

DOI: 10.63527/1607-8829-2025-2-49-59

Діпак Бхоге<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3942-9915>),  
Авінаш Камбле<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0009-0009-1188-3826>),  
Сонаге Б.К.<sup>1</sup> (<http://orcid.org/0000-0002-6106-1355>),  
Нірадж Агравал<sup>2</sup>,  
Свами Прасад<sup>1</sup>,  
Дамдаре Шрідхар<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.K. Orchid College of Engineering & Technology,  
Солапур, Махараштра, Індія;

<sup>2</sup>Dr. Babasaheb Ambedkar Technological University,  
Лонере, Махараштра, Індія

Автор-кореспондент: Діпак Бхоге, e-mail: [dipakbhoge@orchidengg.ac.in](mailto:dipakbhoge@orchidengg.ac.in)

### Експериментальне дослідження термоелектричного блоку охолодження, що живиться від сонячної енергії

---

*Термоелектричне охолодження на сонячній енергії (ТЕО) є перспективною альтернативою традиційним методам охолодження, знижуючи залежність від традиційних джерел електроенергії і пом'якшуючи вплив на навколишнє середовище. Система ТЕО може пишатися тривалим терміном служби та мінімальними вимогами до обслуговування. Позичіоноване як економічне рішення на сонячній енергії, ТЕО є доступним варіантом охолодження для окремих осіб та у віддалених пустельних регіонах, де відсутня мережна електрика. Це дослідження сконцентровано на оцінці продуктивності ТЕО. Дослідження представляє новий портативний термоелектричний холодильник на сонячній енергії ємністю 30 літрів. Охолоджуючий ефект термоелектричного модуля використовується для створення охолодженого простору, система спроектована для досягнення температури 16 °С в холодильній камері для ефективного охолодження. Експериментальні результати показують, що термоелектричний блок охолодження успішно досягає температури 16 °С протягом 105 хвилин при кімнатній температурі 29 °С. Гаряча сторона системи підтримує температуру близько 35 °С за допомогою теплообмінника з водяним охолодженням. Ця продуктивність демонструє життєздатність та ефективність запропонованого сонячного термоелектричного холодильника для забезпечення сталого та надійного охолодження в середовищах, де відсутня звичайна енергетична інфраструктура.*

---

**Цитування:** Діпак Бхоге, Авінаш Камбле, Сонаге Б.К., Нірадж Агравал, Свамі Прасад, Дамдаре Шрідхар (2025). Експериментальне дослідження термоелектричного блоку охолодження, що живиться від сонячної енергії. *Термоелектрика*, (2), 49–59. <https://doi.org/10.63527/1607-8829-2025-2-49-59>

Максимальний отриманий холодильний коефіцієнт (COP) становить 0.31. Термоелектричний холодильник на сонячних батареях пропонує екологічно чисте охолодження за рахунок використання відновлюваної енергії, зменшення викидів вуглецю та залежності від традиційної електроенергії.

**Ключові слова:** термоелектричне охолодження, сонячний теплообмінник, термоелектричний холодильник.

## 1. Вступ

Підтримання теплового комфорту в житлових будинках стає все більш витратним і руйнівним для навколишнього середовища. У більшості країн механізм охолодження споживає багато енергії та створює більше викидів вуглекислого газу [1]. Системи охолодження і кондиціонування є важливими; на них припадає близько 15 % світового виробництва електроенергії. Кондиціонер повітря та система охолодження разом сприяють глобальному потеплінню та забрудненню повітря [2]. Термоелектричні модулі безпосередньо перетворюють електричну енергію в охолодження та нагрівання або відпрацьоване тепло в електроенергію завдяки унікальному поєднанню теплових, електричних і напівпровідникових характеристик [3]. Тому для опалення та охолодження потрібна альтернативна технологія, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище [4].

