

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ BỘ THU NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI DẠNG ĐỘNG GIA NHIỆT NƯỚC NÓNG

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE TRACKING SOLAR HOT WATER COLLECTOR

Ngô Phi Mạnh¹, Nguyễn Đức Minh¹, Trần Thị Mỹ Linh¹, Phạm Vương Chí Đạt²,
Trương Thị Mỹ Duyên², Phan Văn Hoàng Lộc², Lê Văn Nhân Hiếu²

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; npmanh@dut.udn.vn

²Sinh viên khoa Công nghệ Nhiệt Điện lạnh - Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Vị trí của mặt trời thay đổi liên tục theo giờ trong ngày, và theo mùa trong năm. Do đó, để tận dụng được tối đa năng lượng bức xạ mặt trời, các bề mặt bộ thu gia nhiệt nước nóng sử dụng năng lượng mặt trời phải luôn được hướng theo vị trí của mặt trời. Trong nghiên cứu này, 1 mô hình thiết bị bộ thu năng lượng mặt trời gia nhiệt nước nóng dạng động, kiểu tấm phẳng đã được thiết kế và chế tạo. Nhờ cơ cấu vít nâng, xilanh điện và bộ cảm biến quang học, mà bộ thu có thể hoạt động ở 2 chế độ: xoay 1 hướng (theo hướng Bắc Nam) và xoay theo 2 hướng (Bắc-Nam và Đông-Tây). Nhiều thí nghiệm đã được tiến hành với bộ thu ở 2 chế độ trên với điều kiện bức xạ tại Đà Nẵng. Từ đó, hiệu quả hoạt động của bộ thu được đánh giá thông qua các thông số, như: Nhiệt độ nước ra khỏi bộ thu, độ gia nhiệt nước, sản lượng nhiệt và hiệu suất chuyển hóa năng lượng bộ thu.

Từ khóa - Bộ thu năng lượng mặt trời; nước nóng; xoay theo mùa; xoay 2 phương; hiệu quả hoạt động

Abstract - The sun has both an oscillation in the east-west direction and an annual north-south oscillation. Therefore, in order to maximally absorb the thermal radiation from the sun, the absorber surface of water collectors must be able to track the sun's position in the sky. In this study, an experimental model of flat- water solar collector is designed and built. This model can operate at seasonal and full - tracking modes. Then, numerous experiments have been carried out at two working modes under the solar irradiation conditions in Danang city. From these experiments, the performance of the current experimental model is investigated via some typical properties, such as: the outlet water temperature, water temperature differences between inlet and outlet, heating capacity in a day, and solar energy conversion efficiency of the collector.

Key words - Water solar collector; hot water; seasonal tracking; full-tracking; performance

1. Đặt vấn đề

Năng lượng mặt trời (NLMT) là một dạng năng lượng tái tạo, lâu đời, sạch và có trữ lượng vô tận. Tuy nhiên, cường độ bức xạ mặt trời đến bề mặt trái đất thay đổi liên tục theo giờ trong ngày, và cũng như thay đổi theo mùa trong năm. Trong khi đó, hiệu quả hoạt động của các bộ thu (BT) NLMT gia nhiệt nước nóng phụ thuộc chủ yếu vào cường độ bức xạ mặt trời đến bề mặt bộ thu. Vì vậy, nhiều nhà khoa học trên thế giới đã và đang nghiên cứu nhằm tìm ra các giải pháp nâng cao hiệu quả hoạt động của các bộ thu NLMT. Một trong những hướng nghiên cứu đó là, tính toán thiết kế các BT NLMT dạng động. Tức là bề mặt hấp thụ bức xạ mặt trời của các bộ thu có thể di chuyển theo vị trí của mặt trời thay đổi trong ngày và trong năm. Như vậy, tia bức xạ mặt trời sẽ luôn chiếu vuông góc với bề mặt hấp thụ bức xạ của các bộ thu. Do đó, hiệu quả hoạt động của các bộ thu được cải thiện đáng kể so với các bộ thu cố định.

Hiện nay, có 3 kiểu BT NLMT gia nhiệt nước nóng dạng động. Loại thứ nhất, bộ thu có thể xoay theo 1 hướng từ Đông sang Tây trong ngày (single axis tracking). Loại thứ hai là BT NLMT có thể thay đổi độ nghiêng BT theo mùa hoặc BT xoay 1 hướng Bắc Nam (seasonal tracking). Và loại cuối cùng là BT có khả năng xoay 2 hướng, từ Đông sang Tây trong ngày và thay đổi độ nghiêng BT theo mùa (Two axes tracking hoặc full tracking). Theo kết quả nghiên cứu lý thuyết của Neville [1], thì NLMT hấp thụ bởi BT kiểu xoay 2 hướng cao hơn bộ thu xoay 1 hướng từ 5% đến 50%. Trong khi đó, I.M. Michaelides và các đồng nghiệp [2] đã thực hiện nghiên cứu mô phỏng về so sánh hiệu quả kỹ thuật và hiệu quả kinh tế của 3 kiểu BT NLMT gia nhiệt nước nóng: Loại cố định (fixed slope collector), kiểu xoay 1 hướng Đông -Tây (single axis tracking), và loại xoay theo

mùa (seasonal tracking). Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong 3 kiểu BT này, loại cố định có giá thành thấp nhất, tiếp đến là BT xoay theo mùa, và giá thành cao nhất là kiểu xoay theo hướng Đông Tây. Nhưng về tính hiệu quả kỹ thuật, BT xoay theo hướng Đông Tây có hiệu quả cao nhất, tiếp đến là loại xoay theo mùa và thấp nhất là loại cố định. Thêm vào đó, S. Abdallah và Nijmeh [3] đã tiến hành nghiên cứu so sánh hiệu quả hoạt động giữa hai kiểu BT NLMT gia nhiệt nước nóng, kiểu xoay 2 hướng và kiểu BT cố định. Và kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu quả làm việc của BT động cao hơn nhiều so với bộ thu cố định, với tổng năng lượng bức xạ hấp thụ cao hơn 41,34% so với BT cố định.

