

Сергеев Дмитрий Евгеньевич

студент

Орлов Алексей Вениаминович

канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный
технический университет» в г. Стерлитамаке
г. Стерлитамак, Республика Башкортостан

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос об эффективности использования термоэлектрических элементов как средств охлаждения. Авторы ставят своей целью показать их положительные и отрицательные стороны и сравнить термоэлектрические охлаждающие устройства с другими типами холодильных машин.

Ключевые слова: эффект Пельтье, элемент Пельтье, полупроводник р-типа, полупроводник n-типа, термоэлектрический холодильник, кулер Пельтье.

Работа современного высокопроизводительного электронного и электромеханического оборудования сопровождается значительным тепловыделением его компонентов, особенно при эксплуатации в форсированных режимах разгона. Надежная работа такого оборудования зависит от использования адекватных средств охлаждения, обеспечивающих необходимые температурные режимы их работы. Как правило, такими средствами поддержки оптимальных режимов температуры являются традиционные вентиляторы, радиаторы, охлаждающие масла и т. д. Эффективность и производительность подобных средств непрерывно увеличиваются за счет модернизации их конструкции, использования новейших технологий и применения в их составе различных датчиков и средств контроля. Тем не менее, в настоящее время все более популярными становятся устройства,

работа которых основана на так называемом эффекте Пельтье, или термоэлектрическом эффекте. Такие устройства получили название термоэлектрических элементов.

Для того чтобы оценить возможности и перспективы внедрения данных устройств в современные электромеханические приборы и оборудование, необходимо разобраться, на чем основан принцип работы этих устройств. Иными словами, требуется выяснить, в чем заключается вышеупомянутый эффект Пельтье.

Данное явление, открытое в 1834 году французским ученым Жаном Пельтье и впоследствии объясненное русским физиком Эмилием Ленцем, находится на стыке двух разных объектов физики – термодинамики и электродинамики. Суть эффекта Пельтье можно изложить следующими словами: при протекании электрического тока через контакт двух проводников, изготовленных из разных материалов, в зависимости от направления этого тока, кроме джоулева тепла выделяется или поглощается дополнительное тепло, которое называется теплом Пельтье.

Рассматриваемое явление может быть объяснено в рамках классической теории. Согласно ей, электроны, переносимые током от одного металла к другому, разгоняются или замедляются за счет внутренней контактной разности потенциалов между ними. При ускорении электронов их кинетическая энергия увеличивается и выделяется в виде тепла, вследствие чего происходит нагревание. При замедлении электронов их кинетическая энергия уменьшается, а затем восполняется под действием тепловых колебаний атомов второго проводника. В итоге происходит охлаждение, которое и используется в охлаждающих термоэлектрических элементах.

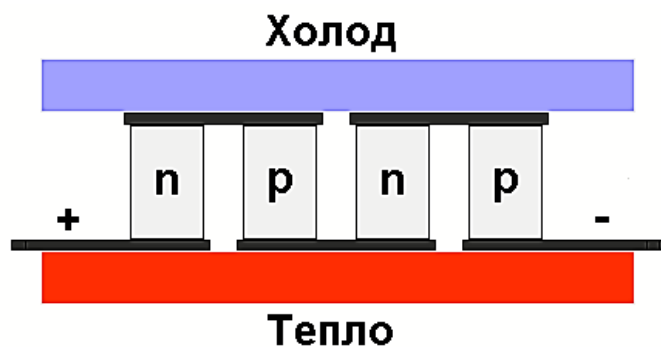


Рис. 1. Использование полупроводников р- и n-типа
в термоэлектрических элементах

Наиболее интенсивно термоэлектрический эффект наблюдается при использовании полупроводников р- и n-типа проводимости (рисунок 1). То или иное направление протекания электрического тока через р-n- и n-p-переходы приводит к поглощению или выделению энергии, происходящее в результате взаимодействия зарядов, представленных электронами (n-проводимость) и дырками (р-проводимость), и их рекомбинации. Вследствие данных энергетических процессов поглощается или выделяется тепло. Термоэлектрические элементы получают объединением большого числа пар полупроводников р- и n-типа.

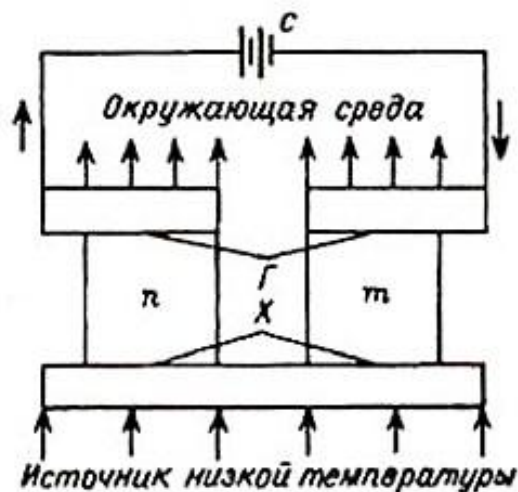


Рис 2. Схема термоэлектрического элемента

Рассмотрим принцип действия простейшего элемента Пельтье, схема которого показана на рисунке 2. Два полупроводника n и m образуют контур, по которому проходит постоянный ток от источника питания С, при этом температура

горячих спаев Γ превышает температуру окружающей среды, т.е. термоэлектрический элемент используется как холодильная машина. Вследствие того, что под воздействием электрического поля электроны, перемещаясь из ветви m в ветвь n , переходят на более высокий энергетический уровень, температура спаев X понижается. Энергия электронов увеличивается за счет кинетической энергии атомов полупроводников, находящихся в местах их сопряжений, в результате чего этот спай охлаждается. Переходя с более высокого энергетического уровня на низкий, электроны теряют часть своей энергии, отдавая ее атомам спаев Γ , который начинает нагреваться.

