

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Тарногурская А.Д., Борисюк А.О.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Редьков В.М. – д.т.н., профессор, профессор кафедры физики

Аннотация. Экспериментально исследован принцип действия термоэлектрического преобразователя на основе модуля Пельтье TEC1-12706. В ходе работы измерялись температурные зависимости на горячей и холодной сторонах элемента при различных значениях напряжения питания. Установлено, что максимальное охлаждение «холодной» стороны (до 19,4°C) достигается при напряжении 2 В, тогда как дальнейшее увеличение напряжения приводит к ее нагреву из-за преобладания Джоулева тепла над эффектом Пельтье. Показано снижение эффективности элемента с ростом потребляемой мощности, при этом отмечена необходимость организации эффективного отвода тепла от горячей стороны для улучшения характеристик. Изготовлена действующая модель холодильной машины на основе элемента Пельтье и рассмотрены основные области практического применения данного эффекта. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании компактных охлаждающих устройств и систем термостатирования.

Ключевые слова: термоэлектрический модуль, термоэлектрический преобразователь, элемент Пельтье, термоэлектрическое охлаждение, эффект Пельтье, коэффициент полезного действия, температурный градиент.

Введение. Термоэлектрические преобразователи представляют собой устройства, которые используют термоэлектрические эффекты для преобразования тепловой энергии в электрическую и наоборот. Преобразователи такого рода широко распространены благодаря своей относительно простой конструкции, надежности в работе и способности функционировать при различных температурах. Интерес к ним во многом связан с отсутствием движущихся частей и возможностью как прямого охлаждения, так и генерации электроэнергии. В последние годы потребность в термоэлектрических устройствах возрастает в связи с развитием компактной электроники и необходимостью локального охлаждения нагреваемых элементов без использования громоздких компрессоров.

Цель исследования: изучение принципа действия термоэлектрического преобразователя, его ключевых характеристик и возможностей применения для охлаждения или генерации энергии.

Объект исследования: разность температур, возникающая в термоэлектрическом преобразователе при пропускании через него электрического тока.

Предмет исследования: температура холодной и горячей поверхностей термоэлемента в зависимости от условий эксплуатации.

Гипотеза исследования: для создания систем охлаждения можно использовать перепад температур, возникающий при пропускании электрического тока через соединение двух разных материалов.

Основная часть. Для изучения принципа действия термоэлектрического преобразователя мы выбрали модуль элементов Пельтье TEC1-12706. Для изучения его основных параметров, модуль элементов Пельтье был расположен с помощью проводов таким образом, чтобы с обеих его сторон можно было измерять температуру. Напряжение в данной цепи менялось с помощью регулируемого источника питания. Для более точного измерения

силы тока использовался мультиметр. В ходе эксперимента постоянное напряжение на элементе повышалось с шагом 0,5 В, и после каждого повышения измерялась сила тока и температура, которые установились на «горячей» T_2 и «холодной» T_x частях элемента Пельтье.

Эксперимент показал, что температура «холодной» части элемента Пельтье уменьшалась до тех пор, пока напряжение не составило 2 В. В этот момент температура «холодной» части была равна 19,4°C, температура в помещении при этом была 22°C. При дальнейшем повышении напряжения начал происходить нагрев «холодной» части элемента Пельтье. Это объясняется тем, что при отсутствии механизмов для охлаждения элемента, выделение Джоулева тепла уже при небольших значениях протекающего тока начинает преобладать над эффектом Пельтье. Но, невзирая на это, разница температур между «горячей» и «холодной» сторонами элемента остается все еще достаточно заметной.

Также была рассчитана потребляемая элементом мощность. Было установлено снижение эффективности элемента Пельтье с ростом потребляемой мощности. Это объясняется тем, что величина выделяемого Джоулева тепла равна электрической мощности, потребляемой термоэлектрическим элементом. По этой причине эффективность элемента Пельтье с ростом напряжения значительно падает, и для максимального рабочего значения напряжения оказывается относительно небольшой. Эффективность элемента Пельтье можно повышать, обеспечивая отвод тепла от «горячей» части элемента.