Từ những nghiên cứu trên có thể thấy, hiệu quả hoạt động của BT động cao hơn rõ rệt so với bộ thu dạng cố định. Do đó, trong nghiên cứu này, nhằm đánh giá hiệu quả hoạt động của BT động với điều kiện bức xạ tại Đà Nẵng, Việt Nam, một mô hình thiết bị thí nghiệm BT NLMT gia nhiệt nước nóng dạng động kiểu tấm phẳng đã được thiết kế và chế tạo. Tiếp đến, nhiều thí nghiệm trên mô hình ở 2 chế độ làm việc của BT: Xoay theo mùa (theo hướng Bắc - Nam) và xoay theo 2 hướng cùng lúc (Hướng Bắc-Nam và Đông-Tây)

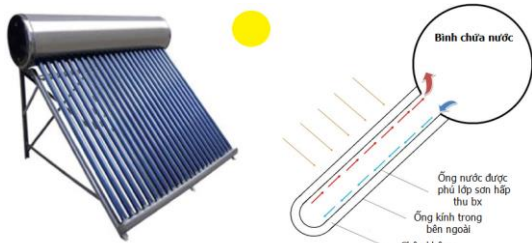
2. Phân tích, lựa chọn, thiết kế và chế tạo mô hình

2.1. Phân tích lựa chọn kiểu bộ thu

Trên thế giới, có 2 kiểu BT NLMT gia nhiệt nước nóng được sử dụng rộng rãi, đó là: BT dùng ống chân không (evacuated tube collectors) và BT dạng tấm phẳng (Flat solar collectors). Với BT kiểu ống chân không, chúng tiếp tục được chia thành 2 loại là gia nhiệt trực tiếp và gia nhiệt gián tiếp.

Trong bộ thu ống chân không loại gia nhiệt trực tiếp (Hình 1), nước cần gia nhiệt sẽ dẫn trong ống thủy tinh, được sơn phủ màu đen để tăng cường hấp thụ bức xạ, và được nối vào bình chứa nước. Ống dẫn nước này được bọc

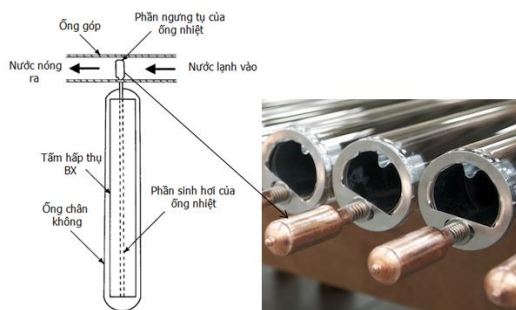
bên ngoài bởi 1 ống thủy tinh khác. Môi trường giữa 2 ống này được duy trì ở độ chân không nhất định nhằm giảm tổn thất nhiệt từ nước nóng ra môi trường. Vì cấu tạo đơn giản, vật liệu chế tạo chính là thủy tinh nên giá thành của kiểu bộ thu này thấp. Chính vì vậy, chúng được sử dụng rất phổ biến. Tuy nhiên, tuổi thọ của bộ thu này ngắn, hiệu quả giảm nhanh khi độ chân không giảm. Và ở các nước hàn đới, nước trong các ống dễ bị đóng băng vào mùa đông.



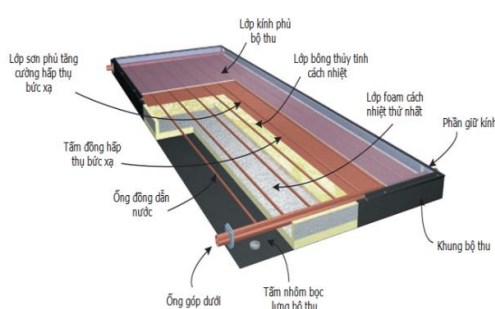
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý và hình thực tế bộ thu ống chân không gia nhiệt trực tiếp

Trong khi đó, với kiểu BT ống chân không gia nhiệt gián tiếp, bộ phận sinh hơi của ống nhiệt sẽ nhận nhiệt từ bức xạ từ mặt trời. Sau đó, tại phần ngưng tụ của ống nhiệt, môi chất sẽ truyền nhiệt đến nước trong bình chứa hoặc trong ống góp. Với kiểu BT này, tốc độ gia nhiệt nước sẽ chậm hơn so với loại gia nhiệt trực tiếp. Tuy nhiên, độ bền và tuổi thọ cao hơn so với loại gia nhiệt trực tiếp. Và giá thành của nó cao hơn so với loại gia nhiệt trực tiếp vì ứng dụng công nghệ ống nhiệt (Heatpipe). Nguyên lý cấu tạo và hình ảnh cấu tạo thực tế của BT ống chân không gia nhiệt gián tiếp được biểu diễn ở Hình 2.

