



NGHIÊN CỨU MỘT SỐ YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI QUÁ TRÌNH CHUYỂN SỐ CỦA HỘP SỐ VÔ CẤP THUỶ - CƠ

Nguyễn Văn Thịnh^{1*}, Phạm Thị Minh Huệ²

Tóm tắt: Hộp số vô cấp thuỷ cơ (HMCVT) đáp ứng được sự liên tục của tỷ số truyền trong toàn dải tốc độ. Tại mỗi quá trình chuyển đổi số truyền bằng ly hợp ma sát có thể phát sinh những tải trọng động, phát sinh nhiệt do ma sát... vì vậy chúng sẽ ảnh hưởng tới quá trình chuyển số. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến quá trình chuyển số, thông qua quá trình thí nghiệm để tìm được một số thông số tối ưu. Xác định các yếu tố ảnh hưởng chính và các yếu tố khác tới quá trình chuyển số của hộp số vô cấp thuỷ cơ để có phương án kết hợp tối ưu, sau đó tiến hành thí nghiệm đánh giá để đảm bảo hộp số truyền động dòng công suất ổn định và quá trình sang số êm dịu.

Từ khoá: Hộp số vô cấp thuỷ - cơ; chất lượng chuyển số; truyền lực; hộp số, thuỷ lực.

A study of some factors that affect the shift quality of hydraulic - mechanical gearboxes

Abstract: The HMCVT can meet the continuity of the transmission ratios in all speed ranges. At each transition of Gearbox shift with the friction clutch, it can generate dynamic loads and generate heat caused by friction, so they will affect the transfer process. The main purpose of this paper is to study the effects of some factors on the shift quality of hydraulic mechanical continuously variable transmission in order to find the optimal parameters. This research also determines the main factors as well as the other factors on the shift quality of the hydraulic mechanical continuously variable transmission to achieve the optimum combination of various factors, followed by experimental evaluation to ensure that the transmission gearbox will have stable power and shifting process will be smooth.

Keywords: HMCVT; transmission shift quality; transmission; gearbox, hydraulic.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 15/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 15, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Các loại xe chuyên dụng làm việc trong những điều kiện địa hình đặc biệt, vì vậy hộp số thường phải truyền tải dòng công suất lớn và chịu tải trọng biến đổi phức tạp [1]. HMCVT điều chỉnh hệ số lưu lượng bơm để điều khiển động cơ thuỷ lực với dải số truyền vô cấp, hội lưu dòng công suất truyền từ nhánh cơ khí và nhánh thuỷ lực bởi bộ truyền hành tinh, tạo nên hộp số có tỉ số truyền vô cấp phù hợp với các điều kiện tải. Sự khác biệt với truyền động cơ khí có cấp là sự biến đổi vô cấp trong toàn bộ phạm vi tốc độ [2]. Quá trình chuyển đổi ở mỗi dải tốc độ của HMCVT thông qua điều khiển các ly hợp ma sát ướt tiếp hợp và phân ly được gọi là quá trình chuyển số, quá trình này là trạng thái động lực học rất phức tạp [3].

Những năm gần đây, nhiều tác giả trong và ngoài nước nghiên cứu về hộp số vô cấp thuỷ cơ. Các nghiên cứu cho thấy, quá trình chuyển số trên các hộp số có thể phát sinh độ rung giật, xuất hiện nhiệt do ma sát, do đó ảnh hưởng trực tiếp tới quá trình chuyển số. Quá trình chuyển số phải bảo đảm được đặc tính động lực học của xe và ổn định quỹ đạo chuyển động cũng như đạt được sự chuyển động êm dịu [4]. Việc điều khiển đóng cắt các ly hợp để thực hiện quá trình chuyển số là một yếu tố quan trọng, cần phải tối ưu hoá quá trình điều khiển nạp và xả dòng dầu trong ly hợp, từ đó có thể làm giảm độ rung giật khi chuyển số giúp xe chuyển động êm dịu đồng thời cũng làm giảm được công ma sát. Trong công trình này đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến quá trình chuyển số trong hộp số HMCVT nhằm góp phần bổ sung những cơ sở lựa chọn chế độ khai thác hợp lý, nâng cao năng suất và hiệu quả vận chuyển của các loại ô tô sử dụng HMCVT ở Việt Nam.

¹TS, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.

²TS, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

*Tác giả chính. E-mail: tinhhspkt@gmail.com.



