

THIẾT KẾ TÍNH TOÁN LÒ NƯỚNG THỊT TRUYỀN ĐỘNG BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

THE DESIGN AND CALCULATION A GRILL MACHINE USING SOLAR CELLS

Nguyễn Thế Lương¹, Nguyễn Văn Thắng¹, Phạm Văn Tuyền¹, Vũ Hữu Long¹,
Trần Minh Bằng¹, Dương Quang Hà²

¹Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội

TÓM TẮT

Lò nướng thịt được sử dụng phổ biến trong các hộ gia đình, nhu cầu sử dụng lò nướng ngày càng cao, rất nhiều lò nướng với nhiều mẫu mã đã được đưa ra, nguồn năng lượng cho lò nướng chủ yếu từ than củi và điện từ lưới điện. Hiện nay, điện từ năng lượng mặt trời đang phát triển rất mạnh mẽ, hiệu suất của pin mặt trời ngày càng cao trong khi giá thành pin ngày càng giảm, vì vậy điện từ năng lượng mặt trời đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi. Bài báo này sẽ nghiên cứu thiết kế tính toán lò nướng thịt sử dụng năng lượng mặt trời để truyền động. Kết quả tính toán chỉ ra rằng, với lò nướng có kích thước dài rộng và cao lần lượt là 600x400x250mm, công suất nướng 5kg thịt, công suất động cơ của lò 25W, tốc độ quay của lò nướng là 37,5 vòng/phút, đĩa xích có số răng $Z = 14$, bước xích $p=12,7$, chiều dài dây xích 1702mm, công suất pin mặt trời để duy trì hoạt động của lò 100W. Chíp vi xử lý PIC16F887-PU được lựa chọn để thiết kế mạch điều khiển lò nướng.

Từ khóa: Lò nướng; Pin mặt trời; Động cơ; Truyền động; Vi xử lý.

ABSTRACT

Grill machine was commonly employed in households, needs of grill machine are increasing in recently years. Many grill machines with new models were showed. Charcoal and electricity are used in grill machine where electricity usually takes from grid electricity. Solar electricity is strong developing; the performance of solar electricity is improved while the price down, the applied solar electricity in household is becoming larger. This paper designs and calculates a grill machine using solar electricity to spin the meat. The results showed that, long-large-high dimension of grill machine was respectively 600x400x250mm, the power of motor was 25W, the speed of grill machine was 37.5 rpm/min, sprocket-wheel and chain size were $Z=14$, $p=12.7$ and 1702mm respectively. The solar electricity power was 100W. PIC16F887-PU Microprocessing chip were selected to design control circuit.

Keywords: Grill machine, solar electricity, motor, microprocessing chip, spin.

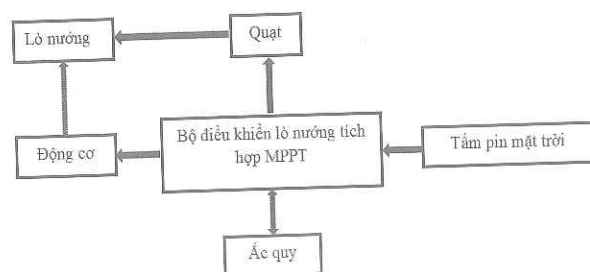
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của kinh tế, nhu cầu ăn uống của người dân đã được nâng cao, rất nhiều nhà hàng và quán ăn đã được mở ra để phục vụ nhu cầu của người dân. Một trong các món ăn được ưa thích là thịt nướng, với công nghệ của Nhật Bản và Hàn Quốc, bên cạnh đó cũng có rất nhiều quán thịt nướng của người Việt với các món thịt nướng mang hương vị truyền thống Việt như: Vịt nướng, cá nướng, ... Các món thịt nướng dần trở thành món ăn phổ biến trong các bữa cơm của người Việt. Trên thị trường, có rất nhiều loại lò nướng thịt với giá thành từ vài trăm nghìn đến cả chục triệu đồng để phục vụ nhu cầu của người dân [1-3]. Với những lò nướng nhỏ có giá vài trăm nghìn thường kích thước nhỏ, loại này thường phải đảo thịt và quạt gió bằng tay, ngoài ra loại lò này chỉ có thể nướng được miếng thịt nhỏ, thịt thường bị khô. Đối với loại lò nướng có kích thước lớn, thường có lắp thêm quạt và hệ thống quay thịt bằng điện, loại này có thể nướng được những tảng thịt lớn, tuy nhiên kèm theo sẽ có kích thước và trọng lượng lớn, rất khó di chuyển, không phù hợp với các hộ gia đình. Bên cạnh đó, các lò nướng này thường sử dụng động cơ cấp điện trực tiếp từ nguồn điện lưới dẫn tới nguy hiểm do đường dây có thể bị hở gây giật điện và khi mất điện thì lò không thể quay được. Hiện nay, điện từ năng lượng mặt trời đã được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực của đời sống xã hội từ những ứng dụng nhỏ như: Sạc điện thoại, quạt mát đến những lĩnh vực to lớn như vũ trụ, xe, tàu, máy bay điện... [3]. Bài báo này sẽ trình bày nghiên cứu tính toán thiết kế lò nướng thịt công suất nhỏ, sử dụng điện từ năng lượng mặt trời để dẫn động quay thịt và quạt gió cho lò.

