

# Sử dụng hệ thống PV/T để nâng cao hiệu suất pin mặt trời và sản lượng nước chưng cất

Hồ Đăng Huy<sup>1,2</sup>, Hoàng Văn Việt<sup>1,2,3</sup>, Nguyễn Thế Bảo<sup>1,2,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Bộ môn Kỹ thuật Nhiệt lạnh, Khoa Cơ Khí, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, TP. HCM

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Cao đẳng Lý Trọng TP. Hồ Chí Minh, 390 Hoàng Văn Thụ, Phường 4, Quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh

## Liên hệ

**Nguyễn Thế Bảo**, Bộ môn Kỹ thuật Nhiệt lạnh, Khoa Cơ Khí, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, TP. HCM

Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Phường Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh

Email: thebao@hcmut.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 01-8-2022
- Ngày chấp nhận: 20-12-2022
- Ngày đăng: 31-12-2022

## DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjet.v5i4.1033>



## Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## TÓM TẮT

Một chương trình mô phỏng kết hợp với thực nghiệm cho hệ thống cấp nước nóng sử dụng collector PV/T kết hợp với máng chưng cất nước Single Basin được giới thiệu trong bài báo này. Collector PV/T được biết đến là thiết bị đồng phát nhiệt - điện, ngoài khả năng sinh điện, nó còn sinh nhiệt để làm nóng nước, phục vụ chưng cất nước vào ban đêm. Sự kết hợp này không những giúp tăng công suất điện của pin mặt trời và còn giúp tăng tổng sản lượng nước chưng cất cả ngày và đêm cho máng chưng cất Single Basin. Dựa vào các phương trình cân bằng năng lượng tại các thành phần của collector PV/T, bình chứa nước nóng và các thành phần thực nghiệm với độ chính xác cao từ 4,24% đến 7,11%. Bài báo cho biết công suất điện của pin mặt trời tăng 8,6%, hiệu suất điện trung bình và hiệu suất energy trung bình của collector PV/T lần lượt đạt 15,1% và 36,2%. Bên cạnh đó, sản lượng nước chưng cất trong một ngày tăng lên trung bình 38,2% so với thiết bị chưng cất nước Single Basin truyền thống. Chương trình mô phỏng trong nghiên cứu này có thể được ứng dụng trong những điều kiện thời tiết khác nhau, giúp tiết kiệm thời gian và tiền bạc cho việc triển khai các dự án kết hợp collector PV/T và thiết bị chưng cất nước Single Basin cho các địa phương khó hạn và các hải đảo xa xôi.

**Từ khoá:** Collector PV/T, giải nhiệt cho pin mặt trời, hiệu suất pin mặt trời, hiệu suất energy, thiết bị chưng cất nước mặt trời Single Basin

## GIỚI THIỆU

Việt Nam là quốc gia nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa có lượng bức xạ trung bình năm lớn, có đường bờ biển dài, nhiều đảo và quần đảo. Những năm gần đây mùa khô hạn kéo dài và nền nhiệt độ cao nên tình trạng thiếu nước ngọt thường xuyên xảy ra. Để khắc phục bớt tình trạng thiếu nước ngọt, phương án sử dụng năng lượng mặt trời để chưng cất nước ngọt từ nước biển hoặc nước lợ là một phương án đầy hứa hẹn. Có rất nhiều phương pháp chưng cất nước ngọt từ nước biển hoặc nước lợ, tuy nhiên các thiết bị chưng cất nước thường có các nhược điểm như: thiết bị đắt tiền, tiêu tốn nhiều nhiên liệu...<sup>1</sup>. Phương pháp chưng cất nước dùng năng lượng mặt trời hầu như khắc phục được các nhược điểm trên do chúng đơn giản, giá thành rẻ, không sử dụng nhiên liệu hóa thạch và không gây ô nhiễm môi trường<sup>1</sup>.

Bên cạnh đó, trong những năm gần đây, Việt Nam đã có sự bùng nổ về phát triển điện mặt trời. Đến cuối tháng 12 năm 2020, tổng công suất lắp điện mặt trời tại Việt Nam đã đạt gần 9.731 MWp, vượt công suất lắp đặt của toàn nước Úc trong hơn 30 năm<sup>2</sup>. Tuy nhiên, một trong những vấn đề điện mặt trời đang phải đối mặt là những nơi lắp đặt nhà máy hay hệ thống điện mặt trời thường có nhiệt độ môi

trường cao, dẫn đến nhiệt độ làm việc của pin mặt trời cao (thường cao hơn nhiệt độ môi trường từ 10 đến 30<sup>0</sup>C<sup>2</sup>). Việc này sẽ dẫn đến hiệu suất pin giảm rất nhanh. Tùy loại pin mặt trời khác nhau, hiệu suất pin sẽ giảm trung bình từ 1,72% đến 4,46% khi nhiệt độ làm việc của pin tăng lên so với nhiệt độ tiêu chuẩn ở 25<sup>0</sup>C<sup>2</sup>. Hơn nữa, tuổi thọ của pin cũng sẽ giảm nhanh khi làm việc ở nhiệt độ cao do sự phân bố nhiệt độ không đồng đều trong các tấm pin sẽ làm tăng ứng suất nhiệt bên trong chúng. Vì vậy, để hạn chế tối đa sự suy giảm hiệu suất của pin mặt trời do nhiệt độ và tăng tuổi thọ của pin mặt trời, các nhà nghiên cứu đã đề xuất nhiều phương pháp làm mát pin mặt trời bằng cách tạo ra các hệ thống sử dụng hệ thống quang điện/nhiệt (PV/T). Hệ thống PV/T được biết đến như là đồng phát nhiệt và điện vì ngoài khả năng tạo ra điện, nhiệt thừa được lấy ra từ pin mặt trời còn có tiềm năng lớn trong việc làm khô, đun nước, sưởi ấm và chưng cất nước.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về việc làm mát các tấm pin mặt trời để tăng hiệu quả của chúng. Akbarzadeh và Wadowski<sup>3</sup> đã thiết kế một hệ thống PV làm mát bằng nước kết hợp ống dẫn nhiệt và nhận thấy rằng công suất đầu ra của pin mặt trời tăng gần 50% so với tấm pin không giải nhiệt. Chaniotakis<sup>4</sup> đã thiết kế hệ thống PV làm mát bằng nước và hệ

**Trích dẫn bài báo này:** Huy H D, Việt H V, Bảo N T. Sử dụng hệ thống PV/T để nâng cao hiệu suất pin mặt trời và sản lượng nước chưng cất. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 5(4):1661-1678.

thống làm mát bằng không khí và kết luận rằng hệ thống làm mát bằng nước tăng hiệu quả hơn hệ thống làm mát bằng không khí. Batoul<sup>5</sup> đã nghiên cứu ảnh hưởng của luồng không khí đến hiệu suất của các tấm PV bằng cách sử dụng động lực học chất lỏng tính toán (CFD) và nhận thấy rằng hình dạng và cấu trúc của hệ thống PV có tác động lớn đến hiệu quả của các tấm làm mát. Tonui và Tripanagnostopoulos<sup>6</sup> đã thiết kế một hệ thống PV được làm mát bằng không khí đối lưu cưỡng bức hoặc tự nhiên. Ở Việt Nam, đã có nghiên cứu của Hồ Đăng Huy và cộng sự<sup>7</sup> về hệ thống PV/T giải nhiệt bằng nước. Tuy nhiên, việc kết hợp hệ thống giải nhiệt cho pin để chưng cất nước thì hiện nay còn khá khiêm tốn. Medayati và cộng sự<sup>8</sup> trình bày hệ thống PV/T sử dụng thiết bị chưng cất nước loại bậc thang và cho biết lượng nước chưng cất được tăng khoảng 20% so với hoạt động độc lập. Tuy nhiên loại này phải tốn điện để chạy bơm cung cấp cho thiết bị chưng cất.

Bài báo này sẽ giới thiệu một hệ thống PV/T sử dụng nước làm mát pin mặt trời (PV) để chạy thiết bị chưng cất nước dùng năng lượng mặt trời (NLMT) loại thụ động một máng (solar passive single basin still), có thiết kế và vận hành đơn giản. Bài báo cũng trình bày một mô hình toán sử dụng Matlab / Simulink để tính toán cân bằng nhiệt trên các thiết bị của hệ thống PV/T, từ đó tính toán ra các thông số của các thiết bị và toàn hệ thống PV/T. Việc so sánh kết quả tính toán và kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình toán được viết trong nghiên cứu này có độ chính xác và tin cậy cao, có thể được dùng để mô phỏng các hệ thống tương tự trong tương lai.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện trên phương pháp mô phỏng kết hợp với thực nghiệm để kiểm chứng. Sau khi viết được các phương trình cân bằng năng lượng tại các thành phần của module PV/T, bình chứa nước biển và các thành phần của máng chưng cất nước Single Basin, chúng tôi nhóm các phương trình thành các hệ phương trình vi phân, để giải được các hệ phương trình này, nhóm nghiên cứu sử dụng ngôn ngữ lập trình MATLAB với công cụ Simulink để tiến hành xây dựng các hàm truyền, đưa dữ liệu bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường, vận tốc gió và khai báo các thông số nhiệt độ ban đầu  $T_g, T_{cell}, T_{ab}, T_t, T_w, T_{ins}, T_{sw,tdn}, T_{swb}, T_b$  vào hàm truyền và xuất kết quả mô phỏng. Thông qua kết quả của chương trình mô phỏng và thực nghiệm để đưa ra nhận xét về tính chính xác của chương trình mô phỏng và hiệu quả của đề tài.

## MÔ TẢ MÔ HÌNH VÀ CÔNG THỨC TOÁN HỌC

### Nguyên lý hoạt động hệ thống và mô hình thực nghiệm

Hệ thống collector PV/T kết hợp thiết bị chưng cất nước dùng NLMT loại thụ động một máng được mô tả trên Hình 1. Vào ban ngày, collector PV/T nhận bức xạ mặt trời và chuyển hóa thành điện năng và nhiệt năng. Phần điện năng của hệ thống PV tạo ra một phần sẽ cung cấp năng lượng cho bơm giải nhiệt hoạt động, phần còn lại sẽ được đưa đến các hộ tiêu thụ điện. Phần nhiệt năng được hấp thụ bởi 2 bộ trao đổi nhiệt ống - cánh dạng hình ống zic zác (Hình 2) để truyền cho dòng nước giải nhiệt chảy bên trong ống do bơm cung cấp. Hình 2 cũng trình bày các điểm lắp đặt các đầu đo nhiệt độ. Nước giải nhiệt sau khi nhận nhiệt được đưa tới bộ trao đổi nhiệt dạng ống xoắn ruột gà để nhả nhiệt cho nước biển trong bồn chứa, sau đó nhiệt độ nước giải nhiệt giảm xuống và tiếp tục được bơm đưa về collector PV/T để giải nhiệt. Nước biển trong bồn tích trữ nhiệt sẽ nóng dần lên trong quá trình làm việc. Đồng thời, tại thiết bị chưng cất nước dạng máng, nước biển và tấm hấp thụ nhận NLMT, nước biển sẽ bay hơi và ngưng tụ trên bề mặt bên dưới của tấm kính, lượng nước ngưng tụ chính là nước ngọt được chưng cất và sẽ được thu hồi. Vào ban đêm, nước biển bên trong bồn chứa được xả qua máng chưng cất để thực hiện quá trình chưng cất để thu nước ngọt. Do chưng cất vào ban đêm, nhiệt độ môi trường giảm nên khả năng chưng cất được cải thiện, tổng lượng nước chưng cất cả ngày và đêm tăng lên đáng kể.

