

## **Методична розробка для профтехучилища електротехнічного профілю, для учнів 8, 9, 11 класів (факультатив): «Демонстрація термоелектричного охолоджувача»**

Як відомо з історії, у 1834 році французький годинникар і натураліст Жан-Шарль Пельтьє помістив краплю води на спай між електродами з вісмуту і сурми, а потім пропустив по колу електричний струм і виявив, що крапля води замерзла. В історії було багато випадків, коли відкриття ще чекають «свого» часу. Так сталося і з цим відкриттям - пройшло майже два століття і вчені знову звернулись до ефекту Пельтьє. Для охолодження електронних пристроїв потрібні були системи охолодження з малими габаритами - це можливо зробити використавши елементи Пельтьє. Недоліком елементів Пельтьє є низький коефіцієнт корисної дії (ККД), але з цим приходиться «миритись». Вчені працювали в напрямку збільшення ККД і виявили, що найбільший ККД можливо отримати, якщо використовуються напівпровідникові матеріали з різним типом провідності. Використання елементів Пельтьє дуже різноманітне:

- Холодильники;
- Кондиціонери;
- Автомобільні охолоджувачі;
- Кулери для води;
- Охолоджувачі і нагрівачі дитячих напоїв;
- В системах комп'ютерного охолодження та ін.

Елемент Пельтьє часто використовується для вирішення проблеми перегріву устаткування. Елементи Пельтьє не мають рухомих елементів і завдяки цьому мають велику довговічність і надійність.

Багато цікавого про використання термоелектричних приладів, зокрема термоохолоджувачів, можна прочитати в (1).

Елемент Пельтьє - це термоелектричний перетворювач, який працює за однойменним принципом Пельтьє - виникненні різниці температур в термопарі під час пропускання через неї електричного струму. В англійській мові найчастіше згадується термін «ТЕС», що в перекладі означає термоелектричний охолоджувач (ТЕО). Робота елемента Пельтьє базується на контакті двох струмопровідних матеріалів, які володіють різним рівнем енергії електронів в зоні провідності. При подачі електричного струму через подібний зв'язок, електрон набуває високу енергію, щоб потім перейти в більш високоенергетичну зону провідності іншого напівпровідника. У момент поглинання цієї енергії здійснюється охолодження місця контакту двох провідників. Якщо ж струм протікає в зворотному напрямку - то це призводить до нагрівання місця контакту, тобто виникає тепловий ефект. Якщо з одного боку зробити хороше відведення тепла, наприклад, при використанні радіаторних систем, то холодна сторона зможе забезпечити дуже низьку температуру, яка на десятки градусів буде нижчою за температуру навколишнього середовища. Для отримання високого ККД на практиці застосовується два напівпровідники з різним типом провідності. Якщо ж змінити полярність електричного струму, то сторони (тепла і холодна) просто поміняються місцями. Будову термоелемента показано на

**рис.1.** На малюнку показано чотири термоелементи, а в діючих ТЕО їх значно більше. Всі елементи включені послідовно за допомогою мідних перемичок, які припаюються до напівпровідникових елементів. На крайні елементи ТЕО подається напруга і через всі елементи протікає постійний струм. Якщо сказати образно: то термоелемент в режимі охолодження можна порівняти з «насосом», який «перекачує» теплоту з холодної сторони на теплу сторону.

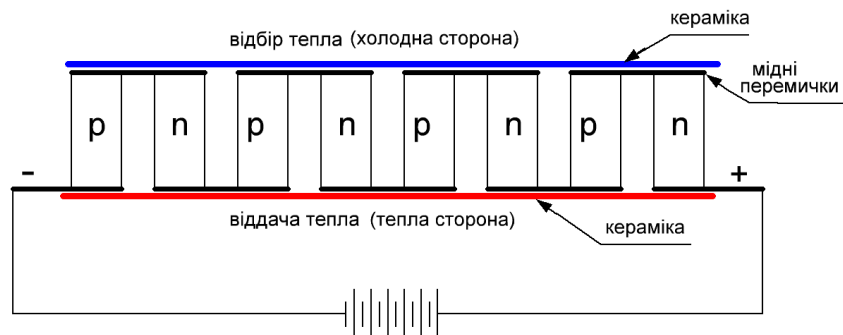


Рис. 1

Найпростіше демонструвати роботу термоелемента використавши готовий виріб: автомобільний холодильник на термоелементах, або кулер для охолодження води. Малагабаритний холодильник на термомодулях в закритому вигляді (працює від автомобільного акумулятора, або від електромережі змінного струму 220 В) показано на **фото 1**. Якщо заміряти температуру води в чашці з водою і поставити чашку з водою в холодильник, і підключити холодильник до джерела живлення на 15...20 хвилин, то отримаємо охолодження води, що можливо зафіксувати за допомогою термометра.



Фото 1. Холодильник з використанням ТЭМО

На **фото 2.** показано холодильник з відкритою кришкою, на якій і змонтовано всю «начинку», тобто ТЕО на тепловідводі, який обдувається кулером.



