

Термоелектрическа батерия на основата на ефект на Пелтие

гл. ас. д-р инж. Анатолий Трифонов Александров

Технически университет - гр. Габрово

Abstract: The insufficient catalogue information about manufacturing parameters and characteristics of thermoelectric modules, as well as their considerable technological allowances necessitate the study of their basic static characteristics and parameters when designing thermal-cooling devices. The purpose of the present paper is the development of a thermoelectric battery (TEB) based on a thermoelectric module. The conversion characteristics and the behavior of the TEB synthesized in a thermal-cooling system have been studied experimentally with view to their application in engineering practice.

1. Въведение

През последните години термоелектричното охлаждане въз основа на ефекта на Пелтие намира все по-широко приложение. Това е едно ново направление в хладилната техника, което се занимава с понижаване и стабилизиране на температурата в малки обеми. Широко използване на термоелектричните охлаждащи устройства в свръхвисококачествената и инфрачервената техника, електрониката, медицината, биологията и други области на науката и техниката, и голямата им перспективност се определят от техните основни предимства: просто устройство и малки габаритни размери, надеждност на конструкцията, дълъг срок на работа, точно поддържане и плавно регулиране на температурата, липса на движещи се части и хладилен агент, ниска консумация, висока ефективност до 200W, работа във вакуум и други. Освен това термоелектричните модули, които са на основата на ефекта на Пелтие, осигуряват както охлаждане, така и загряване [1,2].

2. Изложение

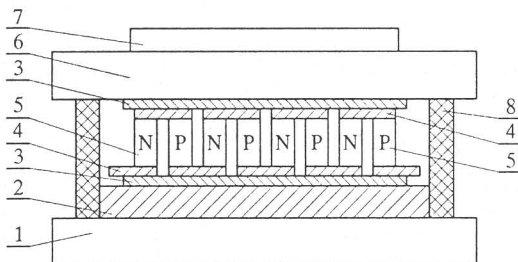
Каталожната информация за конструктивните параметри и характеристики на произвежданите термоелектрични модули (ТЕМ) е недостатъчна. Освен това те имат значителен технологичен толеранс. Това налага необходимостта при проектирането на термоохладителни устройства на тяхна основа да се изследват основните им статични характеристики и параметри. Получените характеристики и параметри могат да се използват както за избор на оптимален постоянен режим на работа, така и за създаването на модел във вид на еквивалентна схема.

Цел на настоящата разработка е създаване на термоелектрическа батерия (ТЕБ) на базата на термоелектричен модул [1]

експериментално изследване на преобразователните характеристики и поведението на синтезираната ТЕБ в термоохладителната система с оглед приложението ѝ в инженерната практика.

Експерименталните изследвания са проведени на термоелектрическа хладилно-отоплителна система, осигуряваща активна, нормална термостабилизация. Тя се състои от ТЕБ, и термостатиран съд, изграден от вътрешни и външни стени, между които се намира топлоизолационен слой. В съда се разчита на естествената конвекция.

Основен възел на термоелектрическата хладилно-отоплителна система е термоелектрическата батерия, в която е вграден термоелектрически модул (фиг.1). За нормална работа на ТЕМ е необходимо да се осигури ефективен топлообмен на горещата и студената му страна. За целта се избират подходящи радиатори 1 и 6, и вентилатор 7 за горещия край. За провеждане на топлината между радиатора и ТЕМ се използва топлоотводът 2. Той се монтира към студената страна на ТЕМ, поради по-малката плътност на топлинния поток. Теплоизолационният слой 8 служи за намаляване на топлообмена между горещия и студения радиатор на ТЕБ.



фиг.1 Термоелектрическа батерия

ТЕМ е най-малкият покупен елемент, който е изграден от елементи на Пелтие, свързани електрически последователно и паралелно топлинно. Те са монтирани между две успоредни керамични плочи 3 с висока топлопроводимост. Елементът на Пелтие се състои от P и N полупроводници 5 с правоъгълна или цилиндрична форма, свързани с метален контакт 4. Действието му се основава на ефекта на Пелтие, който се дължи на поглъщане и отделяне на топлина в контактите между метал и два полупроводника като това в кой край ще се поглъща или отделя топлина зависи от посоката на тока [3,4]. От гледна точка на зонната структура на контакта N полупроводник - метал - P полупроводник, електроните поглъщат топлина при движението си от по-ниско към по-високо енергетично

ниво. Това води до охлаждане на контакта. При обратна посока на тока електроните слизат на по-ниско енергетично ниво, отдават топлинна енергия и контактите се загреват.