ТЕ холодильний агрегат має ряд переваг порівняно з традиційними холодильними системами, наприклад, працює від постійного струму, не має робочої рідини чи механічних рухомих частин, є легким, високонадійним і має простий спосіб переходу між режимами нагріву та охолодження [5]. Термоелектричні модулі (ТЕМ) являють собою електронні пристрої на основі напівпровідників, що працюють як твердотільні теплові насоси [6]. Працюючи за принципами ефекту Пельтьє, ці модулі створюють чіткі холодні та гарячі поверхні. Основна структура ТЕМ (див. Рис. 1) складається з масиву напівпровідникових віток, сконструйованих з легуванням, де в потоці струму домінують позитивні або негативні носії заряду. Набори віток n-типу та p-типу стратегічно організовані за конфігураціями. Металізовані керамічні підкладки служать основою для цих віток, з невеликими струмопровідними вкладками, які з'єднують їх між собою. Основна робота ТЕМ полягає в проходженні постійного струму (DC) через модуль, що сприяє передачі тепла та створює різницю температур між керамічними підкладками. Внаслідок цього одна сторона поверхні ТЕМ стає гарячою, а інша – холодною. Цей механізм являє собою пряме перетворення електричної напруги в температурні перепади, що робить термоелектричні модулі ефективними інструментами для маніпулювання градієнтами температури в широкому діапазоні застосувань. Дослідження термоелектричного охолодження викладено нижче.

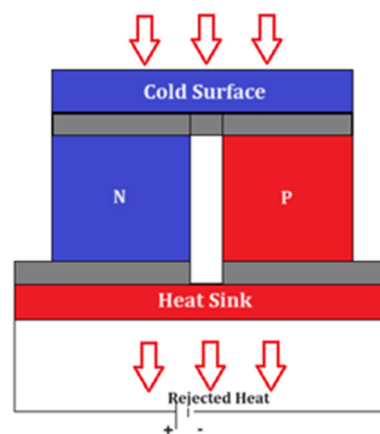


Рис. 1. Принцип роботи ТЕМ

Дослідники докладали різноманітних зусиль для підвищення ефективності термоелектричних модулів.

*Таблиця 1*

*Важливе дослідження, пов'язане з термоелектричним холодильником*

Автор	Методологія	Результат
Atrain et al. [11]	Побутовий гібридний холодильник, який поєднує в собі VCR (парокомпресійне охолодження) і термоелектричну технологію для холодильної та морозильної камери.	Спостерігається покращення продуктивності, а гібридна система споживає менше енергії [11].
A.Wahab et al. [12]	Дослідження малої термоелектричної холодильної установки на сонячних батареях	Дослідник спостерігав зниження температури на 22 °C за 44 хвилини з 27 °C і COP = 0.6
Zhao et. al.[13]	Термоелектричний блок охолодження в поєднанні з фазо перемінним матеріалом (PCM) для охолодження	Дослідник спостерігав зниження температури на 7 °C за 2 години та COP = 1.22
Gokçek et.al. [14]	Експериментальна оцінка продуктивності мініканального ТЕО з водяним охолодженням	COP = 0.41
D Enescu et al. [15]	Продуктивність установки ТЕО	COP = 0.5 при зниженні температури 20 °C.
Alam at al. [16]	Зниження теплопровідності матеріалу	Покращує характеристики термоелектричного матеріалу.
E Fenton et al.[17]	Термоелектричний (ТЕ) холодильник для зберігання їжі на основі фазоперемінного матеріалу (PCM).	COP = 0.69 при досягненні температури нижче 5 °C.

У. Коуса (2018) досліджував модуль ТЕГ з максимальною ємністю відкритого ланцюга 1.423 В і досяг 0.942 В для отриманих температур [7]. Інтегрована фотоелектрична термоелектрична система (VIPVTE) поєднує сонячне охолодження з активним фотоелектричним фасадом. Висновки показали, що VIPVTE має коефіцієнт енергозбереження близько 480 % у Гонконзі, і що встановлення VIPVTE у шести інших містах може заощаджувати енергію приблизно від 29.19 до 62.94 кВт-год на м<sup>2</sup> на рік [8]. Технологія ТЕМ на сонячних батареях, може задовольнити потреби систем охолодження та кондиціонування повітря, а також є екологічно безпечною [9]. Термоелектричний модуль може використовувати безкоштовну сонячну енергію без викидів або екологічно чисті джерела енергії, ніж електрична мережа. Термоелектричний модуль, що працює на сонячних батареях, невеликий, легкий, наймовірно надійний і працює на основі сталої енергії [10]. Швидке перемикавання режимів охолодження та нагріву, відсутність робочої рідини та механічних частин роблять його кращим вибором, ніж традиційний холодильник. Термоелектричний модуль може використовувати безкоштовну сонячну енергію без викидів або екологічно чисті джерела енергії, ніж електрична мережа. У попередніх дослідженнях було виявлено різні аналізи продуктивності (порівняння ТЕМ з VCRS (парокомпресійна холодильна система), порівняння ТЕМ з електричною

мережею та сонячною енергією), які використовувалися для перевірки продуктивності ТЕМ, і було зроблено дуже мало спроб порівняти ТЕМ на сонячних батареях з тепловідводом з повітряним і водяним охолодженням. Тепло з гарячої сторони поверхні Пельтьє можна відводити різними способами, тобто природною конвекцією, примусовою конвекцією та тепловідводом з водяним охолодженням.

