий пристрій має компактні габаритні показники і призначений для встановлення в містах з достатньою густиною людського потоку. Запропоновано

конструкцію та принцип роботи пристрою, що перетворює кінетичну енергію від натискання в електричну.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено структурну схему експериментального стенду для визначення енергетичних характеристик роботи електродвигунів в якості генераторів. За даною схемою розроблено стенд для проведення експериментальних досліджень.

Представлені результати експериментальних досліджень щодо визначення найбільш ефективного типу електродвигуна у відповідності до значення згенерованої потужності. Результати наведено у вигляді осцилограм напруги на статорній обмотці електродвигунів. За результатами вимірювань визначено, що за одне обертання в прямому та зворотному напрямку з частотою $f = 1,185$ Гц більш ефективним є кроковий двигун ДШ 200-1.

Обробка експериментальних досліджень проведено з використанням інтегральний методів математичної фізики, а саме методу трапецій. Інтегрування отриманих осцилограм дозволило визначити найбільш ефективну схему підключення статорних обмоток крокового двигуна ДШ 200-1. Визначено, що такою є схема з'єднання статорних обмоток, яка приведена на рис. 4,в. За одне обертання в прямому та зворотному напрямку з частотою $f = 1,185$ Гц вказана схема забезпечить потужність 0,164 Вт.

Проведені дослідження являються актуальними та віддзеркалюють широкий інтерес до розробки альтернативних малопотужних джерел електроживлення, а також до енергозбереження та розвитку енергоефективних технологій. Впровадження запропонованої розробки дозволить скоротити енергоживлення за рахунок згенерованої електроенергії альтернативними джерелами. Особливо ефективним запропонований пристрій буде в містах з досить великою густиною людського потоку.

Література

1. Soni NK. Utilization of Gravitation for Generation of Electricity as an Additional Source. J Electr Electron Syst. 2016;5:177.
2. Garcia-Rodriguez LA, Balda JC, Mallela A, Escobar-Mejía A. A new SST topology comprising boost three-level AC/DC converters for applications in electric power distribution systems. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2015 IEEE: IEEE; 2015. p. 6051-8.
3. Chandel S, Shrivastva R, Sharma V, Ramasamy P. Overview of the initiatives in renewable energy sector under the national action plan on climate

- change in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016;54:866-73.
4. da Silva RC, de Marchi Neto I, Seifert SS. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016;59:328-41.
 5. Jones GA, Warner KJ. The 21st century population-energy-climate nexus. *Energy Policy*. 2016;93:206-12.
 6. Schreurs MA. The Paris climate agreement and the three largest emitters: China, the United States, and the European Union. *Politics and Governance*. 2016;4:219-23.
 7. Гнатів А. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатів, І. В. Аргун // *Автомобільний транспорт*. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вип. 40. – С. 167-172.
 8. Hnatov AV, Arhun SV, Hnatova HA. Electric power generation device. *Ukrain*. 2016.
 9. Li X, Strezov V. Modelling piezoelectric energy harvesting potential in an educational building. *Energy Conversion and Management*. 2014;85:435-42.
 10. Abramovich H, Harash E. Collection of energy from roads and runways. *Russia*.
 11. Welcome to Solar Roadways. Retrieved from <http://www.solarroadways.com>; 23 December 2016.
 12. Skoy VR. Piezoelectric DC generator based on the Casimir effect. *ussia*: 20.11.2013; 2013.
 13. Shalabh RB. Converting sound energy to electric energy. 2012.
 14. Xue X, Wang S, Guo W, Zhang Y, Wang ZL. Hybridizing energy conversion and storage in a mechanical-to-electrochemical process for self-charging power cell. *Nano letters*. 2012;12:5048-54.
 15. Liu L, Lim H, Lu W, Qiao Y, Chen X. Mechanical-to-Electric Energy Conversion by Mechanically Driven Flow of Electrolytes Confined in Nanochannels. *Applied Physics Express*. 2013;6:015202.
 16. Лушин І, Карапетян Г, Днепроvский В, Катаев В. Преобразование тепла окружающей среды в электрическую энергию в системе металл-диэлектрик-полупроводник-металл. *Журнал технической физики*. 2013;83:72-7.
 17. Cafiso S, Cuomo M, Di Graziano A, Vecchio C. Experimental analysis for piezoelectric transducers applications into roads pavements. *Advanced Materials Research: Trans Tech Publ*; 2013. p. 253-7.
 18. Kumar P, Palwalia DK. Decentralized autonomous hybrid renewable power generation. *Journal of Renewable Energy*. 2015;2015.
 19. Gao L, Luo Y. Simulation of imitation of the characteristics of wind turbine based on DC motor with Matlab. *Sustainable Power Generation and Supply, 2009 SUPERGEN'09 International Conference on: IEEE*; 2009. p. 1-5.
 20. Pan J, Zou Y, Cheung N, Cao G. The direct-drive sensorless generation system for wave energy utilization. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2014;62:29-37.
 21. Ramli MHM, Yunus MHM, Low CY, Jaffar A. Scavenging energy from human activities using piezoelectric material. *Procedia Technology*. 2014;15:827-31.
 22. Ionică I, Modreanu M, Morega A, Boboc C. Design and modeling of a hybrid stepper motor. *Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2017 10th International Symposium on: IEEE*; 2017. p. 192-5.
 23. Bird J. *Electrical circuit theory and technology: Routledge*; 2014.
 24. English LD, Kirshner D. *Handbook of international research in mathematics education: Routledge*; 2015.

