Nghiên cứu ảnh hưởng của bơm điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo tải trọng đến các thông số của hệ thống truyền động thủy lực

ThS. PHẠM TRỌNG HÒA
TS. NGUYỄN ĐÌNH TỨ
Trường Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt: ***Hiện nay, trên các máy xây dựng hiện đại thường sử dụng bơm thủy lực có cảm biến tải trọng Load - Sensing (bơm LS) để điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo tải trọng. Hệ thống truyền động thủy lực trên các máy xây dựng có sử dụng bơm LS cho phép sử dụng hiệu quả năng lượng, tăng năng suất và và chất lượng làm việc. Qua bài báo, nhóm tác giả muốn trình bày tóm tắt những kết quả đã đạt được trong việc nghiên cứu ảnh hưởng của bơm thủy lực điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo tải trọng đến quá trình làm việc của hệ thống truyền động thủy lực trên các máy xây dựng.***

Từ khóa: ***Bơm thay đổi lưu lượng, bơm LS, van LS, linh hoạt theo tải trọng.***

Abstract: ***Flexible hydraulic pump in accordance with load are often using on the modern construction machines. The hydraulic transmission system with LS pump allows us improve energy efficiency, increase productivity and the quality of work. The article present a summary of the results in the study of the dynamic of flexible hydraulic pump in accordance with load on the construction machines.***

Keywords: ***Flexible hydraulic pump, LS pump, LS valve, Accordance with load.***

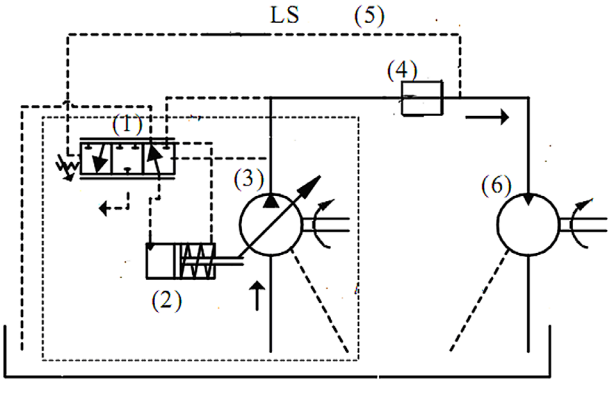
1. Đặt vấn đề

Vấn đề sử dụng hiệu quả nguồn năng lượng trên các máy xây dựng là xu hướng nghiên cứu được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm. Đặc biệt khi điều kiện làm việc của các máy xây dựng liên tục thay đổi, máy làm việc không có quy luật xác định, không thể xác định chính xác về độ lớn, phương, chiều của lực tác dụng. Điều này ảnh hưởng lớn đến quá trình làm việc của các thiết bị, làm giảm hiệu quả sử dụng năng lượng, năng suất và chất lượng làm việc của máy. Để giải quyết vấn đề này, trên các máy xây dựng hiện đại đã sử dụng bơm thủy lực có khả năng điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo độ lớn của tải trọng bên ngoài, cho phép máy tránh được hiện tượng lãng phí năng lượng một cách vô ích, dư thừa.

Tuy nhiên, ở Việt Nam chưa có những công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của bơm thủy lực điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo tải trọng đến quá trình làm việc của hệ thống truyền động thủy lực. Chính vì vậy, nhóm tác giả hi vọng kết quả nghiên cứu này sẽ là tài liệu hữu ích giúp cho việc lựa chọn các thông số kết cấu hợp lý, từ đó nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên các máy xây dựng, đảm bảo cho hệ thống làm việc ổn định và tăng tuổi thọ của các phần tử trong hệ thống truyền động thủy lực.

