

HIỆU QUẢ ĐUN NƯỚC NÓNG BẰNG BƠM NHIỆT VÀ BẰNG BƠM NHIỆT KẾT HỢP NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI SO VỚI DÙNG BÌNH ĐUN ĐIỆN TRỞ

EFFICIENCY OF HEAT WATER BY HEAT PUMP AND HEAT PUMP COMBINED SOLAR ENERGY COMPARED HEATING ELEMENT

Nguyễn Quốc Uy*, Bùi Mạnh Tú

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày việc tính toán hiệu quả năng lượng và khả năng giảm phát thải khí nhà kính khi đun nước nóng trong lĩnh vực dân dụng (tính cho 1 hộ gia đình có 4 người) bằng bơm nhiệt hoặc bằng bơm nhiệt kết hợp năng lượng mặt trời so với phương án dùng bình đun điện trở truyền thống. Kết quả tính toán cho thấy dùng phương án bơm nhiệt đơn thuần hoặc bơm nhiệt kết hợp năng lượng mặt trời có hiệu quả rõ rệt.

Từ khóa: Đun nước nóng; bơm nhiệt kết hợp năng lượng mặt trời; hiệu quả năng lượng.

ABSTRACT

The paper presents the calculation of energy efficiency and emission reduction potential of domestic hot water heating (for a household of 4 people) by heat pump or by heat pump combined solar energy compared to heating element. Calculation results show that using heat pump or heat pump combined solar energy has obvious efficiency.

Keywords: Heat water; heat pump combined solar energy; energy efficiency.

Khoa Công nghệ Năng lượng, Trường Đại học Điện lực

*Email: uynq@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/4/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2021

1. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐUN NƯỚC NÓNG TRONG LĨNH VỰC DÂN DỤNG

Mặc dù nước ta có khí hậu nhiệt đới, nhưng nhu cầu sử dụng nước nóng trong các hộ gia đình, khách sạn, bệnh viện,... là khá lớn và ngày càng tăng lên. Trong các hộ gia đình, năng lượng để đun nước nóng thường chiếm một tỉ lệ lớn, có thể tới 18% tổng năng lượng sử dụng. Đối với khu vực khách sạn, bệnh viện, năng lượng để sản xuất nước nóng nhiều khi chiếm tới 30% [2]. Xét trên tổng thể cả xã hội thì mức tiêu thụ năng lượng cho việc đun nước nóng như vậy là rất lớn, do đó tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực này có ý nghĩa vô cùng quan trọng.

Đun nước nóng bằng phương pháp truyền thống

Dùng điện trở để đun nóng nước là phương pháp đã được sử dụng từ lâu. Đây là phương pháp đơn giản nhất, để

dàng lắp đặt, sử dụng và chi phí đầu tư thấp, cho nên đến nay, các bình đun nước nóng bằng điện treo tường (thường được gọi là bình nóng lạnh) vẫn được sử dụng phổ biến trong các hộ gia đình. Mặc dù có một số ưu điểm trên, nhưng xét về mặt năng lượng thì phương pháp này tỏ ra kém hiệu quả. Theo QCVN 09:2017/BXD, tổn thất nhiệt của bình đun ở trạng thái chờ được xác định theo công thức [4]:

$$E_{\min} = 5,9 + 5,3.V^{0,5}, W \quad (1)$$

Trong đó, V là thể tích nước chứa trong bình, tính bằng lít. Tổn thất này sẽ có giá trị khoảng 30 ÷ 40W với những bình đun có dung tích 20 ÷ 40 lít, là những loại phổ biến trong các hộ gia đình. Như vậy, với thời gian chờ 24 giờ/ngày, năng lượng tổn thất của bình đun sẽ vào khoảng 720 ÷ 960W.h/ngày, tức là 0,72 ÷ 0,96kW.h/ngày (số điện/ngày). Ngay cả khi bỏ qua tổn thất này, thì với hiệu suất truyền tải điện của lưới điện Quốc gia đạt gần 98% [5], hiệu suất của nhà máy nhiệt điện có thể đạt tới 42,5% [6], hiệu suất chuyển hóa năng lượng từ than (năng lượng sơ cấp) thành nhiệt (đun nóng nước) cũng chỉ bằng: $0,98 \cdot 0,425 = 0,4165$, tức là chưa đến 42%, hiệu suất chuyển hóa như vậy là rất thấp.

