

TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN SƠ CẤP CHO HỆ THỐNG NEO GIỮ LIÊN HỢP MÁY VẬN XUẤT GỖ RỪNG TRỒNG VÙNG ĐỒI NÚI CÓ ĐỘ DỐC CAO

Bùi Hải Triều¹, Nguyễn Công Thuật², Mai Hoàng Long^{3*}

¹Học viện Nông nghiệp Việt Nam, ²Trường đại học Công nghiệp Việt - Hung

³Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

Email*: longmh@vlute.edu.vn

Ngày gửi bài: 02.01.2018

Ngày chấp nhận: 04.04.2018

TÓM TẮT

Việc sử dụng liên hợp máy vận xuất gỗ trên đất lâm nghiệp có độ dốc lớn rất phổ biến và cần thiết ở các tỉnh phía bắc Việt Nam. Nó đòi hỏi sự an toàn cho người và các thiết bị trong quá trình sử dụng. Bài báo giới thiệu một phương án điều khiển hệ thống thủy lực neo giữ liên hợp máy vận xuất gỗ trên đất lâm nghiệp có độ dốc lớn. Áp suất hệ thống có thể được giữ gần như không đổi, không phụ thuộc vào điều kiện chuyển động của liên hợp máy nhờ tự động điều khiển thể tích bơm. Các tác giả đã tiến hành mô phỏng bằng phần mềm MATLAB/Simulink dựa trên các dữ liệu cần thiết. Kết quả mô phỏng một số tính chất hoạt động và điều khiển của hệ thống cho thấy lực căng dây tời biến động nhỏ khi vận tốc liên hợp máy thay đổi từ 0 đến 1,7 m/s, hao tổn công suất và thời gian tác động không đáng kể, qua đó tạo cơ sở lý thuyết để thiết kế ứng dụng hệ thống trong thực tế.

Từ khóa: Hệ thống thủy lực, điều khiển sơ cấp, tự động điều khiển.

Hydraulic Transmission Primary Control for Mooring Vehicle System Operated on Upland Forest Steep Slopes

ABSTRACT

The use of a combination of loggers on sloping forest land is common and necessary in northern provinces of Vietnam. It requires safety for people and equipment during operation. The article presents an option for controlling the hydraulic system that holds the timber logger on the sloping land. System pressure can be kept almost unchanged, regardless of the machine's motion condition by automatically controlling the volume of the pump. The authors performed the simulation using MATLAB/Simulink software based on the required data. The operating and control properties of the system indicate that the torsion force is small when the machine speed varies from 0 to 1.7 m/s, the power loss and the duration are not significant. This provides a theoretical basis for the practical application of the system.

Keywords: Hydraulic system, primary control, automatic control.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống neo giữ truyền động thủy lực để đảm bảo khả năng di động, an toàn, ổn định và hiệu quả công việc vận xuất gỗ rừng trồng trên địa hình có độ dốc lớn đã giới thiệu trong một nghiên cứu của Bùi Hải Triều và cs. (2016). Hệ thống neo giữ có thể tự động điều khiển lực căng dây tời bằng cách điều khiển áp suất trong hệ thống thủy lực nhờ một van điều khiển áp suất.

Nhược điểm của hệ thống này là áp suất hao tổn qua van tăng mạnh khi nhả tời (Liên hợp máy - LHM xuống dốc) dẫn đến làm tăng mạnh nhiệt độ dầu thủy lực.

Để hạn chế áp suất hao tổn qua van điều khiển áp suất, một số nhà nghiên cứu (Murrenhoff *et al.*, 1998; Bombosch *et al.*, 2003) đã thay thế bơm điều khiển thể tích có góc lác âm để hút dầu từ động cơ thủy lực khi nhả tời dẫn về thùng chứa. Tuy nhiên, việc điều khiển

Truyền động thủy lực điều khiển sơ cấp cho hệ thống neo giữ liên hợp máy vận xuất gỗ rừng trồng vùng đồi núi có độ dốc cao

lực căng bằng van áp suất vẫn không loại bỏ được công suất hao tổn qua van, ngoài ra các dạng van điều khiển áp suất cũng như xi lanh điều khiển góc lắc tác động áp suất là những linh kiện thủy lực không dễ kiếm trên thị trường trong nước.