2. Nội dung

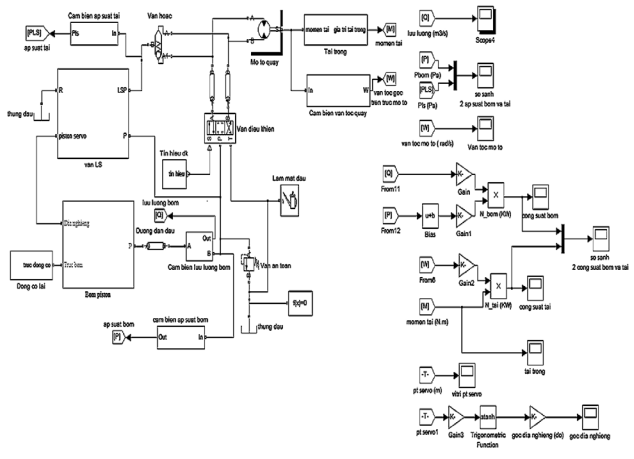
Sơ đồ hệ thống truyền động thủy lực sử dụng bơm thủy lực có khả năng điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo độ lớn của tải trọng bên ngoài như trên *Hình 1*. Theo sơ đồ trên, dầu cao áp từ bơm (3) qua van phân phối (4) đến động cơ thủy lực (6) để thực hiện các thao tác của máy. Khi tải trọng bên ngoài thay đổi, thông qua các cảm biến áp suất của tải (5) thì van LS (1) sẽ điều khiển piston servo (2) để điều chỉnh lưu lượng của bơm thay đổi theo yêu cầu của tải trọng bên ngoài. Quá trình điều chỉnh này hoàn toàn tự động.



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý bơm tự động điều chỉnh lưu lượng

Để nghiên cứu động lực học của hệ thống truyền động thủy lực, nhóm tác giả sử dụng phần mềm Matlab R2012a với thư viện mô phỏng thủy lực SimHydraulic. Thư viện của SimHydraulic cho phép chúng ta xây dựng hệ thống mạch thủy lực đúng với kết cấu thực tế của máy với đầy đủ các phần tử thủy lực như bơm, van an toàn, van phân phối, van một chiều, động cơ, đường ống dầu, loại dầu thủy lực… Các phần tử thủy lực trong SimHydraulic đã được mô đun hóa cho phép người dùng xây dựng, nghiên cứu hệ thống truyền động thủy lực một cách đầy đủ, trực quan và sinh động, cho phép thay đổi mô hình nghiên cứu một cách dễ dàng.

Mô hình hệ thống truyền động thủy lực sử dụng bơm thủy lực có khả năng điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo độ lớn của tải trọng bên ngoài trên SimHydraulic trong môi trường Matlab R2012a được thể hiện trên *Hình 2*.



Hình 2: Mô hình hệ thống bơm LS

Để đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống này cần phải quan tâm đến độ bám tải, là tỷ lệ phần trăm giữa công suất yêu cầu của tải trọng so với công suất của bơm thủy lực. Độ bám tải được xác định theo công thức sau:

$$\delta = \frac{N_{tyc}}{N_b} 100\% \quad (1)$$

$$\Delta P_{LS} = P_b - P_{LS} \quad (2)$$

Trong đó: δ - Độ bám tải (%), N_b - Công suất của bơm (KW), N_{tyc} - Công suất yêu cầu của tải (KW), ΔP_{LS} - Áp suất van LS (Pa), P_b - Áp suất bơm (Pa), P_{LS} - Áp suất tải (Pa).

Để đảm bảo quá trình làm việc của hệ thống thủy lực thì công suất của bơm thủy lực luôn lớn hơn công suất của tải yêu cầu, trong hệ thống luôn có một phần năng lượng dư thừa. Phần năng lượng dư thừa này sẽ biến đổi thành nhiệt năng, làm nóng dầu thủy lực, gây lãng phí năng lượng và làm giảm chất lượng cũng như tuổi thọ của các phần tử thủy lực nói riêng và toàn bộ hệ thống thủy lực nói chung. Như vậy, độ bám tải càng lớn thì năng lượng dư thừa càng nhỏ hay hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống thủy lực càng cao. Mức độ chênh lệch giữa công suất của bơm thủy lực và công suất yêu cầu của tải phụ thuộc vào áp suất trên van LS (ΔP_{LS}).