**Фото 2. Холодильник з ТЭМО- відкрита кришка**

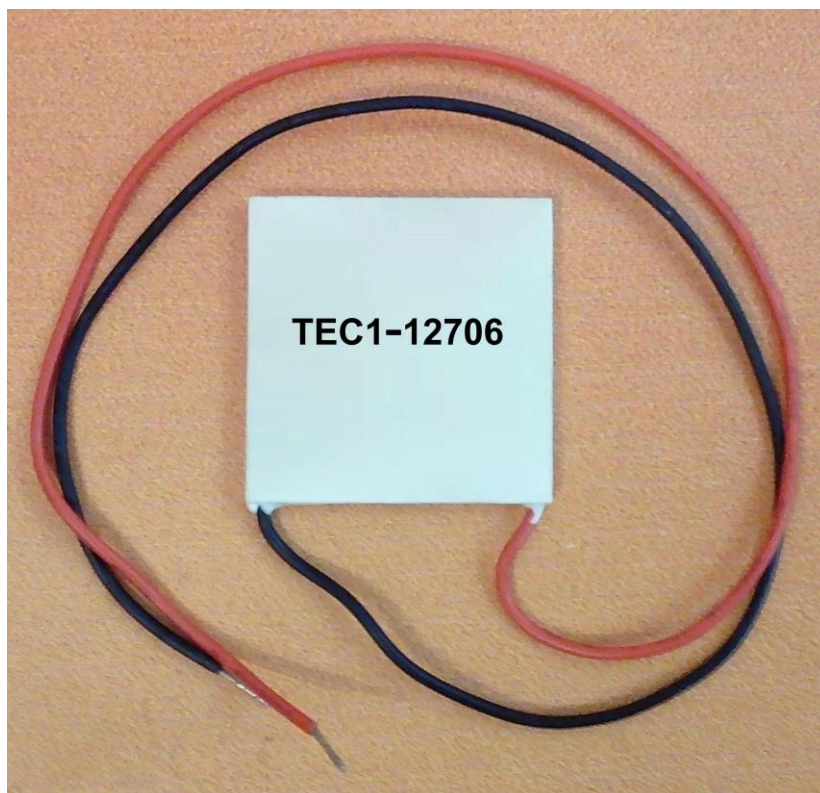
Можливо також зробити саморобний пристрій для демонстрації відбору тепла за допомогою термоелектричного модуля охолодження (ТЕМО), якщо придбати його окремо.

Розроблено уніфікований ряд ТЕМО з різною потужністю від 2,7 Вт до 54 Вт [інформацію про ТЕО можливо взяти в на сайті Інституту термоелектрики].

Для демонстрації охолодження можна взяти ТЕМО типу TEC1-12706 на 60 Вт. Характеристики цього модуля такі:

- Живлення: 0-15 В
- Струм: 0-6 А
- Пікова потужність: 60 Вт (Макс. 70 Вт)
- Робочий діапазон температур: -30 °С до +70 °С
- Розмір: 40 x 40 x 4 мм
- Максимальний перепад температур 74°С

Зовнішній вигляд термоелемента типу TEC1-12706 показано на **фото 3**.



**Фото 3. Зовнішній вигляд термоелементу**

Якщо до «теплої» сторони модуля прикріпити радіатор, а на «холодну» сторону поставити посудину з плоскою гладкою поверхнею, наповнену водою; підключити блок живлення до ТЕМО і замірювати температуру води, за допомогою термометра- помітимо, що температура води знижується. Ясно, що чим більшу напругу ми подаємо на ТЕМО, тим більший буде струм і температура води буде понижуватись швидше. Зазвичай, на ТЕМО типу TEC1-12706 подають напругу  $\pm 12$  В - при такій напрузі модуль споживає струм 5 А. Для нагрівання води необхідно провідники підключення поміняти місцями, тобто зробити переполюсовку, не забуваючи про тепловідвід зі сторони, яка раніше охолоджувалася.

Найпростіше для відведення тепла від модуля використати П - подібну алюмінієву пластину, по боках якої укріпити додаткові ребристі радіатори, як це показано **на фото 4**. Для збільшення ККД бажано тепловідвід обдувати за допомогою вентилятора, що живиться від акумулятора, як це зазвичай зроблено в холодильниках. Для демонстраційного пристрою це робити не обов'язково. При подачі напруги на термоелемент на 5...10 хвилин - температура значно понизиться, що і демонструє охолоджуючу дію ТЕМО. Для демонстрації можна використовувати акумулятор типу TP7-12 (12V, 7AH) - **на фото 4** в шкіряному футлярі.



**Фото 4. Пристрій для демонстрація термоелектричного охолоджувача**

Автор не претендує на новизну в питанні демонстраційного приладу охолоджувальної дії термоелементів - такі пристрої більше 10 років виготовляють (під замовлення) в Чернівецькому Інституті термоелектрики НАН та МОН України (установа, що займається розвитком термоелектрики) [2]. Прилад для демонстрації охолоджуючої (нагрівальної) дії термоелементів показано на **фото 5**. За допомогою такого приладу можна не тільки проводити демонстрацію прямого перетворення електричного струму в холод на основі термоелектрики, а і проводити різні лабораторні роботи з курсу загальної фізики у вузах, технікумах, загальноосвітніх школах.



**Фото 5. Навчально демонстраційний прилад «Алтек- 7006»**

Такі демонстраційні прилади замовлялися для організації навчального процесу не тільки в Україні, а й в Індії, Німеччині, Мозамбіку та інших країнах.

Література:

1. Анатычук Л. Н. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник, Киев, изд. «НАУКОВА ДУМКА», 1979 г.
2. <https://www.ua-region.com.ua/02096091>

**Подяка:**

**Співавтори висловлюють щирю вдячність головному інженеру Інституту термоелектрики Павлу Дмитровичу Микитюку за змістовну консультацію в питаннях використання термомодулів і надання дозволу на публікування фотографії приладу «Алтек- 7006»**

Співавтори: Дмитро Бабин, Святослав Бабин

Співавтор не заперечує про подання статті у «Всеосвіта»

**Автор: Бабин Дмитро Святославович**