Bài báo này giới thiệu một phương án kết cấu có thể loại bỏ hao tổn công suất do nguyên lý điều khiển và cải thiện tính chất hoạt động của hệ thống. Việc điều khiển lực căng dây tời cũng được thực hiện nhờ điều khiển áp suất, nhưng thông qua việc điều khiển thể tích của bơm hay còn gọi là điều khiển sơ cấp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển neo giữ

2.1.1. Sơ đồ mạch điều khiển thủy lực

Hệ thống điều khiển neo giữ LHM vận xuất gỗ là một hệ thống thủy lực điều khiển sơ cấp (Hình 1). Áp suất của hệ thống được giữ không đổi nhờ điều khiển lưu lượng của bơm tương ứng với sự thay đổi của tải trọng ngoài.

Khác với các hệ thống điều khiển vị trí thông thường, sử dụng van tùy động, trong sơ đồ mạch điều khiển thủy lực neo giữ sử dụng van đóng ngắt 3/3 để điều khiển vị trí của xi lanh tác động đơn. Dịch chuyển của piston xi lanh tỷ lệ thuận với thể tích làm việc của bơm do đó tỷ lệ thuận với lưu lượng cần điều khiển. Việc sử dụng van đóng ngắt dẫn đến một số ưu điểm phù hợp với điều kiện hiện tại như: giá thành hợp lý; ít mắc cảm với bụi bẩn; mạch khuếch đại đơn giản không cần bộ chuyển đổi U/I và yêu cầu công suất điều khiển nhỏ.

2.1.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

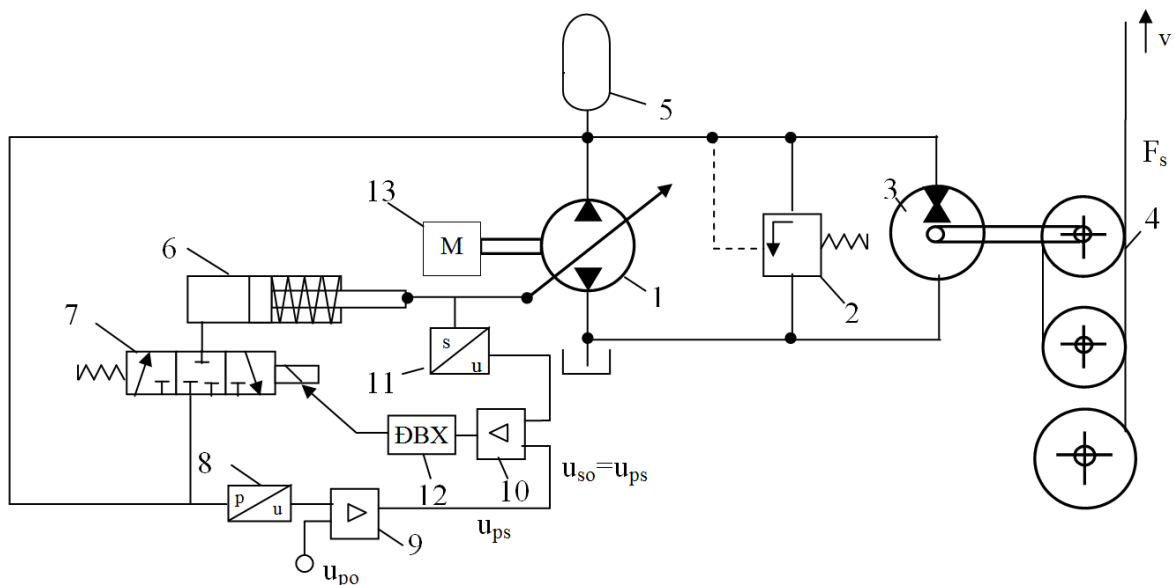
Mô hình mô phỏng hệ thống thủy lực neo giữ LHM vận xuất gỗ được xây dựng trên cơ sở các phương trình cân bằng lực của các phần tử trong hệ thống.