З наведеної вище літератури видно, що COP коливається від 0.16 до 1.22 для різних систем. А мінімальна температура досягла  $-7.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Основна увага в цьому дослідженні приділяється створенню функціонуючої моделі термоелектричного охолоджуючого пристрою, що працює на сонячній енергії, для охолодження об'єму 30 літрів, що використовує ефект Пельтьє через ТЕМ, а також перевірки продуктивності з теплообмінником з водяним охолодженням і без нього.

## 2. Експеримент

Експериментальна установка (див. рис. 2) складається з кількох основних компонентів: сонячної панелі, контролера МРРТ, батареї, термоелектричного модуля, тепловідводу, вентилятора охолодження, ізольованого контейнера на 30 літрів і водяного насоса. Модуль Пельтьє в проекті має специфікацію TEC1-12710 – розмір 40 x 40 мм, напруга 12 В, струм 10 А, максимальна потужність 120 Вт і є частиною системи. Тепловідвід фіксується на гарячій стороні ТЕМ і встановлюється на гарячій і холодній стороні модуля Пельтьє для розсіювання тепла. Для посилення рівня тепловіддачі використовується вентилятор бажано на 12 В і струм 0.3 ампер.

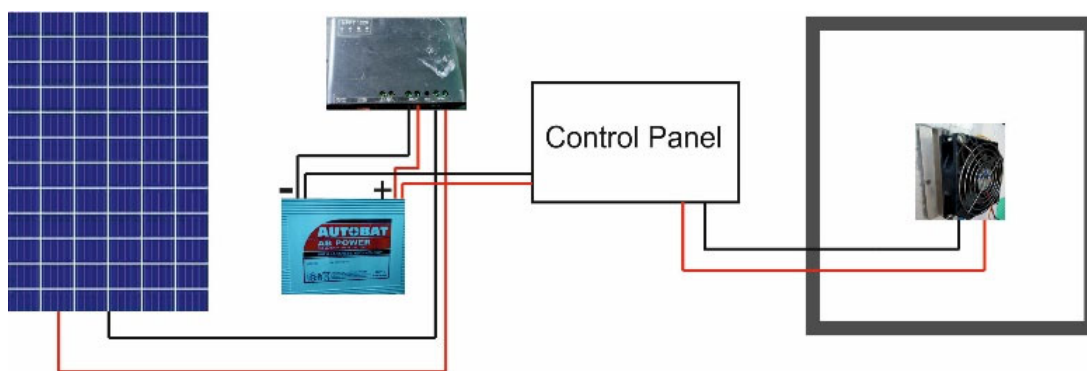


Рис. 2: Блок-схема експериментальної установки

Водяний насос марки: PREET, модель: MGP 5510 з потужністю 18 Вт і максимальною висотою накачування 1.7 метра інтегрований у систему для полегшення циркуляції охолоджувальної води, покращуючи загальний контроль температури.

Сонячний контролер заряду 60А, також відомий як МРРТ, забезпечує ефективну вихідну потужність сонячної панелі. Він забезпечує використання максимально можливої потужності від сонячної панелі для ефективного заряджання акумулятора. Ця електрична енергія, що зберігається в батареї Autobat 12 В, 120 А·ч, забезпечує роботу всієї холодильної системи під час низької інтенсивності сонячного світла або навіть вночі.

Ця експериментальна установка використовує сонячну енергію для роботи термоелектричної системи охолодження, обладнання, включаючи модуль Пельтьє,

тепловідвод, вентилятор і водяний насос. У поєднанні з сонячним контролером заряду та надійною батареєю ця технологія забезпечує стабільне та ефективне охолодження, яке відповідає ідеї використання у віддалених умовах або в умовах автономної мережі.

Холодна сторона ТЕМ використовується для охолодження; забезпечує охолодження за рахунок природної конвекції в просторі. Тепло від гарячої сторони модуля відводиться за допомогою тепловідводів з примусовою конвекцією та тепловідводів з водяним охолодженням.