2. Quá trình điều khiển chuyển số HCMVT

2.1 Kết cấu truyền động HCMVT

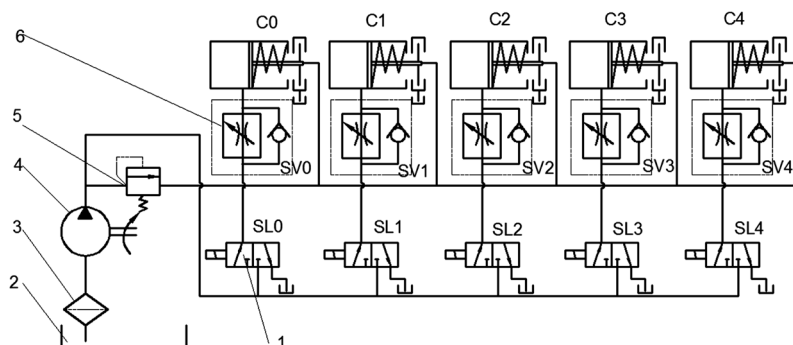
Sơ đồ hệ thống HCMVT được trình bày như trên Hình 1, hệ thống truyền động được thiết kế sử dụng kết hợp hai bộ truyền hành tinh là bộ phối trộn dòng công suất, mạch công suất thủy lực được điều khiển thông qua điều chỉnh hệ số lưu lượng e bởi bơm thủy lực [4]. Sự phối hợp đặc tính của bộ truyền hành tinh K1, K2 như Hình 1 có nhiệm vụ hoà trộn hai dòng công suất và tạo nên các dải số truyền tương ứng. Hai trục trung gian được lắp các cặp bánh răng trụ và liên kết thông qua ly hợp thủy lực C1, C2, C3 và C4. Quá trình chuyển số thông qua việc phối hợp sự đóng và cắt các ly hợp để lựa chọn dòng truyền công suất.

2.2 Điều khiển sang số của HCMVT

HCMVT với quy luật chuyển số thông qua sự đóng cắt của các ly hợp thủy lực và bộ truyền hành tinh được biểu diễn như trong Bảng 1. Sơ đồ trên Hình 1 cho thấy, hệ thống truyền động có 5 cấp số: 1 cấp với dòng công suất thuần thủy lực, 4 cấp số phối trộn dòng công suất thủy - cơ.

2.3 Mạch thủy lực điều khiển ly hợp

Mạch thủy lực điều khiển ly hợp được thiết kế như Hình 2, sử dụng các van hành trình 2/3 loại điện từ SL0~SL4 để điều khiển dòng dầu đến khoang ép trong ly hợp SV0~SV4. Để kiểm soát được tốc độ và thời gian đóng của ly hợp chúng tôi đã sử dụng các van tiết lưu SV0~SV4.

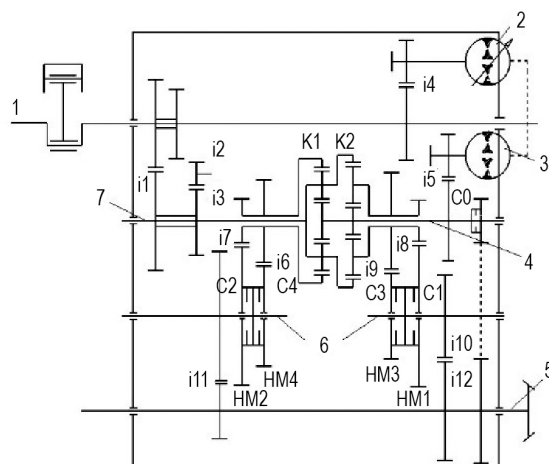


Hình 2. Sơ đồ mạch thủy lực điều khiển ly hợp

1. Van điện từ; 2. Thùng dầu; 3. Lọc dầu; 4. Bơm dầu; 5. Van xả; 6. Van tiết lưu

Bảng 1. Quy luật chuyển số thông qua các ly hợp và bơm thủy lực

Chiều	Số	C0	C1	C2	C3	C4	K1	K2	e
Tiền	H	•							0 ÷ -1
	HM1		•					•	+1 ÷ -1
	HM2			•			•		-1 ÷ +1
	HM3				•			•	+1 ÷ -1
	HM4					•	•		-1 ÷ +1
Lùi	H	•							0 ÷ +1
	HM1		•					•	-1 ÷ +1
	HM2			•			•		+1 ÷ -1



Hình 1. Sơ đồ động học HCMVT

1. Động cơ; 2. Bơm thủy lực; 3. Động cơ thủy lực;
4. Trục công suất nhánh thủy lực; 5. Trục thứ cấp;
6. Trục trung gian; 7. Trục công suất nhánh cơ khí;
C0, C1, C2, C3, C4: Ly hợp thủy lực;
K1, K2 Bộ truyền hành tinh;
HM1, HM2, HM3, HM4: Các dải số truyền.