Đun nước nóng bằng bơm nhiệt

Bơm nhiệt (BN) và máy lạnh có nguyên lý cấu tạo và hoạt động hoàn toàn giống nhau, đều là máy nhiệt làm việc theo chu trình ngược chiều. Với máy lạnh thì nhiệt hữu ích là nhiệt lấy đi ở dàn lạnh (dàn bay hơi), còn với BN thì nhiệt hữu ích lại là nhiệt nhả ra ở dàn nóng (dàn ngưng tụ). Bơm nhiệt đun nước nóng sử dụng nhiệt nhả ra ở dàn ngưng tụ để đun nước.

Đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời (NLMT) là nguồn năng lượng sạch và miễn phí, có tiềm năng lớn nhất trong số các nguồn năng lượng tái tạo (NLTT), ngày càng được sử dụng nhiều hơn cho việc sản xuất trực tiếp điện năng (pin mặt trời) và nhiệt năng, trong đó đun nước nóng là ứng dụng phổ biến nhất, dễ thực hiện và an toàn. Một nhược điểm cố hữu của NLTT nói chung và NLMT nói riêng là tính không ổn định. Vào những ngày trời lạnh, nhu cầu sử dụng nước nóng tăng cao thì cường độ bức xạ mặt trời lại giảm, thậm chí có

khi giảm đến 0, nên không thể có nước nóng sử dụng. Do vậy, để đảm bảo cung cấp nước nóng ổn định, việc sử dụng kết hợp một nguồn nhiệt dự phòng luôn là cần thiết.

Đun nước nóng bằng bơm nhiệt kết hợp với năng lượng mặt trời

Mặc dù NLMT là miễn phí và sử dụng nó trực tiếp ở dạng nhiệt có thể xem như không gây ô nhiễm môi trường, song, do tính không ổn định của nó, để đảm bảo cung cấp nước nóng trong mọi điều kiện thời tiết, việc sử dụng NLMT kết hợp với một nguồn nhiệt dự phòng là cần thiết. Vì thế, sử dụng NLMT để đun nước nóng có kết hợp với BN là một giải pháp hợp lý cả về kinh tế lẫn kỹ thuật [2]. Việc nghiên cứu đánh giá hiệu quả năng lượng và khả năng giảm phát thải khi đun nước nóng bằng BN hoặc bằng BN kết hợp NLMT cho các vùng khí hậu của Việt Nam hiện chưa được nghiên cứu đầy đủ và đây sẽ là nội dung của nghiên cứu này.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ BƠM NHIỆT VÀ VỀ BỘ THU NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

2.1. Sơ lược cơ sở lý thuyết về bơm nhiệt

Công nén thực của BN được xác định:

$$l_r = \frac{l_s}{\eta_s}, \text{ kJ/kg} \tag{2}$$

Trong đó: l_s là công nén đoạn nhiệt thuận nghịch, $l_s = i_{2s} - i_1$, kJ/kg; l_r là công nén đoạn nhiệt thực, $l_r = i_{2r} - i_1$, kJ/kg; η_s là hiệu suất không thuận nghịch của máy nén, phụ thuộc vào mức độ hoàn thiện công nghệ của máy.

Công suất nén thực của BN được xác định:

$$L_r = G \cdot l_r = G \cdot (i_{2r} - i_1), \text{ W} \tag{3}$$

Ở đây, G là lưu lượng khối lượng môi chất lạnh tuần hoàn trong bơm nhiệt, g/s.

Nhiệt riêng nhả ra trong quá trình ngưng tụ (nhiệt hữu ích của BN ứng với 1 kg môi chất):

$$q_k = i_{2r} - i_3, \text{ kJ/kg} \tag{4}$$

Năng suất nhiệt của BN được xác định theo công thức:

$$Q_k = G \cdot q_k = G \cdot (i_{2r} - i_3), \text{ W} \tag{5}$$

Nhiệt riêng nhận vào ở nguồn lạnh:

$$q_0 = i_1 - i_4 = i_1 - i_3, \text{ kJ/kg} \tag{6}$$

Năng suất thu nhiệt ở nguồn lạnh:

$$Q_0 = G \cdot q_0 = G \cdot (i_1 - i_3), \text{ W} \tag{7}$$

Trên cơ sở đó, để đánh giá hiệu quả của quá trình biến công tiêu tốn trong máy nén thành nhiệt nhả ra ở dàn ngưng, hệ số hiệu quả năng lượng của BN được xác định theo công thức:

$$COP_H = \frac{Q_k}{L_r} = \frac{q_k}{l_r} = \frac{i_{2r} - i_3}{i_{2r} - i_1} \tag{8}$$