2. YÊU CẦU KỸ THUẬT LÒ NƯỚNG

Lò nướng có kích thước nhỏ gọn có khả năng nướng và quay được 5kg thịt với 3 xiên nướng cùng lúc, tốc độ quay của lò trong khoảng 40 vòng/phút. Lò hướng đến đối tượng là hộ gia đình với số người phục vụ tối đa 15 người. Lò có tính cơ động cao, tính tháo lắp dễ dàng, có hiệu suất nhiệt tốt và có giá thành rẻ. Lò sử dụng năng lượng sạch và năng lượng tái tạo.

3. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA LÒ NƯỚNG THỊT

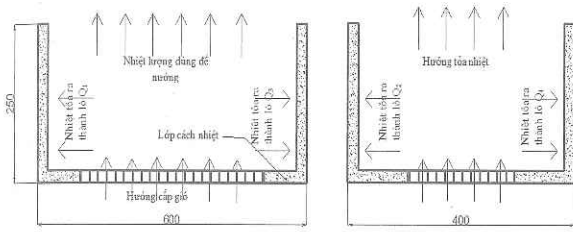


Hình 1. Nguyên lý làm việc của lò nướng thịt

Dựa theo yêu cầu kỹ thuật ở trên, nhóm tác giả đã lựa chọn than củi và điện từ năng lượng mặt trời để gia nhiệt và tạo chuyển động cho máy, dưới đây sẽ trình bày chi tiết nguyên lý làm việc của máy (hình 1).

Than củi được cho vào lò nướng và gia nhiệt đốt cháy than củi, điện từ pin mặt trời sẽ được truyền đến bộ điều khiển sạc, tại đây điện sẽ được truyền đến động cơ và quạt để cung cấp điện cho động cơ và quạt, trong trường hợp lò nướng không hoạt động, bộ điều khiển sạc sẽ điều khiển để nạp điện cho ắc quy dự phòng trong trường hợp không có năng lượng mặt trời. Khi lò nướng hoạt động, quạt gió sẽ điều khiển tốc độ gia nhiệt của lò, động cơ điện thông qua bộ truyền động sẽ quay các xiên thịt nướng.

3. TÍNH TOÁN NHIỆT LÒ NƯỚNG



Hình 2. Mô hình tính toán nhiệt của lò nướng thịt

Theo kinh nghiệm, để nướng 1kg thịt cần diện tích nướng tối thiểu khoảng 400 cm² và 400 gam than củi, vì vậy để nướng hết 5 kg cần diện tích 2.000 cm² và 2 kg than củi, để thêm diện tích dự trữ cho lò ta chọn diện tích lò nướng khoảng 2.400 cm², trong yêu cầu thiết kế lò nướng nhỏ gọn và có tính thẩm mỹ, chiều dài, rộng, cao chọn lần lượt là 600x400x250mm, sau đây sẽ tính toán nhiệt cho lò có kích thước như trên. Quá trình tính toán được thực hiện theo công thức sau [4]:

$$Q = m \cdot q \tag{1}$$

Trong đó:

Q-Nhiệt lượng tỏa ra (J).

q-Năng suất tỏa nhiệt của nhiên liệu (J/kg), năng suất tỏa nhiệt than củi $q = 34 \cdot 10^6$ J/kg [4].

m-Khối lượng của than củi bị đốt cháy hoàn toàn (kg), $m=2$ kg.