3. Các tiêu chí và yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chuyển số

Thông thường để đánh giá quá trình chuyển số thường đánh giá trực quan chỉ số độ rung giật và tải trọng động, có thể nói quá trình chuyển số là trạng thái động lực học rất phức tạp [5,6].

3.1 Các tiêu chí đánh giá quá trình chuyển số

a) *Độ rung giật xe*: là sự thay đổi gia tốc dọc xe một cách đột ngột, nguyên nhân do gia tốc xe thay đổi trong khoảng thời gian quá ngắn, lực quán tính của xe lớn, được xác định bằng biểu thức (1):

$$J = \frac{da}{dt} = \frac{r_d d^2 \omega}{i_0 d^2 t} = \frac{r_d}{i_0 I} \times \frac{dM_c}{dt} = \frac{r_d}{i_0 I} \times \frac{d(M_c i_g)}{dt} \quad (1)$$

trong đó: J là độ giật xe, m/s^3 ; a là gia tốc, m/s^2 ; ω là vận tốc góc, rad/s ; i_g, i_0 là tỷ số truyền của hộp số, cầu xe; M_c, M_g là mô men hộp số, động cơ, Nm ; I là mô men quán tính trục thứ cấp và một số chi tiết, $Kg.m^2$.

b) *Công ma sát*: Khi đóng ly hợp, các tấm ma sát chủ động và bị động sẽ trải qua trạng thái trượt tương đối với nhau trước khi đạt được trạng thái đồng tốc, giai đoạn này sẽ xuất hiện công ma sát [2,4].

$$W_f = \int_{t_0}^{t_f} P_c dt = \int_{t_0}^{t_f} T_c |\Delta\omega| dt \quad (2)$$

trong đó: P_c là công suất mô men ma sát của ly hợp; T_c là mô men ma sát ly hợp, $N.m$; $\Delta\omega$ là độ chênh lệch vận tốc góc giữa đĩa chủ động và đĩa bị động; t_0, t_f là thời gian bắt đầu và kết thúc trượt, s .

c) *Tải trọng động*: Tại thời điểm chuyển số, ly hợp truyền mô men ma sát qua hai giai đoạn từ truyền động sang truyền tĩnh. Mô men xoắn truyền động qua ma sát của ly hợp biến đổi gây ra các nhiễu động mô men ở đầu ra hộp số, đây là nguyên nhân phát sinh tải trọng động [2], được đánh giá bởi hệ số tải trọng động:

$$k = \frac{T_{max}}{T_0} \quad (3)$$

trong đó: T_{max} là mô men cực đại trục thứ cấp, Nm ; T_0 là mô men ổn định trên trục thứ cấp, Nm .

d) *Thời gian chuyển số*: là thời gian cần thiết để từ một số truyền ở trạng thái làm việc ổn định sang số truyền kế tiếp. Yêu cầu quá trình chuyển số phải đáp ứng sự biến đổi tỷ số truyền, giảm thiểu thời gian chuyển số. Thông thường với xe chuyên dùng không chế thời gian chuyển số trong khoảng 1,0÷1,6s [5,6].

3.2 Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình chuyển số

a) *Ảnh hưởng của áp suất dầu tới truyền mô men xoắn*: Quá trình cấp dầu cho ly hợp là một quá trình động, áp lực dầu thủy lực có thể gây dao động, điều này sẽ dẫn đến mô men đầu ra bị nhiễu động. Dòng truyền mô men của ly hợp được biểu diễn bởi công thức sau:

$$T_s = m_s A_1 z r_c p \quad (4)$$

trong đó: T_s là mô men xoắn truyền qua ly hợp; Nm ; A_1 là diện tích làm việc, m^2 ; μ_s là hệ số ma sát động; z là số tấm ma sát; r_c là bán kính trung bình đĩa ma sát, m ; p là áp suất đóng ly hợp, Pa .