Nếu so sánh với hệ số hiệu quả của máy lạnh tương ứng (COP_R) thì:

$$COP_H = \frac{Q_k}{L_r} = \frac{q_k}{l_r} = \frac{l_r + q_0}{l_r} = 1 + COP_R \tag{9}$$

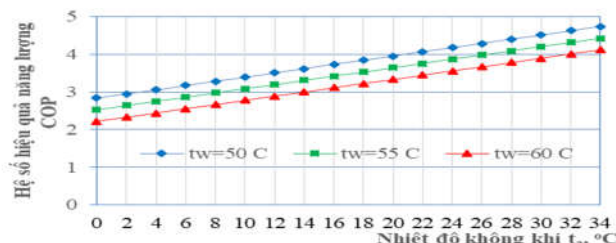
Với các BN đun nước nóng của một số hãng được sử dụng phổ biến hiện nay, thông qua thực nghiệm, thấy rằng hệ số hiệu quả năng lượng của BN (COP) thường chịu ảnh

hưởng khá nhiều của điều kiện thời tiết và có thể xác định theo công thức (10) [13]:

$$COP = 5,935 + 0,056 \cdot t_a - 0,062 \cdot t_w \tag{10}$$

Trong đó: t_a là nhiệt độ không khí môi trường, °C; t_w là nhiệt độ nước nóng trong bình ngưng tụ, °C.

Hệ số hiệu quả năng lượng của BN (COP) sẽ tăng khi nhiệt độ không khí môi trường (t_a) tăng và nhiệt độ nước nóng (t_w) giảm. Đồ thị hình 1 thể hiện quan hệ này.



Hình 1. Hệ số hiệu quả năng lượng của BN phụ thuộc nhiệt độ môi trường và nhiệt độ nước nóng

2.2. Sơ lược cơ sở lý thuyết về năng lượng mặt trời

Cường độ bức xạ mặt trời ở bên ngoài khí quyển trái đất theo hướng vuông góc với chùm tia bức xạ thay đổi theo ngày và được tính theo công thức sau [10]:

$$G_{o,n} = G_{sc} \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right), \text{ W/m}^2 \tag{11}$$

Trong đó $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$ là hằng số mặt trời và n là số thứ tự của ngày trong năm ($n = 1 \div 365$).

Khi đi vào khí quyển của trái đất, bức xạ mặt trời va chạm với các phân tử không khí, nước và bụi nên một phần bị đổi hướng, đồng thời cũng có hiện tượng hấp thụ bức xạ bởi các phân tử khí có 3 hoặc nhiều hơn 3 nguyên tử như CO₂, H₂O, O₃,... làm suy giảm cường độ bức xạ. Nghiên cứu này không tập trung vào việc xác định bức xạ trên bề mặt trái đất, mà sẽ sử dụng các số liệu về bức xạ và nhiệt độ không khí đã được công bố trong Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 02:2009/BXD [3] để tính toán cho việc đun nước nóng. Trên cơ sở đã biết các số liệu về tổng xạ và tán xạ trên mặt bằng, xác định được tổng xạ trên mặt nghiêng của bộ thu NLMT như sau [10]:

$$G_T = (G - G_d) \cdot R_b + G_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + G \cdot \rho_g \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right), \text{ W/m}^2 \tag{12}$$

Trong đó: G là cường độ bức xạ toàn phần (tổng xạ) trên mặt phẳng nằm ngang (mặt bằng), W/m^2 ; G_d là tán xạ trên mặt bằng, W/m^2 ; G_T là tổng xạ trên mặt nghiêng bộ thu, W/m^2 ; ρ_g là hệ số phản xạ mặt đất, phụ thuộc vào tính chất của môi trường xung quanh bộ thu (bê tông, gạch ngói hay cây cỏ,...); β là góc nghiêng bộ thu, độ. Thông thường, để đạt hiệu quả cao, các bộ thu thường được lắp đặt với góc nghiêng bằng vĩ độ đặt bộ thu [10]; R_b là hệ số chuyển đổi trực xạ từ mặt bằng lên mặt nghiêng, được xác định theo công thức [10]:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \omega_s \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot \omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta} \tag{13}$$

Ở đây: δ là góc lệch (góc tạo bởi mặt phẳng hoàng đạo và mặt phẳng xích đạo của trái đất), độ:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin(360 \cdot (284 + n) / 365) \tag{14}$$

n là số thứ tự của ngày trong năm ($n = 1 \div 365$); φ là góc vĩ độ nơi đặt bộ thu, độ;

