

THÍ NGHIỆM BÙ TRỄ TRONG ĐẦU IN PHUN MỰC TỪ GIẢO

HYSTERESIS COMPENSATION IN A MAGNETOSTRICTIVE INKJET PRINTHEAD

Trần Quốc Bảo¹, Nguyễn Văn Trường^{1,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.028>

TÓM TẮT

Cơ cấu truyền động thông minh sử dụng áp điện hay vật liệu từ giảo để điều khiển chính xác vị trí. Tuy nhiên, những vật liệu này khi hoạt động thường có hiện tượng trễ đặc biệt đối với vật liệu từ giảo. Bài báo này trình bày một phương pháp thí nghiệm bù trễ sử dụng mạch RC trong đầu in phun mực từ giảo. Với tính chất nạp xả của tụ điện mà hình dạng tín hiệu được thay đổi phù hợp với dòng điện tải. Thí nghiệm được thực hiện với tần số là 5Hz là tần được sử dụng chủ yếu trong quá trình hoạt động của đầu in phun mực. Trong quá trình thí nghiệm, giá trị điện dung đáp ứng tốt tỉ lệ nghịch với tần số. Giá trị điện dung tối ưu của tụ điện lần lượt 335 μ F và. Điều này chứng minh rằng, phương pháp bù trễ sử dụng thí nghiệm cho thấy sự hiệu quả trong đầu in phun mực từ giảo.

Từ khóa: Mạch RC, cơ cấu truyền động, vật liệu từ giảo, hiện tượng trễ, đầu in phun mực.

ABSTRACT

Smart actuators, such as piezoelectric and magnetostrictive actuator have been widely used for precise positioning control. However, the smart actuators still demonstrate the hysteresis phenomenon especially in the magnetostrictive materials. This paper presents an experimental method to compensate hysteresis in the magnetostrictive inkjet printhead. This method is performed by using RC circuit due to the charging and discharging of capacitor adapting a current input signal. The experiment is conducted with frequencies of 5Hz, which is primarily used for operating inkjet printhead. From the experimental results, the optimal capacitance value at 5Hz is found at 335 μ F. The experimental method is useful and effective to reduce hysteresis in the magnetostrictive inkjet printhead.

Keywords: RC circuit, actuator, magnetostrictive material, hysteresis, inkjet printhead.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyenvantruong@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 16/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

DANH MỤC VIẾT TẮT/KÝ HIỆU

MA: Magnetostrictive actuator

RC: Resistor - capacitor circuit

τ : Hằng số thời gian (Time constant)

1. GIỚI THIỆU

Hiện tượng từ giảo là hiện tượng thay đổi hình dạng của một số vật liệu dưới sự tác động của từ trường. Hiện tượng

này được James Joule công bố lần đầu tiên vào năm 1842 [1]. Tính chất của vật liệu được thể hiện qua khả năng cung cấp năng lượng cho cơ cấu truyền động và cảm biến. Đối với khả năng truyền động đã được ứng dụng trong đầu in phun hoạt động dựa trên nguyên lý từ giảo. Khi từ hóa vật liệu từ giảo dưới tác động của dòng điện chạy trong cuộn dây, mạch từ khép kín trong cơ cấu được hình thành, với khả năng thu nhận và phản hồi về cấu trúc của vật liệu đã được áp dụng và sử dụng rộng rãi trong điều khiển chính xác vị trí và rung động trong cơ cấu truyền động [2]. Tuy nhiên trong quá trình hoạt động mối liên hệ giữa cường độ dòng điện đóng vai trò là nguồn vào và độ dịch chuyển của vật liệu từ giảo gây ra hiện tượng trễ. Đây là nguyên nhân gây ra những hệ quả không mong muốn trong khi điều khiển hệ thống.

Theo khảo sát, hai phương pháp chính được sử dụng nhằm giảm thiểu hiện tượng trễ là phương pháp thí nghiệm và phương pháp toán học. Đối với phương pháp toán học, nhiều mô hình được áp dụng nhằm giảm thiểu hiện tượng trễ trong quá trình hoạt động của cơ cấu. Một trong những mô hình kinh điển được áp dụng nhiều là mô hình Preisach [3]. Mô hình điều khiển bù trễ này sử dụng phương pháp này áp dụng đặc tính của đường cong từ trễ thu được khi từ hóa vật liệu và dựa trên các đặc tính trễ qua đó xây dựng đường cong bù trễ nghịch đảo. Phương pháp điều khiển này có thể giảm độ trễ của MA, nhưng khả năng thích ứng của nó trở nên yếu bởi vì mô hình Preisach và mô hình nghịch đảo của nó dựa trên các đường cong đảo ngược bậc nhất được đo theo cố định điều kiện hoạt động. Tuy nhiên, mô hình này phức tạp và khối lượng tính toán lớn.

