

# ỨNG DỤNG MATLAB/SIMULINK MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC HỆ THỐNG THỦY LỰC TRỢ LỰC LÁI Ô TÔ

APPLICATION MATLAB/SIMULINK MODELING AND SIMULATING THE DYNAMICS OF HYDRAULIC SYSTEM TO ASSIST STEERING VEHICLE

Nguyễn Xuân Tuấn<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thế Anh<sup>1</sup>,  
Nguyễn Văn Bang<sup>2</sup>, Trần Văn Như<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Hệ thống trợ lực đã trở thành một thành phần tiêu chuẩn trong hệ thống lái của ô tô, hiện nay có hai loại trợ lực lái chủ yếu là: trợ lực thủy lực và trợ lực điện. Hệ thống trợ lực điện mới xuất hiện trong thời gian gần đây, được sử dụng nhiều trên các xe cỡ nhỏ do hạn chế về mức độ trợ lực, do đó hệ thống trợ lực thủy lực vẫn phổ biến trên hầu hết các loại xe từ xe con đến xe tải cỡ lớn. Nghiên cứu này đề cập đến động lực học hệ thống thủy lực của bộ trợ lực: Hệ thống sử dụng áp suất thủy lực cung cấp bởi bơm thủy lực (được kéo bởi động cơ), sử dụng cơ cấu van quay điều khiển dòng thủy lực đến các bên xi lanh cung cấp lực đẩy/mô men xoắn, hỗ trợ quá trình đánh lái của lái xe. Bài báo nghiên cứu sử dụng phần mềm Matlab/simulink mô hình hóa và mô phỏng động lực học hệ thống thủy lực trợ lực lái ô tô.

**Từ khóa:** Hệ thống lái; trợ lực thủy lực; động lực học lái; Matlab/simulink.

## ABSTRACT

Power steering has become a standard component of the car's steering system. Currently, there are two types of power steering: hydraulic power steering and electric power steering. Electric power steering has been in use for a few recent years for small cars due to the limited assist ability, so hydraulic power is still common on most vehicles including both small cars and trucks. This study deals with the dynamics of the hydraulic system of power assist steering: The system uses the hydraulic pressure supplied by the hydraulic pump (pulled by the engine), using a rotary valve mechanism that controls the hydraulic flow to the cylinder, providing force / torque, which support to the driving operation. This article applies Matlab/ simulink software modeling and simulating the dynamics of hydraulic system to assist steering vehicles.

**Keywords:** Steering system, hydraulic power, steering dynamics, Matlab / simulink.

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông vận tải

\*Email: tuannx.dhcn@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phân biên: 30/03/2018

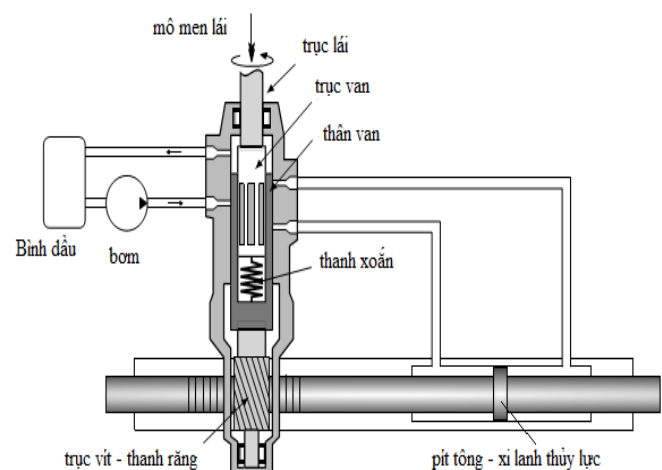
Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

## 1. TỔNG QUAN

Hệ thống trợ lực lái ra đời cải thiện sự thoải mái cho người lái, giảm bớt lực đánh lái, hơn nữa nó còn có ý nghĩa