ω'_s là góc giờ mặt trời mọc (lặn) ứng với mặt phẳng nghiêng, độ:

$$\omega'_s = \arccos(-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan \delta) \quad (15)$$

ω_s là góc giờ mặt trời mọc (lặn) ứng với mặt phẳng ngang, độ:

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (16)$$

Từ đây, tính tổng lượng bức xạ trên mặt phẳng bộ thu trong 1 ngày:

$$I_T = (I - I_d) \cdot R_b + I_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_g \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right), \text{ W.h}/(\text{m}^2 \cdot \text{ngày}) \quad (17)$$

Trong đó: I là cường độ bức xạ toàn phần (tổng xạ) trên mặt phẳng nằm ngang (mặt bằng) tính trong 1 ngày, $\text{W.h}/(\text{m}^2 \cdot \text{ngày})$; I_d là tán xạ trên mặt bằng trong 1 ngày, $\text{W.h}/(\text{m}^2 \cdot \text{ngày})$; I_T là tổng xạ trên mặt nghiêng bộ thu trong 1 ngày, $\text{W.h}/(\text{m}^2 \cdot \text{ngày})$;

2.3. Công suất và hiệu suất của bộ thu năng lượng mặt trời

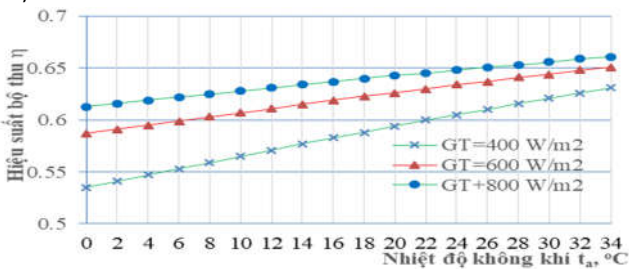
Trên thị trường hiện nay có khá nhiều nhà cung cấp thiết bị đun nước nóng bằng NLMT với rất nhiều chủng loại về mẫu mã và giá cả. Hiệu suất nhiệt của các loại bộ thu khác nhau dùng trong dân dụng của mỗi hãng cũng rất khác nhau, ở đây sử dụng giá trị hiệu suất trung bình theo công thức [9]:

$$\eta = 0,691 - 0,83 \cdot t_m^* - 0,0035 \cdot G_T \cdot (t_m^*)^2 \quad (18)$$

Trong đó, t_m^* là độ chênh nhiệt độ đơn vị, là thông số đặc trưng cho chế độ vận hành của bộ thu:

$$t_m^* = \frac{t_w - t_a}{G_T}, \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \quad (19)$$

G_T là cường độ bức xạ tổng (tổng xạ) trên bề mặt bộ thu, W/m^2 .



Hình 2. Hiệu suất bộ thu phụ thuộc nhiệt độ môi trường và cường độ bức xạ

Quan hệ giữa hiệu suất bộ thu với nhiệt độ môi trường và cường độ bức xạ được thể hiện trên hình 2.

Theo định nghĩa chung, hiệu suất của bộ thu NLMT còn được xác định theo công thức [10]:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot G_T} \quad (20)$$

Ở đây, Q_u là công suất nhiệt hữu ích của bộ thu, W ; A_c là diện tích bề mặt hấp thụ bức xạ của bộ thu NLMT, m^2 .

Vì vậy, công suất nhiệt của bộ thu NLMT có thể được xác định theo công thức: $Q_u = \eta \cdot A_c \cdot G_T$, W (21)

Để sử dụng các dữ liệu thời tiết đã được công bố trong Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 02:2009/BXD [3], các công thức (18), (19), (20), (21) sẽ chuyển sang dạng tính cho 1 ngày:

- Hiệu suất của bộ thu NLMT trung bình trong ngày:

$$\eta_d = 0,691 - 0,83 \cdot t_{m,d}^* - 0,0035 \cdot I_T \cdot (t_{m,d}^*)^2 \quad (22)$$

Trong đó, I_T là tổng lượng bức xạ trên mặt phẳng nghiêng của bộ thu trong 1 ngày, $\text{W.h}/(\text{m}^2 \cdot \text{ngày})$, được xác định theo công thức (17). Chênh lệch nhiệt độ đơn vị được xác định theo công thức:

$$t_{m,d}^* = \frac{t_w - t_a}{I_T} \cdot \tau_s, \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \quad (23)$$

Ở đây, τ_s là số giờ nắng trong ngày, xác định theo QCVN 02:2009/BXD, $\text{h}/\text{ngày}$.

