

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ MÔ HÌNH Lò NUNG CAO TẦN CÓ ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT

RESEARCH AND DESIGN HIGH FREQUENCY FURNACE MODELS WITH CONTROL AND MONITORING

Trần Hồng Quân¹, Trần Quang Huy¹, Nguyễn Văn Giang²,
Nguyễn Hoàng Quân², Phạm Văn Phong¹, Tô Anh Dũng^{3,*}

TÓM TẮT

Từ những yêu cầu thực tế, những đòi hỏi ngày càng cao của cuộc sống công nghệ 4.0, cộng thêm sự hợp tác, phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật hiện nay. Nghiên cứu, thiết kế mô hình lò nung cao tần có điều khiển và giám sát là mô hình cụ thể trong điều khiển bật, tắt lò nung một cách tự động. Mô hình điều khiển giám sát tự động sẽ giúp thuận tiện hơn trong quá trình gia công sản phẩm,... Hơn nữa còn giúp cho ngành công nghiệp luyện kim chế tạo ra các loại sản phẩm có tính chính xác, độ bền, chất lượng cao phù hợp với nhu cầu thị trường. Đặt ra nền tảng về chất lượng, giá trị mới của sản phẩm trên thị trường trong và ngoài nước. Việc sử dụng mô hình giám sát và điều khiển nhiệt độ giúp chúng ta tăng độ chính xác trong giám sát quá trình sản phẩm.

ABSTRACT

From the practical requirements, the increasing demands of technology life 4.0, plus the strong cooperation and development of current science and technology. Research and design of high-frequency controlled furnace model with control and supervision is a specific model in the control of turning on and off kilns automatically. Automatic monitoring and control model will make it more convenient to process products, etc. Moreover, it helps the metallurgical industry to create products with accuracy, durability and quality. High in line with market demand. Set the foundation for quality and new value of products on domestic and foreign markets. The use of temperature monitoring and control models helps us increase accuracy in product process monitoring.

¹Lớp Điện 2 - K11, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp Điện 2 - K12, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: toanhdung.hai@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay cùng với sự phát triển của xã hội, cuộc sống ngày càng được nâng cao thì việc áp dụng công nghệ khoa học kỹ thuật vào đời sống, công việc càng trở nên cần thiết. Cùng với sự phát triển của các ngành khoa học kỹ thuật, công nghệ kỹ thuật điện - điện tử mà trong đó đặc biệt là kỹ thuật điều khiển và tự động hóa được áp dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của đời sống, từ các thiết bị điện tử tự động dân dụng đến các dây chuyền sản xuất hiện đại trong công nghiệp hay các thiết bị thông minh, robot thông minh ở văn phòng, nhà máy...

Trong nền công nghiệp hiện đại, những máy móc được ra đời ứng dụng rất phổ biến vào những lĩnh vực sản xuất khác nhau. Chúng thay thế con người làm những công việc khắc nghiệt, cường độ cao và đạt được yếu tố về yêu cầu kỹ thuật rất cao. Sản phẩm máy nung cao tần ra đời nhằm đáp ứng nhu cầu gia công, chế tạo, gia nhiệt luyện các thiết bị, dụng cụ bằng kim loại. Chúng đảm bảo được kỹ thuật cũng như thao tác vận hành, hoạt động ổn định và tiết kiệm nhân lực, chi phí. Do nhu cầu cao về chất lượng sản phẩm cùng với sự thuận tiện khi tiến hành chế tạo sản phẩm, mô hình điều khiển giám sát tự động sẽ giúp thuận tiện hơn trong quá trình gia công sản phẩm,... Hơn nữa còn giúp cho ngành công nghiệp luyện kim chế tạo ra các loại sản phẩm có tính chính xác, độ bền, chất lượng cao phù hợp với nhu cầu thị trường. Đặt ra nền tảng về chất lượng, giá trị mới của sản phẩm trên thị trường trong và ngoài nước. Việc sử dụng mô hình giám sát và điều khiển nhiệt độ giúp chúng ta, tăng độ chính xác trong giám sát quá trình sản phẩm. Từ những yêu cầu thực tế, những đòi hỏi ngày càng cao của cuộc sống, cộng thêm sự hợp tác, phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật nên nhóm tác giả đã nghiên cứu, thiết kế mô hình lò nung cao tần có điều khiển và giám sát.

