



Анатычук Л.И.

**МАЛОГАБАРИТНЫЙ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
ИСТОЧНИК ТОКА
ОДНОРАЗОВОГО ДЕЙСТВИЯ**

*Анатычук Л.И., Микитюк П.Д.
(Институт термоэлектричества, ул. Науки, 1,
Черновцы, 58029, Украина)*



Микитюк П.Д.

-
- *Приведены результаты исследований по созданию малогабаритного термоэлектрического источника тока одноразового действия для систем автономного управления разных электронных устройств.*

Введение

В связи с широким применением систем автономного управления на объектах специального назначения весьма актуальным является вопрос разработки источников электрической энергии, используемых для питания различных электронных устройств.

Применение химических источников питания ХИП для решения упомянутой задачи существенно ограничивается естественным саморазрядом, а следовательно, и малым сроком их сохраняемости. В случае раздельного содержания компонентов электролита для увеличения срока сохраняемости использование ХИП ограничивается сравнительно большим временем их выхода на режим и низкой надежностью при экстремальных климатических и механических нагрузках. К недостаткам ХИП следует также отнести и высокий уровень флюктуации электрических параметров.

Существенными преимуществами по сравнению с ХИП обладают источники питания, работающие по принципу прямого преобразования тепла в электроэнергию, т.е. термоэлектрические источники тока (ТЭИТ). Такие ТЭИТ [1–3] способны работать длительное время в условиях нормальных механических и климатических условий. Источниками тепла для них служат устройства на основе жидкого или газообразного топлива [4] и радиационных изотопов [2, 5]. Специфика применяющихся в таких ТЭИТ источников тепловой энергии, наряду с крупногабаритностью данных устройств, как правило, также существенно сужает область их применения.

Определенный интерес представляет ТЭИТ с использованием в качестве источника тепла разогрева набегающим воздухом [6]. Однако работоспособность такого ТЭИТ непосредственно зависит от температуры окружающей среды, не отличается стабильностью и большим быстродействием.

Избавиться от этих недостатков можно путем применения в конструкции ТЭИТ тепловых устройств, выполненных на основе использования в качестве источника тепла пиротехнических составов. Такие источники тепла генерируют тепловую энергию независимо от температуры окружающей среды. Но в известных [7] конструкциях ТЭИТ с пиротехническим источником тепла, последний располагается снаружи термоэлектрического преобразователя, что требует тщательной теплоизоляции от объекта применения. Кроме того, такие устройства не обладают большим быстродействием, что является следствием низкой скорости горения используемого пиросостава и несовершенством конструкции источника тепла.

Целью настоящей работы является исследование по созданию малогабаритного термоэлектрического источника тока одноразового действия с пиротехническим источником тепла, обладающим большим сроком сохраняемости и быстродействием, повышенной надежностью в условиях значительных механических и климатических воздействий.

Термоэлектрический преобразователь (ТЭП) для ТЭИТ

При проектировании ТЭП учитывался ряд исходных требований: высокая термоэлектрическая эффективность термоэлектрического материала (ТЭМ), технологичность изготовления ТЭП, высокая надежность, стойкость к воздействию экстремальных климатических и механических воздействий.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований подтвердили целесообразность применения в конструкции ТЭП специально разработанного термоэлектрического модуля повышенной надежности. Такой модуль представляет собой конструктивно законченный узел – совокупность термоэлементов (термопар), образованных и скоммутированных между собой в последовательную цепь беспаевым способом в процессе экструзии неоднородного термоэлектрического материала *n*-, *p*-типа на основе Bi_2Te_3 . Значение суммарного коэффициента термоЭДС ТЭМ составляет около 300 мкВ/К. Из соображений компактности и технологичности изготовления модуль выполнялся в виде спирали. Для существенного увеличения надежности ТЭП полуэлементы в модуле шунтировались проводниками, сопротивление которых на порядок превышало сопротивление полуэлементов. В ТЭП *n*-, *p*-переходы шунтировались проводниками с малым омическим сопротивлением, что позволяет, кроме повышения надежности, повысить энергетику модуля за счет уменьшения падения напряжения на сопротивлениях *n*-, *p*-переходов.

Устройство модуля спирального типа показано на рис. 1. Модуль состоит из выполненной в виде спирали заготовки 1 из экструдированного ТЭМ *n*-, *p*-типа, залитой термостойким компаундом 2. По наружной поверхности заготовки 1 навит высокоомный шунт 3. По граням заготовки, соответствующим *n*-, *p*-переходам, шунт уложен в пазы, выполненные в теле ТЭМ. Концы шунта подпаяны к выводам 5 со стороны холодных *n*-, *p*-переходов. При помощи выводов 5 осуществляется также коммутация модулей в ТЭИТ. На соответствующую *n*-, *p*-переходам поверхность витков заготовки 1, а также на поверхность пазов и уложенных в них шунтов гальваническим способом нанесен тонкий слой никеля, образующий низкоомный шунт 4 *n*-, *p*-переходов. При этом за счет гальванического контакта высокоомные шунты оказываются включенными параллельно *n*-, *p*-полуэлементам модуля.