- Năng lượng nhiệt hữu ích được cung cấp bởi bộ thu NLMT trong 1 ngày:

$$Q_{u,d} = \eta_d \cdot A_c \cdot I_T \cdot 3,6, \text{ kJ}/\text{ngày} \quad (24)$$

3. TÍNH TOÁN HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG VÀ MỨC GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH

3.1. Hiệu quả năng lượng

Tính chung cho các địa phương trên cả nước, lấy mức tiêu thụ nước nóng bình quân đầu người là 45 lít/người/ngày. Lấy số người trung bình trong mỗi hộ gia đình là 4 người thì mức tiêu thụ nước nóng hàng ngày của 1 hộ sẽ là $4 \times 45 = 180$ lít.

- Lượng nhiệt cần thiết để đun nước nóng trong 1 ngày được xác định như sau:

$$Q_n = G_n \cdot C_{pn} \cdot (t_{nn} - t_{nl}), \text{ kJ}/\text{ngày} \quad (25)$$

Trong đó: t_{nn} và t_{nl} tương ứng là nhiệt độ nước nóng (lấy chuẩn là 60°C) và nhiệt độ nước lạnh (gần đúng lấy bằng nhiệt độ không khí); C_{pn} là nhiệt dung riêng của nước, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, xác định theo giá trị nhiệt độ trung bình của nước nóng và nước lạnh: $t_n = (t_{nn} + t_{nl})/2$; G_n là khối lượng nước nóng cần đun trong ngày, $\text{kg}/\text{ngày}$:

$$G_n = V_n \cdot \rho_n / 1000, \text{ kg}/\text{ngày} \quad (26)$$

V_n là thể tích nước nóng, lít/ngày; ρ_n là khối lượng riêng của nước nóng, kg/m^3 .

Sử dụng phần mềm EES [12], là một phần mềm chuyên dụng để giải các phương trình và hệ phương trình kỹ thuật, ở đó có tích hợp sẵn các hàm nhiệt động của nhiều môi chất (nước, không khí, môi chất lạnh,...), kết hợp với các dữ liệu thời tiết (nhiệt độ không khí trung bình, tổng xạ trên mặt bằng,...) để giải các phương trình (13) ÷ (26), xác định được lượng nhiệt cần thiết để đun nước nóng trong 1 ngày theo từng tháng ứng với 13 địa danh trên cả nước.

- Điện năng tiêu thụ trong 1 tháng cho việc đun nước bằng bình đun điện được tính theo công thức:

$$E_{bd} = Q_n \cdot N_d / (3600 \cdot \eta_{bd}), \text{ kW.h}/\text{tháng} \quad (27)$$

N_d là số ngày trong tháng; η_{bd} là hiệu suất của bình đun điện, lấy trung bình $\eta_{bd} = 0,95$.

- Điện năng tiêu thụ hàng tháng để đun nước nóng bằng BN đơn thuần được xác định theo công thức:

$$E_{bn} = Q_n \cdot N_d / (3600 \cdot \text{COP}), \text{ kW.h}/\text{tháng} \quad (28)$$

Hệ số hiệu quả năng lượng COP của BN được xác định theo công thức (10).

- Lượng nhiệt do NLMT cung cấp còn thiếu trong 1 ngày cần được bổ sung bằng BN: $Q_{BN-MT} = Q_n - Q_{MT}$, $\text{kJ}/\text{ngày}$ (29)

Trong đó, Q_n là lượng nhiệt cần thiết để đun nước nóng trong ngày, xác định theo công thức (25); Q_{MT} là lượng nhiệt được cung cấp bởi bộ thu NLMT, có giá trị bằng $Q_{u,d}$ tính theo công thức (24).

- Điện năng tiêu thụ trong tháng cho BN hỗ trợ được tính theo công thức:

$$E_{BN-MT} = Q_{BN-MT} \cdot N_d / (3600 \cdot COP), \text{ kW.h/tháng} \quad (30)$$

- Điện năng tiết kiệm được trong 1 năm khi dùng BN so với dùng bình đun điện:

$$\Delta E_1 = \sum_{i=1}^{12} (E_{bd,i} - E_{bn,i}), \text{ kW.h/năm} \quad (31)$$

Trong đó, $E_{bd,i}$ và $E_{bn,i}$ tương ứng là điện năng tiêu thụ của tháng thứ i ($i = 1 \div 12$) cho phương án dùng bình đun điện và phương án dùng BN, được xác định theo công thức (27) và công thức (28).