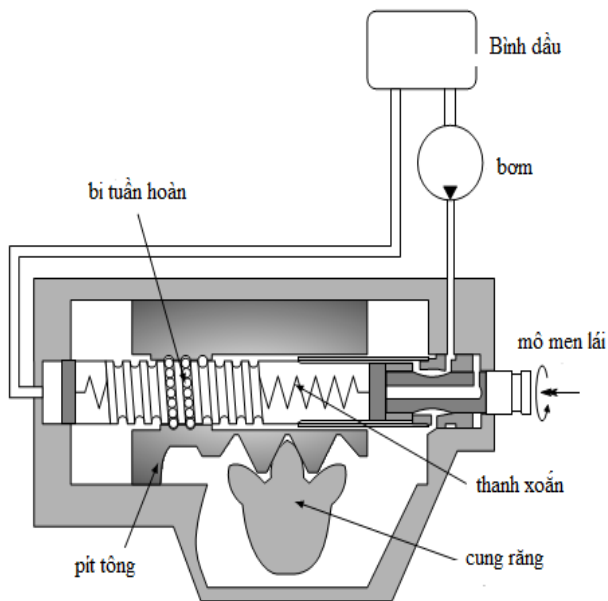
quan trọng về an toàn, chẳng hạn như cho phép người lái dễ dàng quay vòng để tránh tai nạn có thể xảy ra. Hệ thống trợ lực đã trở thành một thành phần tiêu chuẩn trong hệ thống lái của ô tô, hiện nay có hai loại trợ lực lái chủ yếu là: trợ lực thủy lực và trợ lực điện. Hệ thống trợ lực điện mới xuất hiện trong thời gian gần đây, được sử dụng nhiều trên các xe cỡ nhỏ do hạn chế về mức độ trợ lực, do đó hệ thống trợ lực thủy lực vẫn phổ biến trên hầu hết các loại xe từ xe con đến xe tải cỡ lớn. Bài báo tập trung nghiên cứu động lực học của hệ thống thủy lực trợ lực lái ô tô.

Hệ thống trợ lực thủy lực thường áp dụng cho các cơ cấu lái như trục vít thanh răng (hình 1), trục vít ê cu bi - cung răng (hình 2).



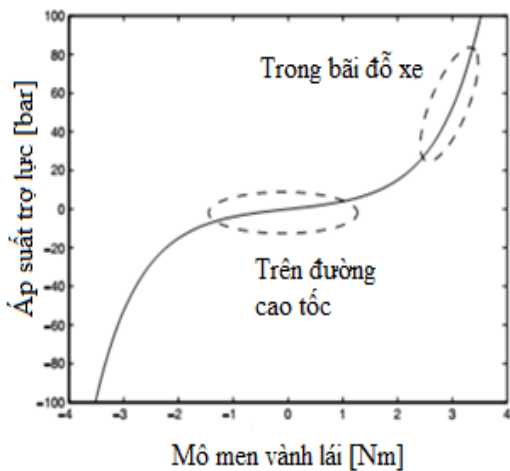
Hình 1. Sơ đồ hệ thống thủy lực trợ lực lái trục vít - thanh răng

Các bộ phận chính của hệ thống bao gồm: bơm trợ lực, bình chứa dầu, van phân phối, và pít tông gắn vào thanh răng. Tùy theo hướng quay của vành tay lái quay sang trái hay sang phải mà van điều khiển dòng hướng dòng dầu sang khoang bên phải hay bên trái của xi lanh trợ lực. Áp suất dầu sẽ tăng lên trong một khoang của xi lanh và đẩy piston cùng thanh răng về hướng khoang còn lại để trợ lực lái. Dầu bên khoang còn lại sẽ theo đường hồi trở về bình dầu trợ lực.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống thủy lực trợ lực lái trực vít ê cu bi - cung răng

Mức độ trợ lực lái ô tô được xác định tùy thuộc vào điều kiện hoạt động (trong bãi đỗ xe, trong thành phố, trên đường cao tốc...) cho thấy yêu cầu trợ lực lái lớn nhất khi hoạt động trong bãi đỗ xe và thấp nhất khi hoạt động trên đường cao tốc [3] (hình 3).