Với kiểu BT dạng tấm phẳng (flat solar collectors), nước sẽ dẫn vào các ống góp rồi được chia vào các ống hấp thụ bức xạ mặt trời. Các ống dẫn nước thường được làm bằng đồng. Để tăng cường trao đổi nhiệt, những ống hấp thụ bức xạ này được làm cánh. Vật liệu làm cánh thông thường là nhôm hoặc đồng.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý và cấu tạo thực tế của bộ thu ống chân không gia nhiệt gián tiếp



Hình 3. Nguyên lý cấu tạo bộ thu phẳng

Hình 3 thể hiện nguyên lý cấu tạo của BT phẳng. Phía trên bề mặt bộ thu là tấm lấy sáng, vật liệu chế tạo chủ yếu là kính. Khác với bộ thu ống chân không, môi trường giữa bề mặt hấp thụ bức xạ và tấm lấy sáng không cần duy trì ở áp suất chân không. Giá thành của bộ thu cao do sử dụng kim loại màu trong chế tạo. Tuy nhiên, tuổi thọ bộ thu rất dài, độ bền cao hơn so với các bộ thu ống chân không, vì không gặp phải vấn đề mất chân không trong quá trình hoạt động.

Theo tài liệu [4], tính riêng tại khu vực châu Á (không kể Trung Quốc), 63% các bộ thu được lắp đặt vận hành thuộc kiểu tấm phẳng (Flat solar collectors), 37% còn lại là bộ thu kiểu ống chân không (năm 2016).

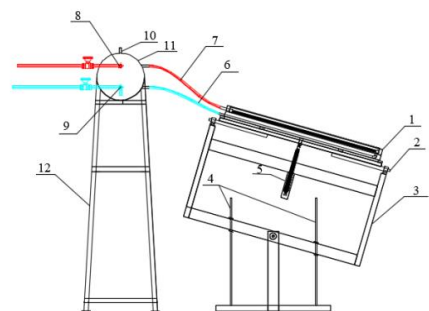
Qua tìm hiểu các kiểu bộ thu gia nhiệt nước nóng trên, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn thiết kế và chế tạo mô hình BT gia nhiệt nước nóng kiểu tấm phẳng, bởi các lý do sau:

Thứ nhất: BT dùng ống chân không có nhược điểm là dễ mất chân không trong quá trình vận hành, đặc biệt nếu bộ thu bị rung lắc. Do đó, nếu thiết kế BT dạng động kiểu ống chân không thì trong quá trình bộ thu chuyển động theo vị trí của mặt trời có thể làm nứt vỡ ống, gây mất chân không trong ống. Kết quả hiệu quả làm việc của BT giảm đáng kể. Đây là lý do quan trọng nhất;

Thứ hai: BT phẳng có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo, không cần tạo môi trường chân không. Do đó, phù hợp với khả năng chế tạo tại địa phương.

Thứ ba: Theo tài liệu [4], BT kiểu tấm phẳng được sử dụng rất phổ biến tại khu vực châu Á nói chung, và Việt Nam nói riêng. Do đó, điều này giúp đảm bảo tính khả thi khi áp dụng kết quả nghiên cứu vào điều kiện bức xạ tại Việt Nam.

2.2. Mô hình thiết bị thực nghiệm



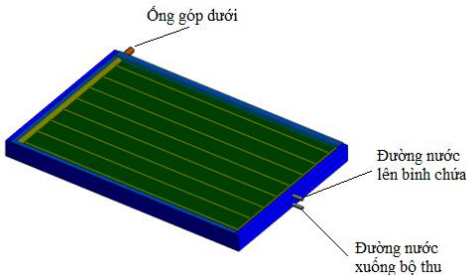
Hình 4. Bản vẽ mô hình thực nghiệm bộ thu NLMT

- 1- Bộ thu năng lượng mặt trời; 2- Ổ bi; 3-Khung đỡ bộ thu;
- 4-Các vít nâng; 5-Xilanh điện; 6-Ống mềm dẫn nước lạnh và;
- 7-Nước nóng ra khỏi bộ thu; 8- Đường nước nóng ra khỏi bình chứa; 9-Đường nước lạnh vào bình chứa; 10- Ống thông hơi;
- 11-Bình chứa; 12-Khung đỡ bình chứa

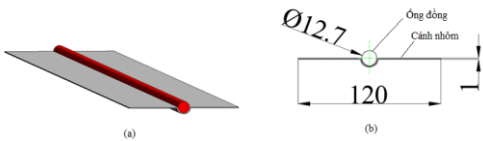
Nhóm nghiên cứu đã tính toán thiết kế và chế tạo mô hình BT NLMT gia nhiệt nước nóng dạng động kiểu tấm phẳng, có sơ đồ cấu tạo như Hình 4. BT được chế tạo cho phép có thể xoay theo hướng mặt trời, theo hướng Đông – Tây (theo ngày) và theo hướng Bắc – Nam (theo mùa). Cụ thể, BT xoay theo hướng Đông – Tây nhờ 1 xilanh điện (5), được điều khiển bởi một mạch điện tử gồm các cảm biến quang học. Trong khi đó, bằng cách điều chỉnh các vít nâng (4), độ nghiêng của BT theo hướng Bắc – Nam có thể được điều chỉnh. Vì sự thay đổi của vị trí mặt trời theo mùa trong năm diễn ra rất chậm, nên việc thay đổi độ nghiêng BT theo hướng Bắc Nam sẽ được điều chỉnh định kỳ.

