

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG
BĂNG THỬ THỦY LỰC TRONG ĐÀO TẠO TẠI HUBT

Nhóm nghiên cứu *

Tóm tắt: Băng thử thủy lực thể tích là thiết bị để kiểm tra, thử nghiệm các phần tử thủy lực trong hệ thống truyền động thủy lực thể tích. Trong các cơ sở giáo dục, băng thử thủy lực được sử dụng để thực hiện các bài thực hành, thí nghiệm cho sinh viên. Trong các cơ sở bảo dưỡng, sửa chữa, băng thử thủy lực được ứng dụng để kiểm tra, đánh giá các phần tử thủy lực trước và sau quá trình sửa chữa, bảo dưỡng. Bài viết trình bày một số kết quả nghiên cứu về việc chế tạo băng thử thủy lực thể tích, ứng dụng băng thử thủy lực thể tích để thực hiện các bài thực hành, thí nghiệm các môn học về thủy lực, khí nén và ứng dụng băng thử thủy lực để kiểm tra, đánh giá trình trạng kỹ thuật của các phần tử thủy lực thể tích trên ô tô.

Từ khóa: Băng thử thủy lực thể tích, phần tử thủy lực.

Abstract: Volumetric hydraulic test bench is a device to check and test hydraulic elements in volumetric hydraulic transmission systems. In educational institutions, hydraulic test benches are used to perform practical exercises and experiments for students. In maintenance and repair facilities, hydraulic test benches are used to check and evaluate hydraulic elements before and after the repair and maintenance process. This article presents some research results on manufacturing volumetric hydraulic test benches, applying volumetric hydraulic test benches to perform practical exercises and experiments in subjects on hydraulics, pneumatics and applying hydraulic test benches to check and evaluate the technical status of volumetric hydraulic elements on cars.

Keywords: Volumetric hydraulic test bench, hydraulic element.

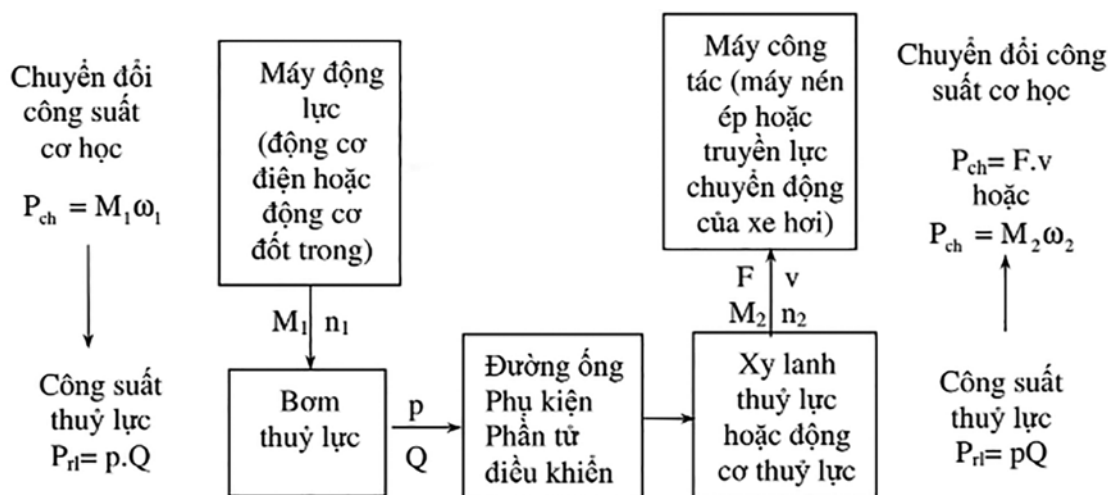
1. Đặt vấn đề

Hệ thống truyền động thủy lực thể tích là hệ thống truyền dẫn sử dụng chất lỏng làm khâu trung gian để chuyển cơ năng. Trong hệ thống truyền động thủy lực thể tích, đầu vào là bơm thủy lực có nhiệm vụ biến đổi đổi công cơ học của máy động lực thành công suất thủy lực,

thông qua các các phần tử thủy lực (các van, đường ống) công suất thủy lực được đưa tới đầu ra là cơ cấu chấp hành (động cơ thủy lực, xy lanh thủy lực) để chuyển đổi thành công cơ học.