Таким образом, элемент Пельтье представляет собой термоэлектрический холодильник, изготовленный из полупроводников p - и n -типа, которые соединены последовательно и образуют p - n - и n - p -переходы. Любой такой переход контактирует с одним из двух радиаторов. Вследствие протекания электрического тока той или иной полярности образуется разность температур между радиаторами, поскольку один из них служит холодильником, а другой нагревается и отводит тепло.

Экономическая эффективность применения термоэлектрических элементов по сравнению с другими типами охлаждающих устройств обратно пропорциональна величине охлаждаемого объема. Поэтому в настоящее время термоэлектрическое охлаждение получило распространение в устройствах небольших габаритов, таких как автомобильные холодильники, охладители пищевых жидкостей, кондиционеры воздуха, системные блоки персональных компьютеров и другие устройства.

Рассмотрим непосредственно достоинства и недостатки термоэлектрических охлаждающих устройств. Начнем с того, что они имеют ряд преимуществ по сравнению с другими типами холодильных машин. Во-первых, это отсутствие рабочего вещества и масла, а также движущихся частей, что делает данные устройства бесшумными во время работы. Во-вторых, малая масса и габаритные размеры при той же холодопроизводительности повышают эффективность дан-

ных устройств. Так, кондиционеры, работающие на термоэлектрических элементах, имеют массу в 3 раза, а объем в 4 раза меньший, чем хладоновые кондиционеры. Наконец, возможность каскадного включения термоэлектрических элементов (рисунок 3) позволяет без особых затрат достичь желаемого перепада температур между радиаторами. Такое включение используется в так называемых кулерах Пельтье, которые являются существенно более эффективными по сравнению со стандартными типами кулеров на основе традиционных радиаторов и вентиляторов.

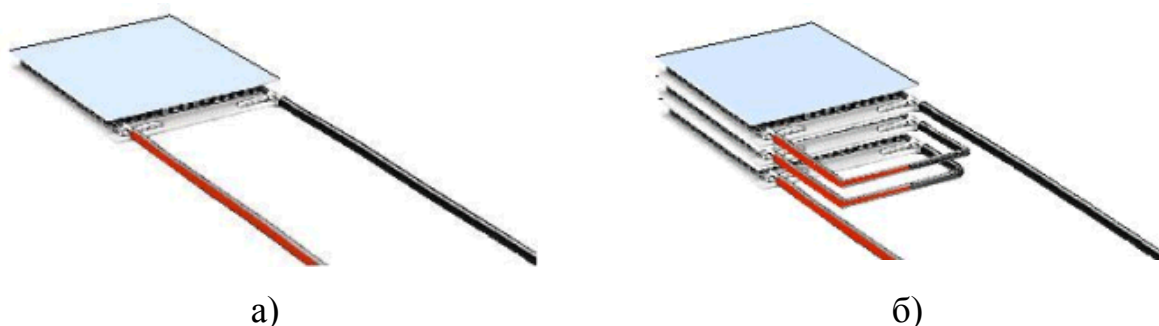


Рис. 3. а – внешний вид элемента Пельтье; б – пример каскадного включения элементов Пельтье

Однако, помимо очевидных преимуществ, термоэлектрические элементы имеют специфические особенности, которые нельзя не учитывать при их применении в качестве охлаждающих устройств. Во-первых, элементы Пельтье имеют сравнительно низкий КПД, выделяют в процессе своей работы большое количество тепла и, следовательно, требуют наличия радиаторов и вентиляторов, которые бы отводили лишнее тепло от охлаждающих модулей. Во-вторых, элемент Пельтье при выходе из строя изолирует охлаждающий элемент от радиатора. Это способствует быстрому нагреву защищаемого элемента и, как следствие, выходу его из строя. В-третьих, избыточная мощность термоэлектрического устройства приводит к появлению низких температур в рабочей зоне, вследствие чего из воздуха конденсируется лишняя влага. Это представляет угрозу для электронных компонентов, поскольку конденсат способен привести к коротким замыканиям между элементами.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что для обеспечения эффективной работы термоэлектрических охлаждающих устройств следует использовать дополнительные системы охлаждения, предусматривающие интеллектуальные средства управления элементами Пельтье. Такие средства позволят контролировать их работу и изменять ее режимы.

Таким образом, термоэлектрические элементы имеют как преимущества, так и недостатки по сравнению со стандартными холодильными устройствами. Однако при оптимальном использовании первых и сведении к минимуму вторых охлаждающие устройства на основе этих элементов могут быть хорошей заменой стандартным средствам охлаждения.

Список литературы

1. Термоэлектрический эффект и охлаждение, эффект Пельтье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/fakty/107-termoyelektricheskiy-yeffekt-i-oxlazhdenie.html>
2. Полупроводниковые холодильники Пельтье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/cpu/peltje.html>