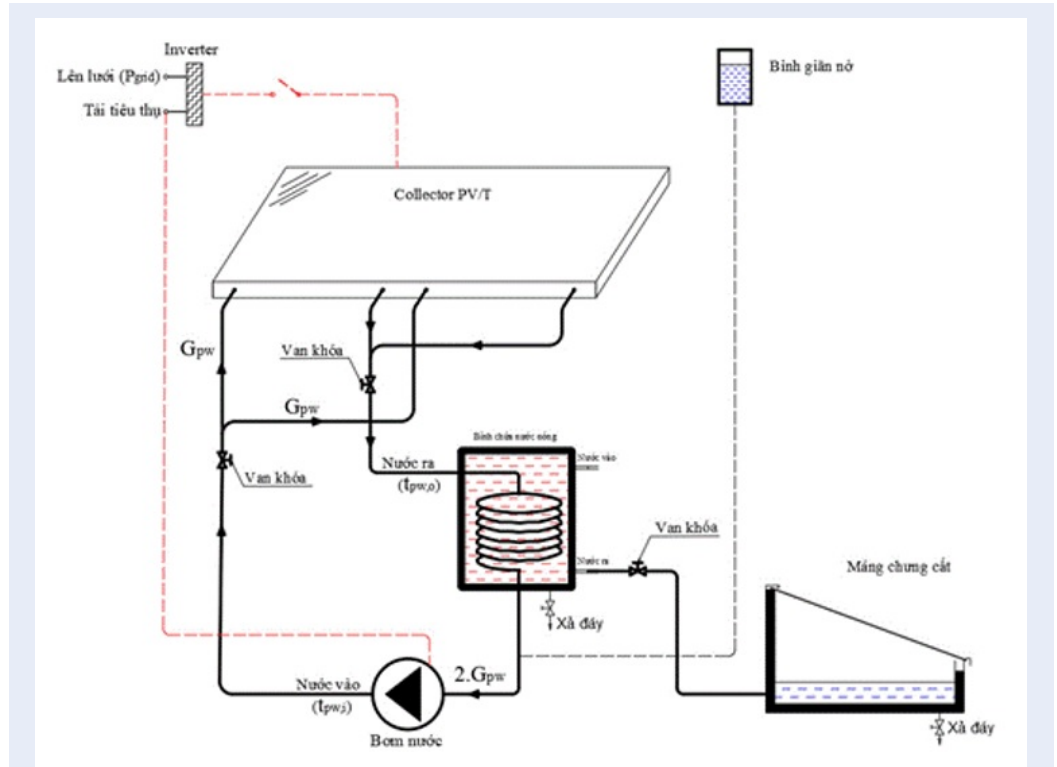
Hình 3 trình bày tổng thể mô hình thực nghiệm đã lắp đặt trong khi Hình 4 trình bày vài thiết bị chính trong mô hình PV/T thực nghiệm. Chi tiết về mô hình và kết quả thực nghiệm có thể tham khảo thêm của Huy và cộng sự<sup>9</sup>.

### Công thức toán học

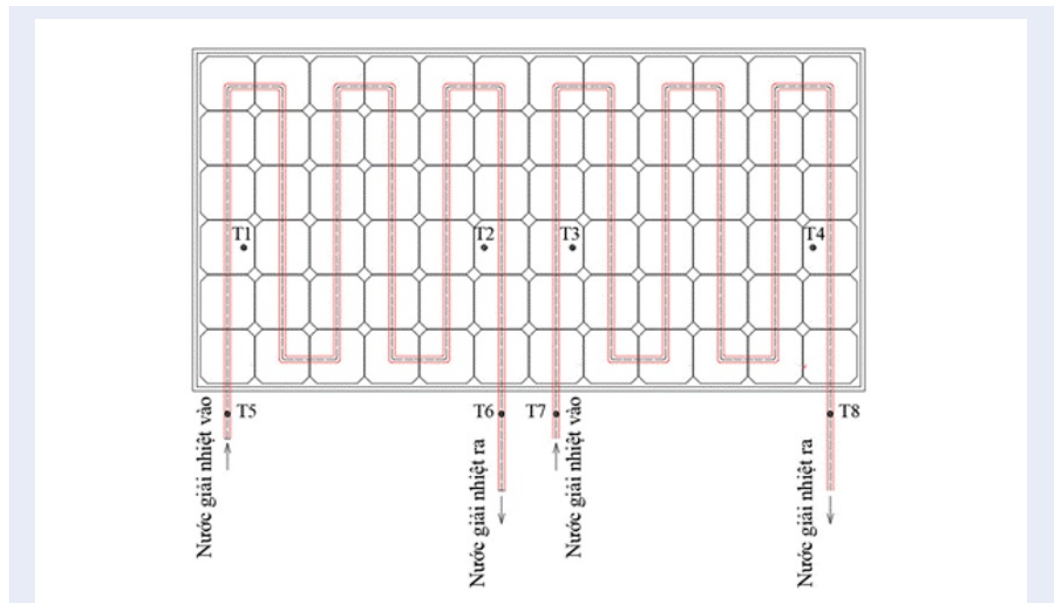
Các phương trình năng lượng cho hệ thống collector PV/T

Hình 5 trình bày mặt cắt collector PV/T và Hình 6 trình bày các dòng trao đổi nhiệt giữa các lớp collector PV/T.

Năng lượng kính phủ nhận được bao gồm năng lượng hấp thụ từ bức xạ mặt trời  $\alpha_g I_s$  và nhiệt lượng nhận từ cell pin dưới dạng truyền nhiệt  $q_{cell-g}$ . Năng lượng thu được này một phần sẽ làm tăng nhiệt độ của kính  $M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt}$ , và một phần bị tổn thất do đối lưu  $q_{c,w-a}$  và bức xạ  $q_{r,w-a}$  ra môi trường. Phương trình cân



Hình 1: Sơ đồ hệ thống chứa nước kết hợp collector PV/T



Hình 2: Sơ đồ bố trí ống giải nhiệt và đầu dò nhiệt độ



Hình 3: Tổng thể bố trí các thiết bị của hệ thống PV/T thực nghiệm



(a) Các tấm pin mặt trời



(b) Máng chung cất nước

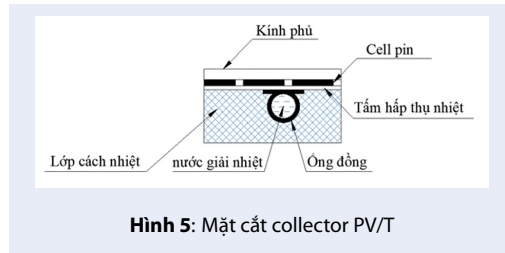


(c) Bồn tích trữ nhiệt nhìn vào bên trong



(d) Bồn tích trữ nhiệt nhìn từ bên ngoài

Hình 4: Một số hình ảnh thực tế của một số thiết bị chính trong hệ thống PV/T



Hình 5: Mặt cắt collector PV/T

bằng năng lượng của nắp kính như sau:

$$(a_g I_s) + q_{cell-g} = M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt} + q_{c,g-a} + q_{r,g-a} \quad (1)$$

Trong đó:

$$q_{cell-g} = h_{cell-g} (T_{cell} - T_g) \quad (W/m^2) \quad (2)$$

$$h_{cell-g} = \frac{k_g}{\delta_g} \quad (W/m^2 K) \quad (3)$$

$$q_{c,g-a} = h_{c,g-a} (T_g - T_a) \quad (W/m^2) \quad (4)$$

$$h_{c,g-a} = 2,8 + aV_a \quad (W/m^2 K) \quad (5)$$

$$q_{r,g-a} = \varepsilon_g \sigma \left[ (T_g - 273)^4 - (T_{sky} - 273)^4 \right] \quad (W/m^2) \quad (6)$$

$$h_{r,g-a} = \varepsilon_g \sigma \left[ \frac{(T_g - 273)^4 - (T_{sky} - 273)^4}{(T_g - T_a)} \right] \quad (W/m^2 K) \quad (7)$$

Năng lượng cell pin nhận được từ bức xạ mặt trời  $\tau_g \alpha_{cell} I_s$ , một phần năng lượng sẽ chuyển thành điện năng  $f \cdot E_{elec}$ , một phần đưa vào kính phủ dưới dạng truyền nhiệt  $q_{cell-g}$ , một phần truyền nhiệt vào tấm hấp thụ nhiệt ( $q_{cell-ab}$ ), phần còn lại sẽ làm tăng nhiệt độ của pin  $\delta_{cell} \cdot \rho_{cell} \cdot c_{cell} \cdot \frac{dT_{cell}}{dt}$ . Phương trình cân bằng năng lượng được biểu diễn như sau:

$$(\tau_{cell} \alpha_{cell}) I_t = \delta_{cell} \cdot \rho_{cell} \cdot c_{cell} \cdot \frac{dT_{cell}}{dt} + q_{cell-ab} + f \cdot E_{elec} + q_{cell-g} \quad (8)$$

Trong đó

$$f = \frac{A_{cell}}{A_{PV/T}} \quad (9)$$

$$E_{elec} = I_s \cdot \eta_r \cdot [1 - B_r (T_{cell} - T_r)] \quad (W/m^2) \quad (10)$$

$$q_{cell-ab} = h_{cell-ab} (T_{cell} - T_{ab}) \quad (W/m^2) \quad (11)$$

$$h_{cell-ab} = \frac{k_{ad}}{\delta_{ad}} \quad (W/m^2 K) \quad (12)$$

Năng lượng tấm hấp thụ nhận được là nhiệt lượng tới từ lớp cell pin  $q_{cell-ab}$ , năng lượng này một phần sẽ

được truyền vào ống trao đổi nhiệt  $q_{ab-t}$ , một phần truyền vào lớp bọc cách nhiệt  $q_{ab-ins}$  và phần còn lại sẽ làm tăng nhiệt độ tấm hấp thụ  $\delta_{ab} \cdot \rho_{ab} \cdot c_{ab} \cdot \frac{dT_{ab}}{dt}$ . Phương trình cân bằng năng lượng được biểu diễn:

$$q_{cell-ab} = \delta_{ab} \cdot \rho_{ab} \cdot c_{ab} \cdot \frac{dT_{ab}}{dt} + q_{ab-t} + q_{ab-ins} \quad (12)$$