Hình 3. Đường cong biểu diễn mức độ trợ lực lái

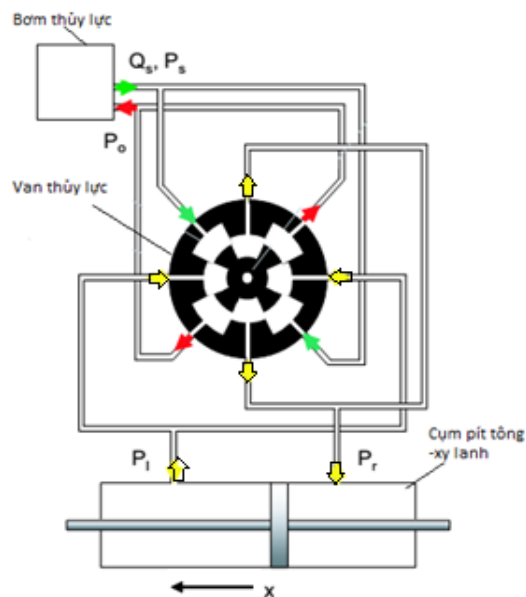
## 2. MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2.1. Mô hình hóa

Các thành phần chính của hệ thống thủy lực bao gồm: bơm thủy lực, bộ van thủy lực, pittông và xilanh. Sơ đồ cấu tạo hệ thống thủy lực (hình 4).

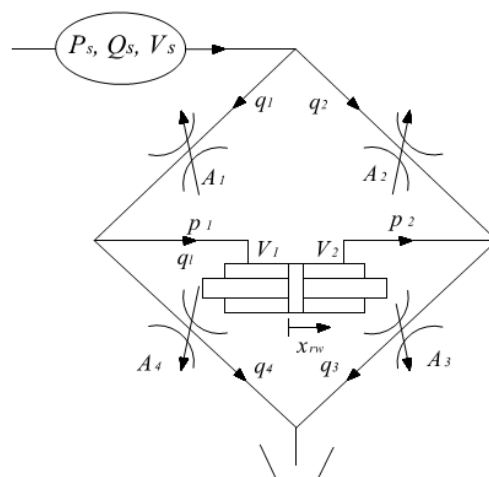
Trong đó:

- Bơm thủy lực được dẫn động bởi động cơ;
- Van thủy lực là loại van quay, điều khiển dòng thủy lực vào/ra các bên của xilanh.
- Cụm xilanh - pittông tạo ra dịch chuyển  $x$  để làm quay bánh xe dẫn hướng.



Hình 4. Sơ đồ cấu tạo hệ thống thủy lực

Mô hình động lực học hệ thống thủy lực (hình 5).



Hình 5. Mô hình động lực học hệ thống thủy lực trợ lực lái

Trong đó:

$P_s, q_s, V_s$ : áp suất, lưu lượng qua bơm, thể tích bơm;

$A_1, A_2, A_3, A_4, q_1, q_2, q_3, q_4$ : diện tích và lưu lượng tương ứng qua lỗ van, với giả thiết mô hình  $A_1 = A_3, A_2 = A_4$  tương ứng  $q_1 = q_3, q_2 = q_4$ .

$q_L$ : lưu lượng vào trong xilanh.

$P_1, P_2$ : áp suất thủy lực vào và ra xilanh.

Lưu lượng  $q$  qua đường ống được tính toán theo phương trình sau:

$$q = A C_d \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}} \tag{1}$$

Trong đó:

$A$  - diện tích mặt cắt ngang ống;

$C_d$  - hệ số lưu lượng dòng chảy;

$\rho$  - tỉ trọng chất lỏng;

$\Delta P$  - độ chênh áp qua lỗ.