Модулі Пельтьє TEC1-12710 мають потужність 120 Вт. Теплообмінники алюмінієві з прикріпленими ребрами. Специфікації внутрішніх і зовнішніх ребер: 60 мм x 45 мм x 20 мм з 9 ребрами та 120 мм x 100 мм x 20 мм з 21 ребрами.

Розміри внутрішнього та зовнішнього теплообмінників становили 60 мм x 45 мм x 20 мм з 9 ребрами та 120 мм x 100 мм x 20 мм з 21 ребрами відповідно. Розміри ребер на зовнішньому теплообміннику становили 100 мм x 20 мм x 1 мм, а ребра на внутрішньому – 45 мм x 20 мм x 1 мм. Передачі тепла між алюмінієвими теплообмінниками та їх навколишнім середовищем сприяла примусова конвекція повітря, що забезпечувалася безщітковим вентилятором постійного струму (3.6 Вт), прикріпленим до зовнішніх теплообмінників. А також теплообмінник з водяним охолодженням розміром 40 мм x 40 мм x 5 мм. Сім термопар К-типу використовуються для вимірювання температури ребер холодної сторони, температури всередині приміщення, температури повітря, температури між водозбірником і ТЕМ на холодній і гарячій стороні, а також температури води на вході та виході. Температура вимірюється з точністю  $\pm 3\%$ .

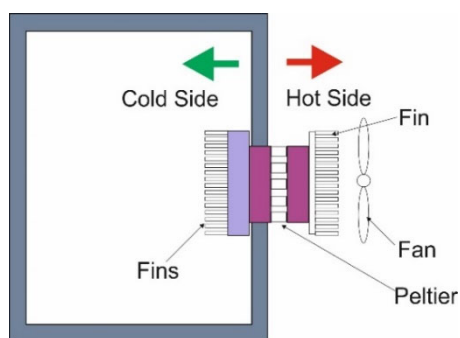


Рис. 3. ТЕМ і тепловідвід з повітряним охолодженням

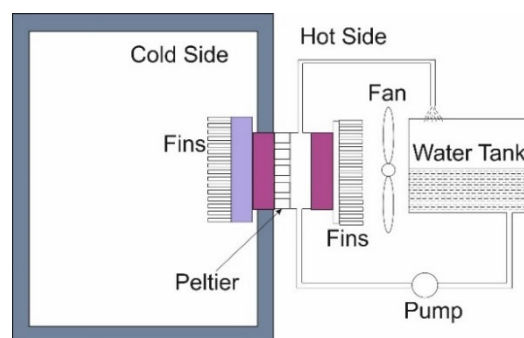


Рис. 4. ТЕМ і тепловідвід з водяним охолодженням

В експериментальній установці використовуються тепловідводи з природною конвекцією на холодній стороні та тепловідводи з примусовою конвекцією, як показано на Рис. 3, або водяні тепловідводи, як показано на Рис. 4, на гарячій стороні. Тепло від гарячої сторони ТЕМ відводиться тепловідводом з повітряним охолодженням, ребрами та вентилятором. Тепло від гарячої сторони ТЕМ відводиться тепловідводом з водяним охолодженням, ребрами та вентилятором. Тепло поглинається водою на гарячому кінці ТЕМ і відводиться в атмосферу шляхом природної конвекції шляхом розпилення води в атмосферу, як показано на Рис. 4. Середнє тепло, що розсіюється з гарячої сторони, становило 135.13 Вт.

### 3. Розрахунок продуктивності

Аналіз системи виконується з використанням першого закону термодинаміки (див. Рис. 5), і нижче наведено процедуру, прийняту для аналізу.

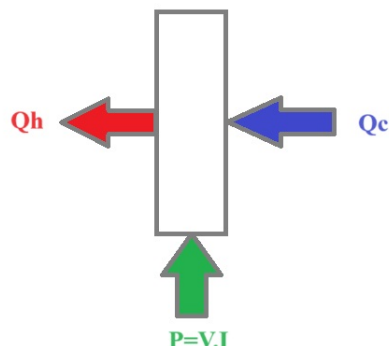


Рис. 5. Енергетичний баланс згідно першого закону

Відведене тепло ( $Q_h$ ) на гарячій стороні визначається так,

$$Q_h = \dot{m}C_w\Delta T, \quad (1)$$

де  $\dot{m}$  – витрата маси, кг/сек ( $C_w$ ) – питома теплоємність води (Дж/кг·К),  $\Delta T$  – різниця температур (°C).