Trong đó

$$q_{ab-t} = \frac{A_{t-ab}}{A_{ab}} h_{ab-t} (T_{ab} - T_t) \quad (W/m^2) \quad (13)$$

$$h_{ab-t} = \frac{1}{\frac{\delta_{ab}}{k_{ab}} + \frac{\delta_t}{k_t}} \quad (W/m^2 K) \quad (14)$$

$$q_{ab-ins} = \left( 1 - \frac{A_{t-ab}}{A_{ab}} \right) h_{ab-ins} (T_{ab} - T_{ins}) \quad (W/m^2) \quad (15)$$

$$h_{ab-ins} = \frac{k_{ins}}{\delta_{ins}} \quad (W/m^2 K) \quad (16)$$

Năng lượng ống trao đổi nhiệt nhận được là nhiệt năng đến từ lớp hấp thụ nhiệt  $Q_{ab-t}$ , năng lượng này một phần sẽ được truyền vào nước giải nhiệt dưới dạng đối lưu  $Q_{c,t-w}$  và vào lớp cách nhiệt ở dạng truyền nhiệt  $Q_{t-ins}$ , phần còn lại sẽ làm tăng nhiệt độ ống trao đổi nhiệt  $L_t A_t \rho_t c_t \frac{dT_t}{dt}$ . Phương trình cân bằng năng lượng được biểu diễn:

$$Q_{ab-t} = L_t A_t \rho_t c_t \frac{dT_t}{dt} + Q_{t-w} + Q_{t-ins} \quad (17)$$

Trong đó:

$$Q_{ab-t} = A_{ab} q_{ab-t} \quad (W) \quad (18)$$

$$Q_{t-ins} = A_{t-ins} h_{t-ins} (T_t - T_{ins}) \quad (W) \quad (19)$$

$$h_{t-ins} = \frac{k_{ins}}{\delta_{ins}} \quad (W/m^2 K) \quad (20)$$

$$Q_{c,t-w} = Pe_{in} \cdot L_t \cdot h_{t-w} (T_t - T_w) \quad (W) \quad (21)$$

$$h_{c,t-w} = \frac{Nu_w \cdot k_w}{D_{t,in}} \quad (W/m^2 K) \quad (22)$$

Các trị số Nusselt, Prandtl, Reynold lần lượt được tính như sau<sup>10</sup>:

Trị số Nusselt:

$$\begin{cases} Nu_w = 4,346, Re < 2300 \\ Nu_w = 0,023 (Re_w)^{0,8} (Pr_w)^{0,4}, Re \geq 2300 \end{cases} \quad (23)$$

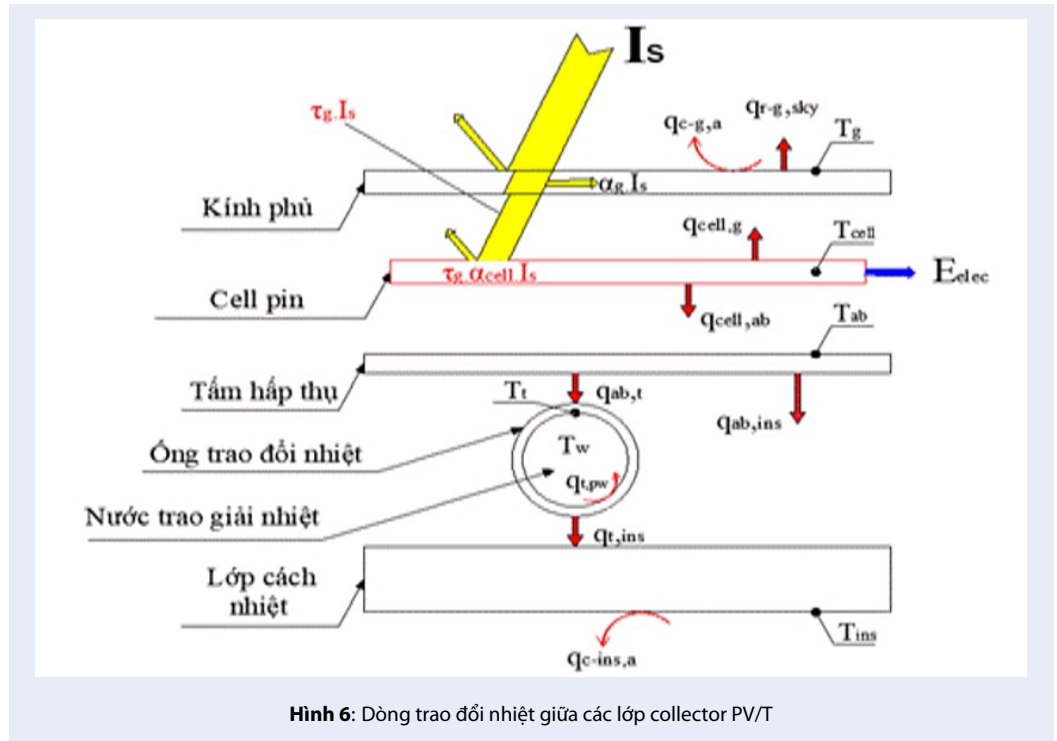
Trị số Prandtl:

$$Pr_w = \frac{\mu_w \cdot c_{p,w}}{k_w} \quad (24)$$

Trị số Reynold:

$$Re_w = \frac{\rho_w v_w D_{t,in}}{\mu_w} \quad (25)$$





Hình 6: Dòng trao đổi nhiệt giữa các lớp collector PV/T

Vận tốc nước chảy trong ống trao đổi nhiệt<sup>10</sup>:

$$v_w = \frac{4G_w}{\rho_w \pi D_{t, in}} \quad (m/s) \quad (26)$$

Năng lượng nước giải nhiệt nhận được là nhiệt đối lưu từ ống trao đổi nhiệt  $Q_{t-w}$ , nhiệt lượng này sẽ được truyền vào bình tích trữ nhiệt  $Q_{w-tdn}$  và làm nóng nước giải nhiệt  $L_t A_w \rho_w c_{p,w} \frac{dT_w}{dt}$ , phương trình cân bằng năng lượng:

$$Q_{t-w} = L_t A_w \rho_w c_{p,w} \frac{dT_w}{dt} + Q_{w-tdn} \quad (27)$$

Trong đó:

$$Q_{w-tdn} = 2G_w c_{p,w} (T_{w,out} - T_{w,in}) \quad (W) \quad (28)$$

$$T_w = \frac{T_{w,out} + T_{w,in}}{2}$$

$$\Rightarrow Q_{w-tdn} = 2G_w c_{p,w} (T_w - T_{w,in}) \quad (W) \quad (29)$$

Năng lượng tấm cách nhiệt nhận được chính là nhiệt lượng từ tấm hấp thụ nhiệt  $q_{ab-ins}$  và ống trao đổi nhiệt  $q_{t-ins}$  truyền vào tấm cách nhiệt, nhiệt lượng này sẽ làm nóng tấm cách nhiệt  $\delta_{ins} \rho_{ins} c_{p,ins} \frac{dT_{ins}}{d\tau}$  và một phần bị tổn thất ra môi trường dưới dạng đối lưu  $q_{c,ins-a}$ , phương trình cân bằng năng lượng được biểu diễn:

$$q_{ab-ins} + q_{t-ins} = \delta_{ins} \rho_{ins} c_{p,ins} \frac{dT_{ins}}{d\tau} + q_{c,ins-a} \quad (30)$$

Trong đó:

$$q_{t-ins} = \frac{Q_{t-ins}}{A_{t-ins}} \quad (W/m^2) \quad (31)$$

$$h_{t-ins} = \frac{k_{ins}}{\delta_{ins}} \quad (W/m^2K) \quad (32)$$

$$q_{c,ins-a} = h_{c,ins-a} (T_{ins} - T_a) \quad (W/m^2) \quad (33)$$

$$h_{c,ins-a} = 2,8 + 3V_a \quad (W/m^2K) \quad (34)$$

Năng lượng mà bình tích trữ nhiệt nhận được là nhiệt lượng nhả ra từ nước giải nhiệt  $q_{w-tdn}$ , nhiệt lượng này sẽ làm nóng nước trong bình tích trữ nhiệt  $M_{tdn,sw} c_{p,tdn,sw} \frac{dT_{tdn,sw}}{dt}$  và một phần sẽ tổn thất ra bên ngoài  $Q_{tdn-a}$

$$Q_{w-tdn} = M_{tdn,sw} c_{p,tdn,sw} \frac{dT_{tdn,sw}}{dt} + Q_{tdn-a} \quad (35)$$

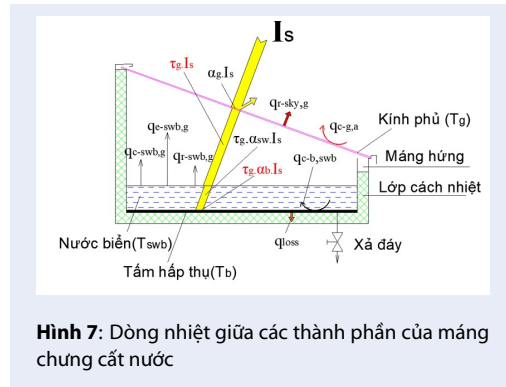
$$Q_{tdn-a} = A_{all,tdn} h_{tdn-a} (T_{tdn} - T_a) \quad (W) \quad (36)$$

$$h_{tdn-a} = \frac{1}{\frac{\delta}{k_{ins}} + \frac{1}{h_{c,ins-a}}} \quad (W/m^2K) \quad (37)$$

Từ các phương trình cân bằng năng lượng (1), (8), (12), (17), (27), (30) và (35), ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt} = (a_g I_s) + q_{cell-g} - q_{c,g-a} - q_{r,g-a} \\ \delta_{cell} \rho_{cell} c_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} = (\tau_g \alpha_{cell}) I_t - q_{cell-ab} - f E_{elec} - q_{cell-g} \\ \delta_{ab} \cdot \rho_{ab} \cdot c_{ab} \cdot \frac{dT_{ab}}{dt} = q_{cell-ab} - q_{ab-t} - q_{ab-ins} \\ L_t A_t \rho_t c_t \frac{dT_t}{dt} = Q_{ab-t} - Q_{t-w} - Q_{t-ins} \\ L_t A_w \rho_w c_{p,w} \frac{dT_w}{dt} = Q_{t-w} - Q_{w-tdn} \\ \delta_{ins} \rho_{ins} c_{p,ins} \frac{dT_{ins}}{d\tau} = q_{ab-ins} + q_{t-ins} - q_{c,ins-a} \\ M_{tdn,sw} c_{p,tdn,sw} \frac{dT_{tdn,sw}}{dt} = Q_{w-tdn} - Q_{tdn-a} \end{cases} \quad (40)$$

Cân bằng nhiệt động lực học máng chưng cất nước



Hình 7 trình bày sơ đồ dòng nhiệt giữa các thành phần của thiết bị chưng cất nước dạng máng. Năng lượng tấm kính hấp thụ bao gồm năng lượng hấp thụ từ bức xạ mặt trời  $\alpha_g I_t A_g$  và năng lượng nhận từ nước biển trong máng qua quá trình bốc hơi  $Q_{e,swb-g}$ , đối lưu  $Q_{c,swb-g}$  và bức xạ  $Q_{r,swb-g}$ . Năng lượng thu được này sẽ làm tăng một phần nhiệt độ của kính  $M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt}$ , và một phần bị tổn thất do đối lưu  $Q_{c,swb-a}$  và bức xạ  $Q_{r,swb-a}$  ra môi trường. Phương trình cân bằng năng lượng của nắp kính <sup>1</sup>:

$$(\alpha_g I_s A_g) + Q_{e,swb-g} + Q_{c,swb-g} + Q_{r,swb-g} = M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt} + Q_{c,g-a} + Q_{r,g-a} \quad (41)$$