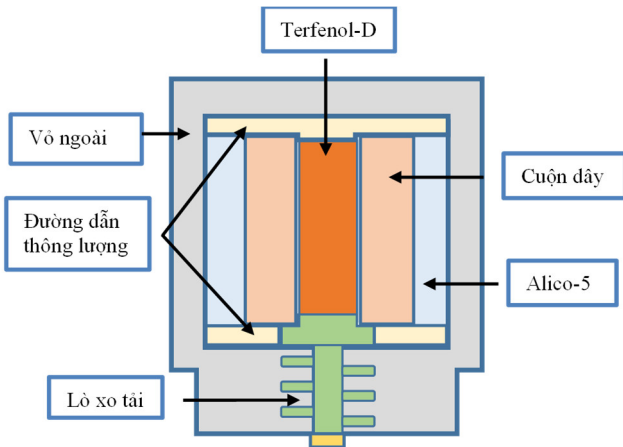
Bài báo này trình bày phương pháp bù trễ bằng việc sử dụng thí nghiệm. Cơ sở của phương pháp bù trễ khi sử dụng thí nghiệm dựa trên sự đảo chiều đường trễ ở tín hiệu đầu vào. Dựa trên đặc tính đường cong đó, mạch RC đóng vai trò làm đường cong bù trễ sử dụng trong thí nghiệm [4]. Quá trình thí nghiệm đưa ra các giá trị điện trở và điện dung tụ điện phù hợp để giảm thiểu mức độ trễ trong thí nghiệm ở tần số 5Hz. Bài toán bù trễ bằng phương pháp cho ra những kết quả khả thi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ cấu truyền động từ giảo

Thành phần cấu tạo nên đầu in phun mực từ giảo được trình bày như hình 1. Trên mô hình Tefenol-D đóng vai trò là vật liệu từ giảo, được bao quanh bởi cuộn dây và được khép kín bởi vật dẫn thông lượng để tạo nên mạch từ. Tải

lò xo được lắp đặt ở phần đầu tạo chuyển động cho cơ cấu. Tất cả được bao quanh bởi vỏ ngoài tạo chuyển động cho cơ cấu. Từng thành phần dùng trong cơ cấu truyền động cùng với kích thước và vật liệu đi kèm được trình bày chi tiết ở bảng 1.



Hình 1. Lược đồ cấu tạo của cơ cấu truyền động từ giảo [5]

Bảng 1. Kích thước và vật liệu được sử dụng trong mô hình

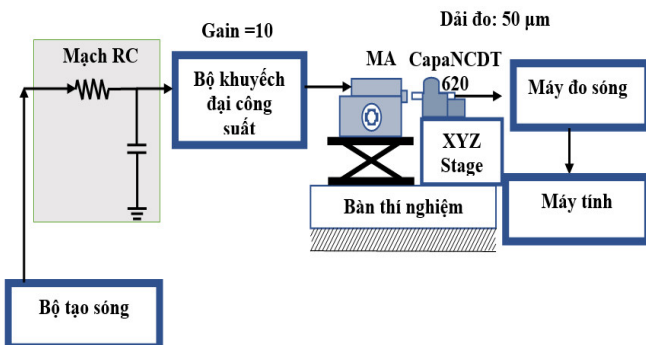
Thành phần	Kích thước	Vật liệu
Vật liệu từ giảo	50mm*5mm train 900 - 1200ppm	Terfenol-D
Nam châm vĩnh cửu	Φ 30*20*50mm	Alnico -5
Cuộn dây	950 vòng	Đồng
Vỏ ngoài	90*60mm	Nhôm
Lò xo tải	20*14mm, 589N	SWB 14 - 20
Đường dẫn thông lượng	Φ 30*10*5mm	SUS - 430

2.2. Đề xuất ý tưởng về bù trễ

Tín hiệu đầu vào dạng tam giác, tạo ra đường cong trễ giữa dòng điện và độ dịch chuyển.

Xuất phát từ đặc tính đảo chiều tín hiệu vào dựa trên đường cong trễ, ý tưởng sử dụng mạch RC được hình thành nhằm cung cấp một tín hiệu đảo đầu vào, qua đó đường cong trễ giữa dòng điện và độ dịch chuyển sẽ được bù lại tuyến tính [6].

