



Анатичук Л.І.

МАЛОГАБАРИТНЕ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНЕ ДЖЕРЕЛО СТРУМУ ОДНОРАЗОВОЇ ДІЇ

*Анатичук Л.І., Микитюк П.Д.
(Інститут термоелектрики, вул. Науки, 1,
Чернівці, 58029, Україна)*



Микитюк П.Д.

- *Наведено результати досліджень із створення малогабаритного термоелектричного джерела струму одноразової дії для систем автономного керування різних електронних пристроїв.*

Вступ

У зв'язку із широким застосуванням систем автономного керування на об'єктах спеціального призначення досить актуальним є питання розробки джерел електричної енергії, які використовуються для живлення різних електронних пристроїв.

Застосування хімічних джерел живлення ХДЖ для розв'язання згаданого завдання суттєво обмежується природним саморозрядом, а отже, і малим строком їх зберігання. У випадку роздільного вмісту компонентів електроліту для збільшення терміну зберігання використання ХДЖ обмежується порівняно більшим часом їх виходу на режим і низькою надійністю за екстремальних кліматичних і механічних навантажень. До недоліків ХДЖ слід також віднести й високий рівень флуктуації електричних параметрів.

Істотними перевагами порівняно з ХДЖ мають джерела живлення, що працюють за принципом прямого перетворення тепла в електроенергію, тобто термоелектричні джерела струму (ТЕДС). Такі ТЕДС [1 – 3] здатні працювати тривалий час в умовах нормальних механічних і кліматичних умов. Джерелами тепла для них служать пристрої на основі рідкого або газоподібного палива [4] і радіаційних ізотопів [2, 5]. Специфіка, таких джерел теплової енергії, що застосовуються в ТЕДС, поряд із крупногабаритністю даних пристроїв, як правило, також суттєво звужує область їх застосування.

Певний інтерес становить ТЕДС з використанням як джерела тепла розігріву повітрям, що налігає, [6]. Однак працездатність такого ТЕДС безпосередньо залежить від температури навколишнього середовища, не відрізняється стабільністю й великою швидкодією.

Позбутися цих недоліків можна шляхом застосування в конструкції ТЕДС теплових пристроїв, виконаних на основі використання як джерела тепла піротехнічних сполук. Такі джерела тепла генерують теплову енергію незалежно від температури навколишнього середовища. Але у відомих [7] конструкціях ТЕДС з піротехнічним джерелом тепла останній розташовується зовні термоелектричного перетворювача, що вимагає ретельної теплоізоляції від об'єкта застосування. Крім того, такі обладнання не мають великої швидкодії, що є наслідком низької швидкості горіння використаного піроскладу й недосконалості конструкції джерела тепла.

Мета пропонованої праці є дослідження зі створення малогабаритного термоелектричного джерела струму одноразової дії з піротехнічним джерелом тепла, що має більший термін зберігання й швидкодію, підвищену надійність в умовах значних механічних і кліматичних впливів.

Термоелектричний перетворювач (ТЕП) для ТЕДС

У проектуванні ТЕП ураховувалася низка вихідних вимог: висока термоелектрична ефективність термоелектричного матеріалу (ТЕМ), технологічність виготовлення ТЕП, висока

надійність, стійкість до впливу екстремальних кліматичних і механічних впливів.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень підтвердили доцільність застосування в конструкції ТЕП спеціально розробленого термоелектричного модуля підвищеної надійності. Такий модуль являє собою конструктивно закінчений вузол – сукупність термоелементів (термопар), утворених і скомутованих між собою в послідовний ланцюг безпаяним способом у процесі екструзії неоднорідного термоелектричного матеріалу n -, p -типу на основі Bi_2Te_3 . Значення сумарного коефіцієнта термоЕРС ТЕМ становить близько 300 мкВ/К. З міркувань компактності й технологічності виготовлення модуль виконувався у вигляді спіралі. Для істотного збільшення надійності ТЕП напівелементи в модулі шунтувались провідниками, опір яких на порядок перевищував опір напівелементів. У ТЕП n -, p -переходи шунтувались провідниками з малим омичним опором, що дає можливість, крім підвищення надійності, підвищити енергетику модуля за рахунок зменшення спадання напруги на опорах n -, p -переходів.