Тепло, що поглинається на холодній стороні ( $Q_c$ ), тобто холодопродуктивність,

$$Q_c = Q_h - P \quad (2)$$

де

$$P = V \cdot I \quad (3)$$

$P$  – потужність (W),  $V$  – напруга (V),  $I$  – струм (A).

$$\text{COP} = Q_c / P. \quad (4)$$

### 4. Результат та обговорення

#### 4.1 Порівняння продуктивності блоку охолодження з теплообмінником з повітряним і водяним охолодженням

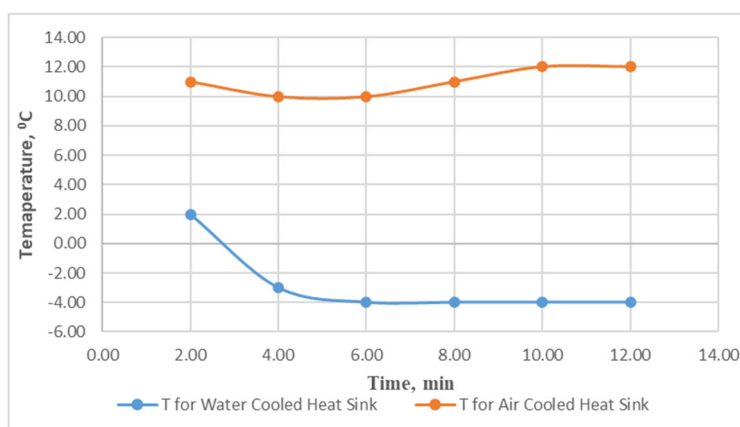


Рис. 6. Порівняння температури поверхні холодної сторони ТЕМ для тепловідводу з повітряним і водяним охолодженням

На графіку (див. Рис. 6) видно, що температура холодної сторони ТЕ охолоджувального блоку для тепловідводу з водяним охолодженням досягла  $-4$  °C за 6 хвилин, а для тепловідводу з повітряним охолодженням холодна температура досягла

приблизно 10 °C за 6 хвилин. Холодна температура досягається швидше в тепловідводі з водяним охолодженням; проведено подальший детальний аналіз продуктивності ТЕМ з водяним охолодженням.

#### 4.2 Час охолодження і стабільність температури

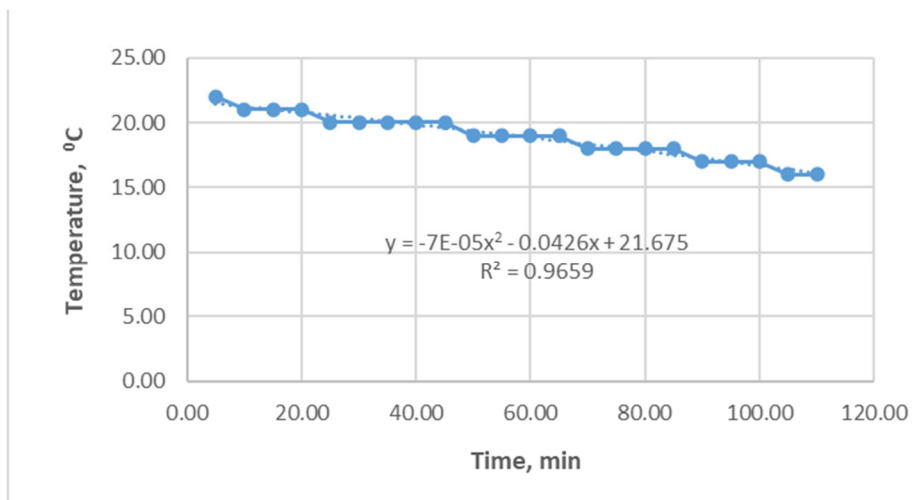


Рис. 7. Час охолодження і стабільність температури

На Рис. 7 показано зміну температури в холодильній камері та досягнення температури 16 °C протягом 1 години 45 хвилин. У цей час дані показують поліноміальний тренд третього порядку розподілу температури з хорошим коефіцієнтом детермінації (значення  $R^2$  0.9659). Тенденція полінома третього порядку вказує на складну (нелінійну) залежність зміни температури через камеру, яка може бути пов'язана з різними швидкостями теплопередачі, тепловою інерцією та іншими динамічними факторами, що впливають на середовище камери. Поліноміальне рівняння краще фіксує ці варіації, ніж лінійна або квадратична модель, і, таким чином, є хорошим способом прогнозування поведінки температури в подібних умовах. Висока кореляція доводить, що механізм контролю температури точний, і наша камера постійно досягає 16 °C.