Trạng thái kỹ thuật của các máy thủy lực, các phần tử thủy lực được đánh giá bởi các thông số kỹ thuật của các

.....
* Nhóm nghiên cứu, Khoa Cơ điện tử và Ô tô, Trường Đại học Kinh doanh và Công nghệ Hà Nội, gồm: ThS. Phạm Văn Trọng, ThS. Lưu Tuấn Hải, TS. Nguyễn Văn Miên, ThS. Lê Thị Hoàng Linh, Nguyễn Hoàng Anh và Ninh Quang Cường.



Hình 1.1. Sơ đồ biến đổi năng lượng của hệ thống truyền động thủy lực thể tích

máy thủy lực, phần tử thủy lực khi vận hành. Có 2 phương pháp để xác định các thông số kỹ thuật của các máy thủy lực, phần tử thủy lực là phương pháp đo trực tiếp và phương pháp đo gián tiếp (tính toán lý thuyết căn cứ theo thông số kết cấu).

Đề đo, kiểm tra đánh giá các máy thủy lực, phần tử thủy lực cần sử dụng các băng thử thủy lực chuyên dụng. Các băng thử hiện nay trên thị trường đều là các băng thử công suất lớn sử dụng cho các máy công trình và có giá thành cao, các băng thử cho phần tử trong hệ thống truyền động thủy lực thể tích trên ô tô hiện chưa có trên thị trường.

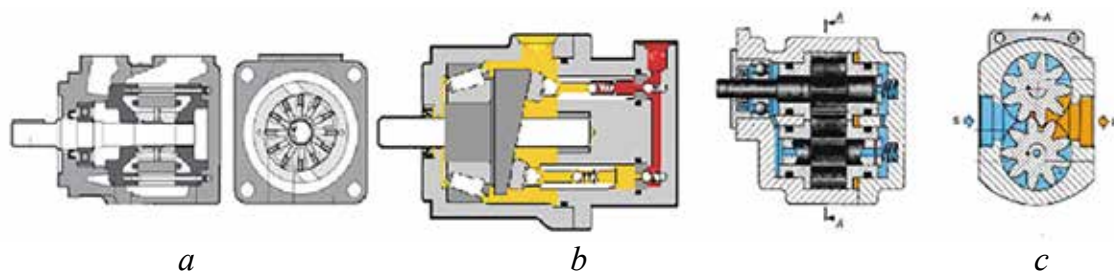
Trong chương trình đào tạo của ngành công nghệ kỹ thuật ô tô có các môn học về truyền động thủy lực và khí nén, nội dung các môn học mới chỉ thực hiện được các nghiên cứu lý thuyết, chưa có các bài thực hành thí nghiệm để kiểm chứng sự hoạt động của các máy thủy lực thể tích thực tế được bố trí trên xe.

Vì vậy, để phục vụ cho việc thực hành các môn học về thủy lực, khí nén

trên ô tô, cần xây dựng một băng thử thủy lực để khảo nghiệm các thông số kỹ thuật trong hệ thống truyền động thủy lực thể tích trên ô tô. Ngoài ra, băng thử thủy lực có thể được hoàn thiện để thương mại hóa trên thị trường, cung cấp cho các đơn vị bảo dưỡng, sửa chữa ô tô.

2. Phương pháp khảo nghiệm các thông số kỹ thuật của hệ thống truyền động thủy lực thể tích trên ô tô

Trên ô tô hiện nay, các hệ thống thủy lực chính được sử dụng là hệ thống thủy lực thể tích kiểu mạch hở. Thành phần chính của hệ thống bao gồm cơ cấu biến đổi cơ năng thành áp năng (bơm thủy lực, xy lanh thủy lực), các van điều khiển (van phân phối, van tiết lưu, van an toàn) và cơ cấu chuyển đổi áp năng thành công cơ học (xy lanh thủy lực). Các máy thủy lực thể tích chính trên ô tô là máy thủy lực cánh gạt kép, máy thủy lực rô to piston hướng trục, mát thủy lực bánh răng. Các máy được sử dụng trong hệ thống trợ lực lái, hệ thống nhiên liệu, hệ thống nâng hạ buồng lái, thùng xe đóng vai trò là bơm thủy lực.