Поступила (received) 10.08.2018 р.

Гнатів Андрій Вікторович¹, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, kalifus76@gmail.com, тел. +38 066-7438-08-87,

Аргун Щасяна Валіковна¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 099-378-04-51, shasyana@gmail.com,

Дзюбенко Олександр Андрійович¹, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 066-748-41-16, dzyubenko.alan@gmail.com,

Понікаровська Світлана Володимирівна¹, старший викладач кафедри іноземних мов, тел. +38 067-782-5250, ponikarovska@gmail.com,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Research of electrical distribution connections for the electrical energy generation device

Abstract. Problem. *Energy saving and energy efficiency is a pressing issue for now. One way to solve this problem is to implement various types of systems and devices that not only fulfill the function of energy saving, but also can generate a certain amount of energy for its further use. Such pieces of equipment that are small are good mobility and can be easily installed, are particularly relevant. One of the types of them is a power generating tile based on the conversion of kinetic energy into electrical one. Goal.* *Research and selection of the engine type and circuits for connecting its windings in the generator mode of operation of the electric machine for the device for converting kinetic and mechanical energy of rotation into electric. Methodology.* *We used the analytical methods of research on the development and application of methods and devices for transforming kinetic energy into electricity. The processing of experimental research was carried out using integral methods of mathematical physics, namely the trapezoid method. Results.* *The construction and principle of the device, which transforms the kinetic energy from electric pressure, is proposed. The results of experimental studies on the determination of the*

most efficient type of electric motor in accordance with the value of the generated power are presented. It is determined that for a single rotation in the forward and reverse direction with frequency $f = 1,185 \text{ Hz}$, the stepper motor DS 200-1 is more efficient. **Originality.** The method of determining the parameters of the generated electric energy with its transformed is improved. Integration of the received oscillograms allowed to determine the most effective scheme of connection of stator windings stepper motor DS-200-1. For one rotation in the forward and reverse direction with frequency $f = 1,185 \text{ Hz}$, the given circuit will provide a power of 0,164 W. **Practical value.** The proposed device can be used as an alternative source of electric energy in places with high permeability of people. Installing such devices will reduce the cost of power and save on consumed electricity.

Key words: energy generating tile, conversion of electrical energy, alternative energy source, energy-saving, energy-efficient technology, means of energy saving.

Hnatov Andrii¹, professor, Doct. of Science, Vehicle Electronics Department, tel. +38 066-7438-08-87, kalifus76@gmail.com,

Shchasyana Arhun¹, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. +38 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com,

Dziubenko Oleksandr¹, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. +38 066-748-41-16, dziubenko.alan@gmail.com,

Ponikarovska Svitlana¹, senior lecturer of Department of Foreign Languages, tel. +38 067-782-5250, ponikarovska@gmail.com,

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002.

Выбор схемы подключения электродвигателей в электромашином узле устройства генерации электрической энергии

Аннотация. Проведено исследование и выбор типа двигателя и схем подключения его обмоток в генераторном режиме работы электромашиного узла для устройства преобразования кинетической и механической энергии вращения в электрическую. Предложена конструкция и принцип работы устройства, преобразующего кинетическую энергию от нажатия в электрическую. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению наиболее эффективного типа электродвигателя в соответствии со значением сгенерировано мощности.

Ключевые слова: электрические двигатели, преобразования электрической энергии, альтернативный источник энергии, энергосбережение, шаговый двигатель, генерация электроэнергии.

Гнатов Андрей Викторович¹, д.т.н., проф. каф. автомобильной электроники, тел. +38 066-7438-08-87, kalifus76@gmail.com,

Аргун Щасяна Валиковна¹, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, тел. +38 099-378-04-51, shasyana@gmail.com,

Дзюбенко Александр Андреевич¹, к.т.н., доц. каф. автомобильной электроники, тел. +38 066-748-41-16, dziubenko.alan@gmail.com,

Поникаровская Светлана Володимирвна¹, старший преподаватель кафедры иностранных языков, тел. +38 067-782-5250, ponikarovska@gmail.com,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.