b) *Ảnh hưởng của áp suất dầu tới tốc độ đóng của ly hợp*: Quá trình tăng áp trong khoang ép của ly hợp có diễn biến phức tạp và quá trình biến đổi áp là phi tuyến. Phương trình động lực học quá trình nạp dầu vào khoang ép ly hợp được biểu diễn như sau:

$$m_1 \ddot{x}_1 + k(x_0 + x_1) = p_i A_i \quad (5)$$

trong đó: m_1 là khối lượng của piston và các bộ phận chuyển động, kg ; x_1 là độ dịch chuyển của piston, m ; k là độ cứng lò xo hồi vị, N/m ; x_0 là độ nén ban đầu của lò xo hồi vị, m ; p_i là áp suất dầu trong xi lanh thủy lực, Pa ; A_i là diện tích piston thủy lực, m^2 .

c) *Ảnh hưởng của lưu lượng dầu tới quá trình đóng ly hợp*: Phương trình biểu diễn dòng dầu điều khiển của ly hợp:

$$Q_c = \frac{\pi d^4}{128 \nu L} \Delta p \quad (6)$$

trong đó: Q_c là lưu lượng dầu thủy lực vào xi lanh thủy lực, m^3/s ; d là đường kính tiết chế lưu lượng, m ; ν là độ nhớt động lực học dầu, $Pa.s$; L là độ dài của đường dầu điều khiển, m ; Δp là độ tụt áp của dầu, Pa .

d) *Yếu tố thời gian đóng và mở ly hợp*: Quá trình chuyển số là khoảng thời gian quá trình chuyển đổi trạng thái của ly hợp từ trạng thái đang mở sang đóng, sự tiếp hợp của hai bộ phận có tốc độ quay chênh lệch lớn nên phát sinh hiện tượng rung giật mạnh làm ảnh hưởng lớn tới tính năng chuyển động ổn định và độ êm dịu của xe.



4. Thí nghiệm trực giao quá trình chuyển số

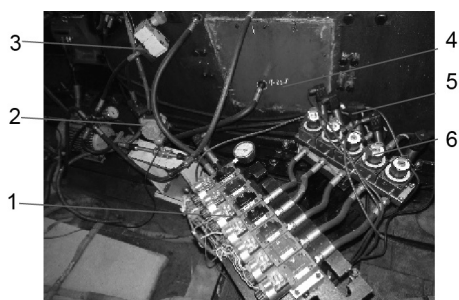
Thí nghiệm trực giao chủ yếu sử dụng trong nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố. Tiến hành thí nghiệm để chọn yếu tố thích hợp và giá trị mỗi yếu tố đó, sử dụng phương pháp thống kê để xử lý dữ liệu [7]. Để phân tích toàn diện và đánh giá được mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố, tác giả lựa chọn 5 yếu tố, mỗi yếu tố chọn 4 mức giá trị khác nhau để tiến hành thí nghiệm. Các yếu tố và các giá trị được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các mức giá trị của các yếu tố ảnh hưởng

TT	Yếu tố				
	A Áp suất, MPa	B Lưu lượng, L/ph	C Tốc độ động cơ, v/ph	D Lực phanh, Nm	E Thời gian, s
1	3,8	4,0	1100	300	1,2
2	4,2	4,5	1300	650	0,8
3	4,6	5,0	1550	1150	0,4
4	5,0	5,5	1650	1500	0,2

4.1 Tiến hành thí nghiệm

Hệ thống thí nghiệm HMCVT sử dụng nguồn động lực từ động cơ Weichai WP6T180E21, 132.5kW. Hộp số, bộ điều khiển TCU, hệ thống bộ thử do nhóm thiết kế và lắp đặt. Hệ thống phần mềm điều khiển xây dựng bằng Matlab GUI để kiểm soát và điều khiển áp suất dầu đóng ly hợp, tốc độ động cơ, tạo tải cho hệ thống,... Hệ thống thu thập dữ liệu bằng LabVIEW và card thu thập dữ liệu với tần số lấy mẫu đạt 20Hz, để điều khiển chuyển số thông qua điều khiển mạch dầu vào ly hợp. Mỗi ly hợp được điều khiển bằng một van điện từ và nối tiếp với van điều tốc, sau van điều tốc lắp đặt cảm biến áp suất và cảm biến lưu lượng, các cảm biến này dùng để giám sát và hiệu chỉnh lưu lượng và áp suất dòng dầu nạp.