Пристрій модуля спірального типу показано на рис. 1. Модуль складається з виконаної у вигляді спіралі заготовки 1 з екструдованого ТЕМ n -, p -типу, залитої термостійким компаундом 2. По зовнішній поверхні заготовки 1 навитий високоомний шунт 3. По гранях заготовки, що відповідають n -, p -переходам, шунт покладений у пази, виконані в тілі ТЕМ. Кінці шунта підпаяно до виводів 5 з боку холодних n -, p -переходів. За допомогою виводів 5 здійснюється також комутація модулів у ТЕДС. На відповідну n -, p -переходам поверхню витків заготовки 1, а також на поверхню пазів і покладених у них шунтів гальванічним способом нанесений тонкий шар нікелю, що утворює низькоомний шунт 4 n -, p -переходів. При цьому за рахунок гальванічного контакту високоомні шунти виявляються включеними паралельно n -, p -напівелементам модуля.

Для одержання модулів спірального типу в Інституті термоелектрики розроблені й виготовляються спеціальне устаткування й оснащення: високопродуктивні верстати різання «АЛТЕК 13005М», «АЛТЕК 13009». Параметри й характеристики як вихідного ТЕМ, так і модулів ефективно визначаються на створених вимірювальних установках «АЛТЕК 10002» і «АЛТЕК 10003».

Піротехнічне джерело тепла (ПІТ)

Оскільки рівень добротності ТЕМ близький до граничного, то основними напрямками підвищення ефективності термоелектричних пристроїв є вдосконалювання їх конструкцій і розробка нових джерел тепла [2]. До піротехнічних сполук, призначених для застосування їх у ТЕДС, висувається низка досить твердих вимог. ІТ повинен складатися із двох сполук – основного й стартового, які повинні задовольняти таким вимогам:

- мати високу питому калорійність;
- мати задану швидкість горіння для забезпечення необхідних тимчасових характеристик ТЕДС;
- мати високу фізико-хімічну стабільність для забезпечення великого строку зберігання ТЕДС;
- надійно запалюватися від засобів ініціювання;
- виділяти під час горіння мінімальну кількість газоподібних продуктів;
- не залежати від кисню навколишнього середовища;
- мати високу стабільність теплофізичних і механічних властивостей у процесі зберігання.

Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють суміші на основі цирконію й хрому барію, які й використовувалися у створенні ТЕДС.

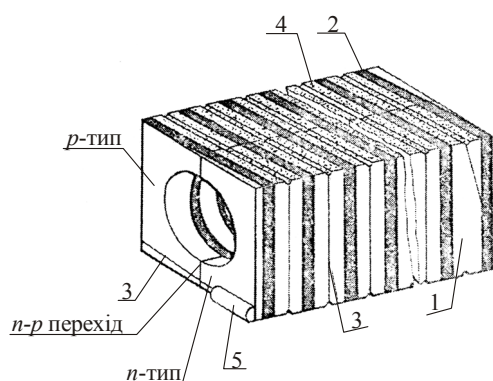


Рис. 1. Термоелектричний модуль спірального типу.

Пристрій і принцип роботи ТЕДС

Конструкцію ТЕДС показано на рис. 2. На внутрішній поверхні тонкостінного циліндричного корпусу 3, виконаного з алюмінієвого сплаву, змонтовані за допомогою компаунда вісім термоелектричних модулів 1.