- Phương trình cân bằng mô men trục tời

$$J_T \dot{\omega} = M_M - M_S - M_{RM}$$

Trong đó:

J_T - Mô men quán tính các phần tử chuyển động quay của tời, động cơ thủy lực qui dẫn đến trục tời;



Hình 1. Sơ đồ mạch điều khiển thủy lực neo giữ LHM vận xuất gỗ

Ghi chú: 1- Bơm; 2- Van giới hạn áp suất; 3- Động cơ thủy lực; 4- Tời; 5- Tích áp; 6- Xi lanh điều khiển; 7- Van đóng ngắt 3/3; 8- Cảm biến áp suất; 9- Bộ điều khiển áp suất; 10- Bộ điều khiển vị trí; 11- Bộ chuyển đổi tín hiệu điện áp; 12- Điều khiển bề rộng xung; 13- Động cơ diesel.

$\dot{\omega}$ - Gia tốc góc trục tời;

M_M, M_S, M_{RM} - Mô men động cơ thủy lực, mô men cản do lực căng F_S và mô men ma sát trong hệ thống.

- Phương trình cân bằng lưu lượng từ bơm

$$Q_p = Q_{g1} + Q_m + Q_k$$

Trong đó:

Q_p - lưu lượng từ bơm;

Q_m - lưu lượng qua động cơ;

Q_k - lưu lượng qua van đóng ngắt 3/3;

Q_{g1} - lưu lượng tích lũy.

- Phương trình cân bằng lưu lượng tới van điều khiển

$$Q_k = Q_x + Q_{g2}$$

Trong đó:

Q_x - lưu lượng qua xi lanh;

Q_{g2} - lưu lượng tích lũy trong xi lanh.

- Phương trình tăng áp suất

$$\frac{dp}{dt} = \frac{Q_{g1}}{V_1 \cdot \beta}, \quad \frac{dp_k}{dt} = \frac{Q_{g2}}{V_x \cdot \beta}$$

Trong đó:

$p = p_1$ - áp suất hệ thống;

p_k - áp suất trong xi lanh;

V_x - thể tích dầu trong xi lanh;

V_1 - thể tích dầu từ bơm đến động cơ thủy lực

- Phương trình cân bằng lực tại cần piston của xi lanh điều khiển

$$m \dot{v}_k = A_v p_k - F_{lx} - F_{ms}$$

Trong đó:

m - khối lượng chuyển động tịnh tiến qui đổi đến cần piston;

F_{lx} - lực lò xo trả về của xi lanh;

F_{ms} - tổng lực ma sát của xi lanh và đĩa lắ.

- Đặc tính cảm biến, bộ điều khiển

$$\text{Cảm biến áp suất: } U_p = K_{pU} \cdot p$$

$$\text{Cảm biến vị trí: } U_{sk} = K_{cs} S_k$$

Bộ điều khiển: Sử dụng bộ điều khiển PT1 (Nguyễn Công Thuật, 2014).

$$U_{ps} = \frac{K_{PR}}{1 + T_R S} (U_{p0} - U_p)$$

$$U_{sks} = \frac{K_{PR}}{1 + T_R S} (U_{s0} - U_{sk}).$$

Bề rộng xung điều khiển xác định quá trình thời gian của tín hiệu điều khiển van phụ thuộc chiều cao của tín hiệu U_{sks} .

2.2. Xây dựng sơ đồ khối mô phỏng hệ thống thủy lực điều khiển

Từ các quan hệ vật lý và toán học trên đây có thể xây dựng sơ đồ khối mô phỏng hệ thống thủy lực điều khiển hệ thống neo giữ LHM vận xuất gỗ (Hình 2).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát hoạt động của hệ thống thủy lực điều khiển neo giữ LHM vận xuất gỗ

Sơ đồ mô phỏng (Hình 2) có thể chuyển đổi thuận tiện để khảo sát hệ thống nhờ phần mềm Matlab/Simulink. Các thông số kết cấu và thông số đầu vào được cho trên cơ sở một xe vận xuất gỗ 2 tấn trên nền đất dốc 20° với vận tốc $v_{\max} = 1,7$ m/s.