Hoặc đánh giá hiệu quả tiết kiệm ở dạng tương đối:

$$h_1 = \frac{\Delta E_1}{\sum_{i=1}^{12} E_{bd,i}} \cdot 100\% \quad (32)$$

- Điện năng tiết kiệm trong 1 năm khi dùng BN kết hợp với NLMT so với dùng điện trở truyền thống:

$$\Delta E_2 = \sum_{i=1}^{12} (E_{bd,i} - E_{BN-MT,i}), \text{ kW.h/năm} \quad (33)$$

Trong đó, $E_{BN-MT,i}$ là điện năng tiêu thụ của tháng thứ i ($i=1 \div 12$) cho phương án dùng BN kết hợp với NLMT, được xác định theo công thức (30).

Hoặc đánh giá hiệu quả tiết kiệm ở dạng tương đối:

$$h_2 = \frac{\Delta E_2}{\sum_{i=1}^{12} E_{bd,i}} \cdot 100\% \quad (34)$$

Kết quả tính toán được trình bày trong bảng 1.

Đà Lạt và Sa Pa là 2 địa danh có nhiệt độ trung bình thấp nhất cả nước (tương ứng là 17,9°C và 15,3°C) nên kết quả tính toán theo bảng 1 cho thấy tiêu thụ điện năng để đun nước nóng hàng năm bằng điện trở ở đây cũng lớn nhất (tương ứng là 3350,7kW.h và 3557,8kW.h). Điện năng tiết kiệm được khi dùng phương án đun nước bằng BN hoặc bằng BN kết hợp với NLMT so với dùng điện trở có giá trị tuyệt đối là lớn nhất ở 2 địa danh này (tương ứng là 2360,7kW.h và 2444,3kW.h, hoặc 3253,9kW.h và 3022,2kW.h). Hiệu quả tiết kiệm năng lượng ở dạng tương

đối, nhỏ nhất là ở Sa Pa (68,7% và 84,9%) và lớn nhất ở Tân Sơn Nhất (74,6% và 100%). Xét tổng thể thì tất cả 13 địa danh đặc trưng trên cả nước, việc đun nước nóng bằng BN kết hợp với NLMT đều đem lại hiệu quả rất cao (năng lượng tiết kiệm được đều đạt trên 84% và thậm chí tới 100%).

3.2. Suất tiêu thụ điện năng và khả năng giảm phát thải khi dùng bơm nhiệt hoặc dùng bơm nhiệt kết hợp với năng lượng mặt trời để đun nước nóng

- Một đại lượng quan trọng đặc trưng cho hiệu quả năng lượng của các hệ thống nói chung là suất tiêu thụ điện năng e , được định nghĩa là tỉ số giữa lượng điện năng tiêu thụ E và khối lượng vật chất cần gia công nhiệt G :

$$e = \frac{E}{G}, \text{ kW.h/kg} \quad (35)$$

Trên cơ sở định nghĩa này, xác định suất tiêu thụ điện năng cho hệ thống đun nước nóng dùng điện trở, hệ thống dùng BN và hệ thống dùng BN kết hợp với NLMT (số kilo Watt giờ điện để đun 1 lít nước nóng từ nhiệt độ môi trường đến nhiệt độ yêu cầu, lấy là 60°C):

$$e_{bd} = \frac{E_{bd}}{G_n}, \text{ kW.h/lít} \quad (36)$$

$$e_{bn} = \frac{E_{bn}}{G_n}, \text{ kW.h/lít} \quad (37)$$

$$e_{BN-MT} = \frac{E_{BN-MT}}{G_n}, \text{ kW.h/lít} \quad (38)$$

- Phát thải khí nhà kính (chủ yếu là CO_2) của một hệ thống sử dụng điện năng được tính theo công thức:

$$G_{CO_2} = E \cdot EF, \text{ kgCO}_2/\text{năm} \quad (39)$$

Trong đó: E là điện năng sử dụng, kW.h/năm; EF là hệ số phát thải của lưới điện, $kgCO_2/kW.h$.

Theo thông báo của Cục Biến đổi khí hậu - Bộ Tài nguyên và Môi trường [1], hệ số phát thải trung bình của lưới điện Việt Nam năm 2018 là $EF = 0,9130 \text{ tCO}_2/\text{MW.h} = 0,913 \text{ kgCO}_2/\text{kW.h}$. Sử dụng số liệu này kết hợp với kết quả tính toán lượng tiết kiệm điện năng ở trên, xác định được mức giảm phát thải khí nhà kính khi dùng BN và khi dùng BN kết hợp với NLMT để đun nước ứng với 13 địa danh trên cả nước.

