

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ẢO TRONG CẢI THIỆN ĐÁP ỨNG ĐỘNG LỰC HỌC VÀ HIỆU SUẤT CỦA MÁY ÉP THỦY LỰC

RESEARCH ON THE APPLICATION OF VIRTUAL MODELS IN IMPROVING THE DYNAMIC RESPONSE AND PERFORMANCE OF HYDRAULIC PRESS MACHINE

Vũ Đình Hải¹, Hồ Triết Hưng²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo này sẽ tập trung vào việc nghiên cứu ứng dụng mô hình ảo trong việc cải thiện đáp ứng động lực học và hiệu suất của máy ép thủy lực. Mô hình hệ thống được xây dựng trên phần mềm Amesim. Một hệ thống thủy lực trên máy ép có nhiều ưu điểm được đề xuất, được mô hình hóa và mô phỏng. Bên cạnh đó thì hệ thống thủy lực đề xuất này cũng được xây dựng thành một mô hình vật lý và tiến hành thực nghiệm cùng các thông số như mô hình mô phỏng. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm cho thấy có sự tương đồng với nhau và đáp ứng được trong việc hỗ trợ thiết kế nhằm cải thiện đáp ứng đầu ra và hiệu suất của hệ thống.

Từ khóa: *Mô hình thủy lực ảo; Hệ thống thủy lực trên máy ép; Cải thiện hiệu suất của máy ép thủy lực.*

ABSTRACT

This paper will focus on studying the use of virtual models in improving the dynamic response and performance of hydraulic presses. The system model is built on Amesim software. A hydraulic system on a press with many advantages has been proposed, modeled and simulated. Besides, this proposed hydraulic system is also built into a physical model and conducted experiments with the same parameters as the simulation model. Simulation and experimental results show that there are similarities and are satisfactory in supporting the design to improve the output response and performance of the system.

Keywords: *Virtual hydraulic system model; Hydraulic system in press machine; Improve hydraulic system performance.*

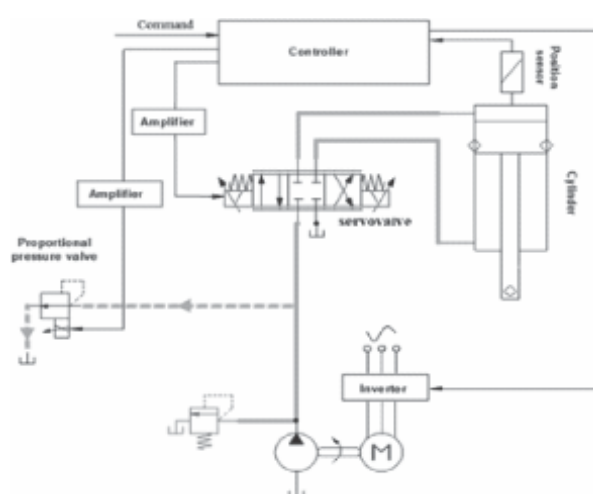
1. GIỚI THIỆU

Hệ thống thủy lực được ứng dụng rất phổ biến trong các ngành công nghiệp. Tuy nhiên, hạn chế của hệ thống thủy lực là tổn thất năng lượng lớn [1,2]. Nguyên nhân là thiết kế công suất chưa phù hợp dẫn đến năng lượng dư thừa lớn, lãng phí năng lượng, sinh nhiệt trong hệ thống và làm tăng chi phí trong vận hành sản xuất [3]. Để cải thiện những vấn đề này, nghiên cứu đề xuất một hệ thống thủy lực có nhiều ưu điểm. Hệ thống có sử dụng hệ thống van servo điều khiển xi lanh đồng thời kết hợp với hệ thống bơm biến đổi lưu lượng. Bơm thủy lực được điều khiển có khả năng thay đổi năng lượng đầu vào phù hợp với nhu cầu năng lượng của hệ thống. Hạn chế năng lượng dư thừa phát sinh trong hệ thống. Do đó sẽ cải thiện được hiệu suất của máy.

2. HỆ THỐNG THỦY LỰC ĐỀ XUẤT

2.1. Mạch thủy lực

Hệ thống đề xuất được trình bày trong Hình 1. Hệ thống sử dụng một xi lanh tác động kép được vận hành bởi van servo 4/3. Bơm nguồn thủy lực trong hệ thống là loại bơm biến đổi lưu lượng bằng cách thay đổi vận tốc quay của trục bơm thông qua việc điều khiển động cơ servo AC. Áp suất hệ thống được giới hạn bởi van tràn RV. Hệ thống có trang bị các cảm biến như: Cảm biến vị trí hành trình piston, cảm biến áp suất, cảm biến dòng điện và điện áp của động cơ AC servo. Kiểm soát, điều khiển và thu nhận dữ liệu hệ thống dùng máy tính thông qua card giao tiếp Ni-6002.