* Động cơ thủy lực và tời

$V_M = 200$ cm³/vòng; $p_0 = U_{p0} \cdot K_{cp} = 300$ bar; $K_{cp} = 60$ bar/V; $U_{p0} = 5$ V; $R_T = 0,1$ m; $J_T = 0,5$ Kg.m²; $K_M = 5 \cdot 10^4$ N.mm.s; $C_s = 100$ N/m;

* Bơm

$V_{p\max} = \pm 50$ cm³/vòng; $K_V = 10$ cm³/cm; $n_p = 1000$ vòng/phút; $V_1 = 1$ dm³; $\beta = 10^{-3}$ mm²/N.

* Xi lanh điều khiển

$A_V = 1200$ mm²; $K_x = 10^3$ Ns/mm; $K_R = 4 \cdot 10^4$ mm²/(s.sqr(N)); $A_R = 31,4$ mm²; $C = 100$ N/m; $S_0 = 30$ mm; $m = 5$ kg;

Chế độ làm việc ban đầu:

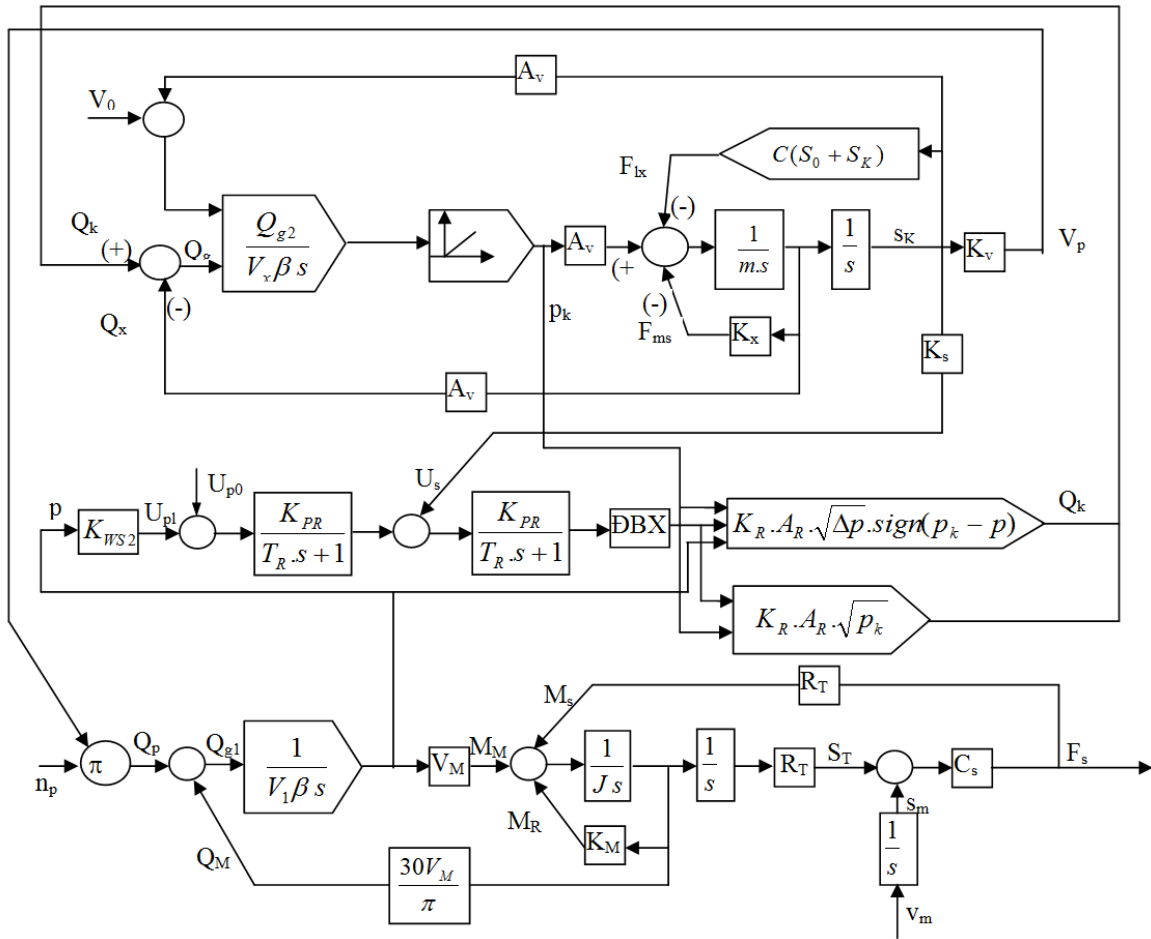
$U_{p0} = 5$ V; $p_0 = 300$ bar.