2.2.1. Cấu tạo chi tiết bộ thu

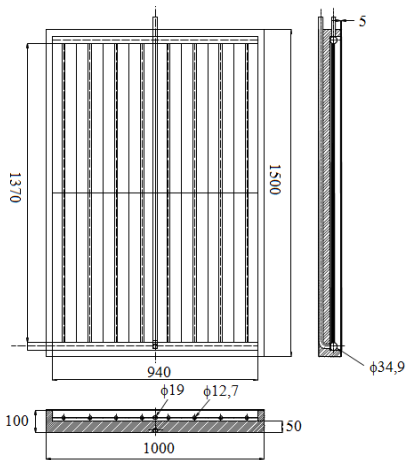
Trong mô hình thiết bị này, BT NLMT dạng tấm phẳng (1) là thành tố quan trọng nhất. Nó bao gồm 8 ống đồng hấp thụ có đường kính ngoài 12,7mm, chiều dày 0,6 mm được nối vào 2 ống góp chính có đường kính ngoài 34,9mm, chiều dày 1,8mm; 1 đường ống nước lên bình chứa và xuống bộ thu có đường kính ngoài 19mm, chiều dày 1mm; Các mặt bên và mặt dưới bộ thu được bọc bông thủy tinh cách nhiệt có độ dày 50mm; và một lớp bảo ôn, cách âm bên ngoài lớp cách nhiệt bằng vật liệu inox 304 dày 1mm. Hình 5 là mô Hình 3D của bộ thu. Trong khi đó, Hình 7 là bản vẽ cấu tạo chi tiết của bộ thu. Nhằm tăng diện tích hấp thụ bức xạ, 8 ống đồng hấp thụ bức xạ được làm cánh. Cánh được chế tạo bằng vật nhôm là nhôm, có bước cánh 120 mm, chiều dày cánh 1mm. Hình 6 biểu diễn mặt cắt ngang của cánh và ống đồng.



Hình 5. Bản vẽ 3D mô hình bộ thu



Hình 6. Hình 3D cấu tạo cánh (a) và mặt cắt ngang cấu tạo cánh (b)



Hình 7. Bản vẽ cấu tạo chi tiết bộ thu

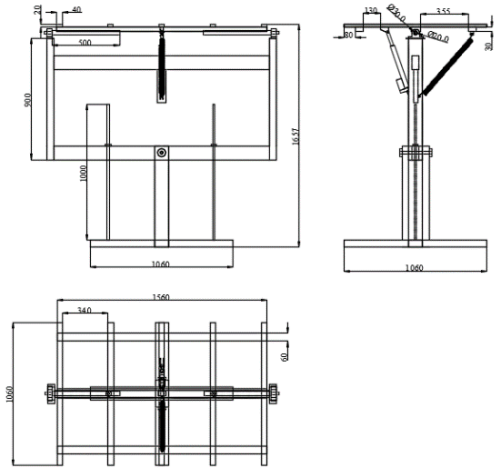
2.2.2. Cấu tạo phần khung bộ thu

Để BT có thể xoay theo mùa trong năm (theo hướng Bắc – Nam) và theo giờ trong ngày (theo hướng Đông – Tây) thì phần khung BT là vô cùng quan trọng. Cấu tạo chi tiết của khung BT được thể hiện ở Hình 8.

Phần khung được chế tạo từ thép hộp mạ kẽm. Phần khung trên là nơi đặt bộ thu có kích thước 1,56x1,06m được gá hai đầu vào 2 ổ bi có đường kính lỗ $\phi 17\text{mm}$. Để giảm xóc khi xilanh hoạt động, một lò xo được đặt đối xứng xilanh điện. Trong khi đó, trên khung có 2 vít nâng được

cấu tạo bởi 2 thanh ty đường kính 14mm, cao 1000mm. Bằng cách điều chỉnh độ cao 2 thanh ty này mà độ nghiêng bộ thu có thể được điều chỉnh theo sự thay đổi vị trí của mặt trời theo hướng Bắc Nam (theo mùa trong năm).

Nguyên lý hoạt động của bộ thu như sau: Nước lạnh từ bình chứa (11) sẽ đi theo ống nước lạnh (6) đi vào ống góp phía dưới bộ thu và chia đều cho các ống đồng, bộ thu sẽ hấp thụ nhiệt từ bức xạ mặt trời gia nhiệt cho nước, nhờ vào hiệu ứng siphon nhiệt nước lạnh có khối lượng riêng lớn nên nằm ở phía dưới, còn nước khi đã nhận nhiệt thì thể tích riêng tăng lên đồng thời làm cho khối lượng riêng giảm nên nước nóng sẽ chuyển lên phía trên vào ống góp trên theo ống dẫn nước nóng (7) vào bình chứa (11). Kết quả, vòng tuần hoàn tự nhiên của nước trong bộ thu được hình thành và duy trì khi có bức xạ mặt trời đến bộ thu.



Hình 8. Bản vẽ cấu tạo khung bộ thu

Sau khi chế tạo, BT được lắp đặt tại trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng (Hình 9). Các thông số cấu tạo chính của mô hình thiết bị được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số cấu tạo cơ bản của bộ thu

TT	Tên thông số	Kích thước	Đơn vị	Ghi chú
1	Kích thước bộ thu (Dài x Rộng x Cao)	1.500x1.000x90	mm	Inox 304, dày 2 mm
2	Ống đồng dẫn nước (ống dài 1,43 m)	Ø16	mm	8 ống
3	Ống góp trên và ống góp dưới (dài 1,0 m)	Ø19	mm	2 ống
4	Tấm nhôm hấp thụ bức xạ (Dài x Rộng)	1.430x940	mm	Dày 1 mm
5	Diện tích hấp thụ bức xạ thực tế, F_{ht}	$1,43 \times 0,94 = 1,3442$	m^2	
6	Dung tích bình chứa nước	90	L	Inox 304, dày 2 mm
7	Tấm polycarbonate (Dài x Rộng x dày)	1.500x1.000x5	mm	Lấy sáng
8	Mạch điện điều khiển xilanh	1	Bộ	
9	Cảm biến quang học	1	Bộ	
10	Xilanh điện	1	Cái	
11	Lò xo giảm xóc	1	cái	
12	Ổ bi đỡ đường kính lỗ $\phi 17\text{mm}$	2	cái	