Hình 1. Hệ thống thủy lực đề xuất

Chiến lược mô phỏng hệ thống là tiến hành mô phỏng với các trường hợp với các dạng tín hiệu vào khác nhau, như: Dạng Step, dạng Sine và dạng Ramp. Đồng thời, kết hợp với 2 chế độ hoạt động của bơm là ở chế độ có lưu lượng cố định và chế độ có lưu lượng biến đổi theo nhu cầu hệ thống nhằm để so sánh đáp ứng đầu ra và hiệu suất hệ thống.

2.2. Xây dựng mô hình ảo dùng phần mềm Amesim

Để xem xét tính hiệu quả trong việc cải thiện đáp ứng động lực học và hiệu suất năng lượng của hệ thống, một mô hình ảo được xây dựng trên AMESim và được trình bày trong Hình 2. Các thông số của mô hình được mô tả trong Bảng 1, các thành phần này được mô hình hóa dựa trên các thông số và điều kiện như sau:

- *Bơm thủy lực*: Mô hình của bơm thủy lực được mô tả trong Hình 2, trong đó bơm được dẫn động bằng động cơ AV servo. Bơm có thể tích riêng là $5,8 \text{ cm}^3/\text{rev}$. Hiệu suất thể tích và hiệu suất cơ học của bơm phụ thuộc vào tốc độ của bơm và áp suất khác bơm. Trong

luận văn này, các giá trị hiệu suất cơ và hiệu suất thể tích của bơm thay đổi theo các khoảng (0.7-0.9) và được áp dụng dưới dạng đầu vào trên phần mềm AMESim.

- *Xi lanh thủy lực*: Mô hình của xi lanh thủy lực được xây dựng dựa trên khả năng nén của môi chất thủy lực trong các buồng của xi lanh, trong AMESim mô hình được sử dụng và các thông số được mô tả trong Bảng 1.

- *Van thủy lực*: Đối với hệ thống thủy lực được đề xuất này thì van được dùng là loại van servo 4/3 có tâm giữa đóng dùng để điều khiển chuyển động của xi lanh. Lưu lượng qua vòi phun của bộ khuếch đại thủy lực được tính bằng công thức sau [11]:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} |\Delta p|} \cdot \sin(\Delta p) \quad (1)$$

Trong đó: Q: Lưu lượng qua lỗ (m³/s);
C_d: Hệ số phóng điện; A: Tiết diện của lỗ (m²);
Δp: Chênh lệch áp suất trên lỗ (N/m²).

Đường ống thủy lực:

Mô hình ống thủy lực chịu nén và ma sát được sử dụng trên phần mềm AMESim, với chiều dài và đường kính của ống thay đổi tùy thuộc vào vị trí được kết nối.

Mô hình năng lượng:

Hàm năng lượng dẫn động bơm được xác định bằng phương trình (2):

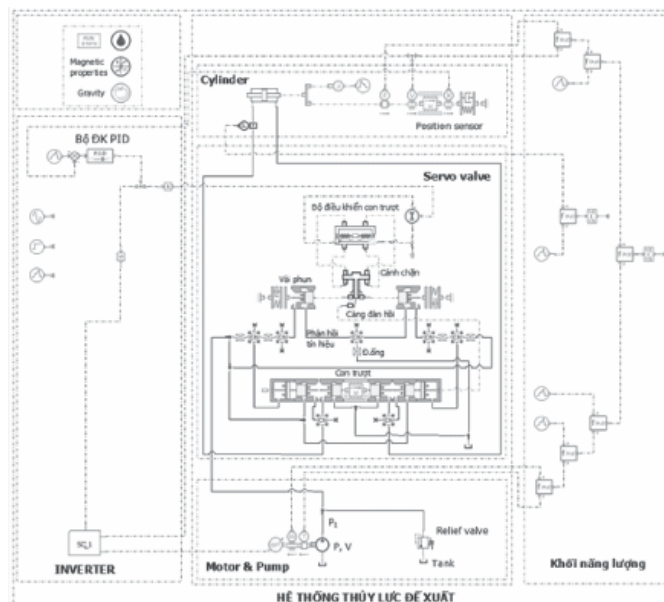
$$E_m = \int_{t_0}^{t_{30}} |T \cdot \omega| dt \quad (2)$$

Hàm năng lượng trên trục ra của xi lanh được xác định bằng phương trình (3):

$$E_c = \int_{t_0}^{t_{30}} |F \cdot v| dt \quad (3)$$

Hiệu suất η trong khoảng thời gian [t₁, t₂] được xác định bằng công thức (4):

$$\mu(t) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P_{out}(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} P_{in}(t) dt} = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (4)$$