Trong đó

$$Q_{c,swb-g} = A_w h_{c,swb-g} (T_{swb} - T_g) \quad (W) \quad (42)$$

$$h_{c,swb-g} = 0,884 \times \left[ (T_{swb} - T_g) + \frac{(p_{swb} - p_g)(T_{swb} + 273)}{(268,9 \cdot 10^3 - p_{swb})} \right]^{1/3} \quad (W/m^2K) \quad (43)$$

$$p_i = \exp\left(25,317 - \frac{5144}{T_i + 273}\right) \quad (Pa) \quad (44)$$

$$Q_{e,swb-g} = A_w h_{e,swb-g} (T_{swb} - T_g) \quad (W) \quad (45)$$

$$h_{e,w-g} = 16,276 \cdot 10^{-3} h_{c,swb-g} \times \frac{p_{swb} - p_g}{T_{swb} - T_g} \quad (W/m^2K) \quad (46)$$

$$Q_{r,swb-g} = A_g h_{r,swb-g} (T_{swb} - T_g) \quad (W) \quad (47)$$

$$h_{swb-g} = \epsilon_{eff} \sigma \left[ (T_{swb} + 273)^2 + (T_g + 273)^2 \right] \times [T_{swb} + T_g + 546] \quad (W/m^2K) \quad (48)$$

Với:

$$\epsilon_{eff} = \left( \frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1 \right)^{-1} \quad (49)$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \quad (W/m^2K^4)$$

$$Q_{c,g-a} = A_g h_{c,g-a} (T_g - T_a) \quad (W) \quad (50)$$

$$h_{c,g-a} = 2,8 + 3V_a \quad \text{for } V_a \leq 5$$

$$h_{c,g-a} = 5,7 + 2,8V_a \quad \text{for } V_a > 5 \quad (W/m^2K) \quad (51)$$

$$Q_{r,g-a} = A_g \epsilon_g \sigma \left[ (T_g - 273)^4 - (T_{sky} - 273)^4 \right] \quad (W) \quad (52)$$

$$h_{r,g-a} = \epsilon_g \sigma \left[ \frac{(T_g - 273)^4 - (T_{sky} - 273)^4}{(T_g - T_a)} \right] \quad (W/m^2K) \quad (53)$$

$$T_{sky} = T_a - 6$$

Năng lượng mà nước biển trong máng hấp thụ được là năng lượng bức xạ mặt trời  $\alpha_{swb} I_s A_{swb}$  và nhiệt đối lưu từ tấm hấp thụ  $Q_{c,w-b}$ , năng lượng này một phần được truyền vào kính phủ nhờ bay hơi  $Q_{e,w-g}$ , đối lưu  $Q_{c,w-g}$  và bức xạ  $Q_{r,w-g}$ . Năng lượng còn lại sẽ làm tăng nhiệt độ của nước biển trong máng  $M_w C_{p,w} \frac{dT_w}{dt}$ . Cân bằng năng lượng của nước biển được thể hiện như sau:

$$(\alpha_{swb} I_s A_{swb}) + Q_{c,b-swb} = M_{swb} C_{p,swb} \frac{dT_{swb}}{dt} + Q_{e,swb-g} + Q_{c,swb-g} + Q_{r,swb-g} \quad (54)$$

Trong đó;

$$Q_{c,b-swb} = A_b h_{c,b-swb} (T_b - T_{swb}) \quad (W) \quad (55)$$

Hệ số truyền nhiệt đối lưu giữa tấm hấp thụ và nước  $h_{c,b-swb} = 250 \quad (W/m^2K)^1$ .

Năng lượng mà tấm hấp thụ trong bể hấp thụ được là từ bức xạ mặt trời  $\alpha_b I_t A_b$ . Năng lượng được hấp thụ này được truyền vào kính dưới dạng đối lưu  $Q_{c,b-swb}$ , tổn thất nhiệt ra môi trường qua lớp cách nhiệt  $Q_{loss}$ , phần còn lại sẽ làm tăng nhiệt độ tấm hấp thụ  $M_b C_{c,b} \frac{dT_b}{dt}$ . Phương trình cân bằng năng lượng của tấm hấp thụ như sau:

$$(\alpha_b I_t) A_b = M_b C_{c,b} \frac{dT_b}{dt} + Q_{c,b-swb} + Q_{loss} \quad (56)$$

Trong đó:

$$Q_{b-a} = A_b h_{b-a} (T_b - T_a) \quad (W) \quad (57)$$

Ở đây, giá trị của  $h_{b-a} = 5 \quad (W/m^2K)$ .

Từ phương trình (41), (54) và (56) ta có hệ phương trình vi phân:

$$\begin{cases} M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt} = (\alpha_g I_s A_g) + Q_{e,swb-g} + Q_{c,swb-g} + Q_{r,swb-g} - Q_{c,g-a} - Q_{r,g-a} \\ M_{swb} C_{p,swb} \frac{dT_{swb}}{dt} = (\alpha_{swb} I_s A_{swb}) + Q_{c,b-swb} - Q_{e,swb-g} - Q_{c,swb-g} - Q_{r,swb-g} \\ M_b C_{c,b} \frac{dT_b}{dt} = (\alpha_b I_t) A_b - Q_{c,b-swb} - Q_{loss} \end{cases} \quad (58)$$

Khi tiến hành chưng cất nước ban đêm, bỏ qua các thông số liên quan đến bức xạ mặt trời, hệ phương trình trên có thể viết lại:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_g C_{p,g} \frac{dT_g}{dt} = Q_{e,swb-g} \\ + Q_{c,swb-g} + Q_{r,swb-g} - Q_{c,g-a} - Q_{r,g-a} \\ M_{swb} C_{p,swb} \frac{dT_{swb}}{dt} = \\ Q_{c,b-swb} - Q_{e,swb-g} - Q_{c,swb-g} - Q_{r,swb-g} \\ M_b C_{c,b} \frac{dT_b}{dt} = Q_{c,b-swb} - Q_{loss} \end{array} \right. \quad (59)$$

Năng suất nước chưng cất được:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ev} &= \frac{3600 \cdot Q_{e,swb-g}}{h_{fg}} \\ &= \frac{3600 \cdot A_{swb} h_{e,swb-g} (T_{swb} - T_g)}{h_{fg}} \quad (kg/h) \end{aligned} \quad (60)$$

Ở trên,  $h_{fg}$  là nhiệt ẩn của quá trình hóa hơi và các giá trị được tính như sau:

$$\begin{aligned} h_{fg} &= 2,4935 \times (10^6 - 947,79T_w + 0,13132T_w^2 \\ &- 0,0047974T_w^3) \text{ for } T_w \leq 70^\circ C \\ h_{fg} &= 3,1615 (10^6 - 761,7T_w) \text{ for } T_w > 70^\circ C \end{aligned} \quad (61)$$

Hiệu suất nhiệt máng chưng cất được đánh giá theo công thức sau:

- Ban ngày:

$$\eta_{heat-basin,day} = \frac{\sum \dot{m} \cdot h_{fg}}{\sum A_w \cdot I_s(t)} \quad (62)$$

- Ban đêm:

$$\eta_{heat-basin,night} = \frac{\sum \dot{m} \cdot h_{fg}}{M_{sw,tdn} \cdot c_{p,sw} \cdot \Delta T_{sw,tdn}} \quad (63)$$

Công suất bơm ( $\eta_{pump} = 0,8$ ):

$$P_{pump} = \frac{2G_w \Delta p}{\eta_{pump} \rho_f} \quad (W) \quad (64)$$

Công suất điện collector PV/T tạo ra:

$$P_{e-co} = f \cdot A_{PV/T} \cdot E_{elec} \quad (W) \quad (65)$$

Công suất điện sau khi được chuyển đổi qua inverter 2:

$$P_{e-inv} = \eta_{inv} \cdot P_{e-co} \quad (W) \quad (67)$$

Công suất điện lên lưới:

$$P_{grid} = P_{e-inv} - P_{pump} \quad (W) \quad (68)$$

Hiệu suất nhiệt collector PV/T:

$$\eta_{heat} = \frac{Q_{w-tdn}}{I_s \cdot A_{PV/T}} \quad (69)$$

Hiệu suất điện của hệ thống collector PV/T:

$$\eta_e = \frac{P_{e-co}}{I_s \cdot A_{PV/T}} \quad (70)$$

Hiệu suất energy của hệ thống PV/T

$$\eta_{energy} = \frac{P_{grid} + Q_{tdn,sw}}{I_s \times A_{PV/T}} \quad (71)$$

$$Q_{tdn,sw} = M_{tdn,sw} c_{p,tdn,sw} \frac{dT_{tdn,sw}}{dt} \quad (72)$$

Đánh giá sai số kết quả theo công thức:

$$\bar{e}_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_{sim,i} - X_{exp,i}}{X_{exp,i}} \right| \cdot 100 \quad (\%) \quad (73)$$

Bảng 1 trình bày các thông số đầu vào của chương trình được viết trên Matlab/Simulink. Hình 8 và Hình 9 lần lượt biểu diễn hàm truyền được xây dựng cho PV/T collector và máng chưng cất nước.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để kiểm chứng kết quả mô phỏng, thực nghiệm đã được tiến hành trong khoảng thời gian từ ngày 07/07/2022 đến ngày 22/07/2022 tại thành phố Hồ Chí Minh. Hệ thống collector PV/T được tiến hành thực nghiệm từ 8h30 đến 16h với mức lưu lượng nước ở mức 0,02 kg/s cho 1 pass ống và lượng nước biến chậm vào bồn tích trữ nhiệt là 100 lít. Đối với máng chưng cất nước, ban ngày tiến hành thực nghiệm từ 8h đến 18h với khối lượng nước biến là 20kg được đưa vào ngay từ đầu. Trong khoảng 18h đến 19h, tiến hành xả bỏ hết nước biến còn lại trong máng, sau đó châm nước biến trong bồn tích trữ nhiệt của collector PV/T vào và tiến hành chưng cất đến 6h sáng hôm sau. Các giá trị nhiệt độ, bức xạ, công suất pin và vận tốc gió sẽ được ghi nhận 5 phút/lần, sản lượng nước chưng cất sẽ được ghi nhận 30 phút/lần.

Điều kiện môi trường ngày điển hình 22/07/2022 được thể hiện ở Hình 10 và Hình 11. Nhìn vào đồ thị, ta thấy cường độ bức xạ mặt trời ( $I_s$ ) đạt đỉnh trong khoảng 11h đến 12h ở mức 900 (W/m<sup>2</sup>) và tắt nắng khoảng 13h40 đến 14h20. Nhiệt độ môi trường ( $T_a$ ) giữ ở mức quanh 34-37 °C trong phần lớn quá trình tiến hành thực nghiệm, tốc độ gió ( $V_a$ ) thay đổi liên tục nhưng chênh lệch nhỏ, vận tốc gió trung bình ghi nhận được 1,4 (m/s).