Hình 9. Mô hình thiết bị thực tế

3. Tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả thí nghiệm

3.1. Tiến hành thí nghiệm

3.1.1. Bộ thu động xoay 1 hướng (seasonal tracking mode)

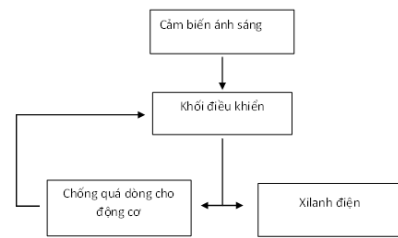
Trong chế độ hoạt động này, chỉ có độ nghiêng của bề mặt BT được điều chỉnh để phù hợp với sự thay đổi vị trí của mặt trời thay đổi theo mùa trong năm, theo hướng Bắc – Nam. Trong khi đó, bề mặt BT sẽ không được điều chỉnh để có thể thay đổi theo hướng Đông – Tây.

Để tiến hành các thí nghiệm trên BT ở chế độ này, 2 vít điều chỉnh (4) (Hình 4) được tác động tạo ra độ nghiêng cho bộ thu sao cho bề mặt bộ thu luôn vuông góc với tia nắng chiếu tới từ mặt trời. Khi độ nghiêng của bề mặt BT được điều chỉnh, thì góc tạo bởi bề mặt bộ thu và mặt phẳng nằm ngang sẽ thay đổi theo. Đây được gọi là góc nghiêng của bộ thu. Trong các BT cố định đang được thương mại trên thị trường, góc nghiêng này có giá trị cố định, và tùy thuộc vào thiết kế của từng nhà sản xuất. Vì sự thay đổi vị trí của mặt trời theo phương Bắc – Nam diễn ra rất chậm, nên nếu mô hình này được áp dụng vào thực tế, việc điều chỉnh độ nghiêng bộ thu có thể được tiến hành hằng tuần hoặc hằng tháng. Với nghiên cứu hiện tại, việc điều chỉnh độ nghiêng bộ thu rất đơn giản và chính xác nhờ một dụng cụ hỗ trợ do nhóm nghiên cứu tự chế tạo. Đó là 1 tấm nhựa phẳng có kích thước 200x200 mm, 01 thanh trụ bằng nhựa cao 100 mm được đính vuông góc lên trên mặt phẳng này. Khi điều chỉnh độ nghiêng của bộ thu, dụng cụ này được đặt lên trên bề mặt BT. 2 vít (4) sẽ được điều chỉnh sao cho bóng của thanh trụ bằng nhựa biến mất trên tấm phẳng. Khi đó, tia nắng tới đã vuông góc với bề mặt BT. Việc điều chỉnh độ nghiêng hoàn tất.

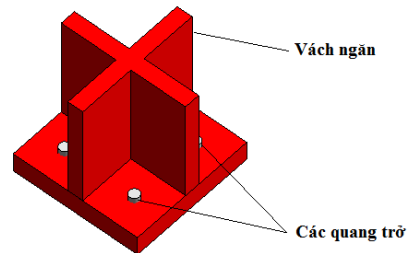
3.1.2. Bộ thu động xoay 2 hướng (Full-tracking mode)

Ở chế độ hoạt động này, cả góc nghiêng của BT được điều chỉnh nhờ các vít nâng (4) sao cho bề mặt bộ thu có thể “bám bắt” theo sự thay đổi vị trí của mặt trời theo phương Bắc – Nam, và bề mặt BT tự động xoay từ Đông sang Tây liên tục theo giờ trong ngày nhờ vào 1 xilanh điện (5) được điều khiển bởi 01 bộ điều khiển tự động do nhóm nghiên cứu thiết kế và chế tạo. Nguyên lý hoạt động của bộ điều khiển này được biểu diễn trên sơ đồ khối ở Hình 10.

Trong bộ điều khiển này, cảm biến ánh sáng được tạo bởi các quang trở (photoresistor), hoạt động dựa trên nguyên tắc hiệu ứng quang điện nội. Cụ thể, 4 quang trở sẽ được đặt tại mỗi một phần tư của diện tích hình vuông bằng nhựa có kích thước 50x50mm. Ở giữa 4 quang trở sẽ được đặt vách ngăn chữ thập với độ cao 50 mm. Hình 11 thể hiện mô hình 3D của cảm biến ánh sáng.