Hình 2. 1. Kết cấu bơm thủy lực thể tích thường sử dụng trên ô tô

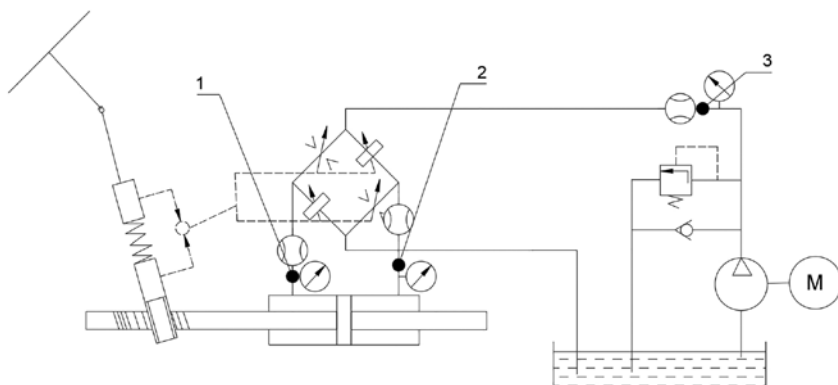
a. Bơm cánh gạt kép

b. Bơm rô to piston hướng trục

c. Bơm bánh răng ăn khớp ngoài

Trong hệ thống, bơm thủy lực hút dầu thủy lực từ thùng chứa và sẽ cung cấp dầu có áp suất cho các bộ truyền động như xi lanh thủy lực thông qua các van. Sau khi truyền tới thiết bị truyền động, chất lỏng sẽ được đưa về thùng chứa và sau đó bơm sẽ lấy dầu thủy lực từ thùng chứa thông qua cổng dầu vào. Quá trình này sẽ liên tục trong

quá trình vận hành các bộ truyền động thủy lực. Trong quá trình vận hành, các thông số về áp suất, lưu lượng là các thông số kỹ thuật chính quyết định khả năng vận hành của hệ thống. Do đó, để kiểm tra, đánh giá hệ thống truyền động thủy lực thể tích trên ô tô, cần đo kiểm tra được giá trị áp suất, lưu lượng tại vị trí máy thủy lực, các van và cơ cấu chấp



Hình 2. 2. Vị trí đo thông số kỹ thuật hệ thống trợ lực lái thủy lực

1- Vị trí đo áp suất lưu lượng dầu vào xy lanh sau van tiết lưu khi quay vòng phải

2- Vị trí đo áp suất lưu lượng dầu vào xy lanh sau van tiết lưu khi quay vòng trái

3- Vị trí đo áp suất lưu lượng của bơm thủy lực

Bảng 2.1. Phương pháp đo trực tiếp tại hệ thống truyền động thủy lực

Giá trị	Phương pháp đo
Lưu lượng riêng	Sử dụng phương pháp tính
Lưu lượng công tác	Sử dụng lưu lượng kế kiểu cánh xoắn hoặc cảm biến lưu lượng
Công suất bơm	Do tốc độ quay và mô men xoắn
Công suất động cơ	Do tốc độ quay và mô men xoắn
Tổn thất áp suất	Đo áp suất đầu vào, đầu ra và tính

hành.

3. Thiết kế, chế tạo, băng thử thủy lực khảo nghiệm các thông số kỹ thuật của hệ thống truyền động thủy lực thể tích

Băng được thiết kế nhằm mục đích mô tả nguyên lý, đo kiểm tra các thông số kỹ thuật của máy thủy lực thể tích được sử dụng trên ô tô; phục vụ cho các bài thực hành, thí nghiệm của các môn học về thủy lực và khí nén; phục vụ cho mục đích nghiên cứu các về hệ thống truyền động thủy lực và khí nén của giảng viên và sinh viên ngành CNKTOTO; hỗ trợ việc kiểm tra các máy thủy lực trên ô tô sau khi bảo dưỡng, sửa chữa.