Quan sát Hình 12 kết hợp với Hình 10 ta thấy, trong giai đoạn nắng tốt (8h đến 13h40) nhiệt độ tấm pin có giá trị thấp hơn tấm pin không giải nhiệt từ 2 đến 5°C, nhiệt độ nước giải nhiệt tăng đều khoảng 4°C/giờ và đạt đỉnh là 53°C. Giai đoạn từ 13h40 trở về sau, do bức xạ giảm đột ngột, nhiệt độ tấm pin có giá trị nhiệt ( $T_{pin\ cgn}$ ) cao hơn nhiệt độ tấm pin không giải nhiệt ( $T_{pin\ kgn}$ ), nhiệt độ nước giải nhiệt giảm



**Bảng 1: Thông số đầu vào cho mô phỏng**

Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
$A_{PV/T}$	2	$m^2$			
$\delta_g$	0.004	m	$D_{t,out}$	0.00952	m
$\rho_g$	2200	$kg/m^3$	$D_{t,in}$	0.00792	m
$c_{p,g}$	670	J/kg.K	$L_t$	6.3	m
$k_g$	0.9	W/m.K	$\rho_t$	8900	$kg/m^3$
$\varepsilon_g$	0.88		$c_{p,t}$	896	J/kg.K
$\alpha_g$	0.04		$k_t$	395	W/m.K
$\tau_g$	0.93		$\delta_{ins}$	0.03	m
f	0.9		$\rho_{ins}$	31	$kg/m^3$
$\delta_{cell}$	0.0011	m	$c_{p,ins}$	670	J/kg.K
$\rho_{cell}$	2320	$kg/m^3$	$k_{ins}$	0.034	W/m.K
$c_{p,cell}$	900	J/kg.K	$L_c$	15	m
$K_{cell}$	140	W/m.K	$D_{ins,i}$	0.5	m
$\alpha_{cell}$	0.9		$\delta_{ins,hw}$	0.04	m
$\eta_r$	20	%	$A_{swb}$	1	$m^2$
$B_r$	0.00405	1/K	$A_g$	1.13	$m^2$
$I_r$	1000	W/m <sup>2</sup>	$A_b$	1	$m^2$
$T_r$	298.15	K	$\varepsilon_{swb}$	0.95	
$\delta_{ab}$	0.0002	m	$\alpha_{swb}$	0.05	
$\rho_{ab}$	2702	$kg/m^3$	$\tau_{swb}$	0.95	
$c_{p,ab}$	896	J/kg.K	$\alpha_b$	0.9	
$k_{ab}$	310	W/m.K	$\delta_b$	0.001	m
			$\rho_b$	7900	$kg/m^3$

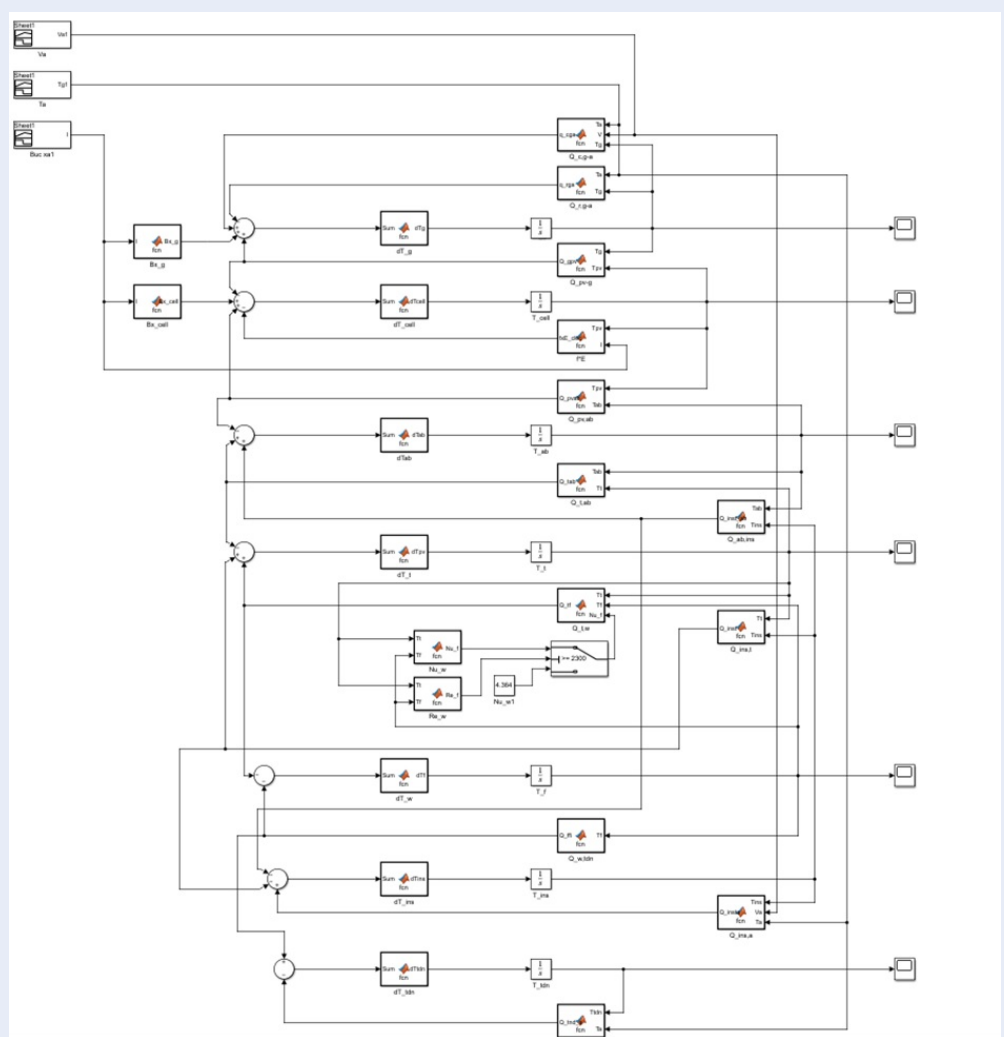
nhẹ do nhiệt độ nước giải nhiệt đang cao, gây ra hiện tượng gia nhiệt ngược trở lại cho pin mặt trời.

Hình 13 biểu diễn công suất của 2 tấm pin, tấm có giải nhiệt và tấm không có giải nhiệt, công suất phát của pin mặt trời ở trường hợp có giải nhiệt lớn hơn tấm pin không giải nhiệt trong thực nghiệm này khoảng 8,6%. Kết quả này thấp hơn nhiều so với kết quả của hệ thống có hệ thống giải nhiệt nước cho pin mà không tận dụng nhiệt đã được nghiên cứu trước đây là khoảng 27,35% (Hồ Đăng Huy và cộng sự<sup>7</sup>). Lý do là hệ thống PV/T là hệ thống đồng phát điện – nhiệt, vì vậy nếu ưu tiên phát điện sẽ thu được ít nhiệt và ngược lại. Trong hệ thống PV/T đang nghiên cứu ở đây, nhiệt được ưu tiên để chưng cất nước nên phần sản lượng điện tăng thấp là điều hợp lý.

Theo Hình 14, ta thấy nhiệt độ nước biển trong bồn tích trữ nhiệt tăng dần đều trong khoảng thời gian từ

8h30 đến 13h40. Tại 13h40 nhiệt độ nước biển đạt đỉnh và bắt đầu giảm dần do nhiệt độ nước giải nhiệt và tấm pin mặt trời giảm. Kết thúc quá trình hoạt động của collector PV/T nhiệt độ nước biển đạt được 47,6 °C. Hiệu suất điện trung bình và hiệu suất energy trung bình của collector PV/T lần lượt là 15,1% và 36,2%. Hiệu suất điện của tấm pin không giải nhiệt là 14,2%.

Nhiệt độ kính phủ và nước biển trong máng chưng cất được thể hiện trong Hình 15. Nhìn vào đồ thị ta thấy vào thời điểm ban đầu (lúc 8 giờ sáng) nhiệt độ nước biển và kính phủ có sự chênh lệch thấp do lúc này bức xạ mặt trời yếu và thời gian nhận bức xạ mặt trời ngắn nên chưa có sự phân hóa nhiệt độ giữa các thành phần. Càng về sau do có sự chênh lệch của hệ số hấp thụ bức xạ nên nhiệt độ kính và nước bắt đầu phân hóa rõ rệt, lúc 13h ghi nhận được mức chênh



Hình 8: Sơ đồ hàm truyền Matlab/Simulink mô phỏng truyền nhiệt cho PV/T collector

lệch lớn nhất bằng  $9^{\circ}\text{C}$ . Trong khoảng thời gian 13h40 đến 14h20 nhiệt độ kính và nước biển giảm nhanh chóng, trùng với khoảng sụt giảm của bức xạ mặt trời, cho thấy bức xạ mặt trời ảnh hưởng lớn đến nhiệt độ của kính và nước biển.

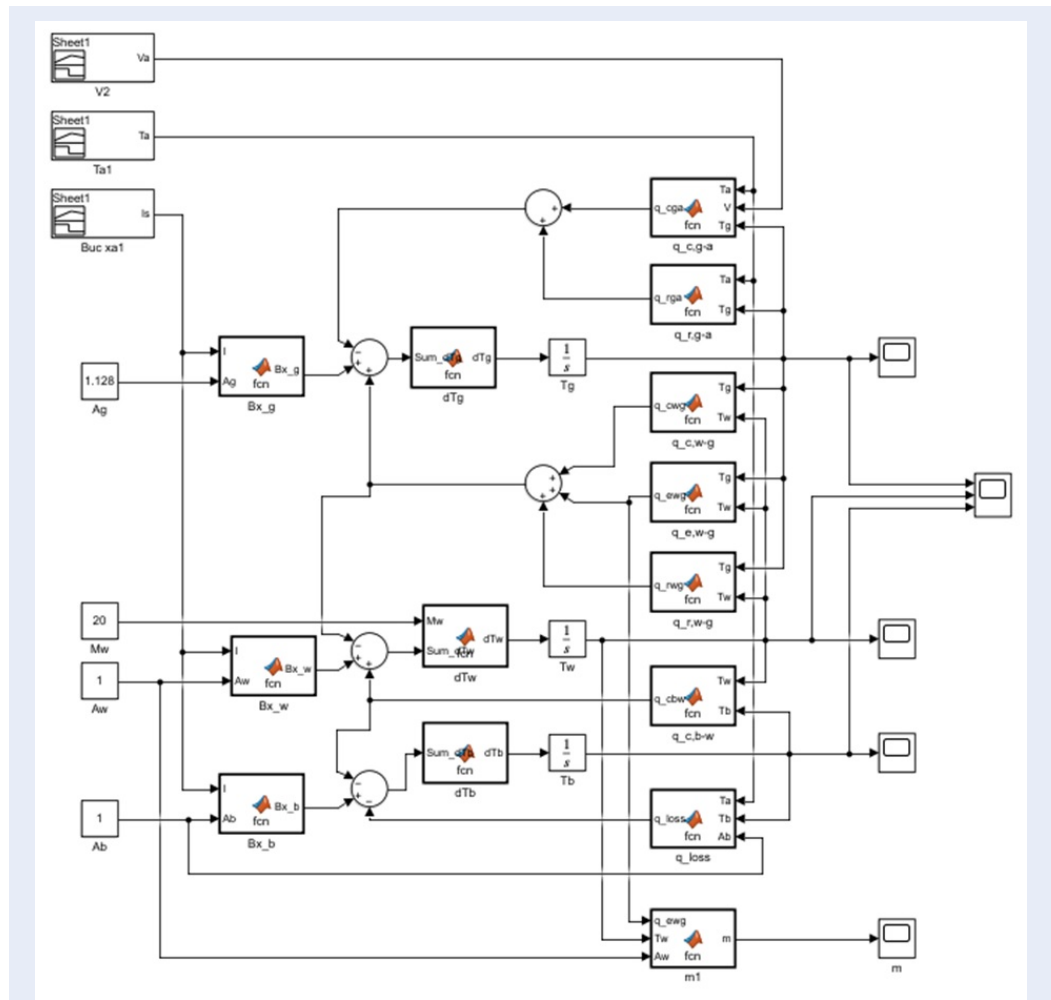
Hình 16 cho thấy sự biến đổi của sản lượng nước chưng cất trong quá trình hoạt động, sản lượng nước chưng cất được ghi nhận cao nhất vào 13 giờ. Kết hợp với quan sát Hình 15, ta thấy rằng sản lượng nước chưng cất tỷ lệ thuận với nhiệt độ máng nước, sự chênh lệch nhiệt độ giữa kính phủ và nước biển. Tổng lượng nước chưng cất ban ngày thu được là 2,3 lít.

