

УДК 537.8

Козлов В.В.¹, Набокова О.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЕФЕКТ ПЕЛЬТЬЄ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

У техніці широко відомий ефект виникнення термоЕРС у спаяних провідниках, контакти (місця спаїв) між якими підтримуються за різних температур (ефект Зеебека). У тому випадку, коли через коло з двох різнорідних матеріалів пропускається постійний струм, один із спаїв починає нагріватися, а інший - охолоджуватися. Це явище носить назву термоелектричного ефекту.

Цей ефект був відкритий французом Жаном-Шарлем Пельтьє у 1834 році. При проведенні одного з експериментів він пропускав електричний струм крізь смужку вісмуту, з підключеними до неї мідними провідниками. У ході експерименту він виявив, що одне місце з'єднання вісмут-мідь нагрівається, інше - остигає.

Сам Пельтьє не розумів повною мірою сутність відкритого ім явища. Справжній сенс явища пізніше був пояснений в 1838 році Ленцем. У своєму

досвіді Ленц експериментував з краплею води, поміщеною на стику двох провідників (вісмуту та сурми). При пропущенні струму в одному напрямку крапля води замерзала, а при зміні напрямку струму - танула. Тим самим було встановлено, що при проходженні струму через контакт двох провідників в одному напрямку тепло виділяється, в іншому – поглинається. Це явище було названо ефектом Пельтьє (протилежним ефекту Зеебека).

На відміну від тепла Джоуля-Ленца, яке пропорційне квадрату сили струму I

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t, \quad (1)$$

тепло Пельтьє пропорційне силі струму в першому ступені і може бути виражено формулою:

$$Q_{\Pi} = \Pi \cdot q = \Pi \cdot I \cdot t \quad (2)$$

де Π - коефіцієнт Пельтьє, який залежить від природи контактуючих матеріалів та їх температури, q - заряд, що пройшов через контакт.

Коефіцієнт Пельтьє може бути виражений через коефіцієнт Томпсона:

$$\Pi = a \cdot T, \quad (3)$$

де a - коефіцієнт Томпсона, T - абсолютна температура.

Класична теорія пояснює явище Пельтьє тим, що при перенесенні електронів струмом з одного металу в інший, вони прискорюються або сповільнюються внутрішньою контактною різницею потенціалів між металами. У разі прискорення кінетична енергія електронів збільшується, а потім виділяється у вигляді тепла. У протилежному випадку кінетична енергія зменшується, і енергія поповнюється за рахунок енергії теплових коливань атомів другого провідника, таким чином, він починає охолоджуватися. При повнішому розгляді враховується зміна як потенційної, а й повної енергії.

Ефективність металів та металевих сплавів мала через низький коефіцієнт термоЕРС, а в діелектриках - через дуже малу електропровідність. Ефективність матеріалів залежить також від температури.

Вже в XX столітті було з'ясовано, що ефект Пельтьє значно сильніше проявляється при з'єднанні напівпровідників різних типів. Залежно від напрямку протікання електричного струму через р-п-і п-р-переходи внаслідок взаємодії зарядів, представлених електронами (п) і дірками (р), та їх рекомбінації, енергія або поглинається, або виділяється. У зв'язку з цим поглинається чи виділяється тепло. Об'єднання великої кількості пар напівпровідників р- та п-типу дозволяє створювати охолоджуючі елементи - модулі Пельтьє порівняно великої потужності. У порівнянні з металами та

діелектриками ефективність напівпровідників значно вища, чим і пояснюється їх широке застосування в даний час в термоелементах.

Напівпровідникові гілки нині виготовляють трьома методами: методом порошкової металургії, литтям із спрямованою кристалізацією та витягуванням із розплаву. Метод порошкової металургії з холодним або гарячим пресуванням зразків найбільш поширений.

У термоелектричних охолоджуючих пристроях застосовують, як правило, термоелементи, у яких негативна гілка виготовлена методом гарячого пресування, а позитивна - методом холодного пресування.

Термоелектричні охолоджувальні пристрої мають ряд переваг у порівнянні з іншими типами холодильних машин. За допомогою термоелектричних пристроїв у теплу пору року можна охолоджувати приміщення, а в холодну - обігрівати. Режим обігріву змінюють на режим охолодження шляхом реверсу електричного струму.

Крім того, до переваг термоелектричних пристроїв слід віднести: повну відсутність шуму при роботі, надійність, відсутність робочої речовини та олії, менші маси та габаритні розміри при тій же холодопродуктивності.

Термоелектричні холодильні машини для систем кондиціонування повітря мають об'єм приблизно в чотири, а масу втричі менше, ніж холодильні хладонові машини.

До недоліків термоохолоджуючих пристроїв слід віднести їх низьку економічність і підвищену вартість.

Економічність термоелектричних холодильних машин порівняно з паровими приблизно на 20-50% нижче. Висока вартість термоохолоджуючих пристроїв пов'язана з високими цінами на напівпровідникові матеріали.

Однак є галузі, де вже тепер вони здатні конкурувати з іншими типами холодильних машин. Наприклад, почали застосовувати термоелектричні пристрої для охолодження газів і рідин. Прикладами пристроїв цього класу можуть бути охолоджувачі питної води, повітряні кондиціонери, охолоджувачі реактивів у хімічному виробництві та ін.

Дуже перспективним може бути використання термоелектричних пристроїв як «інтенсифікатор теплопередачі». У тих випадках, коли з якого-небудь невеликого простору необхідно відвести теплоту в навколишнє середовище, а поверхня теплового контакту обмежена, розташовані на поверхні термоелектричні батареї можуть значно інтенсифікувати процес теплопередачі.

Широке застосування модулів на ефект Пельтьє знайшли в приладах нічного бачення з матрицею інфрачервоних приймачів. Мікросхеми із зарядовим зв'язком, які сьогодні застосовують в цифрових фотоапаратах, вимагають глибокого охолодження для реєстрації зображення в інфрачервоній області. Модулі Пельтьє охолоджують інфрачервоні детектори в телескопах, активні елементи лазерів для стабілізації частоти

випромінювання, кварцові генератори в системах точного часу. Але це все застосування військового та спеціального призначення.

Найбільш цікавим і перспективним застосуванням модулів є комп'ютерна техніка. Високопродуктивні мікропроцесори процесори і чіпи відеокарт виділяють велику кількість тепла. Для їх охолодження застосовують високошвидкісні вентилятори, які створюють значні акустичні шуми. Застосування модулів Пельтьє у складі комбінованих систем охолодження усуває шум при значному відборі тепла.

І, нарешті, закономірне питання: чи замінять модулі Пельтьє звичні системи охолодження у компресійних побутових холодильниках? На сьогоднішній день це не вигідно з точки зору ефективності (малий ККД) і ціни. Вартість потужних модулів ще досить висока.

Але техніка та матеріалознавство не стоять на місці. Виключити можливість появи нових, більш дешевих матеріалів з великим ККД і високим значенням коефіцієнта Пельтьє не можна. Вже сьогодні з'являються повідомлення з дослідницьких лабораторій про дивовижні властивості науглецевих матеріалів, які радикально зможуть змінити ситуацію з ефективними системами охолодження.

З'явилися повідомлення про високу термоелектричну ефективність кластратів - твердотільних розчинів, схожих за будовою на гідрати. Коли ці матеріали вийдуть з дослідницьких лабораторій, то абсолютно безшумні холодильники з необмеженим терміном служби замінять наші звичні домашні моделі.