Hình 10. Sơ đồ khối tổng quan hệ thống điều khiển xoay bề mặt bộ thu theo phương Đông – Tây



Hình 11. Mô hình 3D cảm biến ánh sáng

3.1.3. Các thiết bị đo

Trong nghiên cứu này, nhóm sử dụng 3 thiết bị đo để đánh giá hiệu quả hoạt động của BT ở các chế độ vận hành khác nhau. Thứ nhất, trạm quan trắc VANTAGE Pro2 được sử dụng để đo cường độ bức xạ tức thời (bao gồm trực xạ và tán xạ) tới bề mặt trái đất. Giới hạn đo từ 0 đến 1800W/m², sai số 5% trong toàn bộ khoảng đo. Thứ hai, dụng cụ đo nhiệt độ nước 2 đầu tín hiệu mã hiệu TENMARS TM-82N. Nó được sử dụng để đo nhiệt độ nước vào và ra khỏi bộ thu. Giới hạn đo của thiết bị từ -200°C đến 1370°C, sai số ± (0,05% chỉ số hiển thị + 0,7°C). Thứ ba, thiết bị đo nhiệt độ nước trong bình chứa mã hiệu FOX-1004, có khoảng đo từ -40°C đến 90°C, sai số ±1% chỉ số hiển thị. Thiết bị này có đầu dò di động, được sử dụng đo nhiệt độ nước tại các vị trí khác nhau trong bình chứa (11) (Hình 4), vào lúc bắt và kết thúc thí nghiệm.

3.2. Phân tích kết quả thí nghiệm

3.2.1. Các thông số đánh giá hiệu quả hoạt động bộ thu

1. Nhiệt độ nước nóng ra khỏi BT $t_{n,o}$, °C

Đây là giá trị nhiệt độ nước nóng ra khỏi BT vào các thời điểm trong ngày khi tiến hành thí nghiệm.

2. Độ gia nhiệt nước Δt , °C

Độ gia nhiệt nước của BT được tính theo công thức sau:

$$\Delta t = t_{n,o} - t_{n,i}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Sản lượng nhiệt BT trong ngày Q, MJ/ngày

Sản lượng nhiệt BT được tính theo công thức sau:

$$Q = m \times \bar{C}_p \times (\bar{t}_{BC,1} - \bar{t}_{BC,0})$$

Trong đó, $m = V\bar{\rho}_n$ là lượng nước trong bình chứa, kg; $\bar{C}_p$ là nhiệt dung riêng trung bình của nước trong khoảng nhiệt độ $(\bar{t}_{BC,0} \div \bar{t}_{BC,1})$, kJ/kgK; $\bar{t}_{BC,0}$, $\bar{t}_{BC,1}$ lần lượt là nhiệt độ trung bình của nước trong bình chứa vào lúc bắt đầu và kết thúc thí nghiệm, °C.

4. Hiệu suất chuyển hóa năng lượng của BT η , %

Hiệu suất này được tính theo công thức định nghĩa sau:

$$\eta = \frac{Q_{hi}}{Q_{ht}} \times 100, \%$$

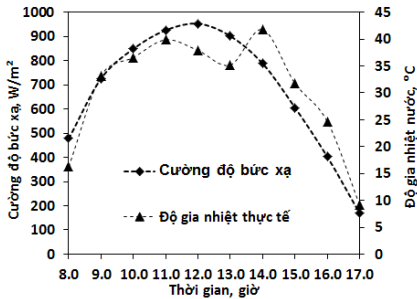
trong đó: $Q_{hi} = \frac{Q}{\tau}$ - Công suất nhiệt hữu ích BT hấp thụ được trong ngày, W. Với τ là thời gian hoạt động của bộ thu trong ngày, s.

$Q_{ht} = \bar{E} \times F_{ht}$ - Công suất bức xạ nhiệt trung bình hấp thụ bởi bề mặt BT, W. Với $\bar{E}$ là cường độ bức xạ trung bình từ mặt trời đến bề mặt BT trong ngày, W/m^2 . $F_{ht} = 1,3442 m^2$ là diện tích hấp thụ bức xạ của BT.

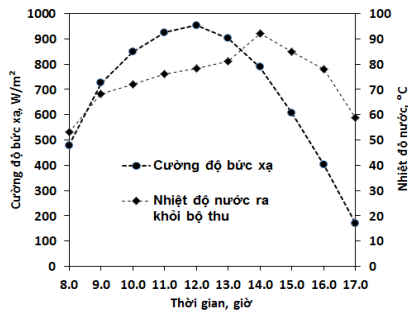
3.2.2. Khi bộ thu xoay 1 hướng - xoay theo mùa (seasonal tracking mode)

Hình 12 và 14 lần lượt thể hiện độ gia nhiệt nước của BT trong 2 ngày thí nghiệm 24/4/2019 và 16/5/2019. Có thể thấy điểm chung là độ gia nhiệt tăng dần khi cường độ bức xạ mặt trời tăng dần. Sau khi đạt giá trị cực đại ở giá trị 41,8°C và 39,4°C lúc 14h, độ gia nhiệt giảm dần cho đến khi kết thúc thí nghiệm.

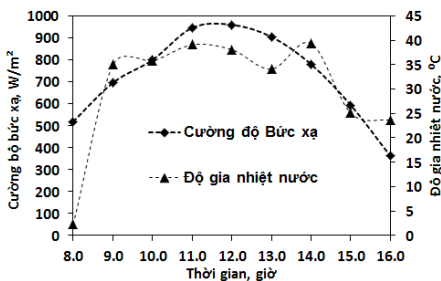
Đặc biệt, độ gia nhiệt nằm ở mức cao và ổn định trong khoảng 9h đến 15h, với độ gia nhiệt trung bình lần lượt là 35,6°C và 35,5°C. Hình 13 và 15 lần lượt thể hiện nhiệt độ nước nóng ra khỏi BT trong 2 ngày tương ứng 24/4/2019 và 16/5/2019. Nhiệt độ nước nóng tăng dần khi bức xạ mặt trời tăng dần, và đạt đỉnh tương ứng ở 92,1°C và 86,7°C. Sau đó, nhiệt độ nước nóng giảm dần cho đến khi kết thúc thí nghiệm.