Hình 17 cho thấy nhiệt độ môi trường giảm dần và vận tốc gió biến đổi liên tục trong thời gian chưng cất vào ban đêm. Hình 14 và Hình 18 cho thấy nhiệt độ nước biển trong máng chưng cất ở thời điểm bắt đầu thực nghiệm vào ban đêm (lúc 19h) giảm  $2^{\circ}\text{C}$  so với

nhiệt độ nước biển ở cuối quá trình gia nhiệt trong bình chứa (lúc 15h30). Hiện tượng này là do tổn thất nhiệt trong thời gian nước biển lưu trữ trong bình chứa và tổn thất nhiệt trong quá trình châm nước vào máng chưng cất.

Hình 18 cho thấy nhiệt độ kính phủ và nước biển giảm dần trong suốt quá trình hoạt động, càng về cuối quá trình chưng cất, nhiệt độ kính phủ và nước biển càng tiến dần về nhau.

Hình 19 cho thấy sản lượng nước chưng cất giảm dần theo thời gian, giai đoạn từ 19 giờ đến 1 giờ sáng, sản lượng nước chưng cất được giảm nhanh do nhiệt độ và sự chênh lệch nhiệt độ giữa nước biển và kính phủ giảm nhanh trong khoảng thời gian này. Sau 1 giờ, sản lượng nước chưng cất giảm chậm dần do nhiệt độ và sự chênh lệch nhiệt độ giữa nước biển và kính phủ giảm chậm. Tổng lượng nước chưng cất ban đêm thu



Hình 9: Sơ đồ hàm truyền Matlab/Simulink mô phỏng truyền nhiệt cho thiết bị chưng cất nước dạng máng

được là 1,1 lít

Quan sát từ Hình 14 đến Hình 19 ta thấy có sự tương đồng giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm (sai số dao động từ 4,24% đến 7,11%). Từ đây ta có thể kết luận rằng chương trình mô phỏng cho ra kết quả đáng tin cậy và có thể sử dụng kết quả từ mô phỏng để thảo luận và dự báo trước nhiệt độ tại các điểm quan trọng của collector PV/T và máng chưng cất nước cũng như sản lượng nước chưng cất của hệ thống. Về mô hình đề xuất trong nghiên cứu này, hệ thống PV/T đã cung cấp nước nóng cho thiết bị chưng cất vào ban đêm nên giúp chưng cất thêm được lượng nước 1,1 lít so với loại thông thường (chỉ chưng cất vào ban ngày được 2,3 lít), tức giúp tăng sản lượng nước chưng cất khoảng 38,2%. Đây là kết quả rất khả quan với một hệ thống PV/T được thiết kế và vận hành rất đơn giản.

## KẾT LUẬN

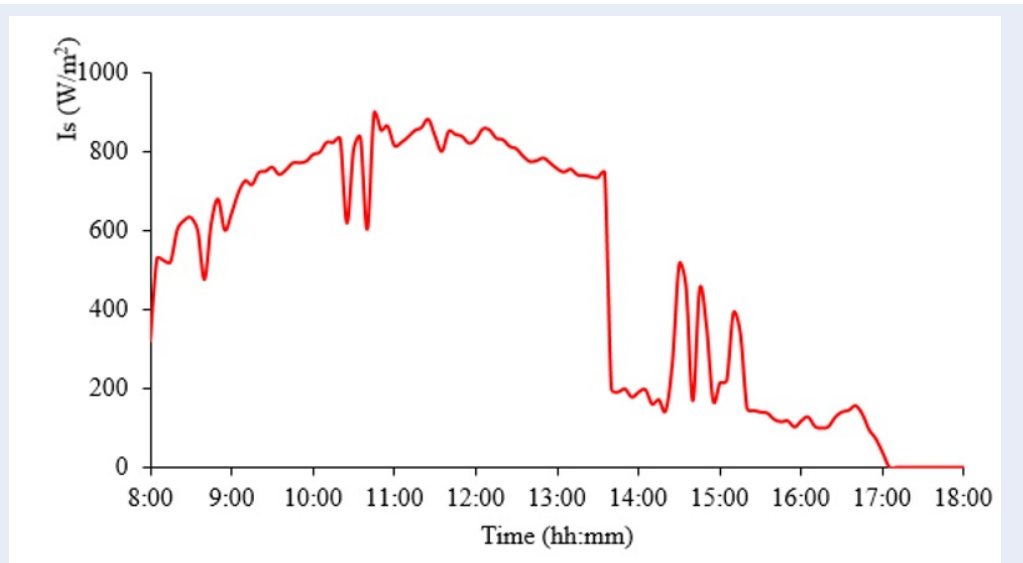
Bài báo đã thiết lập được chương trình mô phỏng kết hợp với thực nghiệm cho hệ thống làm nóng nước sử dụng collector PV/T kết hợp với máng chưng cất Single Basin để nâng cao hiệu suất pin mặt trời và sản lượng nước chưng cất. Kết quả cho thấy:

Công suất điện tấm pin có giải nhiệt tăng 8,6% so với tấm pin không giải nhiệt.

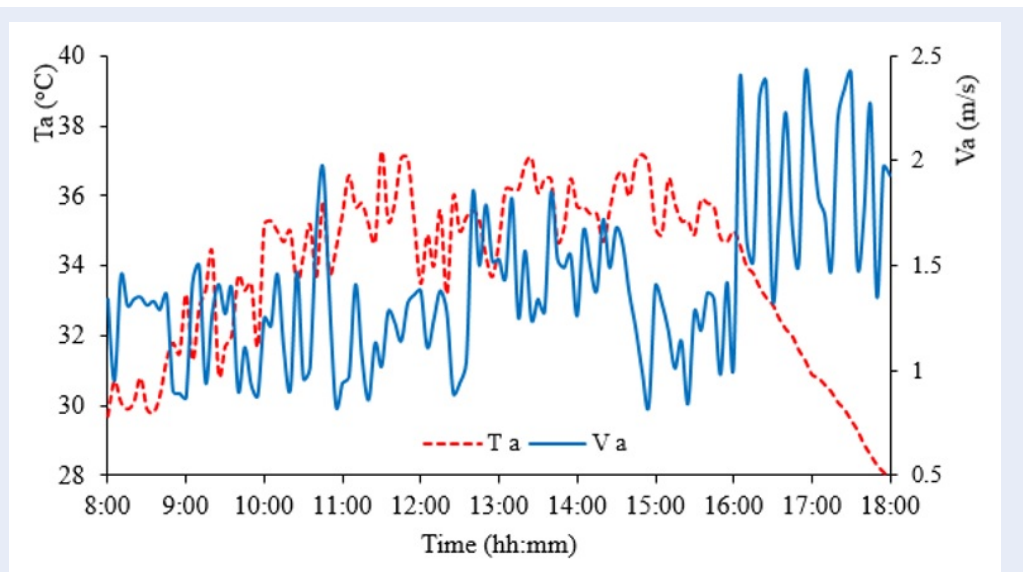
Collector PV/T có hiệu suất điện trung bình là 15,1% và hiệu suất energy trung bình là 36,2%.

Tổng sản lượng nước chưng cất của cả ngày và đêm đạt 3,4 lít, tăng khoảng 38% so với sản lượng của máng chưng cất khi chỉ hoạt động vào ban ngày.

Mặc dù bức xạ mặt trời tại Việt Nam lớn nhưng bị biến động nhiều do mây che khuất mặt trời, để hệ thống collector PV/T đạt hiệu suất cao hơn, nhóm tác giả đề xuất bổ sung thêm thiết bị điều khiển bơm dạng



Hình 10: Cường độ bức xạ mặt trời ngày 22/07/2022



Hình 11: Nhiệt độ môi trường và vận tốc gió ngày 22/07/2022.

ON/OFF với điều kiện bơm hoạt động khi nhiệt độ pin mặt trời cao hơn nhiệt độ nước giải nhiệt.

## DANH MỤC VIẾT TẮT

Bảng 2

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam kết không có xung đột về lợi ích nào về toàn bộ nội dung trong bài báo.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Hồ Đăng Huy: viết chương trình tính toán, tiến hành thực nghiệm, xử lý số liệu, viết và chỉnh sửa bản thảo.

Hoàng Văn Việt: viết chương trình tính toán, tư vấn thực nghiệm, xử lý số liệu, chỉnh sửa bản thảo.