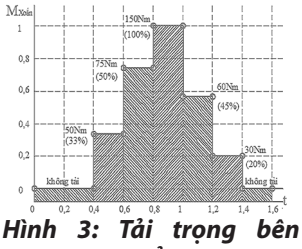
3. Tính toán mức độ ảnh hưởng của các yếu tố

Để phục vụ tính toán mô phỏng, các số liệu được lấy của máy đào bánh xích KOMATSU PC200 - 7LC, các thông số được lựa chọn theo hãng sản xuất như trong *Bảng 1*

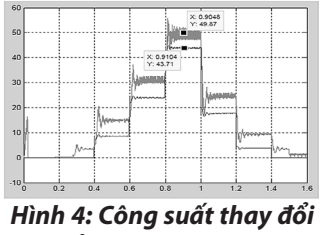
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
	Động cơ thủy lực: KMF125ABE-5 Piston type		
1	Lưu lượng riêng	cm^3/vòng	125
2	Tốc độ quay danh nghĩa của bơm	vòng/ph	1694
3	Áp suất danh nghĩa	Pa	2,84e7
	Bơm: Piston HPV95 variable displacement		
4	Lưu lượng riêng	cm^3/vòng	95
5	Tốc độ quay danh nghĩa của động cơ	vòng /ph	2260
6	Áp suất danh nghĩa	Pa	3,27e7
	Van an toàn và đường ống dầu		
7	Áp suất van an toàn	Pa	3.4e7
8	Chiều dài ống	m	5
9	Mô đun đàn hồi	MPa	0.21e6
10	Chiều dầy đường ống	m	0,006

3.1. Tính toán mức độ ảnh hưởng của ΔP_{LS} đến độ bám tải δ

Tải trọng bên ngoài tác dụng lên các hệ thống máy là yếu tố quan trọng, nó quyết định đến quá trình làm việc của hệ thống thủy lực có sử dụng bơm điều chỉnh lưu lượng tự động. Do tải trọng bên ngoài tác dụng không có trị số xác định, nó liên tục thay đổi, vì vậy để có thể khảo sát đánh giá ảnh hưởng của các thông số đến quá trình làm việc của hệ thống thủy lực, nhóm tác giả đã xây dựng đồ thị tải trọng thay đổi tác dụng lên máy như trên *Hình 3*.



Hình 3: Tải trọng bên ngoài thay đổi



Hình 4: Công suất thay đổi theo tải

Phân tích kết quả thu được như trên *Hình 4*, ta thấy khi công suất yêu cầu của tải thay đổi thì công suất bơm cũng thay đổi:

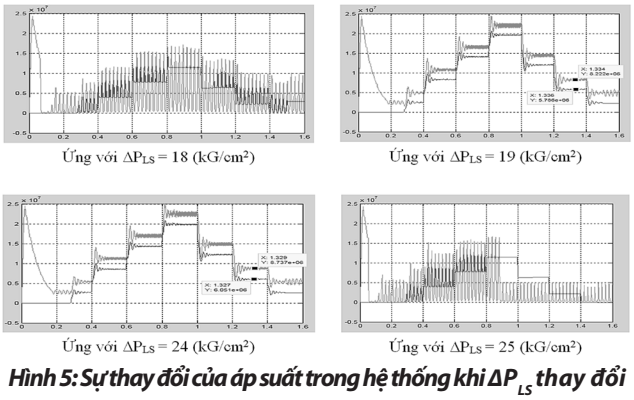
- Ở chế độ không tải (từ 0 đến 0,4s) khi đó công suất tải bằng không, trong giai đoạn đầu công suất của bơm tăng mạnh do quá trình khởi động sau đó giảm mạnh về gần giá trị bằng không.

- Khi tải bên ngoài tăng ở các mức là 33% (từ 0,4s đến 0,6s), 75% (từ 0,6s đến 0,8s), hay 100% (từ 0,8s đến 1s) thì công suất của bơm cũng tăng lên. Giá trị của công suất tăng mạnh ở đầu mỗi giai đoạn sau đó trở về trạng thái ổn định, tuy nhiên công suất bơm luôn lớn hơn công suất yêu cầu của tải. Ở ba mức tải trên thì độ chênh công suất không đổi (bằng 6Kw) và độ bám tải δ = 89,46%.