Для получения модулей спирального типа в Институте термоэлектричества разработаны и изготавливаются специальное оборудование и оснастка: высокопроизводительные станки резки «АЛТЕК 13005М», «АЛТЕК 13009». Параметры и характеристики как исходного ТЭМ, так и модулей эффективно определяются на созданных измерительных установках «АЛТЕК 10002» и «АЛТЕК 10003».

Пиротехнический источник тепла (ПИТ)

Так как уровень добротности ТЭМ близок к предельному, то основными направлениями повышения эффективности термоэлектрических устройств являются совершенствование их конструкций и разработка новых источников тепла [2]. К пиротехническим составам, предназначенным для применения их в ТЭИТ, выдвигается ряд довольно жестких требований. ИТ должен состоять из двух составов: основного и стартового, которые должны удовлетворять

следующим требованиям:

- обладать высокой удельной калорийностью;
- иметь заданную скорость горения для обеспечения требуемых временных характеристик ТЭИТ;
- иметь высокую физико-химическую стабильность для обеспечения большого срока хранения ТЭИТ;
- надежно воспламеняться от средств инициирования;
- выделять при горении минимальное количество газообразных продуктов;
- не зависеть от кислорода окружающей среды;
- обладать высокой стабильностью теплофизических и механических свойств в процессе хранения.

В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют смеси на основе циркония и хромата бария, которые и использовались при создании ТЭИТ.

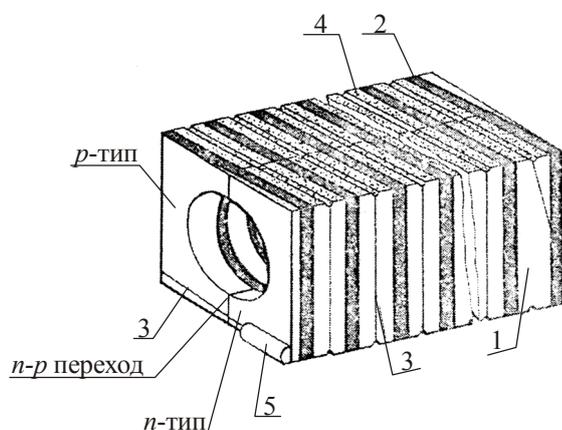


Рис. 1. Термоэлектрический модуль спирального типа.

Устройство и принцип работы ТЭИТ

Конструкция ТЭИТ представлена на рис. 2. На внутренней поверхности тонкостенного цилиндрического корпуса 3, выполненного из алюминиевого сплава, смонтированы при помощи компаунда восемь термоэлектрических модулей 1.

Модули проводниками 7 скоммутированы в последовательную цепь, начало и конец которой связаны с выводами 8. К внутренним граням модулей с помощью компаунда прикреплены желоба 9, изготовленные из алюминиевого сплава. Отсутствие электрической связи модулей с корпусом и желобами обеспечивается нанесением на соответствующие поверхности последних электроизоляционных оксидных покрытий толщиной порядка 10 мкм, обладающих высокой механической прочностью и надлежащей теплопроводностью. Объем желобов заполняется пиротехническим составом 6. Внутри ТЭИТ коаксиально располагается иницирующее устройство 2 ударно-накольного типа. С обоих торцов ТЭИТ закрыт крышками 4 и 5, пространство между которыми заполнено компаундом, обеспечивающим высокую механическую прочность ТЭИТ.

В основу работы ТЭИТ положен принцип прямого превращения тепловой энергии в электрическую с помощью ТЭИТ.

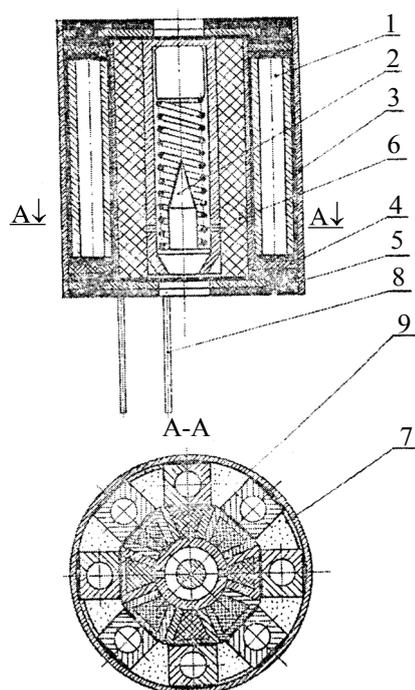


Рис. 2. Конструкция ТЭИТ.