Thay vào công thức (1) ta có nhiệt lượng tỏa ra là:

$$Q=2 \cdot 34 \cdot 10^6=68 \cdot 10^6(J)$$

Lượng nhiệt này tỏa ra trong thời gian khoảng 2h đủ để nướng chín 5kg thịt, tính trung bình tốc độ tỏa nhiệt trong một giờ là $81,6 \cdot 10^3$ (Kcal/h).

Nhiệt lượng tỏa ra bao gồm, nhiệt để nướng thức ăn theo hướng lên trên, nhiệt tỏa ra xung quanh và xuống đáy lò, vì vậy phương trình cân bằng nhiệt của lò có dạng như sau:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_d + Q_n \tag{2}$$

Trong đó: Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_d là nhiệt lượng tỏa ra các thành và đáy lò (hình 2).

Q_n - Nhiệt lượng dùng để nướng.

Ta có: Q_1, Q_3, Q_2, Q_4, Q_d tính theo công thức truyền nhiệt qua vách phẳng [4].

$$Q = \lambda \cdot F \cdot (t_1 - t_2) / \delta \tag{3}$$

Trong đó: λ là hệ số dẫn nhiệt của lớp cách nhiệt (Kcal/m.°C.h).

δ - Chiều dày của lớp cách nhiệt.

$F_{1,2,3,4,d}$ - Diện tích các mặt truyền nhiệt (m²).

$\Delta_t = t_1 - t_2$: Độ chênh lệch nhiệt độ giữa mặt trong và mặt ngoài của thành lò (°C), với t_2 - Nhiệt độ xung quanh thành lò và đáy lò, $t_2=40^\circ\text{C}$, t_1 - Nhiệt độ thành lò, bằng thực nghiệm ta xác định được, nhiệt độ thành lò và đáy lò lần lượt là 110°C và 650°C .

Vật liệu cách nhiệt là bông thủy tinh + Xi măng chịu nhiệt có hệ số truyền nhiệt là $\lambda = 0,5$ (Kcal/m.°C.h).

Chiều dày lớp cách nhiệt được chọn bằng 10 mm, $\delta = 10$ mm.

Hình 2, chỉ ra rằng diện tích tỏa nhiệt của thành lò Q_1 và Q_3, Q_2 và Q_4 là như nhau, vì vậy ta có $Q_1 = Q_3, Q_2 = Q_4$

Áp dụng công thức 3 ta có:

Nhiệt tỏa ra mặt bên $Q_1 = Q_3 = 350$ (Kcal/h);

Nhiệt tỏa ra mặt bên $Q_2 = Q_4 = 525$ (Kcal/h);

Nhiệt tỏa ra mặt đáy $Q_d = 7320$ (Kcal/h).

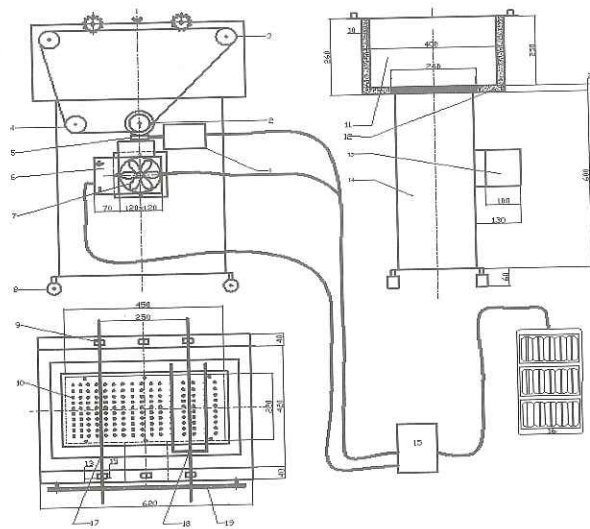
Khi đó ta có : $Q_n = Q - 2Q_1 - 2Q_2 - Q_d = 72530$ (Kcal/h).