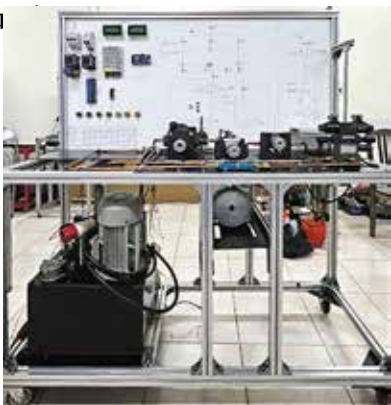


Hình 3.1. Phương án thiết kế băng thử thủy lực kỹ thuật của

Băng thử thủy lực được bố trí 1 hệ thống truyền động để kiểm tra, vận hành bơm thủy lực, 1 hệ thống truyền động để kiểm tra, vận hành động cơ thủy lực, các máy thủy lực được lắp ghép đồng thời trong băng thử. Hệ thống truyền động được sử dụng để kiểm tra 1 máy thủy lực tại 1 thời điểm. Các khóa trên đường ống được sử dụng để chuyển đổi khi vận hành các loại máy thủy lực.

Băng thử thủy lực sử dụng 1 động cơ điện để dẫn động 3 máy thủy lực. Máy thủy lực được dẫn động bằng bộ truyền đai. Trong quá trình thử, bơm thủy lực sẽ được dẫn động bằng cách thay đổi vị trí lắp ghép đai giữa các máy. Động cơ điện được đặt trên giá và có thể thay đổi khoảng cách trục động cơ và trục máy thủy lực, thuận tiện cho việc điều chỉnh, căng đai.

Sau khi thiết kế, bố trí các thành phần trên phần mềm 3D, tiến hành chế tạo và lắp đặt các thành phần của băng thử thử



Hình 3.2. Băng thử khảo nghiệm thông số kỹ thuật của hệ thống truyền động thủy lực thể tích

Thông số	Giá trị
Điện áp sử dụng	380VAC
Áp suất	0-100 bar
Lưu lượng	0-10 m³/h
Kích thước (dài x rộng x cao)	1500 x 580 x 1540 (mm)
Tính năng của băng thử	Khảo nghiệm thông số bơm thủy lực
	Khảo nghiệm thông số động cơ thủy lực
	Khảo nghiệm thông số van thủy lực
	Khảo nghiệm điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng van tiết lưu

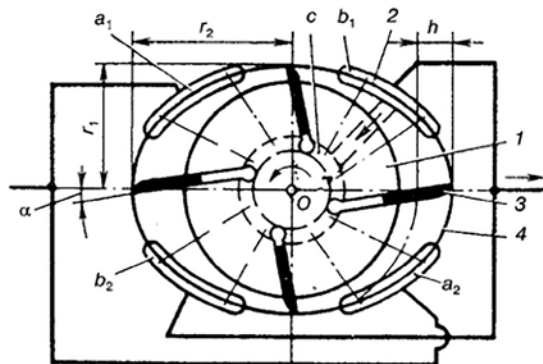
3.2. Khảo nghiệm đánh giá

3.2.1. Khảo nghiệm đặc tính lưu ng máy thủy lực

Để đánh giá trạng thái kỹ thuật của bơm thủy lực, tiến hành so sánh đặc tính lưu lượng lý thuyết và đặc tính lưu lượng đo trên băng thử. Bơm thủy lực khảo nghiệm là các loại bơm thủy lực thường được sử dụng trên ô tô là bơm cánh gạt kép, bơm bánh răng ăn khớp ngoài, bơm rô to piston hướng trục. Bơm được khảo nghiệm trong dải tốc độ 0-4500 Vg/P.

a. Khảo nghiệm bơm cánh gạt kép

Đặc tính lý thuyết:



Hình 3.3. Sơ đồ tính toán bơm

Đặc tính lưu lượng lý thuyết của bơm được xác định bởi:

$$Q_{lt} = q_0 \cdot n = 2bn[\pi \cdot (r_2^2 - r_1^2) - \frac{(r_2 - r_{b1}) \cdot \delta z}{\cos \alpha}]$$