При пропускане на постоянен електрически ток през ТЕМ, едната му плоча се загрева до температура T_G , а другата се охлажда до температура T_{CT} . Възниква температурна разлика $\Delta T = T_G - T_{CT}$.

Количеството на погълнатата от студения край топлина Q , която може да се отнеме от изолирано топлинно, затворено пространство, е пропорционално на големината на тока I и се дава със следния израз:

$$Q = 2N \left(\alpha I T_{CT} - \frac{I^2 \rho}{2G} - \lambda \Delta T G \right), \quad (1)$$

където: N - брой на термоелементите в модула; α - коефициент на Зеебек; ρ - специфично съпротивление на материала; λ - коефициент на топлопроводност на материала; $G = S/L$ - геометричен фактор, където S е сечението, а L - дължината на стълбчетата на термоелемента.

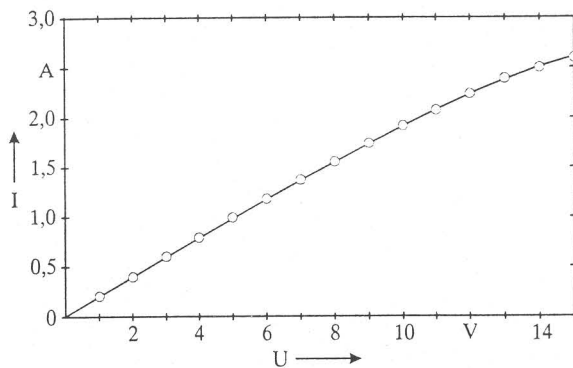
За оценка на топлинния баланс на ТЕМ се отчита едновременното действие на ефекта на Пелтие (първи член), ефекта на Джаул, обусловен от количеството топлина, която се генерира в обема поради наличието на електрическо съпротивление на веригата и протичането на ток през нея (втори член), и пренасянето на количество топлина от топлия към студения край на ТЕМ, обусловено от топлопроводността на полупроводниковите елементи (трети член). Следователно, температурната разлика ΔT зависи от протичащия през елемента ток, от конструктивните параметри на ТЕМ и нараства до тогава, докогато хладопроизводителността, дължаща се на ефекта на Пелтие, се уравни с количеството топлина на Джаул и обратния температурен поток. От (1) следва, че при определена оптимална стойност на тока за даден елемент се достига максимално охлаждане. При по-слаби токове по-силно изразено е поглъщането на топлина вследствие ефекта на Пелтие, а при по-силни - нараства ролята на Джауловата топлина.

Конструктивно-технологичните параметри на ТЕМ и константите α , λ , ρ (1) се изменят в широки граници и оказват съществено влияние върху хладопроизводителността. Работата на термоелемента като хладилник зависи и от термоелектрическата ефективност на материалите, и температурната разлика в двата края на термоелемента. Затова при синтезирането на една термоохладу-

мелна система на основата на ТЕМ е необходимо да се изследват експериментално преобразователните характеристики на ТЕБ.

Изследвани са статичните входна и преобразователна характеристики на синтезираната ТЕБ (фиг.2) на основата на ТЕМ К1-127-1,4/2,5, производство на фирмата „Ostern“-Русия. Графичната интерпретация на получените експериментални резултати е показана на фиг.2, фиг.3 и фиг.4.

Входната характеристика $I = f(U)$ (фиг.2) показва зависимостта на тока I през елемента на Пелтие във функция от приложеното напрежение U . Тя е основна характеристика на елемента и се използва за определяне на постояннотоковия режим на термобатерията. Характеристиката е почти линейна.