Tổng lượng nhiệt thất thoát là:
 $Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_d = 9070$ (Kcal/h).

Phần trăm lượng nhiệt thất thoát là
 $(Q_{\Sigma}/Q).100\% = 9070/81600.100\% = 11,12\%$.

4. THIẾT KẾ TÍNH TOÁN LÒ NƯỚNG THỊT

4.1. Thiết kế lò nướng



Hình 3. Lò nướng thịt sử dụng năng lượng mặt trời:

- 1) Động cơ; 2) Bánh xích chủ động; 3) Bánh xích bị động;
- 4) Bộ căng xích; 5) Bộ truyền trục vít bánh vít; 6) Ấc quy;
- 7) Quạt; 8) Bánh xe; 9) Khối V; 10) Cửa cấp gió;
- 11) Thân lò; 12) Bông thủy tinh + Xi măng chịu nhiệt;
- 13) Hộp dẫn gió; 14) Giá đỡ lò;
- 15) Bộ điều khiển sạc năng lượng mặt trời MPPT;
- 16) Tấm pin năng lượng mặt trời; 17) Xiên đơn;
- 18) Xiên kép; 19) Dây xích.

Như đã tính toán ở trên, thân lò 11 có kích thước 600x400x250mm, thân được phủ lớp cách nhiệt 12 và được đặt trên giá đỡ lò 14 sao cho kích thước tổng thể của lò 800 mm (hình 3). Để thuận tiện cho việc di chuyển, lò nướng được lắp thêm các bánh xe 8, kệ và thân lò được làm rời sau đó lắp ghép với nhau bằng bu lông. Lò được thiết kế có thể lắp được nhiều loại xiên nướng như xiên đơn 17 và xiên kép 18 cùng lúc, trên thân lò có bố trí khối chữ V 9 để định vị các xiên nướng (hình 3). Điện từ pin năng lượng mặt trời 16 thông qua bộ điều khiển sạc 15 sẽ điều khiển động cơ điện một chiều 1 chạy, thông qua bộ truyền trục vít-bánh vít 5, tốc độ bánh vít trong khoảng 30 ÷ 40 vòng/phút, từ đây tốc độ của bánh vít được truyền đến bánh xích 2, bánh xích 2 sẽ ăn khớp với dây xích 19 để dẫn động các xiên quay thịt, để đảm bảo tốc độ ổn định, trên lò nướng có bố trí thêm bộ căng xích 4. Tốc độ tỏa nhiệt của lò được điều khiển thông qua điều khiển lượng gió cấp cho lò 10 thông qua điều khiển tốc độ quạt 7. Trên lò được bố trí ắc quy 6, ắc quy sẽ làm nhiệm vụ cung cấp điện cho lò trong trường hợp năng lượng mặt trời không đủ, khi năng lượng mặt trời đủ lớn, điện từ năng lượng mặt trời sẽ được sạc ngược lại cho ắc quy (hình 3). Để đảm bảo cho lò hoạt động ổn định và hiệu quả, các tính toán chi tiết hệ thống truyền động và công suất điện của lò nướng được thể hiện ở các nội dung tiếp theo.

4.2. Tính toán hệ thống truyền động lò nướng

4.2.1. Tính toán lựa chọn động cơ điện

Khi lò làm việc, momen của động cơ sẽ truyền tới trục vít, qua hộp giảm tốc trục vít – bánh vít sẽ làm giảm tốc độ động cơ. Đầu ra của bánh vít được nối đồng trục với đĩa xích, qua bộ truyền xích sẽ dẫn động cho xiên nướng quay. Xiên nướng được gắn đĩa xích có thông số làm việc là: Số răng $Z = 14$, bước xích $p = 12,7$, từ đó tính được đường kính vòng chia đĩa xích [5, 6]:

$$d = \frac{p}{\sin(\frac{\pi}{z})} = \frac{12.7}{\sin(\frac{\pi}{14})} \approx 57 \text{ (mm)}$$

Để đơn giản, ta làm bộ truyền xích với tỉ số truyền 1. Nên ta chọn đĩa xích có thông số giống với thông số đĩa trên xiên.