#### 4.3. Продуктивність блоку охолодження ТЕО з теплообмінником з водяним охолодженням

Рис. 8 показує, що через 40 хвилин пристрій досяг стійкого стану, при якому споживана потужність, охолоджуючий ефект і швидкість відведення тепла постійні. На цьому етапі коливання енергії заспокоюються, забезпечуючи передбачувану роботу. З іншого боку, у цьому стійкому стані входи та виходи в системі врівноважують один одного, тому енергетичні взаємодії у системі досягають рівноваги. Відповідно до першого закону термодинаміки, який говорить, що енергія повинна бути збережена, потужність, що вводиться в нашу систему, повинна дорівнювати сумарній енергії ефекту охолодження та швидкості відведення тепла. Це підтверджує, що в стаціонарному стані система відповідає рівнянню енергетичного балансу. Перевірка виявила, що система працює відповідно до термодинаміки, при цьому її вхідна потужність повністю враховується тепловими потоками для охолодження та видалення відпрацьованого

тепла. Дані, представлені на Рис. 9, показують, що система досягає стійкого стану з COP 0.29 приблизно через 65 хвилин. Один термоелектричний модуль (ТЕМ) у системі забезпечує середнє відведення тепла близько 135 Вт у цьому стійкому стані. Ефективна теплопередача модуля, яка потрібна для досягнення передбачуваних температурних умов системи, відображена в цій вимірній здатності відведення тепла, що робить її критично важливою. Незважаючи на скромне значення COP 0.29, воно відповідає звичайним очікуванням продуктивності для термоелектричних систем охолодження, де адаптивність та компактна конструкція часто зіставляються з ефективністю.