Была изготовлена модель холодильной машины. Для нахождения её холодильного коэффициента мы определяли минимальную температуру, до которой может быть охлажден стакан с жидкостью, помещенный в холодильную машину. В режиме равновесия количество тепла, отводимого от стакана с водой, равно количеству тепла, получаемому стаканом от окружающей среды. Данная величина прямо пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды.

Для определения мощности потока тепла, передаваемого стакану при фиксированной разности температур, использовали коэффициент теплопотерь

$$\eta = \frac{P_{\text{потерь}}}{IU} = 0,074.$$

Для оценки точности измерений все эксперименты проводились при стабильной температуре окружающей среды (22°C), а показания мультиметра и термометров фиксировались после выхода системы в стационарный режим, когда изменения температуры не превышали 0,1°C в минуту.

Заключение. Таким образом, в ходе выполнения работы был проведен сравнительный анализ зависимости нагрева «холодной» и «горячей» частей элемента Пельтье от приложенного напряжения; измерена вольтамперная характеристика элемента для зависимости разницы температур на поверхностях от потребляемой электрической мощности. В результате показано, что эффективность элемента Пельтье существенно падает с ростом напряжения.

Полученные данные могут быть полезны при выборе рабочего режима элемента Пельтье в реальных устройствах, где важно найти баланс между глубиной охлаждения и энергопотреблением. Можно отметить, что эффект Пельтье находит достаточно широкое практическое применение. Например, он используется для охлаждения микросхем и высокопроизводительных процессоров, где нужен локальный отвод тепла. В медицине такие элементы применяются в устройствах, требующих точного термостатирования. Благодаря компактности и отсутствию движущихся частей, модули Пельтье также используются в автомобильных холодильниках и некоторых моделях кондиционеров.

Список литературы

1. Л. А. Исаченкова, А. А. Сокольский Физика: учеб. пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Л. А. Исаченкова, А. А. Сокольский. – 1-е изд., пересмотр. и доп. – Минск: Народная асвета, 2019. – 287 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики в 3-х т. Т. 2 / И. В. Савельев. – М.: Наука, 1989.
3. Кингсеп, А.С. Основы физики. Курс общей физики: Учебн. в 2 т. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика / А.С. Кингсеп, Г.Р. Локишин, О.А. Ольхов; под ред. А.С. Кингсеп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 560 с.
4. Булат Л. П., Ведерников М. В., Вялов А. П. и др. Термоэлектрическое охлаждение. Текст лекций под общей ред. Л. П. Булата. СПб.: СПбГУНиПТ, 2002.
5. Иоффе А. Ф., Стильбанс Л. С., Йорданишвили Е. К., Ставицкая Т. С. Термоэлектрическое охлаждение. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956.
6. Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> – Дата доступа 06.03.2026

UDC 537.322.15

**STUDY OF THE OPERATION OF A THERMOELECTRIC CONVERTER
AND ITS POTENTIAL APPLICATIONS**

Tarnogurskaya A.D., Borisjuk A.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Redkov V.M. – Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Professor at the Department of Physics

Annotation. The operating principle of a thermoelectric converter based on a TEC1-12706 Peltier module was experimentally studied. Temperature dependences on the hot and cold sides of the element were measured at various supply voltages. It was found that maximum cooling of the «cold» side (up to 19.4°C) is achieved at a voltage of 2 V, while a further increase in voltage leads to its heating due to the predominance of Joule heating over the Peltier effect. A decrease in the element's efficiency with increasing power consumption is demonstrated, while the need for efficient heat removal from the hot side to improve performance is noted. A working model of a refrigeration machine based on a Peltier element is constructed, and the main areas of practical application of this effect are discussed. The obtained results can be useful in the design of compact cooling devices and thermostatic control systems.

Keywords: thermoelectric module, thermoelectric converter, Peltier element, thermoelectric cooling, Peltier effect, efficiency, temperature gradient.