Từ yêu cầu tốc độ vòng quay $w = 40$ vòng/phút và bán kính đĩa xích $r = 0,0285$ m, ta tính được vận tốc dài của xích:

$$v = w \cdot r \approx 0,12 \text{ (m/s)}$$

Công suất tính toán:

$$P_t = F \cdot v = 6 \text{ (W)}$$

Công suất cần thiết của động cơ:

$$P_{ct} = \frac{P_t}{\eta}$$

Trong đó: η là hiệu suất chung của bộ truyền, được xác định theo công thức:

$$\eta = \eta_{tv} \cdot \eta_x$$

η_{tv} – Hiệu suất bộ truyền trục vít, chọn sơ bộ $Z_1 = 2$ nên $\eta_{tv} = 0,78$.

η_x – Hiệu suất bộ truyền xích, chọn $\eta_x = 0,91$.

Từ đó ta có:

$$P_{ct} = \frac{P_t}{\eta} = \frac{P_t}{\eta_{tv} \cdot \eta_x} = \frac{6}{0,78 \cdot 0,91} \approx 8,46 \text{ (W)}$$

Dựa theo động cơ trên thị trường ta chọn động cơ 1 chiều công suất 25W, tốc độ vòng quay 1500 vòng/phút.

Từ thông số của động cơ và tỉ số truyền

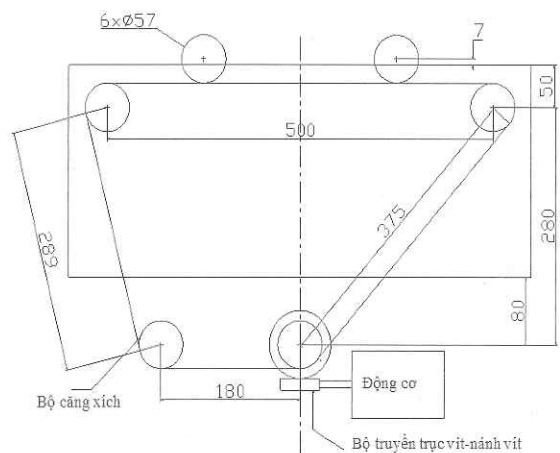
của bộ truyền trục vít-bánh vít, tính được tốc độ quay thực tế của xiên:

$$n = \frac{1500}{40} = 37,5 \text{ (vòng/ph)}$$

4.2.2. Tính toán bộ truyền xích

Các đĩa xích có đường kính vòng chia $d = 57$ mm. Do vậy, khoảng cách lắp giữa trục của xiên và đĩa dẫn động là 57mm. Hai xiên được đặt trên 2 thanh V để định vị. Hai đĩa xích dẫn động được lắp sao cho trục cách mặt trên của lò là 50mm. Do vậy, 2 thanh V phải được lắp sao cho trục của 2 xiên cách trục của đĩa dẫn động là 57mm (hình 4).

Để lắp đặt dễ dàng tạo độ cân bằng, ta lắp trục bánh xích chủ động cách đáy lò 80mm và ở giữa thân lò (hình 4).



Hình 4. Sơ đồ tính toán bộ truyền xích

Do trong quá trình hoạt động, đĩa xích dần dần sẽ bị mòn nên cần lắp 1 bộ căng xích. Để cân bằng với phía động cơ, bộ căng xích sẽ đặt cách trục bánh xích chủ động là 180mm.

Chiều dài xích cần thiết:



$$L \approx 500 + 375 + 180 + 289 + 2 * \frac{\pi * (57 + 57)}{2} \approx 1702 \text{ (mm)}$$

Số mắt xích cần thiết:

$$X = \frac{L}{p} = \frac{1702}{12,7} \approx 134,03$$

Chọn số mắt xích là 136.