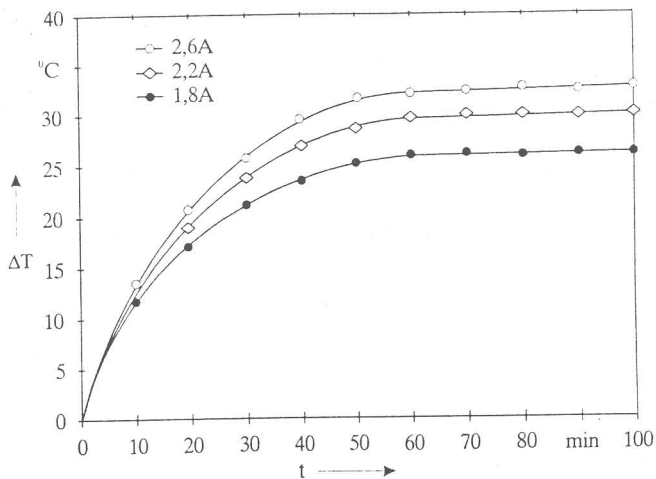


фиг.2 Входна характеристика $I=f(U)$

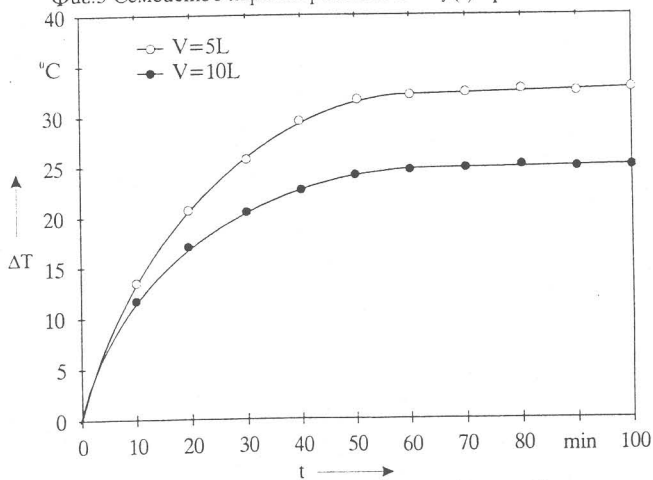
От входната характеристика е определено статичното съпротивление на елемента на Пелтие R . Анализът на получените резултати показва, че елементът на Пелтие има малко вътрешно съпротивление, като с нарастване на тока от 0 до 0,5А съпротивлението R намалява от 6,67 Ω до 5,12 Ω , а при увеличаване на I от 0,5 до 2,46 А съпротивлението леко нараства в границите от 5,20 Ω до 5,89 Ω . Това незначително нарастване на R се дължи на влиянието на температурата върху функционирането на ТЕМ.

Преобразователните характеристики $\Delta T = f(t)$ при постоянен ток ($I = \text{const}$) и при постоянен обем ($V = \text{const}$) на изометричния съд са показани съответно на фиг.3 и фиг.4, като ΔT е разликата между температурата на студения и горещия радиатор. Зависимостите са нелинейни и имат ясно изразен участък на насищане, който настъпва за по-малък интервал от време при по-малки токове и по-големи обеми. Те показват значителното влияние

на I и V върху работата на термоелектричната батерия. С нарастване на тока през термоелемента при $V = \text{const}$ и с намаляване на обема на охлаждащото пространство при $I = \text{const}$ температурната разлика нараства.



Фиг.3 Семейство характеристик $\Delta T = f(t)$ при $I = \text{const}$



Фиг.4 Семейство характеристик $\Delta T = f(t)$ при $V = \text{const}$

Анализът на получените експериментални резултати показва:

1. Оптимален режим на работа за изследвания образец се получава при $I = 2,6A$.

2. Минималната измерена температура на студения радиатор е -3°C .

3. Целесъобразно е да се осигури захранване на системата с регулируем генератор на ток, т.к вътрешното му съпротивление е функция на I и T .

4. Експериментално получените еднофакторни зависимости $I = f(U)$ и $\Delta T = f(t)$ са база за синтезиране на електронни модели във вид на еквивалентна схема за нуждите на автоматизираното проектиране. Въз основа на тях могат да се получат и емпирични зависимости, отразяващи комплексното влияние на тока през термоелемента, на обема на изометричния съд и времето на охлаждане върху хладопроизводителността, което е предпоставка за оптимизиране на условията на работа на предлаганата термоохладителна система.

3. Заключение

Получените експериментални резултати показват, че изследваните ТЕМ с успех могат да се използват за термостабилизиране на малки обеми. Това в съчетание с факта, че елементите на Пелтие се изготвят от поликристален силиций с пониска чистота, отколкото при производството на силициеви полупроводникови елементи, определя голямата перспективност на тази елементна база и необходимостта от задълбочаване на нейното изследване с оглед широкото ѝ прилагане в инженерната практика.

Обект на едно бъдещо изследване е синтезиране на термоелектрическа батерия с повече от един елемент, което би създало предпоставки за повишаване на хладопроизводителността, както и на ефективната работа в по-големи обеми.

Литература

1. Илъярский, О. И., Н. П. Удалов. Термоелектрические элементы. Москва, Энергия, 1970
2. Брагинского, А.М., Е.В. Мерзлоуховой, М.Я. Мулярова. Термоелектрические материалы и преобразователи. Москва, Мир, 1964
3. Вълков, С., И. Ямаков и др. Електронни и полупроводникови елементи и интегрални схеми, Техника, София, 1992
4. Бахчеджиев. Х., Т. Чолакова, М.Нешев, Л.Бедикян. Термоелектрически хладилно-отоплителни системи. Ботевград 1998г, 188-193с.