Модулі провідниками 7 скомутовані в послідовний ланцюг, початок і кінець якого пов'язані з виводами 8. До внутрішніх граней модулів за допомогою компаунда прикріплені жолоби 9, виготовлені з алюмінієвого сплаву. Відсутність електричного зв'язку модулів з корпусом і жолобами забезпечується нанесенням на відповідні поверхні останніх електроізоляційних оксидних покриттів товщиною порядку 10 мкм, що володіють високою механічною міцністю й належною теплопровідністю. Об'єм жолобів заповнюється піротехнічною сполукою 6. У середині ТЕДС коаксиально розташовується ініціююче обладнання 2 ударно-накольного типу. З обох торців ТЕДС закритий кришками 4 і 5, простір між якими заповнено компаундом, що забезпечують високу механічну міцність ТЕДС.

В основу роботи ТЕДС покладено принцип прямого перетворення теплової енергії в електричну за допомогою ТЕДС.

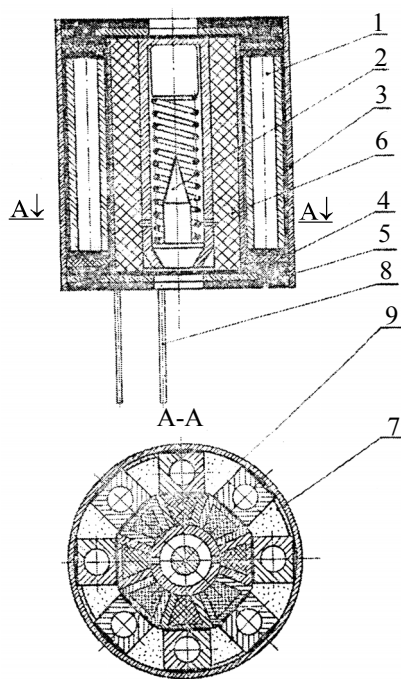


Рис. 2. Конструкція ТЕДС.

У результаті впливу перевантаження спрацьовує ініціююче обладнання ударно-накольного типу. Полум'я капсуля – запалювач через відповідний отвір у корпусі обладнання підпалює пиросклад. Тепло, що виділилося при цьому, забезпечує динамічний процес виходу ТЕІТ у стаціонарний режим і нагріває масу жолобів до температури, близької до 600 °С. Теплоємність маси жолобів поряд з теплоємністю шлаків згорілого пироскладу забезпечує акумулювання теплової енергії, необхідної для роботи ТЕДС упродовж заданого періоду часу. При цьому функцію тепловідводу виконують конструктивні елементи виробу, у складі якого використовується ТЕДС.

Результати випробувань ТЕДС

Випробування експериментальних зразків ТЕДС здійснювалися на лабораторній установці, електричну схему якої показано на рис. 3. Як тепловідвід використовувався алюмінієвий циліндр масою приблизно 45 г.

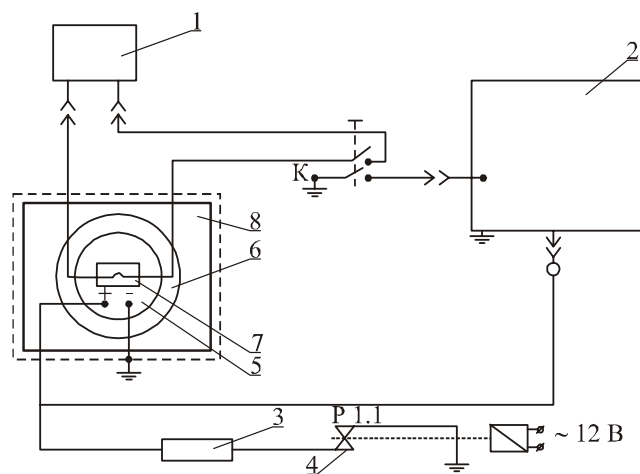


Рис. 3. Електрична схема установки для випробувань ТЕДС.

На рис. 4 показано типові осцилограми ЕРС і напруги на навантаженні 1000 Ом експериментального зразка ТЕДС.