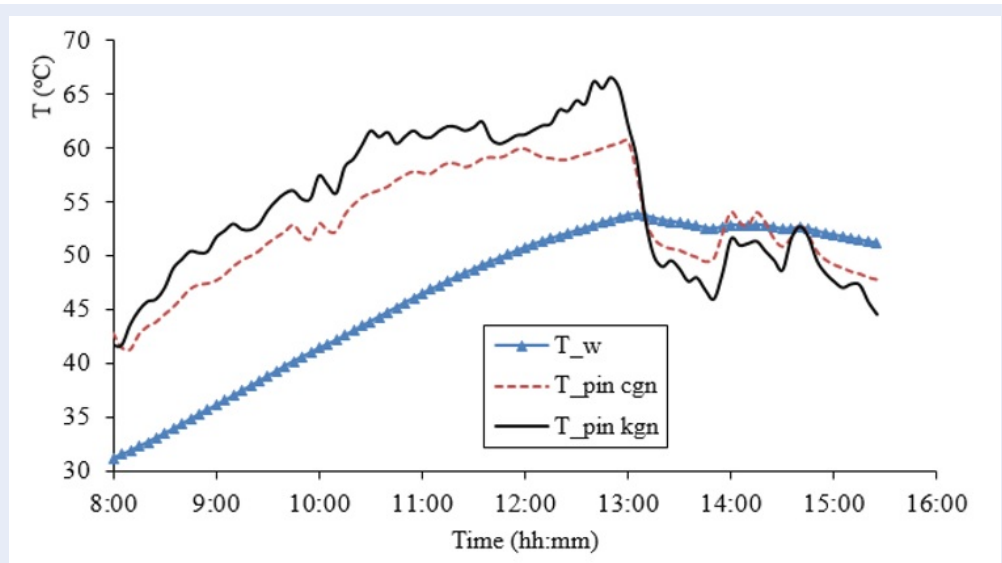
Nguyễn Thế Bảo: tư vấn công thức toán học, tư vấn thực nghiệm, chỉnh sửa bản thảo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

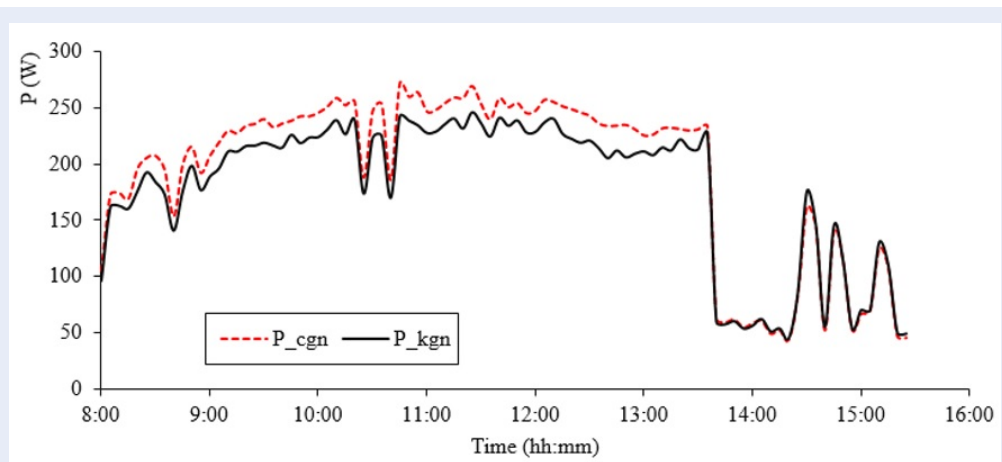
1. Nguyen The Bao. The mathematical model of basin-type solar distillation systems. Distillation - modelling, simulation and

**Bảng 2: Danh mục viết tắt**

Danh pháp		Ký hiệu chỉ số dưới	
h	hệ số truyền nhiệt (W/m <sup>2</sup> .K)	g	kính phù
h <sub>c</sub>	hệ số truyền nhiệt đối lưu (W/m <sup>2</sup> .K)	w	nước giải nhiệt
h <sub>r</sub>	hệ số truyền nhiệt bức xạ (W/m <sup>2</sup> .K)	tdn,sw	nước biển trong bồn tích trữ nhiệt
h <sub>e</sub>	hệ số truyền nhiệt bay hơi (W/m <sup>2</sup> .K)	hw	nước nóng trong bồn tích trữ nhiệt
k	hệ số dẫn nhiệt (W/m.K)	a	môi trường
Q	năng lượng (W)	ab	tấm hấp thụ nhiệt
M	khối lượng (kg)	cell	lớp cell pin
m <sub>ev</sub>	sản lượng nước chưng cất (kg/s)	sky	bầu trời
A	diện tích (m <sup>2</sup> )	t	ống trao đổi nhiệt collector PV/T
v <sub>a</sub>	vận tốc gió (m/s)	swb	nước biển tại máng chưng cất
c <sub>p</sub>	nhiệt dung riêng (J/kg.K)	b	tấm hấp thụ nhiệt máng chưng cất
T	nhiệt độ (oC/K)	ins	lớp cách nhiệt
D	đường kính (m <sup>2</sup> )	grid	điện lưới
Pe	chu vi (m)	th	thermal
H	chiều cao (m)	e, elec	điện
L	độ dài (m)	in	vào
	áp suất (Pa)	out	ra
	công suất (W)	ad	keo dán
E	công suất điện (W/m <sup>2</sup> )	r	điều kiện chuẩn pin mặt trời
f	độ phủ diện tích	sun	Sun
Re	hệ số Reynolds	energy	năng lượng
Nu	hệ số Nusselt	inv	inverter
I <sub>s</sub>	bức xạ mặt trời (W/m <sup>2</sup> )	B	hệ số nhiệt pin mặt trời
G	lưu lượng (kg/s)	all	toàn phần
hfg	nhiệt ẩn hóa hơi (J/kg.K)		
t	thời gian (s)		
Δp	hiệu số áp suất (Pa)		
α	hệ số hấp thụ bức xạ		
τ	hệ số xuyên qua bức xạ		
σ	Stefan - Boltzman constant, 5.67 x 10 <sup>-8</sup> (W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )		
ρ	khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> )		
ω	vận tốc nước (m/s)		
ε	phát xạ		
δ	độ dày (m)		
η	hiệu suất		
μ	độ nhớt động học (Pa.s)		



Hình 12: Nhiệt độ tấm pin mặt trời có giải nhiệt, không giải nhiệt và nước giải nhiệt



Hình 13: Công suất tấm pin mặt trời có giải nhiệt và không giải nhiệt

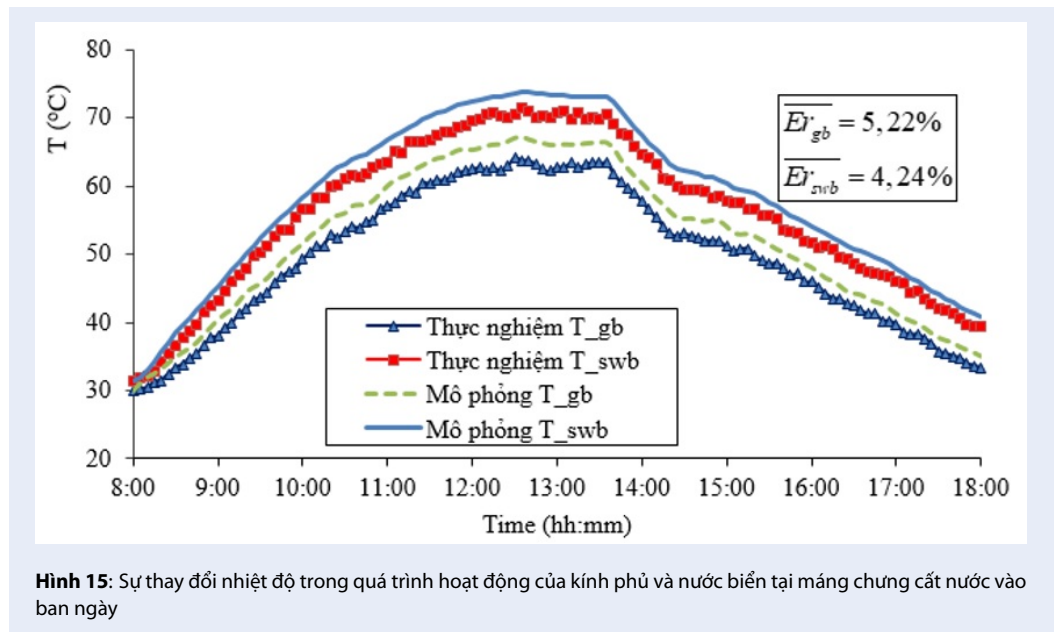
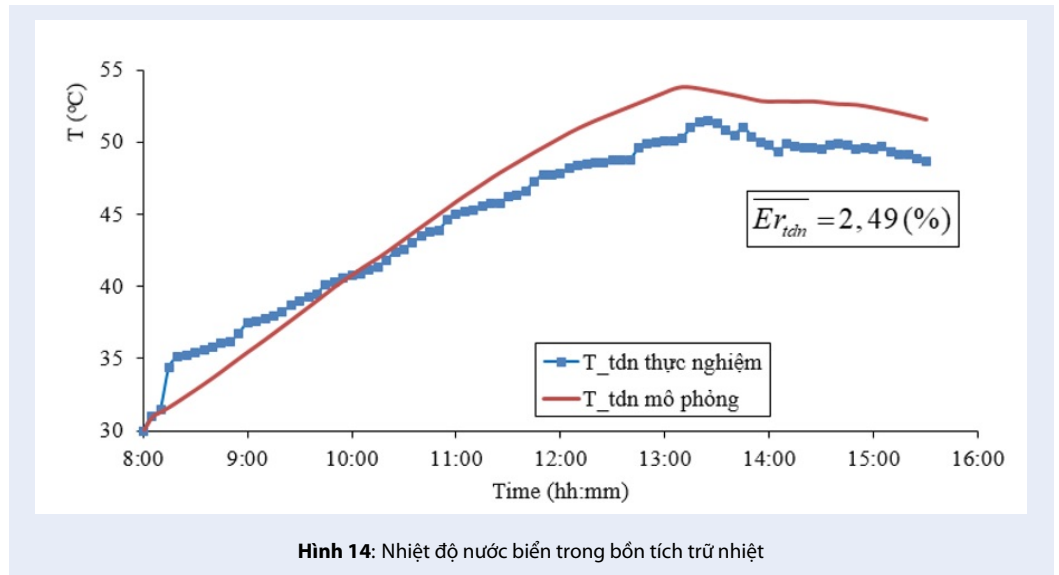
optimization. IntechOpen; 2019;PMID: 31565043. Available from: <https://doi.org/10.5772/intechopen.83228>.