- Khi tải bên ngoài giảm xuống 60% (từ 1s đến 1,2s), 20% (từ 1,2s đến 1,4s) thì công suất bơm thủy lực giảm nhanh, giá trị công suất của bơm luôn lớn hơn giá trị yêu cầu của tải là 6 KW, độ bám tải là δ = 89,46%.

Như vậy, khi tải bên ngoài thay đổi, thì công suất của bơm cũng thay đổi theo, việc thay đổi này là hoàn toàn tự động, mức độ chênh lệch giữa công suất sinh ra của bơm so với công suất yêu cầu của tải bên ngoài hoàn toàn phụ thuộc vào giá trị của áp suất cài đặt van LS (ΔP_{LS}). Khi áp suất cài đặt van LS (ΔP_{LS}) không đổi, tải trọng bên ngoài tăng lên hay giảm đi thì độ bám tải cũng không thay đổi, luôn là hằng số. Khi áp suất van LS càng nhỏ, thì độ chênh giữa công suất yêu cầu của tải và công suất của bơm sẽ càng nhỏ, do đó việc sử dụng năng lượng càng hiệu quả.

3.2. Tính toán mức độ ảnh hưởng của ΔP_{LS} đến áp suất của hệ thống



Hình 5: Sự thay đổi của áp suất trong hệ thống khi ΔP_{LS} thay đổi

Kết quả tính toán mức độ ảnh hưởng của ΔP_{LS} đến áp suất của hệ thống được thể hiện trên *Hình 5*.

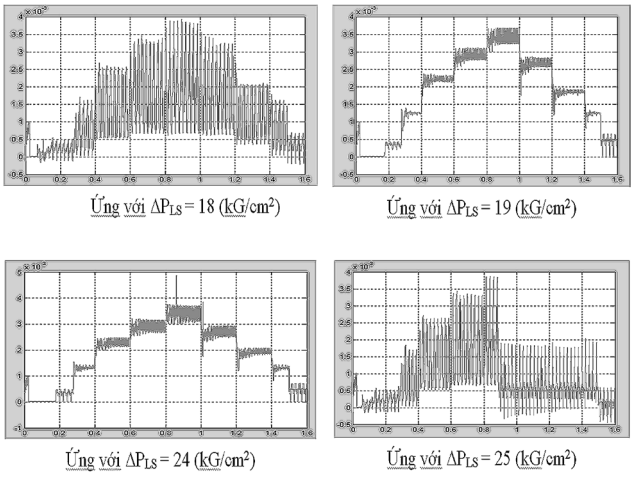
Bảng 2. Tổng hợp kết quả chạy chương trình

Áp suất van LS ΔP_{LS} (kG/cm²)	Dao động của áp suất trong hệ thống	Độ bám tải δ (%)
18	Không ổn định	Không xác định
19	ổn định	91,84
20	ổn định	91,09
23	ổn định	90
24	ổn định	89,46
25	Không ổn định	Không xác định

Phân tích kết quả tính toán thu được ta thấy rằng ΔP_{LS} có ảnh hưởng lớn đến áp suất trong hệ thống thủy lực, cụ thể: Khi $\Delta P_{LS} \leq 18$ kG/cm² áp suất trong hệ thống lại làm việc không ổn định, không xác định được độ bám tải của hệ thống; ΔP_{LS} có giá trị từ 19 đến 24 kG/cm² thì áp suất trong hệ thống làm việc ổn định, khi ΔP_{LS} tăng thì độ bám tải có xu hướng giảm (từ 91,84% xuống 89,46%); khi $\Delta P_{LS} \geq 25$ kG/cm² thì áp suất làm việc trong hệ thống không ổn định. Như vậy, ΔP_{LS} có giá trong khoảng từ 19 đến 24 kG/cm² thì áp suất trong hệ thống làm việc ổn định với độ bám tải trung bình là $\delta_{tb} = 90,65\%$.