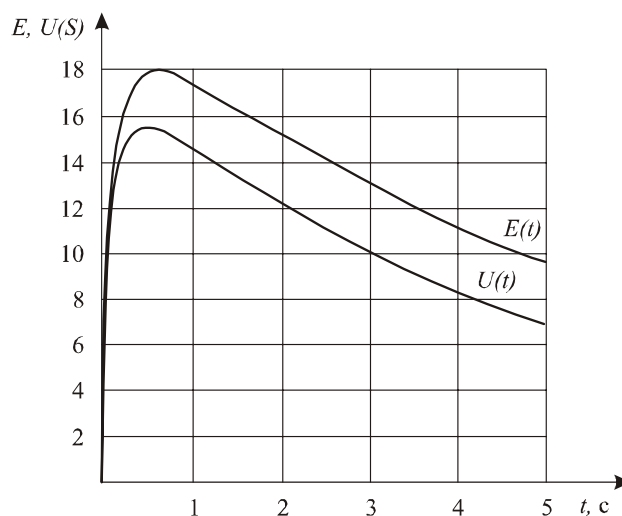


Рис. 4. Осцилограми для ЕРС і напруги ТЕДС на навантаженні 1 кОм.

Основні параметри й характеристики ТЕДС наведено в таблиці.

Таблиця

№ п/п	Назва параметра або характеристики	Значення
1	Електрична потужність, Вт	0.1
2	Електрична напруга, В, не менш	10
3	Час виходу в режим, с	0.1
4	Час роботи, с, не менше	3
5	Робочий інтервал температур, °С	–60 – 80
6	Працездатність після впливу одиночного удару уздовж осі з перевантаженням, g	80000
7	Термін зберігання, років, не менше	10
8	Габаритні розміри: висота, мм діаметр, мм	16.5 14.1

Висновки

1. Результати досліджень підтвердили незаперечні переваги ТЕДС перед аналогічними виробами з іншими джерелами тепла.
2. Створена конструкція малогабаритного джерела струму на базі уніфікованого термоелектричного модуля з підвищеною надійністю й піротехнічного джерела тепла з механізмом ініціювання ударно-накольного типу. Наявність такого джерела струму дає можливість створювати нові вироби, застосування яких для різних галузей науки й техніки стримувалися відсутністю таких ТЕДС.

Література

1. Анатичук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства [справочник] / Анатичук Л.И. – Киев: Наукова думка, 1979. – 767 с.
2. Термоэлектрические генераторы / А.С. Охотин, А.А. Ефремов, В.С. Охотин, А.С. Пушкарский. – М: Атомиздат, 1976. – 162 с.
3. Иорданишвили Е.К. Термоэлектрические источники питания / Иорданишвили Е.К. – М.: Сов. радио, 1968. – 183 с.
4. Анатичук Л.И. Экспериментальные исследования термоэлектрического источника питания для газораспределительных станций / Л.И. Анатичук, В.Я. Михайловский, И.Ю. Лудчак // Термоэлектричество. – 2008. – № 4. – С. 73 – 77.
5. Термоэлектрические генераторы [под ред. Регеля А.Р.]. – Атомиздат, 1971. – С. 34 – 43.
6. Eggers Philip E., Gawthrop William E., Howard James M. Аэродинамически нагреваемый термоэлектрический преобразователь для управления взрывателем в снарядах 20 и 30 мм. – Record 10 Intersoc. Energy Convers Eng. Cynf., Newark, Del., 1975. New York, 1975, p. 735 – 749.
7. Патент ФРГ № 12112606.
8. Котырло Г.К. Расчет и конструирование термоэлектрических генераторов и тепловых насосов / Г.К. Котырло, Ю.Н. Лобунец – К.: Наук. думка, 1980. – С. 24 – 36.
9. Шидловский А.А. Основы пиротехники / Шидловский А.А. – М.: Машиностроение, 1977. С. 13 – 27.
10. Пиротехника в ракетной и в космической технике [под редакцией Силина Н.А.]. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 24 – 28.

Надійшла до редакції 21.05.2011.