Lưu lượng  $q_s$  qua bơm sẽ qua van theo lỗ  $A_1, A_2$  tương ứng  $q_1, q_2$  ta có:

$$q_s = q_1 + q_2 \quad (2)$$

Theo phương trình (1) lưu lượng  $q_1$  và  $q_2$ :

$$q_1 = C_d A_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_s - P_1)} \quad (3)$$

$$q_2 = C_d A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_s - P_2)} \quad (4)$$

với giả thiết mô hình  $A_1 = A_3, A_2 = A_4$  tương ứng  $q_1 = q_3, q_2 = q_4$  ta có:

$$p_s = p_1 + p_2 \quad (5)$$

$$p_L = p_1 - p_2 \quad (6)$$

$P_L$ : áp suất thủy lực làm dịch chuyển pittông

Từ phương trình (5) và (6) tính được  $p_1$  và  $p_2$  như sau:

$$p_1 = \frac{p_s + p_L}{2} \quad (7)$$

$$p_2 = \frac{p_s - p_L}{2} \quad (8)$$

Thay (7) và (8) vào (3) và (4) ta được:

$$q_1 = C_d A_1 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s - P_L)} \quad (9)$$

$$q_2 = C_d A_2 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s + P_L)} \quad (10)$$

Thay (9) và (10) vào (2) ta được:

$$q_s = C_d A_1 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s - P_L)} + C_d A_2 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s + P_L)} \quad (11)$$

Mặt khác:

$$q_s = \frac{V_s}{\beta} \dot{P}_s \quad (12)$$

Từ phương trình (11) và (12) ta có:

$$\dot{P}_s = \frac{\beta}{V_s} C_d \sqrt{\frac{1}{\rho}} (A_1 \sqrt{P_s - P_L} + A_2 \sqrt{P_s + P_L}) \quad (13)$$

Lưu lượng tải được xác định bằng công thức (14) hoặc (15):

$$q_L = q_1 - q_4 \quad (14)$$

$$q_L = q_1 - q_4 \quad (15)$$

Với:

$$q_4 = C_d A_2 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s + P_L)} \quad (16)$$

Thay phương trình (3) và (16) vào (14) ta được:

$$q_L = C_d A_1 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s - P_L)} - C_d A_2 \sqrt{\frac{1}{\rho} (P_s + P_L)} \quad (17)$$

Mặt khác:

$$q_L = A_p \dot{x} + \frac{V_0}{\beta} \dot{P}_L \quad (18)$$

Trong đó:

$$V_0 = \frac{V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2} \quad (19)$$

$$\dot{P}_L = \frac{\beta}{V_0} C_d \sqrt{\frac{1}{\rho}} (A_1 \sqrt{P_s - P_L} - A_2 \sqrt{P_s + P_L} - A_p \dot{x}) \quad (20)$$

Khi đánh lái áp suất dầu thủy lực tác dụng lên xi lanh  $P_L$  tạo ra lực  $F_x$  tác dụng lên pittông làm dịch chuyển một đoạn là  $x$ .

$$F_x = A_p \dot{P}_L$$

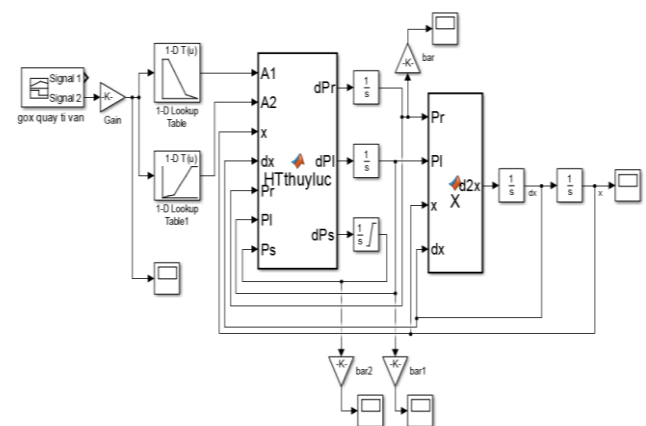
## 2.2. Mô phỏng động lực học

Dùng phần mềm Matlab/Simulink để mô phỏng động lực học của hệ thống thủy lực trợ lực lái với các thông số đầu vào được cho bởi bảng 1 [7].