Bảng 1. So sánh tiêu thụ điện năng giữa các phương án (tính cho hộ gia đình có 4 người)

TT	Địa danh	Dùng bình đun điện, kW.h/năm	Dùng bơm nhiệt đơn thuần			Dùng bơm nhiệt kết hợp NLMT		
			Điện năng tiêu thụ, kW.h/năm	Điện năng tiết kiệm, kW.h/năm	Hiệu quả tiết kiệm, h_1 , %	Điện năng tiêu thụ, kW.h/năm	Điện năng tiết kiệm, kW.h/năm	Hiệu quả tiết kiệm, h_2 , %
1	Lai Châu	2942,0	805,2	2136,8	72,6%	114,1	2827,9	96,1%
2	Sơn La	3092,8	873,5	2219,3	71,8%	73,5	3019,3	97,6%
3	Sa Pa	3557,8	1113,5	2444,3	68,7%	535,6	3022,2	84,9%
4	Cao Bằng	3055,8	862,4	2193,4	71,8%	213,6	2842,2	93,0%
5	Hà Nội	2888,9	786,6	2102,3	72,8%	165,0	2723,9	94,3%
6	Phù Liên	2937,0	806,4	2130,6	72,5%	212,5	2724,5	92,8%
7	Thanh Hóa	2889,8	786,0	2103,8	72,8%	163,4	2726,4	94,3%
8	Vinh	2866,9	776,2	2090,7	72,9%	228,7	2638,2	92,0%
9	Đà Nẵng	2715,9	708,5	2007,4	73,9%	66,1	2649,8	97,6%
10	Pleiku	3045,3	845,0	2200,3	72,3%	39,3	3006,0	98,7%
11	Đà Lạt	3350,7	990,0	2360,7	70,5%	96,8	3253,9	97,1%
12	Tân Sơn Nhất	2593,0	657,7	1935,3	74,6%	0,0	2593,0	100,0%
13	Cần Thơ	2650,7	679,7	1971,0	74,4%	2,2	2648,5	99,9%

Bảng 2. Phát thải CO₂ hàng năm và mức giảm phát thải của các phương án đun nước (với 1 hộ gia đình có 4 người)

TT	Địa danh	Dùng bình đun điện		Dùng bơm nhiệt đơn thuần			Dùng bơm nhiệt kết hợp NLMT		
		Suất tiêu thụ điện năng, kW.h/lít	Lượng phát thải hàng năm, kgCO ₂ /năm	Suất tiêu thụ điện năng, kW.h/lít	Lượng phát thải hàng năm, kgCO ₂ /năm	Mức giảm phát thải, kgCO ₂ /năm	Suất tiêu thụ điện năng, kW.h/lít	Lượng phát thải hàng năm, kgCO ₂ /năm	Mức giảm phát thải, kgCO ₂ /năm
1	Lai Châu	0,045	2686	0,012	735	1951	0,002	104	2582
2	Sơn La	0,047	2824	0,013	798	2026	0,001	67	2757
3	Sa Pa	0,054	3248	0,017	1017	2232	0,008	489	2759
4	Cao Bằng	0,047	2790	0,013	787	2003	0,003	195	2595
5	Hà Nội	0,044	2638	0,012	718	1919	0,003	151	2487
6	Phù Liễu	0,045	2681	0,012	736	1945	0,003	194	2487
7	Thanh Hóa	0,044	2638	0,012	718	1921	0,002	149	2489
8	Vinh	0,044	2617	0,012	709	1909	0,003	209	2409
9	Đà Nẵng	0,041	2480	0,011	647	1833	0,001	60	2419
10	Pleiku	0,046	2780	0,013	771	2009	0,001	36	2744
11	Đà Lạt	0,051	3059	0,015	904	2155	0,001	88	2971
12	Tân Sơn Nhất	0,039	2367	0,010	600	1767	0,000	0	2367
13	Cần Thơ	0,040	2420	0,010	621	1800	0,000	2	2418

Suất tiêu thụ điện năng có giá trị càng nhỏ thì càng tốt vì nó thể hiện khả năng tiết kiệm năng lượng càng nhiều. Theo bảng 2, Tân Sơn Nhất và Cần Thơ có suất tiêu thụ điện năng nhỏ nhất trong cả nước. Ở đó, suất tiêu thụ điện năng để đun nước bằng phương án BN chỉ là 0,01kW.h/lít và bằng phương án BN kết hợp với NLMT thì bằng 0, tức là không cần dùng đến điện. Cũng theo kết quả tính toán ở đây, lượng giảm phát thải khí nhà kính khi đun nước nóng bằng BN kết hợp với NLMT ở Đà Lạt là lớn nhất (2971kgCO₂/năm). Ở các địa phương khác, nếu đun nước bằng phương án này cũng đều giảm được rất nhiều, trên 2300kgCO₂/năm. Đây sẽ là một con số cực lớn nếu như hàng triệu hộ gia đình cùng sử dụng phương án đun nước nóng này.