Trong đó:

q_0 : Thê tích công tác

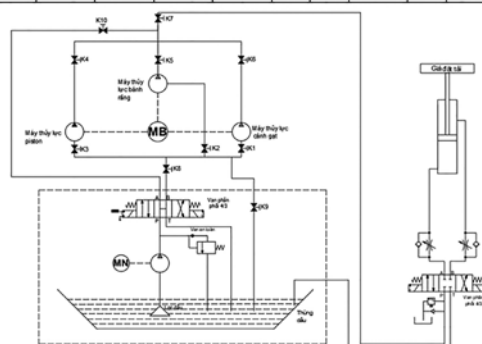
n: Tốc độ bơm

Khảo nghiệm trên băng thử:

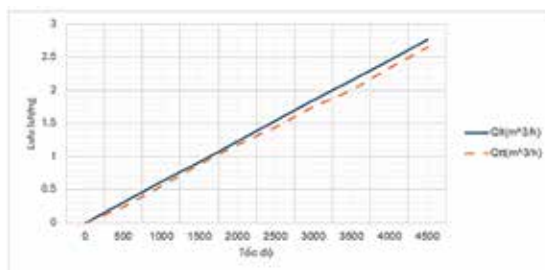
Trên băng thử, tiến hành đóng mở các khóa như hình 3.6 để khảo nghiệm chết độ bơm cánh gạt.

Sau khi tính toán lý thuyết và thử nghiệm trên băng thử, kết quả thu được đặc tính lưu lượng của bơm cánh gạt như hình 3.7.

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
MỞ	ĐÓNG	ĐÓNG	ĐÓNG	ĐÓNG	MỞ	MỞ	ĐÓNG	MỞ	ĐÓNG



Hình 3.4. Sơ đồ thử chế độ bơm cánh gạt



Hình 3.5. Đặc tính lưu lượng lý thuyết và thực tế của bơm cánh gạt

Từ đồ thị đặc tính lý thuyết - thực nghiệm có thể thấy, lưu lượng lý thuyết là đường tuyến tính. Lưu lượng thực nghiệm có giá trị nhỏ hơn giá trị lưu lượng lý thuyết và tăng ổn định khi thay đổi tốc độ bơm.

b. Khảo nghiệm bom bánh răng ăn khớp ngoài

Đặc tính lý thuyết:



Hình 3.6. Sơ đồ bơm bánh răng ăn khớp ngoài

Đặc tính lưu lượng lý thuyết của bơm được xác định bởi:

$$Q_{lt} = 2\pi \cdot D \cdot m \cdot b \cdot n = 2\pi \cdot z \cdot m^2 \cdot b \cdot n$$

Trong đó:

t: bước răng; $t = \pi D / z = m \cdot \pi$

m: module bánh răng

z: số răng của bánh răng

D: đường kính vòng chia;

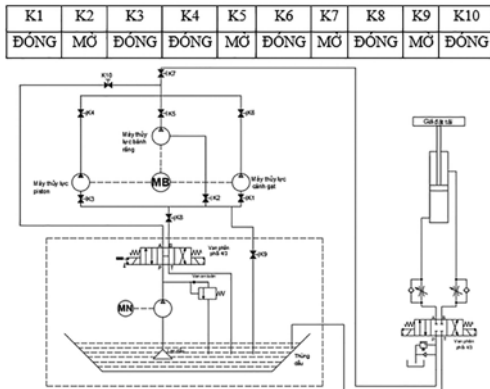
$$D = m \cdot z$$

b: bề rộng răng

n: tốc độ quay

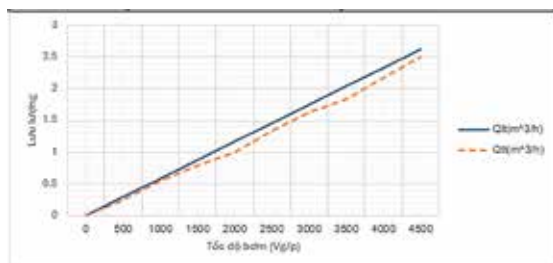
Khảo nghiệm trên băng thử:

Trên băng thử, tiến hành đóng mở các khóa như hình 3.9 để khảo nghiệm chế độ bơm bánh răng ăn khớp ngoài