Để đánh giá tính chất hoạt động của hệ thống điều khiển thủy lực neo giữ LHM vận xuất gỗ làm việc trên độ dốc, cần phân tích diễn

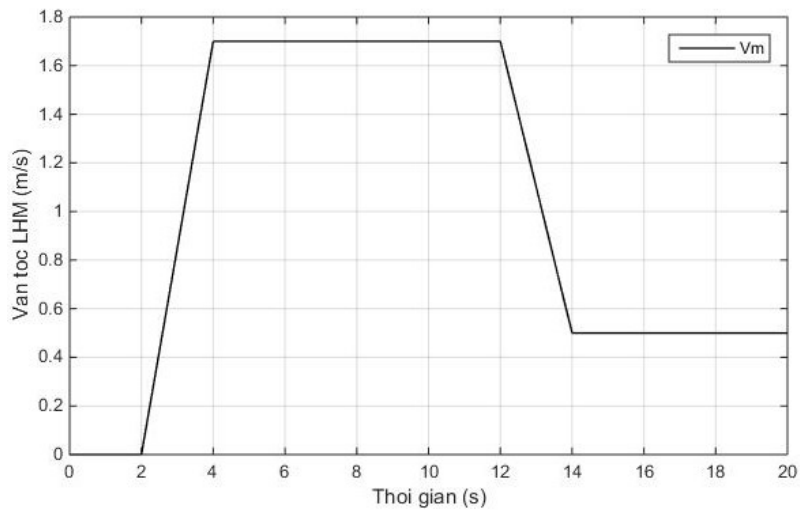
Truyền động thủy lực điều khiển sơ cấp cho hệ thống neo giữ liên hợp máy vận xuất gỗ rừng trồng vùng đồi núi có độ dốc cao

biến theo thời gian của các thông số: lưu lượng, áp suất, lực căng dây tời và hao tổn công suất

qua van phân phối 3/3 tương ứng với sự thay đổi vận tốc LHM (Hình 3).



Hình 2. Sơ đồ khối mô phỏng hệ thống thủy lực điều khiển neo giữ



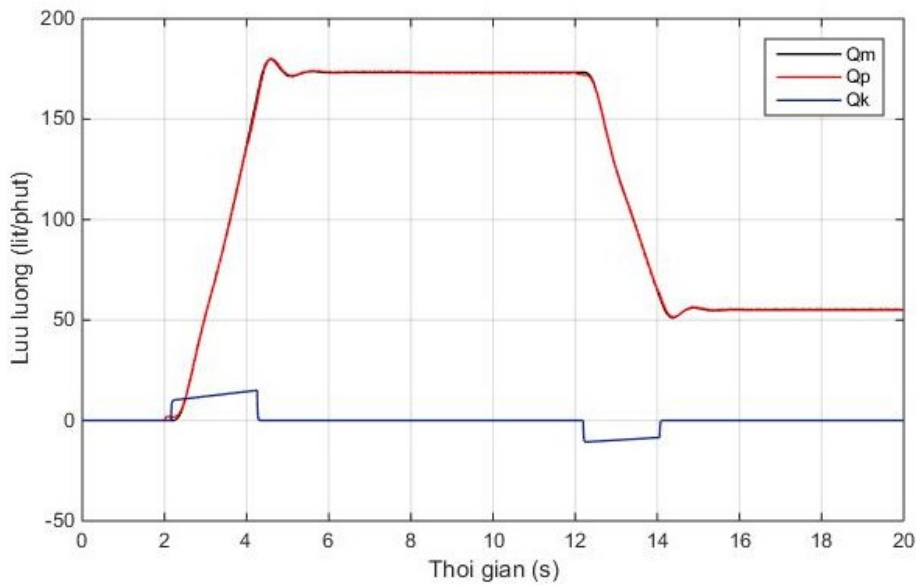
Hình 3. Diễn biến thay đổi vận tốc LHM khi vận xuất gỗ