Bảng 1. các thông số đầu vào của mô hình

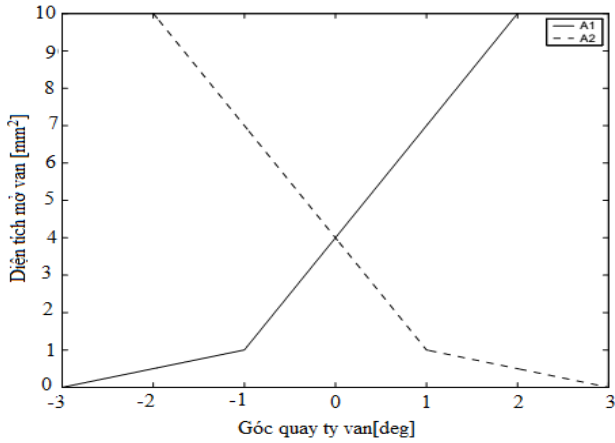
TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	$Q_s$	9	l/min
2	$V_s$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$m^3$
3	$A_p$	$8,26 \cdot 10^{-4}$	$m^2$
4	$A_0$	$0,42 \cdot 10^{-4}$	$m^2$
5	$\beta$	$7 \cdot 10^8$	-
6	$C_d$	0,61	-
7	$\rho$	800	$Kg/m^3$

Sơ đồ simulink cho hệ thống như hình 6.



Hình 6. Sơ đồ simulink cho hệ thống thủy lực trợ lực lái

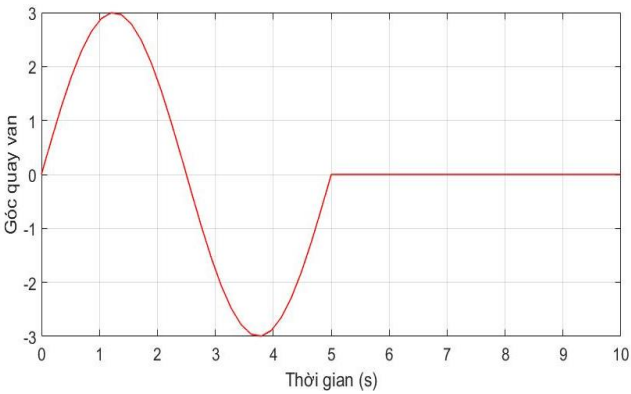
Quan hệ giữa  $A_1, A_2$  với góc quay của ti van thể hiện trên hình 7 [6].



Hình 7. Diện tích van tiết lưu A1 A2 phụ thuộc vào góc quay của ty van  
 Các thông số đầu ra:  $A_1, A_2, P_s, P_r, P_1, x$

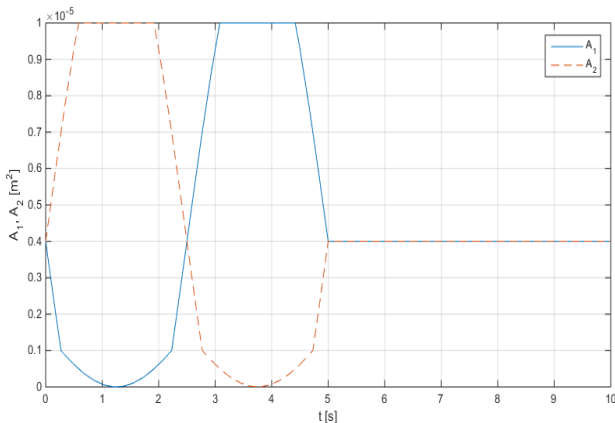
Kết quả mô phỏng được thể hiện từ hình 8 đến hình 11.