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Lò cảm ứng không lõi sắt (lò tần số) là dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi đặt một khối kim loại vào trong một từ trường biến thiên thì trong khối kim loại sẽ xuất hiện (cảm ứng) các dòng điện xoáy (dòng Foucault). Nhiệt năng của dòng điện xoáy sẽ đốt nóng khối kim loại. Lò cảm ứng được cấu tạo dựa trên nguyên lý của một máy biến áp dạng xoắn ốc bọc xung quang tường lò. Cuộn cảm ứng được coi như là cuộn sơ cấp, cuộn kim loại trong lò được coi như là cuộn thứ cấp máy biến áp. Khi ta cho dòng điện xoay chiều đi qua cuộn cảm ứng thì sẽ sinh ra từ thông biến thiên. Từ thông đi qua kim loại sản sinh ra một sức điện động cảm ứng là E_2 . Kim loại ở đây coi như là một dây dẫn, khép kín và thẳng góc với từ thông biến thiên. Xuất hiện trong kim loại một dòng điện cảm ứng và năng lượng của dòng điện cảm ứng sinh ra một lượng nhiệt lớn để nung chảy kim loại. Như vậy khi lò làm việc thì xuất hiện hai sức

điện động cảm ứng trong cuộn cảm ứng E_1 và trong kim loại E_2 .

Giá trị E_1 và E_2 được tính theo công thức:

$$E_1 = 4,44 \cdot \varphi \cdot f \cdot n_1 \cdot 108 \text{ (V)}$$

$$E_2 = 4,44 \cdot \varphi \cdot f \cdot n_2 \cdot 108 \text{ (V)}$$

Trong đó:

Φ - từ thông biến thiên (Wb);

f - tần số làm việc (Hz);

n_1 - số vòng của cuộn cảm ứng (sơ cấp);

n_2 - số vòng cảm ứng của cuộn thứ cấp (kim loại coi là một khối thống nhất nên có $n_2 = 1$);

Do giữa cuộn cảm ứng và kim loại chứa trong lò bị ngăn cách bởi độ dày của nôi lò (bằng vật liệu chịu lửa) và các vòng của cuộn cảm ứng có những khoảng cách nhất định nên từ thông biến thiên bị mất mát lớn (từ thông tản ra ngoài không khí) do vậy sức điện động cảm ứng $E_1 > E_2$. Vì vậy cần phải cấp vào cuộn cảm ứng một năng lượng điện lớn để tạo ra E_1 cao phù hợp với dung lượng lò và đồng thời tạo ra E_2 đủ lớn để làm nóng chảy kim loại trong lò. Khi kim loại bị cảm ứng thì trong kim loại sẽ lập tức sinh ra từ thông chống lại từ thông do cuộn cảm ứng sinh ra, do đó chiều dòng điện I_1 ngược chiều với chiều dòng điện Foucault (I_2). Ta có:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Do đó, $I_2 = I_1 \cdot n_1$

Như vậy, dòng điện I_2 phụ thuộc vào nguồn cung cấp và phụ thuộc vào số vòng của cuộn cảm ứng.

Khi một dòng điện xoay chiều vào cuộn cảm ứng thì lập tức trong kim loại sinh ra một dòng điện I_2 (Phucô). Dòng điện I_2 lớn gấp n_1 so với I_1 , nghĩa là khi có $I_1 = \text{const}$ và tăng số vòng cuộn cảm ứng thì dòng I_2 tăng cao. Và nhờ có dòng điện Phucô (I_2) tạo ra một lượng nhiệt lớn để nấu chảy kim loại. Năng lượng điện nấu chảy kim loại được tính theo công thức:

$$W = I_2^2 \cdot 2\pi^2 \cdot d \cdot h \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f} \cdot 10^{-9} \text{ (W)}$$

$$W = (I_1 \cdot n_1)^2 \cdot 2\pi^2 \cdot d \cdot h \cdot \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f} \cdot 10^{-9} \text{ (W)}$$

Trong đó: $I_1 \cdot n_1$ - ampe vòng (A.mm);

d - đường kính nôi chứa kim loại (mm);

h - chiều cao nôi lò (mm);

ρ - điện trở suất kim loại ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$);

f - tần số làm việc (Hz).