Hình 3.7. Sơ đồ thử chế độ bơm bánh răng ăn khớp ngoài

Sau khi tính toán lý thuyết và thử nghiệm trên băng thử, kết quả thu được đặc tính lưu lượng của bơm bánh răng ăn khớp ngoài như hình 3.10

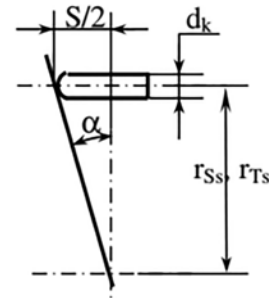


Hình 3.8. Đặc tính lưu lượng lý thuyết và thực tế của bơm bánh răng ăn khớp ngoài

Từ đồ thị đặc tính lý thuyết - thực nghiệm có thể thấy lưu lượng thực nghiệm có giá trị nhỏ hơn giá trị lưu lượng lý thuyết và tăng giảm không ổn định khi thay đổi tốc độ bơm.

c. Khảo nghiệm bơm rô to piston hướng trục

Đặc tính lý thuyết:



Hình 3.9. Sơ đồ tính toán bơm rô to piston hướng trục

Đặc tính lưu lượng lý thuyết của bơm được xác định bởi:

$$Q_{lt} = z \cdot S \cdot A_k \cdot n = \frac{z}{2} \cdot \pi d_k^2 \cdot r_{Ts} \cdot \tan \alpha \cdot n$$

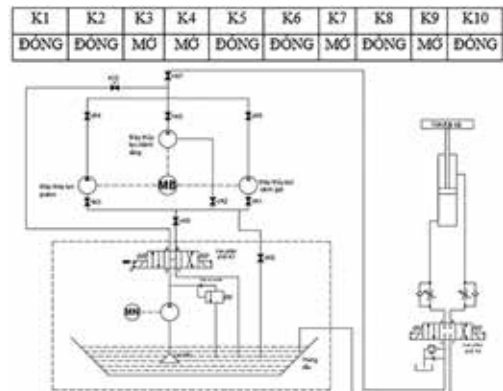
Trong đó:

z: số xy lanh

A_k : Tiết diện xy lanh

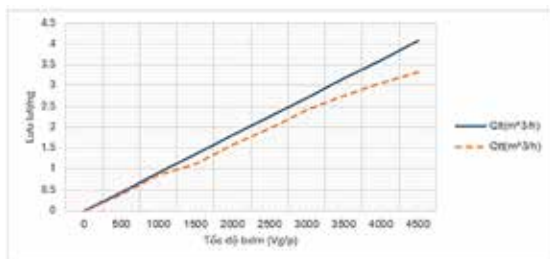
Khảo nghiệm trên băng thử:

Trên băng thử, tiến hành đóng mở các khóa như hình 3.11 để khảo nghiệm chế độ bơm rô to piston hướng trục



Hình 3.10. Sơ đồ thử chế độ bơm rô to piston hướng trục

Sau khi tính toán lý thuyết và thử nghiệm trên băng thử, kết quả thu được đặc tính lưu lượng của bơm rô to piston hướng trục như hình 3.13



Hình 3.11. Đặc tính lưu lượng

lý thuyết và thực tế của bơm rô to piston hướng trục

Từ đồ thị đặc tính lý thuyết - thực nghiệm có thể thấy lưu lượng thực nghiệm có giá trị nhỏ hơn giá trị lưu lượng lý thuyết và tăng ổn định khi thay đổi tốc độ bơm. Trong khoảng tốc độ từ khoảng 1500-4500 Vg/p, giá trị lưu lượng thực tế và lý thuyết có độ chênh lệch lớn. Lưu lượng thực tế và lý thuyết của bơm có giá trị chênh lệch lớn do bơm được sử dụng để khảo nghiệm là bơm đã qua sử dụng, các chi tiết cơ khí của bơm bị hao mòn trong quá trình vận hành.