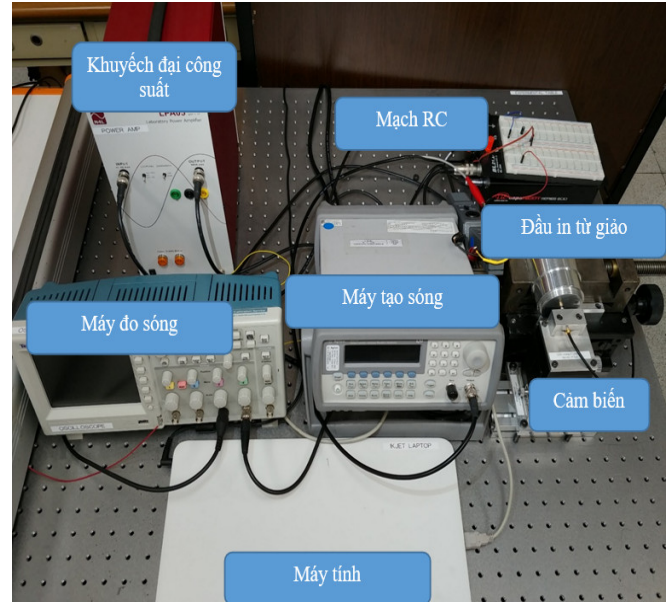
2.3 Thiết lập thí nghiệm



Hình 2. Lược đồ thí nghiệm bù trễ đầu in phun mực từ giảo

Thí nghiệm bù trễ trong đầu in phun mực từ giảo được mô tả như hình 2 và 3. Đầu tiên, bộ tạo sóng hình thành sóng dạng tam giác, sau đó được kết nối với mạch RC, tín hiệu

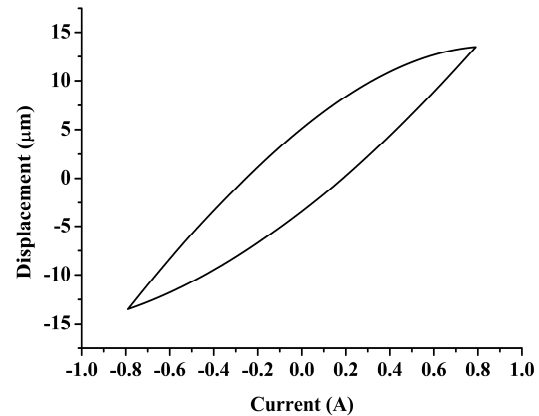
được khuếch đại 10 lần khi đi qua bộ khuếch đại công suất. Tín hiệu sau khi đi qua bộ khuếch đại được đưa vào cơ cấu giao động từ giảo được định vị trên giá đỡ. Cảm biến điện dung NCDT 620 được đặt đối diện với đầu dịch chuyển của cơ cấu, tín hiệu từ cảm biến sẽ được đo trên máy đo sóng sau đó được đưa vào máy tính để thu thập dữ liệu.



Hình 3. Thí nghiệm bù trễ trong đầu in phun mực từ giảo

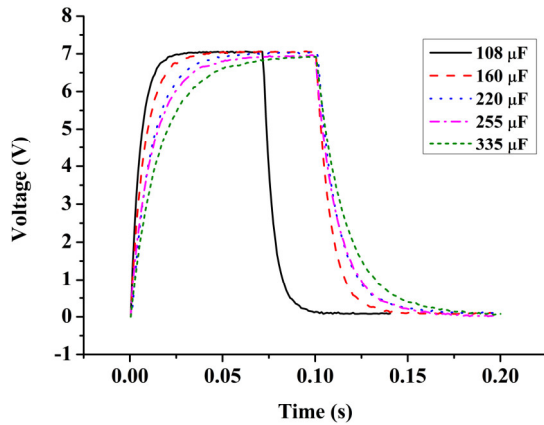
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 4 mô tả đường cong trễ tại tần số $f = 5\text{Hz}$. Độ dịch chuyển tại tần số $f = 5\text{Hz}$, điện áp đầu vào được thiết lập ở mức $\pm 3,5\text{V}$, tạo ra dòng điện $\pm 0,8\text{A}$ với độ dịch chuyển ban đầu là $\pm 27\mu\text{m}$.