4.2.3. Tính chọn công suất pin mặt trời

Để cung cấp đủ lưu lượng gió cho quá trình cháy trong lò, cần chọn quạt gió 12V – 1A có thể thay đổi tốc độ. Cụ thể khi mới bắt đầu, cần nhiều oxy cho quá trình cháy nên để quạt chạy hết công suất, sau khi lửa đã cháy, sử dụng chiết áp để điều chỉnh tốc độ quạt hoặc có thể tắt hẳn quạt.

Công suất cần thiết chạy quạt là [7]:

$$P_q = U.I = 12 * 1 = 12 \text{ (W)}$$

Do đó, công suất điện cần thiết để chạy hệ thống gồm công suất cung cấp cho quạt và động cơ:

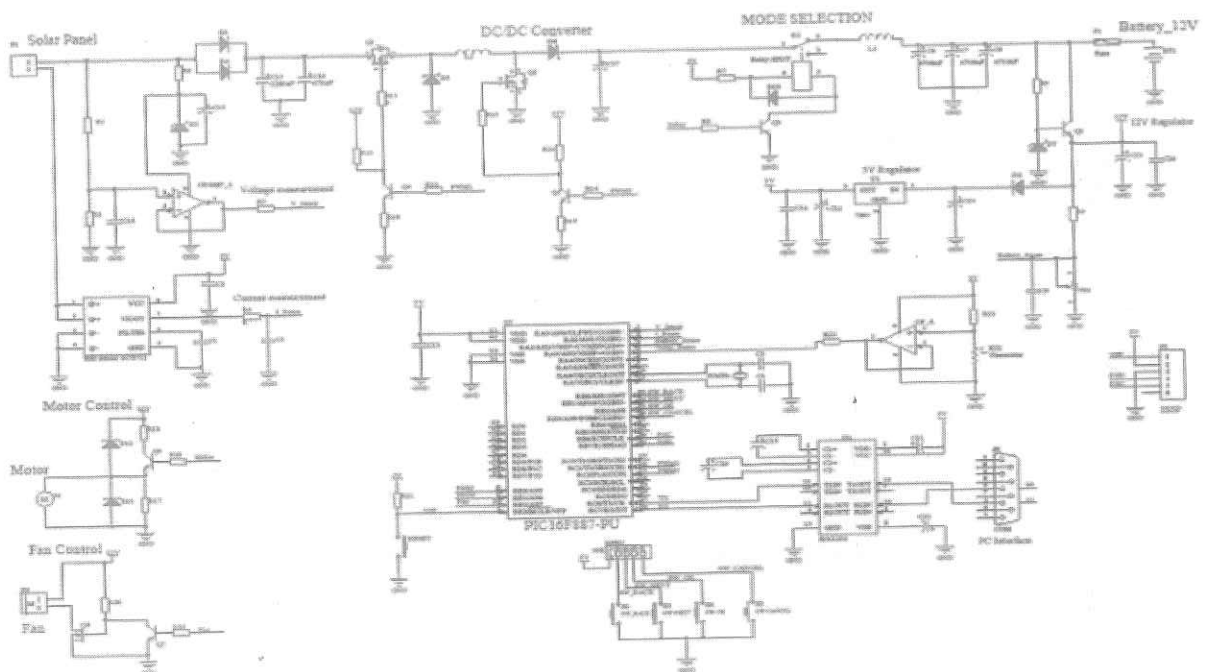
$$P_{\Sigma} = P_{ct} + P_q = 25 + 12 = 37 \text{ (W)}$$

Để nạp được năng lượng từ pin mặt trời vào ắc quy cần phải qua một thiết bị để chuyển đổi với hiệu suất khoảng 80 ÷ 90%. Mặt khác, hiệu suất hấp thụ năng lượng mặt trời của tấm pin phụ thuộc vào hướng chiếu nắng và độ mạnh của ánh sáng, trong khoảng 60 ÷ 80%. Do đó, chọn hiệu suất chuyển thành điện sau cùng của tấm pin là 60%. Vì vậy, công suất cần thiết của tấm pin là:

$$P_{pin} = \frac{P_{\Sigma}}{0.6} = \frac{37}{0.6} = 61.67 \text{ (W)}$$

Chọn công suất tấm pin là 100W (công suất phù hợp với tấm pin trên thị trường).