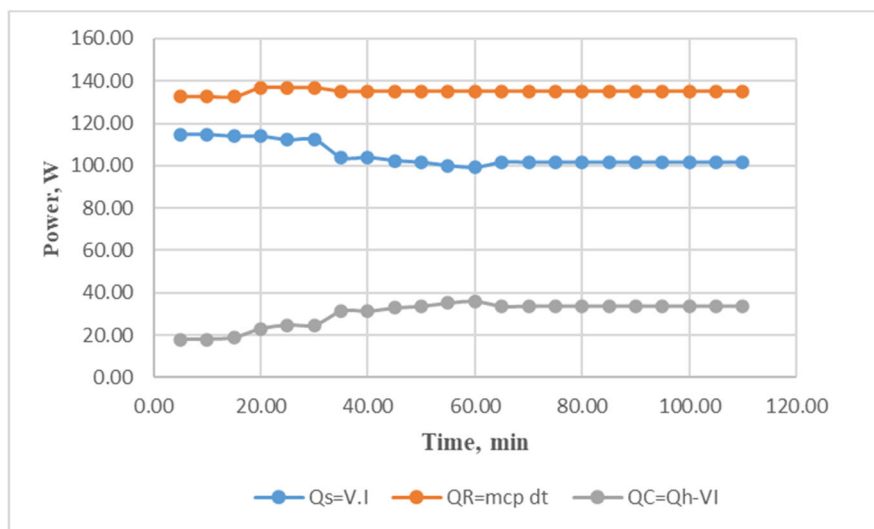


Рис. 8. Споживана потужність, ефект охолодження та відведення тепла

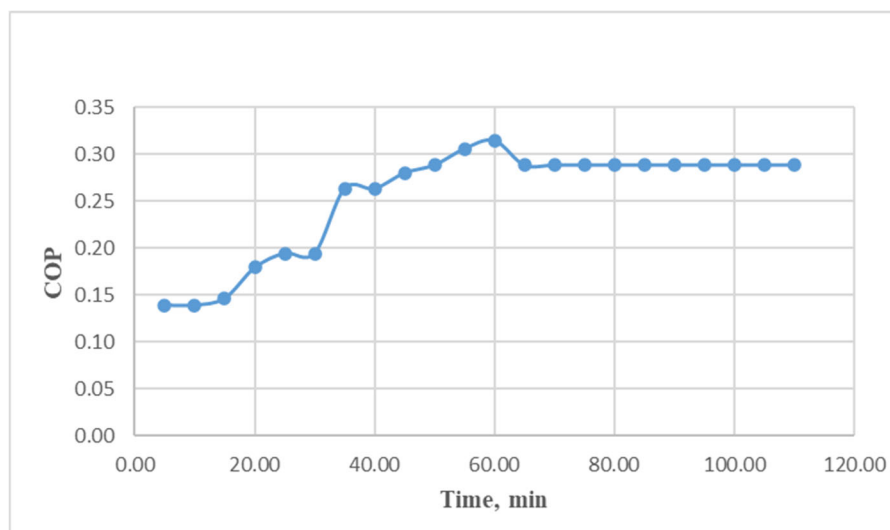


Рис. 9. Часова залежність COP

Крім того, ці експериментальні результати підтверджують подвійні функціональні можливості термоелектричного модуля та добре узгоджуються з відкриттями дослідників D. Zhao (2014) та A.S. Patil (2021). Універсальність системи та перспективи для енергоефективних застосувань у різних сценаріях керування температурою підкреслюються її подвійною функціональністю як пристрою охолодження та джерела

тепла. Напрямок електричного струму призводить до того, що ця подвійна функція може відповідати різним температурним вимогам, забезпечуючи оптимальне використання енергії як у сценаріях нагрівання, так і в охолодженні. Як наслідок, система має потенціал для використання в програмах, які потребують контрольованого опалення та охолодження, таких як системи HVAC (ОВІК, опалення, вентиляція і кондиціонування), екологічні камери або локальне опалення та охолодження в енергочутливих середовищах, що підвищує її привабливість для гнучкого та сталого управління теплом.

## Висновки

Підсумовуючи, поточний стан енергоефективності термоелектричних холодильників, в яких використовуються існуючі матеріали та технології, залишається дещо нижчим, ніж у традиційних компресорних аналогів. Тим не менш, існує життєздатний шлях для створення комерційно життєздатного термоелектричного холодильника з прийнятним COP при живленні від сонячної енергії. Крім того, існує потенціал для підвищення COP шляхом впровадження термоелектричних модулів як для охолодження, так і для обігріву. Холодильний коефіцієнт в стабільному стані становить 0.29, а відведена тепло становить близько 135 Вт.

Незважаючи на існуючий розрив в ефективності, екологічні переваги термоелектричного холодильника позиціонують його як привабливу альтернативу для екологічно свідомих споживачів. Ті, хто бажає інвестувати трохи більше заради тихої роботи, точного й стабільного контролю температури та подовженого терміну служби, можуть вважати термоелектричний холодильник переконливим вибором. З розвитком технологій подальше вдосконалення матеріалів та методологій може сприяти скороченню розриву в ефективності та підвищенню привабливості рішень у галузі термоелектричного охолодження на основі сонячної енергії на ринку.

Подяка. Представлене тут дослідження було профінансовано La Fondation Dassault Systèmes і Nagesh Karajagi Orchid College of Engineering and Technology Солапур.

## Інформація про авторів

Діпак Бхоге – Доцент.

Авінаш Камбле – Доцент.

Сонаге Б.К. – Dr., Професор.

Нірадж Агравал – Dr., Професор.

Свами Прасад – UG Студент.

Дамдаре Шрідхар – UG Студент.

## Література

1. Irshad K., Habib K., & Saidur R. (2018). Photovoltaic-assisted thermoelectric cooling and heating systems (pp. 251–272). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7326-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7326-7_13)
2. Calm J.M. (2002). Emissions and environmental impacts from air-conditioning and refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 25(3), 293–305.

[https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(01\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(01)00067-6)