Hình 4. Đường cong trễ tại tần số $f = 5\text{Hz}$

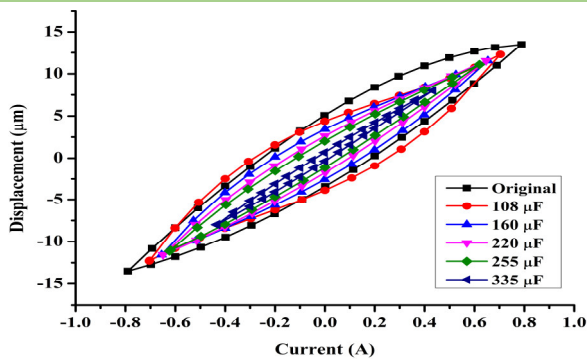
Các giá trị điện dung được lựa chọn với tần số 5Hz được trình bày như hình 5. Tại tần số 5Hz, giá trị điện dung của tụ được lựa chọn với năm giá trị tương ứng, bắt đầu từ $108\mu\text{F}$ đến $335\mu\text{F}$. Với điện áp đầu vào là 11V tạo ra dòng 1.6A. Với các giá trị điện dung lớn hơn, sẽ cần thêm thời gian cho tụ nạp và xả. Bảng 2 cung cấp giá trị điện trở qua các thí nghiệm với tần số 5Hz. Qua thí nghiệm với tần số 5Hz, giá trị điện trở dao động xung quanh 50Ω . Do đó, giá trị này được lựa chọn cho phần còn lại của thí nghiệm. Các đường trễ được thể hiện ở hình 6 tương ứng với các giá trị tụ điện.



Hình 5. Quá trình nạp và xả của tụ điện ở tần số 5Hz

Bảng 2. Bảng giá trị điện trở qua các giá trị điện dung tại tần số $f = 5\text{Hz}$

Điện dung (μF)	Hằng số thời gian (ms)	Điện trở (Ω)
108	5,6	51,9
160	8	50
220	11	50
255	12	47,1
335	17	50,7



Hình 6. Thí nghiệm bù trễ tại tần số $f = 5\text{Hz}$

Qua quá trình thí nghiệm, độ trễ giữa độ dịch chuyển và cường độ dòng điện đã được trình bày tại tần số 5Hz. Với thí nghiệm này, đường cong trễ được thu nhỏ dần với giá trị điện dung tụ điện bắt đầu từ giá trị $108\mu\text{F}$ đến $335\mu\text{F}$. Với giá trị điện dung càng lớn, để tạo ra cùng một giá trị dòng điện, điện áp đầu vào cũng phải tăng theo để đáp ứng sự thay đổi theo độ dịch chuyển. Vì vậy giá trị điện dung $335\mu\text{F}$ được chọn phù hợp để đáp ứng tốt và không bị ảnh hưởng quá nhiều đến nguồn đầu vào cũng như đạt hiệu quả bù trễ tốt nhất. Kết quả thí nghiệm cho thấy, với cùng một mức điện áp ban đầu cung cấp cho cơ cấu chuyển động, với các giá trị điện dung khác nhau sẽ cho ra những giá trị về dòng điện khác nhau, đồng thời các giá trị này ảnh hưởng đến độ dịch chuyển của cơ cấu so với ban đầu.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày thí nghiệm về việc bù trễ trong đầu in phun mực từ giảo. Mạch RC được sử dụng để đảo chiều tín hiệu đầu vào qua đồ đường cong trễ được bù lại. Bằng việc dựa vào tính chất nạp xả của tụ, giá trị điện trở 50Ω được xác định thông qua hằng số thời gian τ . Thí nghiệm đã được thực hiện với tần số là 5Hz, thông qua thí nghiệm, kết quả bù trễ tốt giá trị điện dung đã được tìm thấy với hai giá trị lần lượt là $335\mu\text{F}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chengde Gao, Zihao Zeng, Shuping Peng, Cijun Shuai, "Magnetostrictive alloys: Promising materials for biomedical applications," *Bioactive Materials*, 8, 177-195, 2022.
- [2]. Jiles David, Atherton D., "Theory of ferromagnetic hysteresis," *Journal of Applied Physics*, 1984.
- [3]. Zhiliang Yu, Yue Wu, Zhiyi Fang, Hailin Sun., "Modeling and compensation of hysteresis in piezoelectric actuators," *Heliyon*, 6, 5, 2020.
- [4]. Choi H., Park Young-Woo. Kim Boon, "Experimental Compensation of Hysteresis in Magnetostrictive Actuator," *Journal of Physics: Conference Series*, 200, 042007, 2010.
- [5]. K.H. Ji, H.J. Park, Y.W. Park, N. Wereley., "Semi-empirical modeling of hysteresis compensation in magnetostrictive actuator," *SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*, 2013.
- [6]. Jae-Hyun Yoo, Young-Woo Park., "Experimental investigation of magnetostrictive DoD inkjet head for droplet formation," *Current Applied Physics*, 11, 1, S353-S359, 2011.

AUTHORS INFORMATION

Tran Quoc Bao, Nguyen Van Trung
Hanoi University of Industry, Vietnam