3.2. Phân tích kết quả

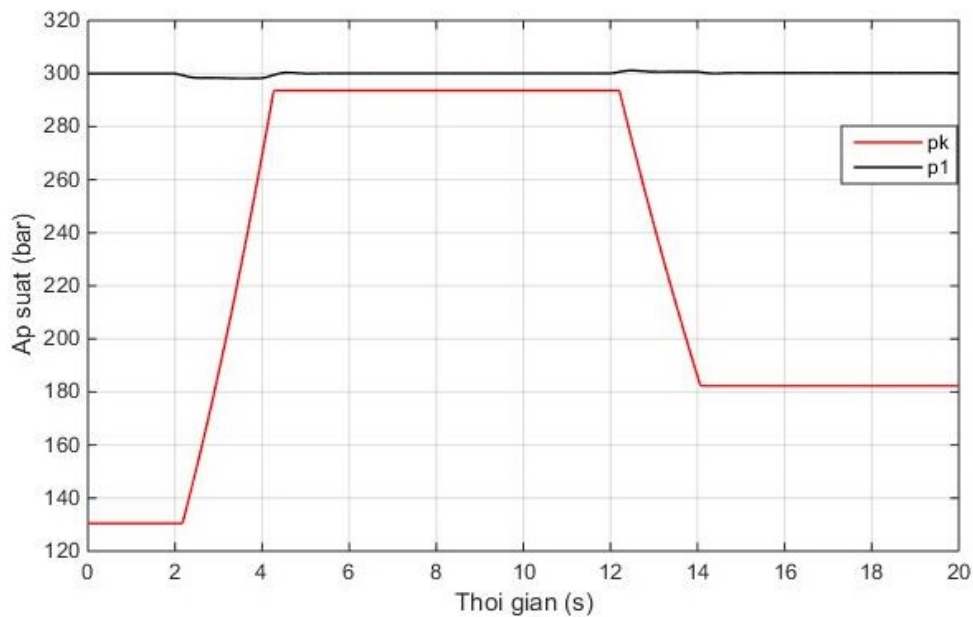
Hình 4 trình bày diễn biến lưu lượng qua bơm Q_p , lưu lượng qua động cơ Q_m và lưu lượng qua xi lanh điều khiển Q_k . Lưu lượng Q_p , Q_m thay đổi bám theo vận tốc LHM, lưu lượng điều khiển Q_k thay đổi dạng xung qua van đóng ngắt, cấp lưu lượng cho xi lanh điều khiển phù hợp để dịch chuyển S_k , qua đó điều khiển Q_p phù hợp để giữ áp suất hệ thống p không đổi khi tăng vận tốc LHM. Khi vận tốc LHM

giảm, quá trình xảy ra ngược lại.

Áp suất hệ thống thay đổi không đáng kể tại các giai đoạn tăng giảm vận tốc LHM (Hình 5). Áp suất trong xi lanh điều khiển thay đổi trong khoảng rộng tương ứng với sự thay đổi vận tốc LHM, làm xuất hiện hao tổn công suất qua van đóng ngắt trong giai đoạn điều khiển. Có thể giảm hao tổn công suất qua van nhờ lựa chọn hợp lý xi lanh điều khiển bơm.