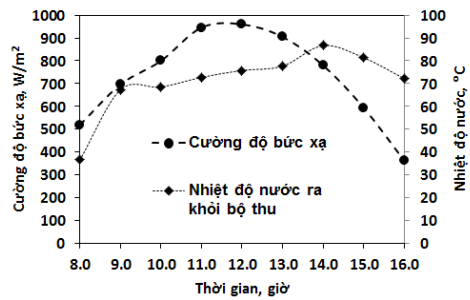
Hình 12. Độ gia nhiệt nước của bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 24/4/2019



Hình 13. Nhiệt độ nước nóng ra khỏi bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 24/4/2019



Hình 14. Độ gia nhiệt nước của bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 16/5/2019



Hình 15. Nhiệt độ nước nóng ra khỏi bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 16/5/2019

Một điểm đáng chú ý là cả nhiệt độ nước nóng ra khỏi BT và độ gia nhiệt đạt giá trị cực đại tại những thời điểm lệch so với thời điểm cường độ bức xạ đạt cực đại. Cụ thể, vào ngày 24/4/2019, cường độ bức xạ đạt cực đại vào lúc 12h ở 953 W/m^2 . Tuy nhiên, nhiệt độ nước nóng cực đại ra khỏi BT và độ gia nhiệt cực đại đạt được vào lúc 14h. Tương tự, vào ngày 16/5/2019, cường độ bức xạ lớn nhất vào lúc 11h30'. Trong khi, độ gia nhiệt và nhiệt độ nước nóng ra khỏi BT lớn nhất ở 14h. Điều này xảy ra do quán tính nhiệt của BT. Quán tính nhiệt BT phụ thuộc vào khối lượng, cũng như vật liệu chế tạo BT. Quán tính nhiệt của bộ thu càng lớn thì độ lệch này càng lớn và ngược lại.

Theo Bảng 2, với cùng lượng nước trong bình chứa 88 kg, nhiệt độ nước nóng cuối ngày trong bình chứa có giá trị lần lượt 66,3° và 62,7°C, tương ứng sản lượng nhiệt sản xuất được bởi BT lần lượt 12,1MJ và 11,2 MJ. Với sản lượng này, nếu quy đổi qua điện năng tiêu thụ để gia nhiệt nước nóng thì mức điện tiêu tốn trong ngày lần lượt 3,4 kWh và 3,1 kWh. Trong khi đó, hiệu suất chuyển hóa năng lượng của 2 bộ thu không lệch nhau quá nhiều, 38,7% (24/4/2019) và 38,5% (16/5/2019).

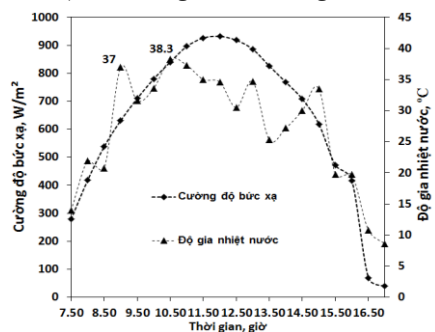
Bảng 2. Sản lượng nhiệt và hiệu suất chuyển hóa năng lượng của bộ thu vào 2 ngày 24/4/2019 và 16/5/2019

TT	Thông số	24/4/2019	16/5/2019	Đơn vị
1	Nhiệt độ trung bình nước trong bình chứa lúc bắt đầu thí nghiệm	33,4	32,2	°C
2	Nhiệt độ trung bình nước nóng trong bình chứa cuối này	66,3	62,7	°C
3	Khối lượng nước trong bình chứa	88	88	kg
4	Sản lượng nhiệt sản xuất bởi bộ thu	12,1	11,2	MJ/ngày
5	Hiệu suất chuyển hóa năng lượng	38,7	38,5	%

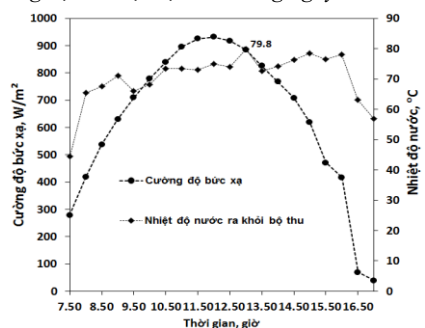
3.2.3. Khi bộ thu xoay 2 hướng (Full –tracking mode)

Hình 16 và 17 thể hiện độ gia nhiệt và nhiệt độ nước nóng ra khỏi bộ thu xoay 2 hướng vào ngày 25/4/2019. So với chế độ xoay 1 hướng của bộ thu vào ngày 24/4/2019, độ gia nhiệt nước cực đại lớn hơn (38,3°C (25/4) và 35,6°C (24/4)). Thời gian để bộ thu đạt độ gia nhiệt cực đại của bộ thu xoay 2 hướng cũng nhanh hơn. Bên cạnh đó, nhiệt độ nước nóng cực đại ra khỏi bộ thu ở chế độ xoay 2 hướng cũng sớm hơn so với xoay 1 hướng 1giờ. Tuy nhiên, nhiệt độ cực đại của bộ thu khi xoay 1 hướng lớn hơn so với xoay 2 hướng, tương ứng 92,1°C và 79,8°C. Điều này có thể giải

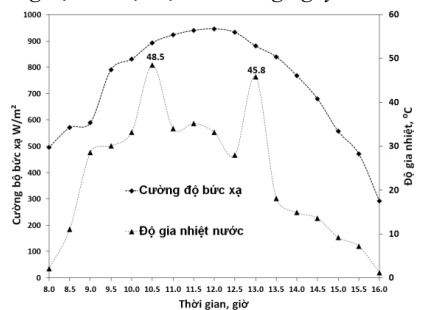
thích do lưu lượng nước trung bình qua bộ thu ở chế độ xoay 2 hướng lớn hơn so với chế độ xoay 1 hướng, lần lượt (theo tính toán) là 11,5 kg/h và 10,6 kg/h.