4. KẾT LUẬN

Đun nước nóng bằng BN hoặc bằng BN kết hợp với NLMT đem lại hiệu quả về năng lượng cũng như khả năng giảm phát thải khí nhà kính rất nhiều, nên được quan tâm sử dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, so với phương án đun nước bằng điện trở (với 1 hộ gia đình có 4 người):

- Điện năng tiết kiệm được hàng năm ít nhất là 1935,3kW.h/năm (nếu đun nước bằng BN ở Tân Sơn Nhất) và nhiều nhất là 3253,9kW.h/năm (nếu đun nước bằng BN kết hợp NLMT ở Đà Lạt);
- Lượng giảm phát thải hàng năm ít nhất là 1767kgCO₂/năm (nếu dùng BN ở Tân Sơn Nhất) và nhiều nhất là 2971kgCO₂/năm (nếu dùng BN kết hợp NLMT ở Đà Lạt);
- Các địa phương ở Nam Bộ (Tân Sơn Nhất, Cần Thơ) chỉ cần dùng NLMT là đã đủ đáp ứng nhu cầu nước nóng, không cần dùng đến điện để đun.

[2]. Nguyen Nguyen An, 2015. *Nghien cuu thiet ke, che tao he thong cung cap nuoc nang su dung bom nhiet ket hop voi bo thu nang luong mat troi trong dieu kien Viet Nam*. General report on State-level scientific and technological research projects, code KC.05.03/11-15.

[3]. Ministry of Construction, 2009. *QCVN 02:2009/BXD - Vietnam Building Code Natural Physical & Climatic Data for Construction*

[4]. Ministry of Construction, 2017. *QCVN 09:2017/BXD - National Technical Regulation on Energy Efficiency Buildings*.

[5]. <http://baochinhphu.vn/Tiet-kiem-dien-ich-nuoc-loi-nha/EVNNT-Ton-that-dien-nang-tren-luoi-dien-truyen-tai-giam-009/374788.vgp>.

[6]. <https://www.moit.gov.vn/web/guest/tin-chi-tiet/-/chi-tiet/viet-nam-co-the-phat-trien-nhiet-%C4%91ien-than-sieu-sach-nhu-nhat-ban--17370-3101.html>.

[7]. Daniel Carbonell, Michel Y. Haller, Daniel Philippen and Eimar Frank, 2014. *Simulations of combined solar thermal and heat pump systems for domestic hot water and space heating*. Energy Procedia 48, 524 – 534.

[8]. D. Carbonell, M.Y. Haller, E. Frank, 2014. *Potential benefit of combining heat pumps with solar thermal for heating and domestic hot water preparation*. Energy Procedia 57, 2656 – 2665.

[9]. Jian Wang, Zhiqiang Yin, Jing Qi, Guangbai Ma, Xijie Liu, 2015. *Medium-temperature solar collectors with all-glass solar evacuated tubes*. Energy Procedia 70, 126 – 129.

[10]. John A. Duffie (deceased), William A. Beckman, 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, Fourth Edition.

[11]. Sara Eicher, Catherine Hildbrand, Annelore Kleijer, Jacques Bony, 2014. *Life cycle impact assessment of a solar assisted heat pump for domestic hot water production and space heating*. Energy Procedia 48, 813 - 818.

[12]. S. A. Klein, F. L. Alvarado. *Engineering equation solver*. <http://fchartsoftware.com/ees/>.

[13]. Zhang Yin, Long Enshen, Zhao Xinhui, Jin Zhenghao, Liu Qinjian, Liang Fei, Ming Yang, 2017. *Combined solar heating and air-source heat pump system with energy storage: thermal performance analysis and optimization*. Procedia Engineering 205, 4090–4097.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ministry of Natural Resources and Environment, Department of Climate change, 2018. *Official Dispatch No. 263/BDKH-TTBVTOD, dated 12/03/2020 On notice of emission factor of Vietnam's power grid in 2018*

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Quoc Uy, Bui Manh Tu

Faculty of Energy Technology, Electric Power University