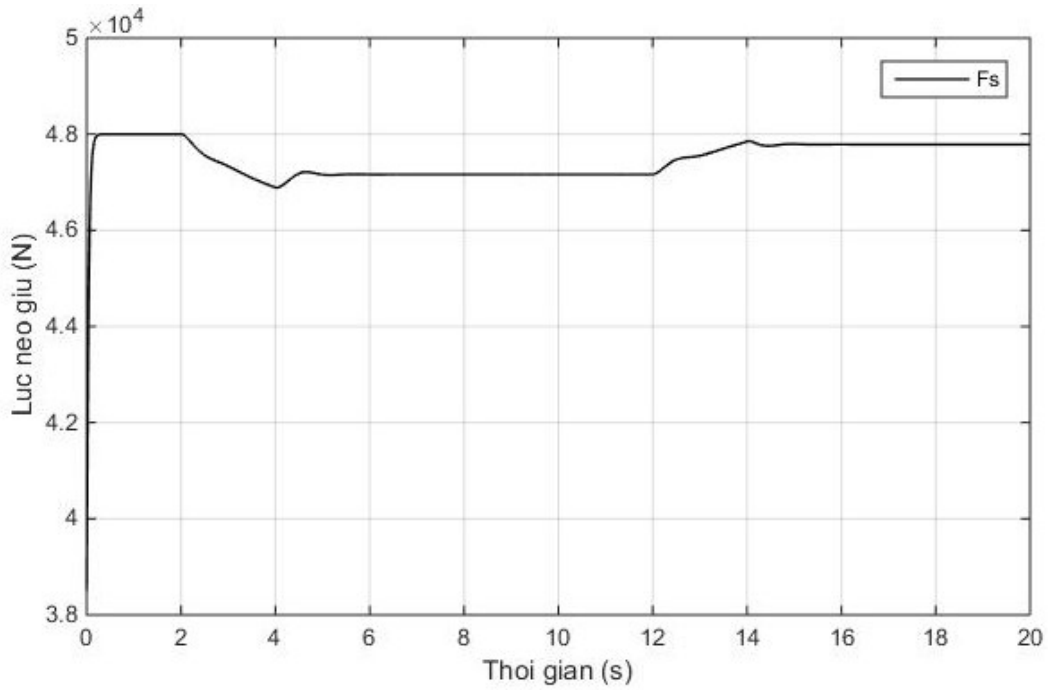


Hình 4. Diễn biến lưu lượng Q_p , Q_m , Q_k

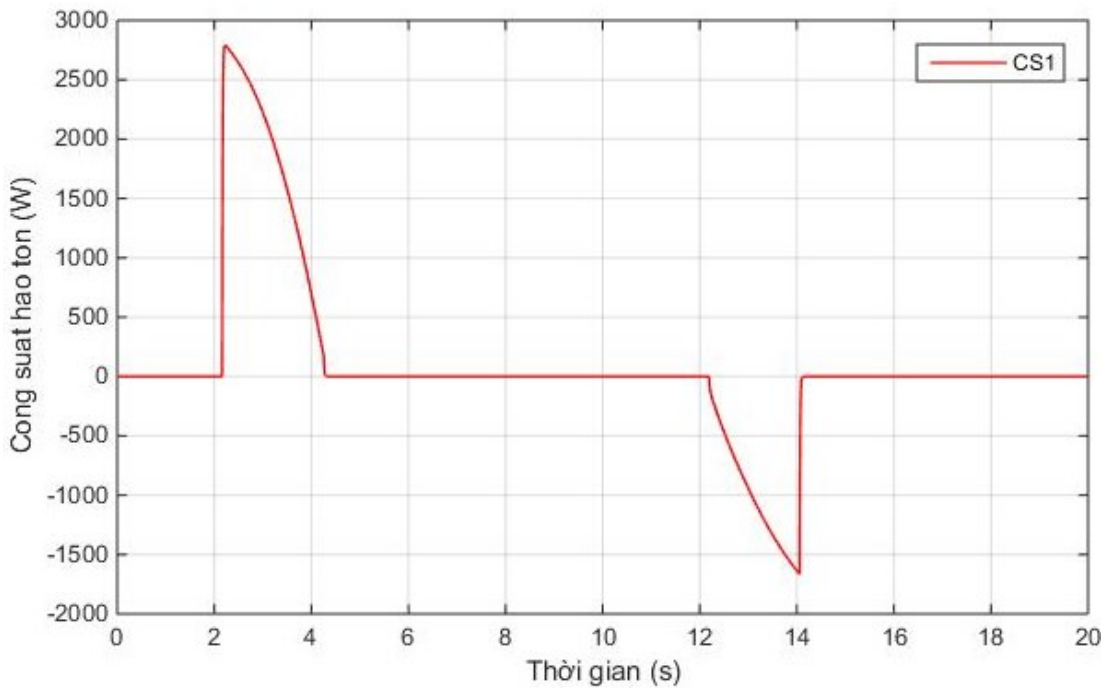


Hình 5 Diễn biến áp suất p_1

Truyền động thủy lực điều khiển sơ cấp cho hệ thống neo giữ liên hợp máy vận xuất gỗ rừng trồng vùng đồi núi có độ dốc cao



Hình 6. Diễn biến lực căng F_s



Hình 7. Hao tổn công suất qua van phân phối $P_v = Q_k \cdot \Delta p$

Lực căng F_s thay đổi khoảng 0,13 kN khi thay đổi vận tốc LHM từ 0 - 1,7 m/s (Hình 6), trong khi sử dụng hệ thống thủy tĩnh điều khiển bằng van áp suất, F_s thay đổi khoảng 0,5 kN.

Mặc dù vẫn còn xuất hiện hao tổn qua van đóng ngắt khi điều khiển lưu lượng, tuy nhiên giá trị tuyệt đối của công suất hao tổn chỉ nhỏ hơn 200 W và xuất hiện trong thời gian điều

khiến xấp xỉ 2s, không ảnh hưởng đến sự tăng nhiệt độ hệ thống.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống truyền động thủy tĩnh điều khiển sơ cấp để neo giữ kéo thả LHM vận xuất gỗ đã phần nào khắc phục được nhược điểm của hệ thống neo giữ sử dụng van giới hạn áp suất. Việc giữ lực căng dây tời ít thay đổi, không phụ thuộc vào chuyển động của LHM đã được thực hiện. Lực căng dây tời thay đổi nhỏ hơn 4 lần so với phương án sử dụng van áp suất, giá trị công suất hao tổn nhỏ do lưu lượng và thời gian tác động nhỏ dẫn đến phần năng lượng hao tổn biến thành nhiệt trong hệ thống thủy lực nhỏ đi đáng kể.