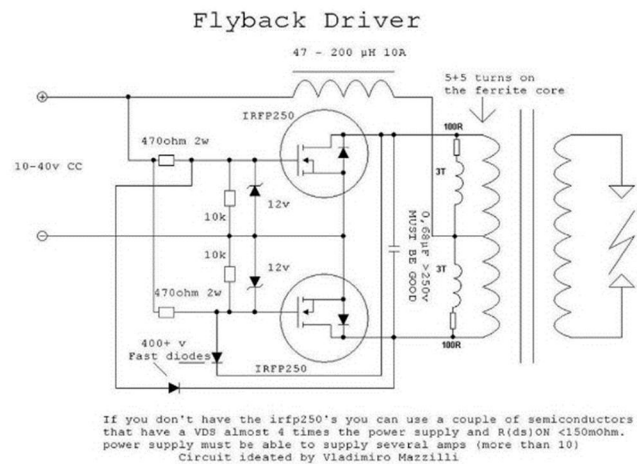
Qua công thức trên ta thấy nhiệt cung cấp cho lò nấu phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó tỷ lệ với bình phương ampe vòng. Lượng nhiệt này còn phụ thuộc vào số vòng của cuộn sơ cấp (n_1) và cường độ dòng điện cảm ứng (I_1). Mỗi một loại lò cảm ứng đều có mạch điện riêng để đảm bảo cung cấp dòng điện I_1 và tần số làm việc ở mức độ tối thiểu.

$$f_{\min} \geq 2,5 \cdot 10^9 \cdot \frac{\rho}{d^2};$$

Trong đó: ρ - điện trở suất của nguyên liệu ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$);

d - đường kính lò chứa nguyên liệu (mm).

2.2. Xây dựng thông số, số liệu



Dựa trên cơ sở lý thuyết, tính toán và phân tích dữ liệu thực tế về mô hình lò nung cao tần sử dụng nghiên cứu có các thông số như sau:

$$U_{dm} = 24\text{VDC};$$

$$P_{dm} = 300\text{W};$$

$$I_{dm} = 12\text{A};$$

$$N_1 = 6 \text{ vòng};$$

$$F_{\min} = 20\text{kHz};$$

Lựa chọn các thiết bị đáp ứng thông số đã đưa ra:

Arduino Mega2560: Xung nhịp: 16MHz, cấu hình mạnh đáp ứng xử lý thuật toán cao.

LCD 16x02 Xanh Lá: tích hợp driver HD44780, kích thước: 80 x 36 x 12.5 mm.

Module đo nhiệt độ dùng Can nhiệt kiểu K Chip MAX6675 kèm Can nhiệt 1024°C.

Module Relay 30A 30VDC High / Low 1 Kênh - 5VDC.

Nguồn xung 24VDC/10A: đáp ứng chuẩn điện áp cho quá trình nghiên cứu.

2.3. Quy trình thiết kế

Giai đoạn 1: Tìm hiểu, thu thập, chọn lọc và nghiên cứu những tài liệu liên quan.

Giai đoạn 2:

+ Tìm hiểu về quá trình nung tự động

+ Tìm hiểu về quá trình điều khiển và giám sát.

Giai đoạn 3: Thiết kế chế tạo mô hình.

Giai đoạn 4: Tiến hành thực nghiệm, chỉnh sửa và hoàn thiện mô hình.

3. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

Khi đưa phôi cần nung vào cuộn nung phôi sẽ được nung đến nhiệt độ đặt sẵn, cảm biến nhiệt được thiết kế sao cho khi nung phôi thì phần phôi được nung đỏ sẽ tiếp xúc với đầu cảm ứng nhiệt của cảm biến, cảm biến nhận tín

hiệu, khi đạt nhiệt độ yêu cầu (hoặc cao hơn không quá 5%) tiến hành gửi lệnh ngắt lò, khi nhiệt độ phôi mà cảm biến đo được thấp hơn 5% so với nhiệt độ đặt thì sẽ gửi lệnh mở lò để tiếp tục nung phôi. Mạch điều khiển lò được kết nối với một chiết áp cho phép điều chỉnh nhiệt độ đặt cùng với màn hình hiển thị LCD cùng các nút nhấn giúp ta theo dõi được nhiệt độ một cách dễ dàng.