3. Bell L.E. (2008). Cooling, heating, generating power, and recovering waste heat with thermoelectric systems. *Science*, 321(5895), 1457–1461.  
<https://doi.org/10.1126/science.1158899>
4. Wiriyasart S., Naphon P., & Hommalee C. (2019). Sensible air cool-warm fan with thermoelectric module systems development. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, 100369. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.100369>
5. Sarbu I., & Dorca A. (2018). A comprehensive review of solar thermoelectric cooling systems. *International Journal of Energy Research*, 42(2), 395–415.  
<https://doi.org/10.1002/er.3795>
6. Faddouli A., et al. (2020). Numerical analysis and performance investigation of new hybrid system integrating concentrated solar flat plate collector with a thermoelectric generator system. *Renewable Energy*, 147, 2077–2090. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.130>
7. Köysal Y., Özdemir A.E., & Atalay T. (2018). Experimental and modeling study on solar system using linear Fresnel lens and thermoelectric module. *Journal of Solar Energy Engineering*, 140(6). <https://doi.org/10.1115/1.4039777>
8. Luo Y., Zhang L., Liu Z., Wu J., Zhang Y., & Wu Z. (2018). Numerical evaluation on energy saving potential of a solar photovoltaic thermoelectric radiant wall system in cooling dominant climates. *Energy*, 142, 384–399. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.050>
9. Xi H., Luo L., & Fraisse G. (2007). Development and applications of solar-based thermoelectric technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 923–936. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.06.008>
10. Rowe D.M. (1999). Thermoelectrics, an environmentally-friendly source of electrical power. *Renewable Energy*, 16(1–4), 1251–1256. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00512-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00512-6)
11. Astrain D., Martínez A., & Rodríguez A. (2012). Improvement of a thermoelectric and vapour compression hybrid refrigerator. *Applied Thermal Engineering*, 39, 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.01.054>
12. Abdul-Wahab S.A., et al. (2009). Design and experimental investigation of portable solar thermoelectric refrigerator. *Renewable Energy*, 34(1), 30–34.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.026>
13. Zhao D., & Tan G. (2014). Experimental evaluation of a prototype thermoelectric system integrated with PCM (phase change material) for space cooling. *Energy*, 68, 658–666. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.090>
14. Gökçek M., & Şahin F. (2017). Experimental performance investigation of minichannel water cooled-thermoelectric refrigerator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.03.004>
15. Enescu D., & Virjoghe E.O. (2014). A review on thermoelectric cooling parameters and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 903–916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.045>
16. Alam N., Ali M.S., Sajid S., Sharma D., & Hasan Z. (2023). Experimental investigation

and analysis of cooling performance of solar thermoelectric refrigerator. *Solar Energy*, 263, 111892. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.111892>

17. Fenton E., Bozorgi M., Tasnim S., & Mahmud S. (2024). Solar-powered thermoelectric refrigeration with integrated phase change material: An experimental approach to food storage. *Journal of Energy Storage*, 79, 110247. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.110247>.

Submitted: 05.04.2025

**Dipak Bhoge**<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3942-9915>),  
**Avinash Kamble**<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0009-0009-1188-3826>),  
**B.K. Sonage**<sup>1</sup> (<http://orcid.org/0000-0002-6106-1355>),  
**Neeraj Agrawal**<sup>2</sup>,  
**Swami Prasad**<sup>1</sup>,  
**Damdare Shridhar**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N. K. Orchid College of Engineering & Technology, Solapur, Maharashtra, India;

<sup>2</sup>Dr. Babasaheb Ambedkar Technological University, Lonere, Maharashtra, India

### **An Experimental Study of a Thermoelectric Cooling Unit Powered by Solar**

*Solar-powered Thermoelectric Refrigeration (TER) provides a promising alternative to conventional cooling methods, reducing dependence on traditional electricity sources and mitigating environmental impact. The TER system boasts an extended lifespan and minimal maintenance requirements. Positioned as an economical solar-powered solution, TER is an accessible refrigeration option for individuals and in remote desert regions where grid electricity is unavailable. This study focuses on assessing the performance of TER.*

*The research introduces a novel portable solar-powered thermoelectric refrigerator with a 30-liter capacity. The thermoelectric module's cooling effect is harnessed to create a refrigerated space, and the system is engineered to achieve a temperature of 16 °C in the cold chamber for effective refrigeration. Experimental findings indicate thermoelectric cooling unit successfully reaches the temperature 16 °C within 105 minutes, under room temperature of 29 °C. The system hot side maintains a temperature of around 35 °C with a water-cooled heat exchanger. This performance demonstrates the viability and efficiency of the proposed solar thermoelectric refrigerator for providing sustainable and reliable refrigeration in environments lacking conventional power infrastructure. The maximum COP obtained is 0.31. A solar-powered thermoelectric refrigerator offers eco-friendly cooling by utilizing renewable energy, reducing carbon emissions and dependence on conventional electricity.*

**Keywords:** TER, solar, heat exchanger, thermoelectric, refrigerator.

Submitted: 05.04.2025