3.3. Tính toán mức độ ảnh hưởng của ΔP_{LS} đến lưu lượng của bơm

Hệ thống Load-Sensing có tác dụng điều khiển lưu lượng linh hoạt theo tải vì vậy khi tải bên ngoài thay đổi thì lưu lượng cũng tự động được điều chỉnh thay đổi cho phù hợp. Kết quả tính toán mức độ ảnh hưởng của ΔP_{LS} đến lưu lượng của bơm thủy lực được thể hiện trên *Hình 6*.



Hình 6: Sự thay đổi của lưu lượng trong hệ thống khi ΔP_{LS} thay đổi

Phân tích kết quả thu được trên *Hình 6*, ta thấy rằng ΔP_{LS} có ảnh hưởng lớn đến mức độ ổn định của lưu lượng dầu trong hệ thống thủy lực. Khi ΔP_{LS}<18 kG/cm² thì lưu lượng làm việc trong hệ thống không ổn định. Khi ΔP_{LS} có giá trị từ 19 đến 24 kG/cm² thì lưu lượng trong hệ thống làm việc ổn định, tuy nhiên khi ΔP_{LS} tăng lên thì biên độ dao động có xu hướng tăng và khi ΔP_{LS}>25 kG/cm² thì hệ lưu lượng lại mất ổn định.

4. Kết luận và kiến nghị

Trong hệ thống truyền động thủy lực sử dụng bơm thủy lực có khả năng điều chỉnh lưu lượng tự động linh hoạt theo tải thì áp suất cài đặt của van LS (ΔP_{LS}) là thông số quan trọng nhất, nó không những ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống truyền động thủy lực nói riêng, của toàn bộ máy nói chung mà còn ảnh hưởng đến độ ổn định của lưu lượng và áp suất. Giá trị áp suất van LS lớn quá hay nhỏ quá đều làm cho áp suất và lưu lượng dao động mạnh và không ổn định khi hệ thống làm việc.

Kết quả tính toán cũng chỉ ra rằng, đối với máy đào KOMATSU PC200 - 7LC thì khoảng giá trị hợp lý của áp suất trên van LS(ΔP_{LS}) là từ 19 kG/cm² đến 24 kG/cm² và độ bám tải trung bình của hệ thống là $\delta_{tb} = 90,65\%$.

Như vậy, trong quá trình tính toán, thiết kế, chế tạo, cũng như vận hành, sử dụng và hiệu chỉnh máy thì việc xác định áp suất khoảng giá trị tối ưu của van LS với mỗi loại máy cụ thể là rất cần thiết.

Kiến nghị: Các kết quả nghiên cứu trên đây cho thấy mức độ quan trọng của việc xác định giá trị của áp suất van LS (ΔP_{LS}) trong hệ thống bơm linh hoạt thay đổi theo tải. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở nghiên cứu lý thuyết bằng cách xây dựng mô hình trong môi trường máy tính điện tử, để có thể áp dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn, cần kiểm chứng độ tin cậy qua các thực nghiệm trên máy thật, làm việc trong các điều kiện cụ thể của Việt Nam ❑

Tài liệu tham khảo

[1].Nguyễn Đình Tứ, *Обоснование рациональных параметров гидропривода машин типа ВПР с учетом условий эксплуатации во Вьетнаме*, Luận án Tiến sĩ, Matxcova, 2010.

[2].Ergin Kilic, Melik Dolen, Ahmet Bugra Koku, Hakan Caliskan, Tuna Balkan (2012), Accurate pressure prediction of a servo-valve controlled hydraulic system, *Mechatronics 22*, pp. 997 - 1014.

[3]. Nguyễn Phùng Quang, *Matlab Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2004.

[4].Trần Xuân Tùy, *Hệ thống điều khiển tự động thủy lực*,NXB. Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2002.

Ngày nhận bài: 30/5/2014
Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2014
Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Đăng Điệm
TS. Nguyễn Lâm Khánh