Hình 2. Mô hình trên AMESim của hệ thống

Bảng 1. Thông số của hệ thống:

Stt	Thiết bị	Thông số	Gía trị	Đơn vị
1	Bơm thủy lực – Daikin ME07	Thể tích riêng (V)	5.8	cm ³ /rev
		Hiệu suất thể tích ở chế độ bơm	Phụ thuộc tốc độ và áp suất	-
		Hiệu suất cơ ở chế độ bơm		
		Hiệu suất thể tích ở chế độ động cơ	Phụ thuộc tốc độ và áp suất	-
		Hiệu suất cơ ở chế độ động cơ		
		Lực quán tính	0.012	kg.m ²
2	Van servo thủy lực- MOOG D633	Tốc độ lưu lượng danh nghĩa	10 ⁻³	m ³ /s
		Thời gian	±40	ms
3	Xi lanh thủy lực – Taiyo-T 100-100	Đường kính xi lanh D	10.10 ⁻²	m
		Đường kính piston d	3.2.10 ⁻³	m
		Hành trình lớn nhất	0.15	m
		Giảm chấn buồng A	5.10 ⁻⁵	m ³
		Giảm chấn buồng B	5.10 ⁻⁵	m ³
		Hệ số rò rỉ	10 ⁻⁷	m ³ /s/bar
		Khối lượng	5	kg
		Ngoại lực	50	kN
		Hệ số ma sát nhớt	0.1	N/(m/s)
		Lực Coulomb	250	N
		Lực ma sát	100	N
4	Tính đàn hồi	Độ cứng	12.10 ⁴	N/m
5	Đường ống	Đường kính	12.8.10 ⁻³	m
		Bulk modulus	8.10 ⁹	Pa
		Chiều dài	0.5–1.5	m
6	Van giới hạn áp suất – Yuken RV02	Áp suất cài đặt	15	MPa

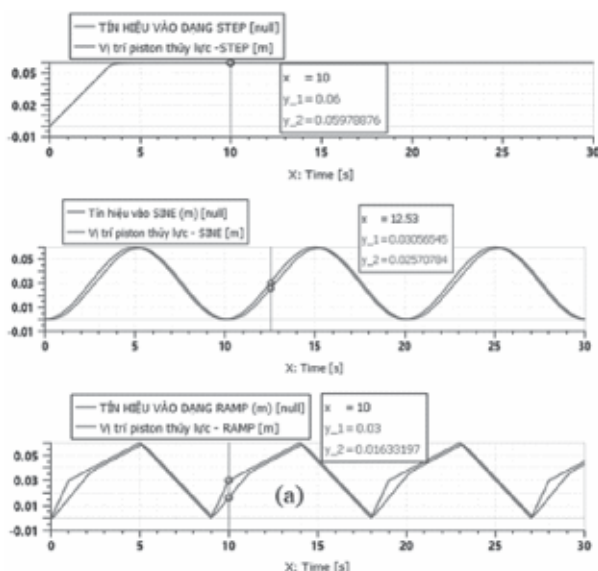


3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong mô phỏng này, vị trí và vận tốc chuyển động của piston được xem là thông số đầu vào của hệ thống. Ba dạng tín hiệu vào được mô phỏng đó là dạng step, dạng sine và ramp.

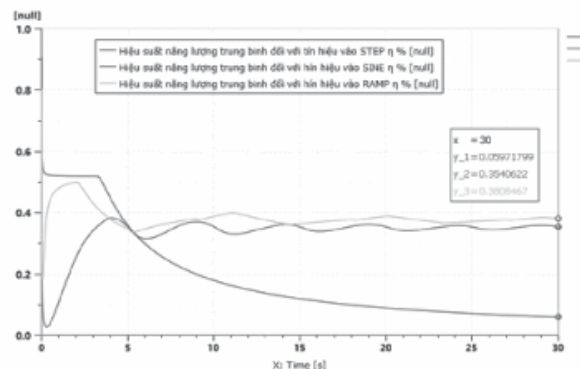
- Đáp ứng đầu ra của hệ thống:

Kết quả mô phỏng tương ứng với 3 dạng tín hiệu vào khác nhau được thể hiện ở hình 3. Đường màu đỏ thể hiện tín hiệu vào yêu cầu tương ứng với 3 dạng tín hiệu vào. Đường màu xanh là quỹ đạo chuyển động đáp ứng của piston trong hệ thống. Trong cả 2 trường hợp tương ứng với bơm có lưu lượng cố định và bơm có lưu lượng biến đổi theo nhu cầu của hệ thống thì đáp ứng đầu ra có kết quả tương tự nhau. Nhưng về năng lượng tiêu thụ thì có sự khác nhau. Kết quả được thể hiện ở hình 4 cho trường hợp bơm có lưu lượng cố định và hình 5 là cho trường hợp bơm có lưu lượng biến đổi.