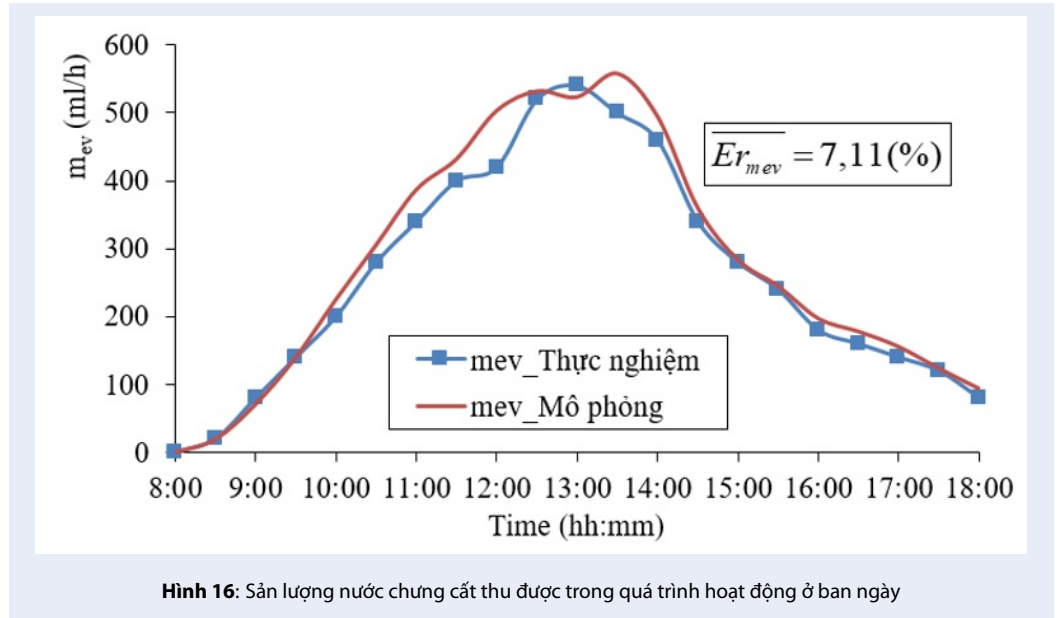
2. Nguyen The Bao. Textbook on Renewable Energy and Sustainable Development, Vietnam National University Publishing House; 2021;.
3. Akbarzadeh T, Wadowski, Heat-pipe-based cooling systems for photovoltaic cells under concentrated solar radiation. Appl Therm Eng. 1996;16(1):81-7; Available from: [https://doi.org/10.1016/1359-4311\(95\)00012-3](https://doi.org/10.1016/1359-4311(95)00012-3).
4. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics [M.Sc. thesis]. Glasgow, Scotland: Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde; 2001;.
5. Batoul H. Flow simulation improves photovoltaic solar panel performance [technical report]. Paris, France: Schueco International; 2008;.
6. Tonui JK, Tripanagnostopoulos Y. Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circula-

tion. Renew Energy. 2007;32(4):623-37; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.03.006>.

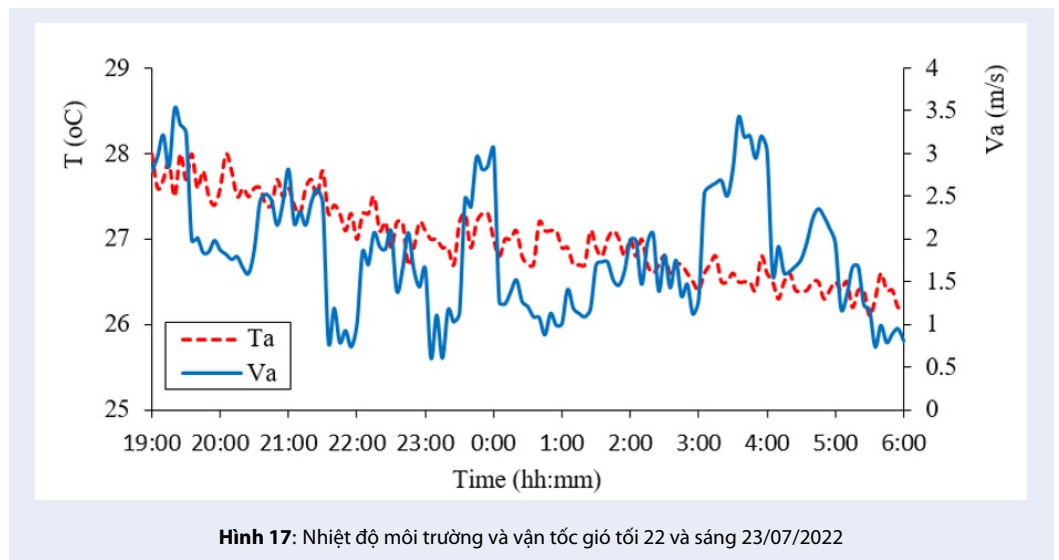
7. Ho DH, Truong AT, Nguyen TB. Design a cooling system for solar cells to increase PV output, Vietnam. Mech Eng J. 2022;291:25-34 (in Vietnamese);.
8. Hedayati-Mehdiabadi E, Sarhaddi F, Sobhnamayan F. Energy analysis of a stepped cascade solar still connected to photovoltaic thermal collector. Int J Automot Mech Eng. 2017;14(4):4805-025; Available from: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.15.0376>.
9. Hồ Đăng Huy, Nguyễn Thế Bảo, Hoàng Văn Việt. Thực nghiệm hệ thống pin mặt trời kết hợp chưng cất nước nhằm nâng cao hiệu quả năng lượng. Hội nghị Khoa học và Công nghệ thường niên 2022 - khoa Cơ Khí - trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh (in process);.
10. Bejan A. Heat transfer, New York: Wiley, 1993;.



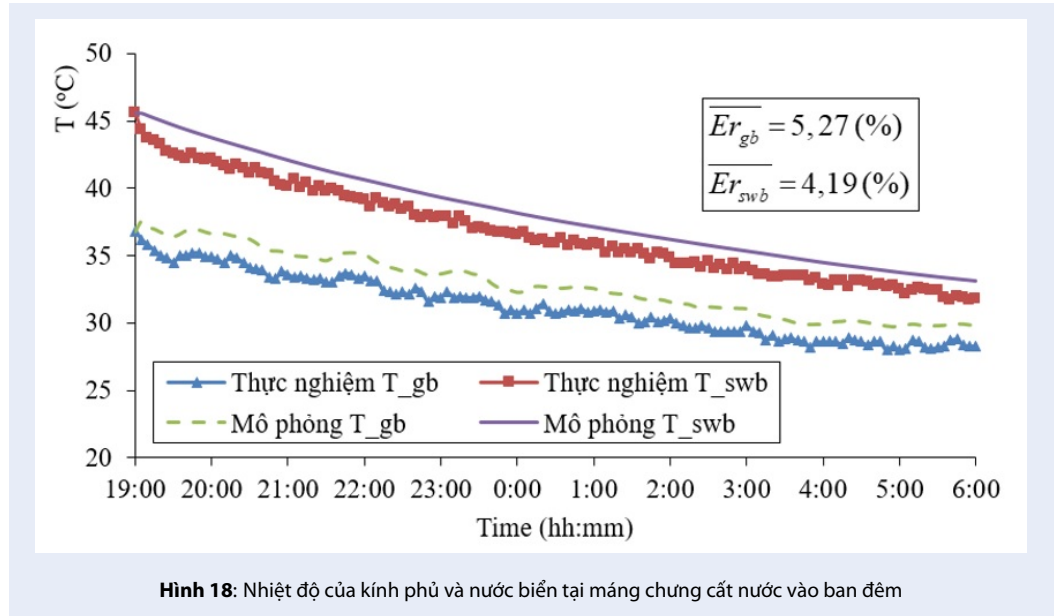




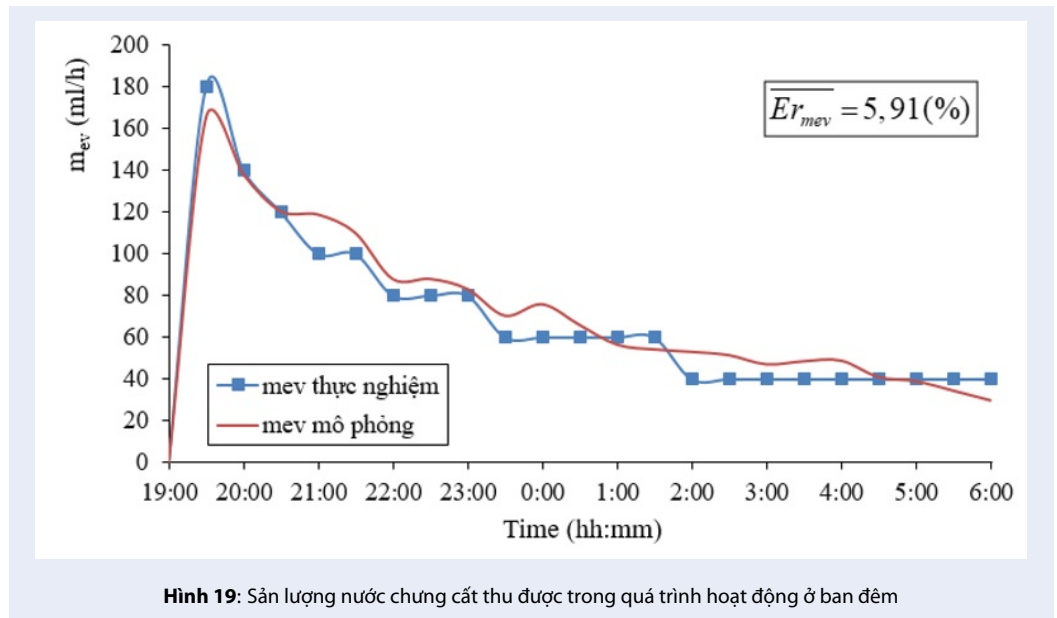
Hình 16: Sản lượng nước chung cất thu được trong quá trình hoạt động ở ban ngày



Hình 17: Nhiệt độ môi trường và vận tốc gió tối 22 và sáng 23/07/2022



Hình 18: Nhiệt độ của kính phủ và nước biển tại máng chung cất nước vào ban đêm



Hình 19: Sản lượng nước chưng cất thu được trong quá trình hoạt động ở ban đêm

# Thermal analysis of water distillation system using pv/t collector combined single basin still

Ho Dang Huy<sup>1,2</sup>, Hoang Van Viet<sup>1,2,3</sup>, Nguyen The Bao<sup>1,2,\*</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

A simulation program combined with experiment for hot water supply system using PV/T collector combined with Single Basin solar still is introduced in this paper. PV/T collector is known as a thermal - electrical co-generation device. Besides the ability to generate electricity, it also generates heat to heat water, serving water distillation at night. This combination not only helps to increase the electrical capacity of the solar cells, but also helps to increase the total distillation output of the day and night for the Single Basin solar still. Based on the energy balance equations at the components of the PV/T collector, the hot water tank and the components of the Single Basin solar still, a simulation program is set up using the MATLAB programming language with the Simulink tool. The simulation results are verified experimentally with high accuracy from 4.24% to 7.11%. The article demonstrates that the electrical capacity of solar cells increased by 8.6%, the average electrical efficiency and average energy efficiency of PV/T collector reached 15.1% and 36.2%, respectively. Besides, the distilled water output in one day increased by an average of 38.2% compared to the traditional Single Basin water distillation equipment. The simulation program in this study can be applied in different weather conditions, saving time and money for the implementation of projects combining PV/T collector and Single Basin solar still for arid localities and remote islands.

**Key words:** PV/T collector, cooling PV systems, efficiency of PV system, energy efficiency, Single Basin solar still

<sup>1</sup>Department of Heat and Refrigeration Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam.

<sup>2</sup>Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam.

<sup>3</sup>Ly Tu Trong College of Ho Chi Minh City, 390 Hoang Van Thu street, Ward 4, Tan Binh District, Ho Chi Minh City, Vietnam.

## Correspondence

**Nguyen The Bao**, Department of Heat and Refrigeration Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Email: thebao@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 01-8-2022
- Accepted: 20-12-2022
- Published: 31-12-2022

DOI : <https://doi.org/10.32508/stdjet.v5i4.1033>



**Cite this article :** Huy H D, Viet H V, Bao N T. **Thermal analysis of water distillation system using pv/t collector combined single basin still.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2022, 5(4):1661-1678.