В результате воздействия перегрузки срабатывает инициирующее устройство ударно-накольного типа. Пламя капсуля – воспламенителя через соответствующее отверстие в корпусе устройства поджигает пиросостав. Выделившееся при этом тепло обеспечивает динамический процесс выхода ТЕИТ в стационарный режим и нагревает массу желобов до температуры близкой к 600 °С. Теплоемкость массы желобов наряду с теплоемкостью шлаков сгоревшего пиросостава обеспечивает аккумуляцию тепловой энергии, необходимой для работы ТЭИТ в течении заданного периода времени. При этом функцию теплоотвода выполняют конструктивные элементы изделия, в составе которого используется ТЭИТ.

Результаты испытаний ТЭИТ

Испытания экспериментальных образцов ТЭИТ проводились на лабораторной установке, электрическая схема которой представлена на рис. 3. В качестве теплоотвода использовался алюминиевый цилиндр массой примерно 45 г.

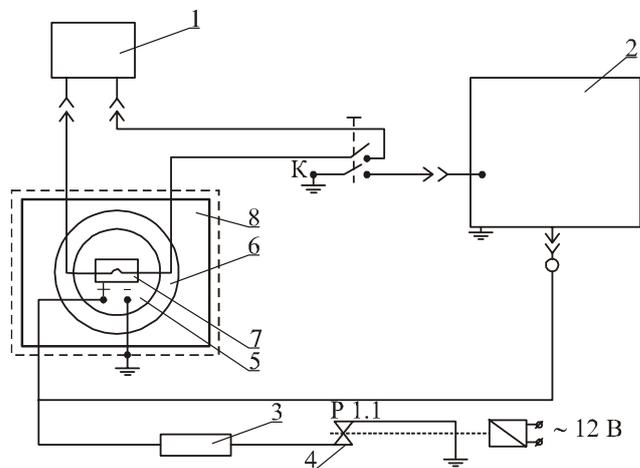


Рис. 3. Электрическая схема установки для испытаний ТЭИТ.

На рис. 4 показаны типичные осциллограммы ЭДС и напряжения на нагрузке 1000 Ом экспериментального образца ТЭИТ.

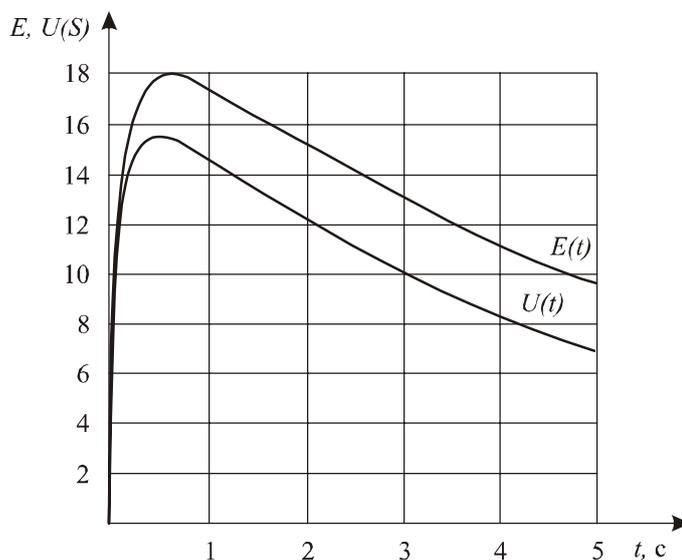


Рис. 4. Осциллограммы для ЭДС и напряжения ТЭИТ на нагрузке 1 кОм.

Основные параметры и характеристики ТЭИТ приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Название параметра или характеристики	Значение
1	Электрическая мощность, Вт	0.1
2	Электрическое напряжение, В, не менее	10
3	Время выхода в режим, с	0.1
4	Время работы, с, не менее	3
5	Рабочий интервал температур, °С	-60 – 80
6	Работоспособность после воздействия одиночного удара вдоль оси с перегрузкой, g	80000
7	Срок сохраняемости, лет, не менее	10
8	Габаритные размеры:	
	высота, мм	16.5
	диаметр, мм	14.1

Выводы

1. Результаты исследований подтвердили неоспоримые преимущества ТЭИТ перед аналогичными изделиями с другими источниками тепла.
2. Создана конструкция малогабаритного источника тока на базе унифицированного термоэлектрического модуля с повышенной надежностью и пиротехнического источника тепла с механизмом инициирования ударно-накольного типа. Наличие такого источника

тока позволяет создавать новые изделия, применение которых для разных областей науки и техники сдерживались отсутствием таких ТЭИТ.

Литература

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: [справочник] / Анатычук 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. Анатычук Л.И. Экспериментальные исследования термоэлектрического источника питания для газораспределительных станций / Л.И. Анатычук, 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 – Киев: Наукова 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.

Поступила в редакцию 21.05.2011.