4.2.4. Thiết kế mạch điều khiển lò nướng tích hợp MPPT



Hình 5. Mạch điều khiển tích hợp MPPT trong lò nướng

Hình 5, chỉ ra mạch bộ điều khiển lò nướng tích hợp MPPT (Maximum Power Point Tracker), bao gồm khối vi xử lý PIC16F887-PU, khối điều khiển pin mặt trời MPPT, khối nguồn để cung cấp nguồn 5V và 12V cho mạch điều khiển, khối giao tiếp với máy tính để nạp dữ liệu cho vi xử lý, khối công suất để điều khiển động cơ và quạt. Điện áp ra của pin mặt trời được đưa vào chân 2 (RA0) của vi xử lý thông qua mạch chia áp (sử dụng điện trở R1, R2) và bộ khuếch đại lặp sử dụng mạch khuếch đại thuật toán. Dòng điện cấp bởi pin mặt trời sẽ đo và biến đổi thành điện áp đưa vào chân 3 (RA1) của vi xử lý từ sensor đo dòng ACS712 sử dụng công nghệ cảm biến Hall với độ nhạy khoảng 100mV/A. Việc sử dụng sensor Hall sẽ làm tăng độ chính xác của mạch đo dòng đo được cách ly với mạch công suất. Từ đó, bộ vi xử lý sẽ tính toán được công suất cung cấp thực tế của pin mặt trời để áp dụng thuật toán MPPT. Cùng với các thông tin về công suất phát ra từ pin mặt trời, điện áp thực tế trên ắc-quy sẽ được đo trực tiếp từ mạch chia áp (điện trở R5 và VR1). Dựa vào các thông tin này, vi xử lý điều khiển mạch buck-boost của bộ biến đổi DC/DC bằng cách điều khiển độ rộng xung (PWM) đóng mở MOSFET Q1 và Q2 thông qua 2 chân điều khiển 16 (RC1) và 17 (RC2) của vi điều khiển và lựa chọn chế độ hoạt động thích hợp (sử dụng nguồn từ pin mặt trời hoặc chỉ sử dụng nguồn điện từ ắc-quy) bằng role (chân 8 – RE0). Bên cạnh đó, nhiệt độ đo được của lò quay thịt nướng sẽ được đo đặc thông qua điện trở nhiệt RT1 để từ đó vi điều khiển điều chỉnh tốc độ của quạt và cơ cấu truyền động bằng tín hiệu từ 2 chân 9 (RE1) và 10 (RE2). Ngoài ra, mạch cũng có

các chức năng phụ khác như giao tiếp máy tính qua cổng RS232 và điều khiển lò quay bằng các nút nhấn trên mạch.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã thiết kế thành công lò nướng thịt và mạch điều khiển lò nướng sử dụng năng lượng mặt trời. Nghiên cứu chỉ ra rằng, việc sử dụng bông thủy tinh kết hợp với xi măng chịu nhiệt làm thành lò giúp tổn thất nhiệt ở mức 11,12%. Tính toán cho thấy, công suất động cơ và tốc độ của lò lần lượt là 25W và 37,5 vòng/phút, bánh xích có số răng là 14 răng, chiều dài dây xích và số mắt xích lần lượt là 1702mm và 136 mắt xích, công suất pin mặt trời 100W. ❖

Ngày nhận bài: 12/7/2017

Ngày phản biện: 20/7/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. <http://bepnuongnamhong.com/>
- [2]. <http://www.themeatguy.jp/app/ja/products/view/1051>.
- [3]. https://www.cpc.vn/home/Ttuc_Detail.aspx?pm=ttuc&sj=KHKTN&id=10200#.WM-XM7iQDDc.
- [4]. Bùi Hải, Trần Thế Sơn; Kỹ thuật nhiệt, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [5]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển; *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí - Tập 1*, NXB. Giáo dục, 2006.
- [6]. Nguyễn Trọng Hiệp; *Chi tiết máy - Tập 2*, NXB. Giáo dục, 2006.
- [7]. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh; *Kỹ thuật điện*, NXB. Giáo dục, 2009.