d. Đánh giá kết quả khảo nghiệm

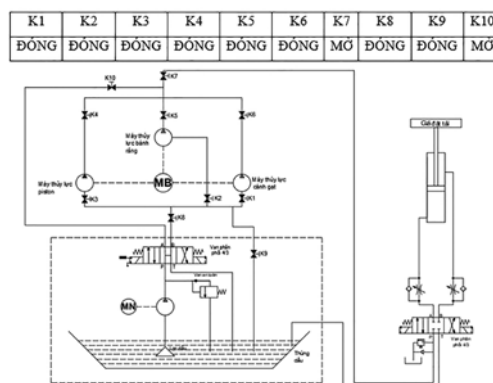
Từ đồ thị lưu lượng thực tế và lý thuyết của có thể thấy lưu lượng thực tế luôn có xu hướng nhỏ hơn lưu lượng lý thuyết của bơm. Đường đặc tính lưu lượng lý thuyết có dạng là một đường thẳng và lưu lượng thay đổi đều theo tốc độ. Đường lưu lượng thực tế thay đổi không đều trong khoảng tốc độ thử nghiệm. Sự khác biệt giữa thực tế và lý thuyết có thể lý giải là do tổn thất cơ khí và tổn thất áp suất trong hệ thống gây ra.

3.2.2. Khảo nghiệm điều khiển tốc độ khâu đầu ra bằng van tiết lưu.

a. Khảo nghiệm trên băng thử

Trong phép thử, sử dụng động cơ điện để dẫn động bơm cánh gạt. Dầu đi từ bơm qua các van và tới xy lanh thủy lực. Trên xy lanh thủy lực đặt tải trong tác dụng lên cần xy lanh là 300N. Tiến hành khảo nghiệm điều khiển tốc độ xy lanh ở 3 chế độ: Điều chỉnh tiết lưu đầu vào xy lanh, điều chỉnh tiết lưu đầu ra xy lanh, điều chỉnh đồng thời tiết lưu đầu vào và đầu ra.

Trên băng thử thủy lực, tiến hành đóng mở các khóa như hình 3.14 để tiến hành khảo nghiệm



Hình 3.12. Sơ đồ chế độ khảo nghiệm điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra

Tiến hành điều chỉnh van tiết lưu mở trung bình và mở hoàn toàn trong 2 phép thử điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng tiết lưu đầu vào và điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng tiết lưu đầu ra; Điều chỉnh van tiết lưu ở mức trung bình trong phép thử điều khiển tốc độ khâu đầu ra bằng cách điều chỉnh kết hợp van tiết lưu đầu vào và van tiết lưu đầu ra.

b. Tính toán lý thuyết

Vận tốc dịch chuyển của cần piston

khi điều chỉnh tiết lưu đầu vào được xác định bởi:

$$V_{LT} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot D \cdot x \cdot \sqrt{2 \cdot \left(P_b - \frac{P_{TXL} \cdot S_{TXL} + F}{S_{DXL}} \right)}}{S_{DXL}}$$

Vận tốc dịch chuyển của cần piston khi điều chỉnh tiết lưu đầu ra được xác định bởi:

$$V_{LT} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot D \cdot x \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{P_{TXL} \cdot S_{TXL} + F}{S_{DXL}} \right)}}{S_{DXL}}$$

Vận tốc dịch chuyển của cần piston khi điều chỉnh kết hợp tiết lưu đầu vào và tiết lưu đầu ra được xác định bởi:

$$V_{LT} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot D \cdot x \cdot \sqrt{2 \cdot \left(P_b - 2 \cdot \frac{P_{TXL} \cdot S_{TXL} + F}{S_{DXL}} \right)}}{S_{DXL}}$$

Trong đó:

P_{TXL} : Áp suất khoang trên xy lanh

S_{TXL} : Tiết diện khoang trên xi lanh

F: tác dụng lên cần xy lanh

x: khoảng cách mở của van tiết lưu đầu vào

c. Kết quả khảo nghiệm

Sau khi tính toán lý thuyết và thử nghiệm trên băng thử, kết quả thu được kết quả như bảng 3.1.