Hình 3. Kết quả đáp ứng đầu ra của hệ thống

- Hiệu suất năng lượng của hệ thống:

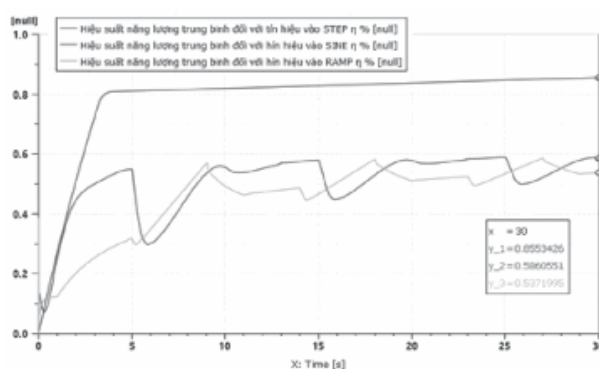


Hình 4. Hiệu suất năng lượng tương ứng với bơm có lưu lượng cố định.

Trường hợp bơm có lưu lượng cố định có kết quả thống kê như bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thống kê với trường hợp bơm có lưu lượng cố định:

Tín hiệu vào		Năng lượng dẫn động bơm (W)	Năng lượng đầu ra (W)	Hiệu suất năng lượng (%)
1	Step	167,4	10,0	0,59
2	Sine	167,4	59,27	35,04
3	Ramp	167,4	63,75	38,08



Hình 5. Hiệu suất năng lượng tương ứng với bơm có lưu lượng biến đổi.

Trường hợp bơm có lưu lượng biến đổi có kết quả thống kê như bảng 3.

Bảng 3. Kết thống kê với trường hợp bơm có lưu lượng biến đổi

Tín hiệu vào		Năng lượng dẫn động bơm (W)	Năng lượng đầu ra (W)	Hiệu suất năng lượng (%)
1	Step	12,36	10,57	85,5
2	Sine	98,16	57,53	58,6
3	Ramp	117,30	63,01	53,7

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả thống kê, ta nhận thấy hiệu suất năng trong trường hợp hệ thống ứng dụng bơm có lưu lượng biến đổi (Bảng 3) là tốt hơn so với trường hợp hệ thống dùng bơm có lưu lượng cố định (Bảng 2) cho cả 3 kiểu tín hiệu vào là Step, Sine và Ramp. Cụ thể giá trị hiệu suất được cải thiện là:

Trường hợp tín hiệu vào dạng Step:
 $85,50 - 0,59 = 84,91\%$.

Trường hợp tín hiệu vào dạng Sine:
 $58,60 - 35,04 = 23,56\%$.

Trường hợp tín hiệu vào dạng Ramp:
 $53,75 - 38,08 = 15,67\%$

Việc sử dụng mô hình ảo để mô phỏng hệ thống thủy thủy lực đề xuất nêu trên đã đem

lại hiệu quả rõ ràng và tin cậy. Thông qua mô hình ảo, người thiết kế hệ thống dễ dàng thử nghiệm các ý tưởng thiết kế của mình nhằm tìm ra được một hệ thống hiệu quả với các thông số cấu hình thiết bị phù hợp cũng như giải pháp điều khiển hợp lý trước khi tiến hành chế tạo thiết bị. ❖

Ngày nhận bài: **06/6/2022**

Ngày phản biện: **16/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Zhong, J.; Zhao, K.; Liu, Z.; Li, X. *Review of the research on low carbon manufacture of metal-forming equipment and future development*. J. Hefei Univ. Technol. 2012, 35, 1594–1600.
- [2]. Zhao, K.; Liu, Z.; Yu, S.; Li, X.; Huang, H.; Li, B. *Analytical energy dissipation in large and medium-sized hydraulic press*. J. Clean. Prod. 2015, 103, 908–915.
- [3]. Gao, M.; He, K.; Li, L.; Wang, Q. *A Review on Energy Consumption, Energy Efficiency and Energy Saving of Metal Forming Processes from Different Hierarchies*. Processes 2019, 7, 357.
- [4]. M. Galal, and M. Rabi, (2009). *Fluid Power Engineering*. (1st edition). [Online]. Available: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071622462>
- [5]. J. Mohieddine, K. Andreas, *Hydraulic Servo-Systems*, Springer, Verlag: London Ltd, 2004.
- [6]. FM. White, *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill, 1986.