Có thể tiếp tục cải thiện hệ thống theo hướng sau:

- Xử lý giảm ma sát phụ thuộc vận tốc tại trống tời hoặc sử dụng hệ thống tự động điều

khiến lực căng dây tời.

- Lựa chọn hợp lý các phần tử điều khiển lưu lượng của bơm, thí dụ phù hợp giữa bơm với xi lanh điều khiển, hành trình và độ cứng lò xo với góc lác của bơm để giảm chênh lệch áp suất qua van đóng ngắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bombosch. F, Sohns. D, Nollau. R, (2003). Forwarder - Einsatz uber 70% Forst und, Technik, 9(15): 22-23.
- Bùi Hải Triều, Nguyễn Thanh Quang, Mai Hoàng Long (2016). Truyền động thủy tĩnh cho hệ thống neo giữ xe máy lâm nghiệp làm việc trên đất dốc. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số đặc biệt 9/2016. (043) 332-335.
- Murrenhoff H. , H. Wallentowitz (1998). Fluidtechnik fur mobile Anwendungen Verlag Mainz, wissenschaftsverlag. Aachen.
- Nguyễn Công Thuật (2014). Luận án tiến sĩ. Nghiên cứu tính chất truyền động và điều khiển hệ thống truyền động vô cấp phân tầng trên máy kéo nhỏ 4 bánh.