Hình 3. Hệ thống van thủy lực điều khiển ly hợp
1. Van từ; 2. Cảm biến lưu lượng; 3. Van tiết lưu;
4. Hộp số; 5. Cảm biến áp suất; 6. Van điều tốc

Sử dụng phương pháp thí nghiệm điểm ngẫu nhiên, mỗi thí nghiệm tiến hành nhiều lần rồi lấy kết quả trung bình. Xe chuyên dụng thường làm việc ở tốc độ thấp và tải nặng, vì vậy trong phạm vi nghiên cứu chỉ tiến hành khảo sát ở tốc độ thấp và tải thay đổi từ thấp đến đầy tải. Thí nghiệm cho trạng thái chuyển từ số HM1 sang HM2. Chọn điểm thí nghiệm có suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ và mô men lớn tại $n=1500\text{v/ph}$. Thiết lập hệ thống thủy lực qua van tiết lưu, van điều áp, van điều tốc đạt các trị thí nghiệm, chạy LabVIEW đo các thông số. Sử dụng phanh từ để tạo mô men tải trên trục thứ cấp, sau đó điều khiển động cơ tới tốc độ yêu cầu, chuyển số, tiến hành thu thập và lưu trữ dữ liệu thí nghiệm để xử lý, phân tích.

4.2 Kết quả thí nghiệm (xem Bảng 3)

4.3 Phân tích kết quả thí nghiệm

a) **Độ rung giật:** Ảnh hưởng của các yếu tố tới độ rung giật của xe được trình bày trong Bảng 4, 5. Quá trình chuyển số xe bị rung giật chủ yếu phát sinh do tác động của các yếu tố A, D, C, E, B. Khi động cơ hoạt động ở các tốc độ và tải trọng khác nhau, thực hiện quá trình chuyển số, xem xét ảnh hưởng tới độ giật của xe, áp suất của dầu điều khiển ly hợp tối ưu ở mức A_1 , khi tiếp hợp thời gian tối ưu tại E_4 , mức điều tiết lưu lượng tối ưu ở B_2 .

Phân tích phương sai cho thấy, khi thay đổi tốc độ quay động cơ và tải, yếu tố ảnh hưởng nổi bật nhất đó là áp suất điều khiển ly hợp, còn các yếu tố phụ như thời gian, lưu lượng có ảnh hưởng ở mức thấp hơn.

Phân tích độ lệch phương sai cho thấy, độ rung giật của xe chủ yếu bị ảnh hưởng bởi áp suất dòng dầu đóng ly hợp, áp suất càng lớn quá trình tiếp hợp càng nhanh dẫn đến tải trọng tác động lên động cơ lớn, độ rung giật của xe tăng. Thời gian đóng ly hợp cũng có ảnh hưởng không nhỏ tới độ rung giật của xe, nếu tăng thời gian đóng ly hợp thì độ rung giật giảm, nhưng lại tăng độ mài mòn và ảnh hưởng tới tuổi thọ của ly hợp, còn tốc độ động cơ ảnh hưởng đến độ rung giật rất nhỏ.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm trực giao

TT	A	B	C	D	E	Độ rung giặt, m/s ³	Hệ số tải trọng động
1	1	1	1	1	1	5,0	2,53
2	1	2	2	2	2	4,8	1,30
3	1	3	3	3	3	6,3	1,44
4	1	4	4	4	4	6,0	1,15
5	2	1	2	3	3	6,9	1,21
6	2	2	1	4	4	7,3	1,38
7	2	3	4	1	2	5,9	3,00
8	2	4	3	2	1	5,6	1,53
9	3	1	3	4	2	8,6	1,35
10	3	2	4	3	1	7,3	1,09
11	3	3	1	2	4	5,8	1,77
12	3	4	2	1	3	7,8	3,50
13	4	1	4	2	3	7,2	2,00
14	4	2	3	1	4	6,4	4,30
15	4	3	2	4	1	9,0	1,15
16	4	4	1	3	2	8,3	1,05

Bảng 4. Ảnh hưởng của các yếu tố tới độ rung giặt

Nhân tố	K_1	K_2	K_3	K_4
Yếu tố A	6,0057	6,4629	7,5790	7,9694
Yếu tố B	7,4188	6,6369	6,8378	7,4651
Yếu tố C	7,1417	7,7449	6,6605	7,2286
Yếu tố D	6,2875	6,0475	7,7616	7,6532
Yếu tố E	6,8124	7,0808	7,2756	6,4319