Trên hình 8 thể hiện góc quay của ty van thủy lực điều khiển dẫn hướng chuyển động. Góc quay giới hạn lớn nhất về hai phía là  $[-3^\circ, +3^\circ]$ .



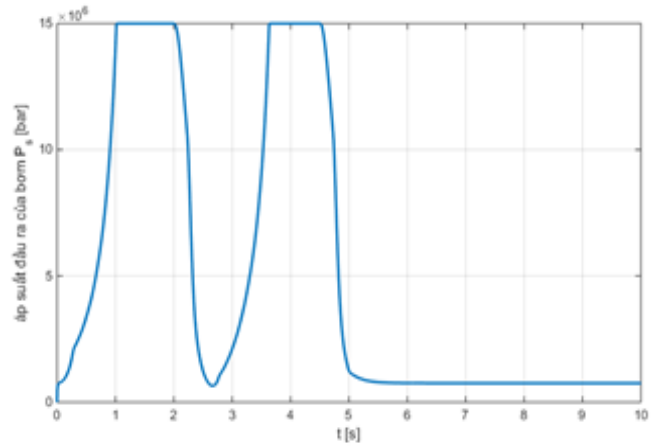
Hình 8. Góc quay của ty van theo thời gian

Hình 9 thể hiện độ mở van tiết lưu A1, A2 với quy luật quay ty van như hình 7.



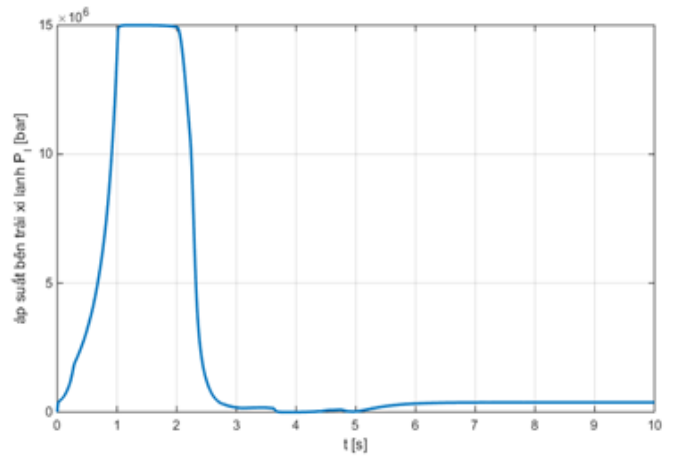
Hình 9. Sự thay đổi diện tích van tiết lưu theo thời gian

Khi đánh lái sang bên phải van thủy lực xoay làm thay đổi diện tích cửa van do đó làm thay đổi áp suất thủy lực đến các bên của xilanh (hình 10).



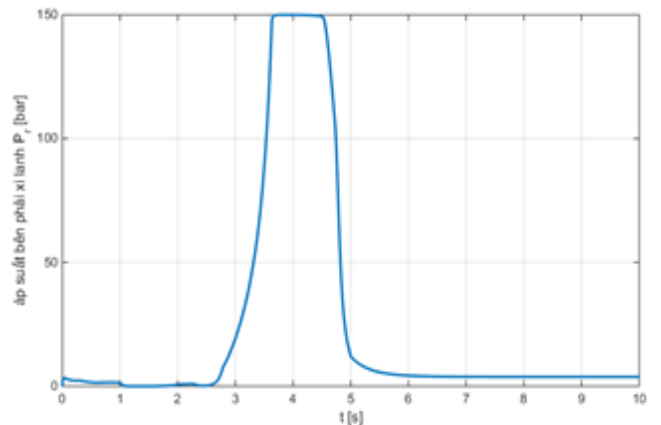
Hình 10. Biểu diễn áp suất thủy lực ra của van

Khi đó áp suất thủy lực phía bên trái pittông thay đổi như hình 11.