Sản phẩm thực tế:

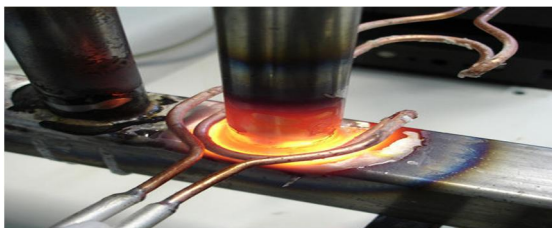


Tính ứng dụng thực tế

Hiện tại hệ thống lò nung cao tần đang được sử dụng rộng rãi ở nhiều nơi, trong nước hoặc ngoài nước, được các nhà máy, khu công nghiệp sử dụng trong các lĩnh vực như nấu chảy kim loại (melting), hàn kim loại (blazing), tôi các kim loại (hardening). Hoặc trong các lĩnh vực phổ thông khác như: liên kết cơ học, lảm kín thủy tinh-kim loại, chèn kim loại vào nhựa, hàn, mạ thiếc dây dẫn, thử nghiệm các loại vật liệu

- Các ví dụ cụ thể:

✓ Dùng để hàn kim loại màu (blazing): khi ta cần nhiệt độ cao hơn hàn thép hoặc sắt, cho mỗi hàn cứng chắc và dẫn điện/nhiệt tốt hơn:



✓ Dùng để tôi kim loại (hardening):



✓ Dùng trong mục đích nấu chảy kim loại trong một thời gian ngắn



4. KẾT LUẬN

4.1. So sánh nung cao tần với phương pháp nung bình thường

Qua nghiên cứu, tìm hiểu, xây dựng và hoàn thiện mô hình lò nung cao tần có điều khiển và giám sát, các yêu cầu đã được giải quyết. Trong quá trình vận hành, mô hình đã cho thấy những ưu điểm của phương pháp nung cao tần có điều khiển so với phương pháp nung truyền thống như: thể tích nhỏ gọn, và trong lượng nhẹ có thể lắp đặt lò ở bất kỳ đâu từ mặt bàn đến lắp trên dây truyền sản xuất. Lò không sử dụng điện áp cao, dễ dàng bảo trì và an toàn trong quá trình hoạt động công suất nung trong việc gia công kim loại với thời gian nung nhanh chóng.

Tuy nhiên, mô hình vẫn còn tồn tại một số hạn chế như: các thiết bị sử dụng trong mô hình là các thiết bị đại trà dễ kiếm nhưng độ bền vẫn ở mức chưa cao khi làm việc lâu dài, nếu thiết kế lò với công suất lớn hơn cần sử dụng những thiết bị có độ bền cao để đảm bảo lò hoạt động tốt.

4.2. Đưa ra hướng phát triển cho phạm vi công nghiệp sản xuất

Trong thời gian tới, nhóm tác giả tiếp tục phát triển nghiên cứu theo hướng tự động hóa, điều khiển và giám sát từ xa thông qua mạng wifi, mạng truyền thông công nghiệp... Với nhu cầu của thị trường hiện nay là định hướng công nghệ trong tương lai, xây dựng mô hình hệ thống đóng ngắt thông minh áp dụng trong lò nung tự động có điều khiển giám sát thông qua thiết bị di động này sẽ rất phát triển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Ngọc Đào, 2007. *Nghiên cứu, tính toán và tối ưu hóa hệ thống nhiệt trong sản xuất khuôn mẫu*. Đại học Sư phạm kỹ thuật Tp. HCM

[2]. Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, 2001. *Điện tử công suất*. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[3]. Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi, 2003. *Phân tích và giải mạch điện tử công suất*. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[4]. Phạm Minh Hà, 1997. *Kỹ thuật mạch điện tử*. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[5]. Phạm Quốc Hải, 2009. *Hướng dẫn thiết kế mạch điện tử công suất*. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[6]. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh, 2009. *Điện tử công suất Lý thuyết - Thiết kế - Ứng dụng. Tập 1*. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[7]. Vũ Quang Hôi, 2010. *Giáo trình Kỹ thuật cảm biến*. NXB Giáo dục Việt Nam.

[8]. Đỗ Duy Phú, Nguyễn Thu Hà. *Kỹ thuật vi xử lý và vi điều khiển*. Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

[9]. Keun Park, Dong-Hwi Sohn and Kwang-Hwan Cho, 2009. *Eliminating weldlines of an injection-molded part with the aid of high-frequency induction heating*.