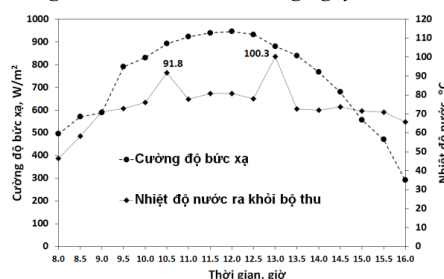
Hình 16. Độ gia nhiệt nước của bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 25/4/2019



Hình 17. Nhiệt độ nước nóng ra khỏi bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 25/4/2019



Hình 18. Độ gia nhiệt nước của bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 20/5/2019



Hình 19. Nhiệt độ nước nóng ra khỏi bộ thu thay đổi theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày, 20/5/2019

Theo kết quả thí nghiệm ngày 20/5/2019 ở Hình 18, độ gia nhiệt đạt giá trị cao tại thời điểm 10h30' (48,5°C) và 13h (45,8°C). Trong khi đó, nhiệt độ nước nóng cực đại ra khỏi bộ thu đạt 100,3°C vào lúc 13h lệch 1 giờ so với thời điểm cường độ bức xạ mặt trời đạt giá trị cực đại (12h). Giá trị nhiệt độ nước nóng 100,3°C (>100°C) là vì áp suất nước

trong bộ thu lớn hơn áp suất khí quyển, gây ra bởi chiều cao lớp nước trong bình chứa (Hình 19).

Theo Bảng 3, nhiệt độ nước cuối ngày trong bình chứa, sản lượng nhiệt và hiệu suất chuyển hóa của bộ thu ở chế độ xoay 2 hướng lớn hơn so với chế độ xoay 1 hướng ở Bảng 2. Với sản lượng sản xuất được bởi BT ở 2 ngày 25/4 và 20/5 là 12,4 MJ và 13,1 MJ. Nếu quy đổi sang phương pháp gia nhiệt nước bằng điện trở, thì tiêu thụ điện năng tương ứng trong ngày lần lượt là 3,4 kWh và 3,6 kWh.

Bảng 3. Sản lượng nhiệt và hiệu suất chuyển hóa năng lượng của bộ thu vào 2 ngày 25/4/2019 và 20/5/2019

TT	Thông số	25/4/2019	20/5/2019	Đơn vị
1	Nhiệt độ trung bình nước trong bình chứa lúc bắt đầu thí nghiệm	32,6	36,7	°C
2	Nhiệt độ trung bình nước nóng trong bình chứa cuối này	66,6	72,4	°C
3	Khối lượng nước trong bình chứa	87,2	88	kg
4	Sản lượng nhiệt sản xuất bởi bộ thu	12,4	13,1	MJ/ngày
5	Hiệu suất chuyển hóa năng lượng	42,6	46,4	%

4. Kết luận

Mô hình được thực nghiệm với điều kiện bức xạ tại Đà Nẵng, vào những ngày gần nhau trong hai tháng 4 và 5 năm 2019, ở 2 chế độ xoay 1 hướng và 2 hướng. Với điều kiện bức xạ gần như giống nhau vào những ngày liên tiếp, nhóm nghiên cứu sẽ có được những phân tích và so sánh hiệu quả hoạt động của bộ thu tương đối chính xác. Từ những phân tích kết quả thí nghiệm của bộ thu ở 2 chế độ, nhóm nghiên cứu rút ra kết luận chính sau:

Với cùng lượng nước trong bình chứa ~88 kg, nhiệt độ nước nóng trung bình trong bình vào cuối ngày của bộ thu xoay 2 hướng cao hơn so với xoay 1 hướng (0,3°C giữa ngày 24/4 và 25/4; 9,7 °C giữa 16/5 và 20/5). Tương tự, sản lượng nhiệt của bộ thu xoay 2 hướng cũng cao hơn (0,3 MJ giữa ngày 24/4 và 25/4; 1,9 MJ giữa 16/5 và 20/5). Cuối cùng, hiệu suất chuyển hóa năng lượng của bộ thu ở chế độ xoay 2 hướng cao hơn với bộ thu xoay 1 hướng, từ 3,9% đến 7,9%. Kết luận này phù hợp với kết quả nghiên cứu [1].

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số T2019-02-53.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Abdallah and S. Nijmeh, "Two axes sun tracking system with PLC control", *Energy Conversion and Management*, vol. 45, no. 11-12, pp. 1931–1939, 2004.
- [2] I.M. Michaelides et al, "Comparison of performance and cost effectiveness of solar water heaters at different collector tracking modes in Cyprus and Greece", *Energy Conversion & Management* 40 (1999) 1287- 1303.
- [3] S. Abdallah and S. Nijmeh, "Two axes sun tracking system with PLC control", *Energy Conversion and Management*, vol. 45, no. 11-12, pp. 1931–1939, 2004.
- [4] Werner Weiss, Monika Spörk-Dür, Solar Heat Worldwide: Global Market Development and Trends in 2017, *IEA Solar Heating & Cooling Programme*, 5/ 2018.