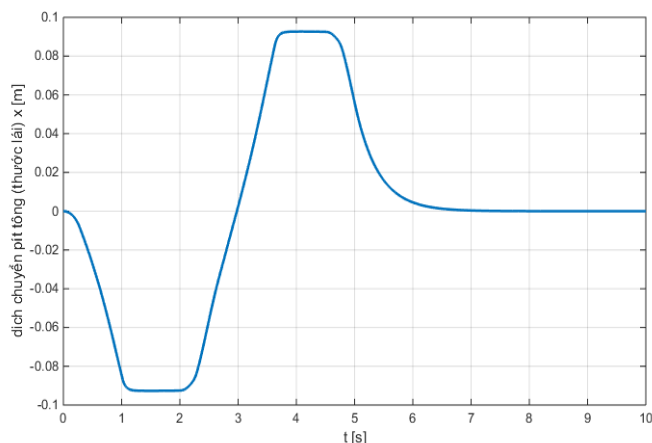
Hình 11. Biểu diễn áp suất dầu thủy lực bên trái xilanh

Và áp suất thủy lực phía bên phải pittông thay đổi như hình 12.



Hình 12. Biểu diễn áp suất dầu thủy lực bên phải xilanh

Trên hình 13 khi áp suất thủy lực hai bên xilanh chênh lệch tạo ra lực đẩy pittông (thước lái) dịch chuyển sang trái hoặc sang phải để quay bánh xe dẫn hướng.



Hình 13. Dịch chuyển x của pittông khi áp suất hai bên xilanh chênh lệch

Khi ti van ở vị trí trung gian, áp suất ở hai hai bên xilanh cân bằng, ô tô chuyển động thẳng.

### 3. KẾT LUẬN

Bài báo đã mô hình hóa động lực học hệ thống thủy lực trợ lực lái ô tô và sử dụng phần mềm matlab/simulink mô phỏng hoạt động của hệ thống cho kết quả phù hợp với quy luật.

Hướng nghiên cứu tiếp theo sử dụng mô hình trợ lực thủy lực đã xây dựng để nghiên cứu hệ thống lái Steer by wire lên xe ô tô đã có sẵn hệ thống lái trợ lực thủy lực.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Tuấn, Trần Văn Như, Nguyễn Văn Bang, Đinh Thị Thanh Huyền, Lê Văn Anh, 2016. *Thiết kế bộ điều khiển lái cho hệ thống lái không trụ lái (Steer by wire) điện tử- thủy lực*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Sep-2016.

[2]. Sheikh Muhamad Hafiz fahami, Hairi Zamzuri, Saiful Amri Mazlan, and Muhamad Aizzat, 2012. *Modeling and Simulation of vehicle steer by wire system*. IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research, 2012.

[3]. Trần Văn Lợi, Nguyễn Văn Bình, Nguyễn Văn Bang, Đỗ Văn Dũng, 2016. *Thiết kế bộ điều khiển lái steer by wire*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, tháng 9/2016.

[4]. Trần Văn Lợi, Nguyễn Văn Bang, Trần Văn Như, Nguyễn Xuân Tuấn, 2016. *Mô phỏng chuyển làn của ô tô sử dụng hệ thống lái steer by wire*. Tạp chí Khoa học & công nghệ, Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 33.

[5]. Salem Haggag, David Alstrom, Sabri Cetinkunt, and Alex Egelja, 2005. *Modeling, Control, and Validation of an Electro-Hydraulic Steer-by-Wire System for Articulated Vehicle Applications*. IEEE/ASME Transactions on mechatronics, tháng 12-2005.

[6]. Paul Yih, 2005. *Steer by wire implications for vehicle handing and sàety*. Jan-2005.

[7]. Alessandro Dell'Amico, Petter Krus, 2015. *Modelling, Simulation and Experimental Investigation of an Electrohydraulic Closed-Centre Power Steering System*. IEEE/ASME Transactions on mechatronics.