Bảng 3.1. Kết quả tính toán lý thuyết và khảo nghiệm điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng van tiết lưu

Điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng tiết lưu đầu vào			
Độ mở van tiết lưu	Thông số	Lưu lượng qua van (m ³ /s)	Vận tốc piston (cm/s)
Tối đa	Thông số tính toán	7,2*10 ⁻⁵	3,66
	Thông số thực tế	6,38*10 ⁻⁵	3,17
Trung bình	Thông số tính toán	2,8*10 ⁻⁵	1,42
	Thông số thực tế	6.38*10 ⁻⁵	3,17
Điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng tiết lưu đầu ra			
Độ mở van tiết lưu	Thông số	Lưu lượng qua van (m ³ /s)	Vận tốc piston (cm/s)
Tối đa	Thông số tính toán	5,6*10 ⁻⁵	4,13
	Thông số thực tế	6,36*10 ⁻⁵	3.17
Trung bình	Thông số tính toán	2,3*10 ⁻⁵	1,69
	Thông số thực tế	2,33*10 ⁻⁵	1.58
Điều chỉnh tốc độ khâu đầu ra bằng tiết lưu đầu vào và tiết lưu đầu ra			
Trạng thái	Thông số	Lưu lượng qua van (m ³ /s)	Vận tốc piston (cm/s)
Xi lanh đi lên	Thông số tính toán	2,3*10 ⁻⁵	1,16
	Thông số thực tế	2,16*10 ⁻⁵	1.08
Xi lanh đi xuống	Thông số tính toán	2,3*10 ⁻⁵	1,69
	Thông số thực tế	2,22*10 ⁻⁵	1.19

d. Đánh giá kết quả khảo nghiệm

Trong khảo nghiệm điều chỉnh tiết lưu đầu vào, tính toán lý thuyết, lưu lượng và vận tốc của xy lanh dịch chuyển

trong tính toán có sự thay đổi, khi tiết diện thông qua van tiết lưu thay đổi. Kết quả thực nghiệm, lưu lượng và vận tốc của xy lanh lại không thay đổi. Có thể

lý giải là do trong thực tế van tiết lưu có thêm van 1 chiều, còn trong tính toán thì không có. Nên trong thực tế lưu lượng vẫn chảy qua van 1 chiều và không bị thay đổi.

Trong khảo nghiệm điều tiết lưu van đầu ra, lưu lượng và vận tốc của xi lanh khi dịch chuyển trong cả tính toán và thực tế đều bị thay đổi khi điều chỉnh tiết diện thông qua van tiết lưu. Khi giảm tiết diện thông qua của van tiết lưu, lưu lượng và vận tốc cũng giảm đi.

Trong khảo nghiệm điều chỉnh kết hợp tiết lưu đầu vào và tiết lưu đầu ra, vận tốc dịch chuyển của cần piston và lưu lượng gần bằng với tính toán lý thuyết,

sự chênh lệch có thể lý giải do tổn hao về thủy lực và cơ khí.

4. Kết luận

Qua quá trình thử nghiệm có thể thấy, băng thử thủy lực phù hợp để kiểm tra các máy thủy lực, các phần tử thủy lực trên ô tô, qua đó hỗ trợ cho các kỹ thuật viên trong quá trình kiểm tra, bảo dưỡng, sửa chữa các máy thủy lực, các phần tử thủy lực trên ô tô. Băng thử thủy lực phù hợp để thực hiện các bài thực hành, thí nghiệm của môn học Truyền động thủy lực khí nén trên ô tô, qua đó giúp sinh viên hiểu rõ hơn về kết cấu, nguyên lý hoạt động và các đặc tính kỹ thuật của hệ thống truyền động thủy lực./.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Hải Triều, Nguyễn Ngọc Quế, Đỗ Hữu Quyết, Nguyễn Văn Hựu (2006). *Giáo trình truyền động thủy lực và khí nén*. Bộ GD và ĐT.
2. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2001). *Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí*. Tập 1 và 2. Nxb Giáo dục.
3. Ninh Đức Tồn (2013). *Dung sai lắp ghép*. Nxb Giáo dục Việt Nam;
4. Nguyễn Trọng Hoan (2010). *Thiết kế tính toán ô tô*. Tài liệu lưu hành nội bộ Viện Cơ khí - Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
5. Dr. P.N Modi, Dr. S.M Seth. *Hydraulics and fluid mechanics including hydraulic machines*. ISBN 978-81-89401-26-9.