Bảng 5. Phân tích phương sai độ rung giặt

Biến số	Tổng bình phương	Bậc tự do	Quân phương	Mức quan trọng
Yếu tố A	11,5701	3	4,1548	****
Yếu tố B	0,500	3	0,1500	-
Yếu tố C	0,7885	3	0,2641	*
Yếu tố D	7,5069	3	2,5298	***
Yếu tố E	1,8232	3	0,6035	**

b) **Tải trọng động:** Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến tải trọng động của xe như trên Bảng 6, 7. Ta thấy, thứ tự các yếu tố ảnh hưởng tới tải trọng động của xe là D, A, E, C, B. Động cơ thay đổi tốc độ và mức tải, áp suất dầu điều khiển tối ưu tại A₁, thời gian đóng ly hợp tối ưu E₁, lưu lượng dầu tối ưu B₄.

Phân tích phương sai cho thấy, khi thay đổi tốc độ và mức tải động cơ, yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới tải trọng động là thời gian đóng ly hợp, sau đó là áp suất dầu, yếu tố ít ảnh hưởng là lưu lượng dầu.

Phân tích độ lệch phương sai nhận thấy, tải trọng động do quá trình chuyển số phát sinh chủ yếu do các yếu tố như mức tải, áp suất dầu. Tải lớn, áp suất dầu lớn tải trọng động sẽ lớn; thời gian chuyển số dài, tải trọng động nhỏ; tốc độ quay động cơ và lưu lượng ảnh hưởng nhỏ tới tải trọng động.

Bảng 6. Ảnh hưởng của các yếu tố tới tải trọng động

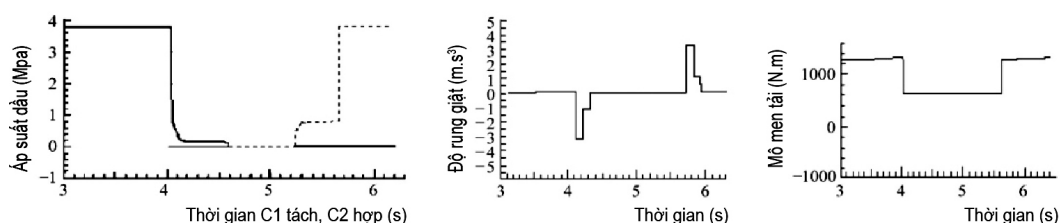
Nhân tố	K_1	K_2	K_3	K_4
Yếu tố A	1,6730	1,8797	1,9519	2,3201
Yếu tố B	1,9222	2,2736	2,0219	1,8441
Yếu tố C	1,7540	1,8591	2,2580	1,9326
Yếu tố D	3,4052	1,8131	1,2781	1,3551
Yếu tố E	1,7111	1,7170	2,1429	2,3298

Bảng 7. Phân tích phương sai tải trọng động

Nhân tố	Tổng bình phương	Bậc tự do	Quân phương	Mức quan trọng
Yếu tố A	0,7974	3	0,2612	**
Yếu tố B	0,2858	3	0,0953	-
Yếu tố C	0,7436	3	0,2355	*
Yếu tố D	12,3255	3	4,1085	****
Yếu tố E	1,0187	3	0,3353	***

4.4 Thí nghiệm kiểm chứng

Dựa vào kết quả các thí nghiệm ở phần trước, để tối ưu các yếu tố ảnh hưởng theo các chỉ tiêu chất lượng như độ rung giật và tải trọng động làm điều kiện để tiến hành thí nghiệm kiểm chứng. Thí nghiệm tiến hành trong điều kiện xe chịu tải nặng, tốc độ xe 8,5 km/h, $n = 1550$ v/ph, mô men đầu ra hộp số lớn nhất, đồng thời động cơ đạt đầy tải và suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ, áp suất dầu điều khiển 3,8 MPa, lưu lượng dầu 4,0 L/ph, thời gian chuyển số 1,6s. Kết quả thí nghiệm được trình bày trên Hình 4, độ rung giật $6,2 \text{ m/s}^3$, hệ số tải trọng động 1,016.



Hình 4. Kết quả thực nghiệm sau khi tối ưu hóa các yếu tố



5. Kết luận

Đề ly hợp truyền tải được công suất lớn nhất mà vẫn đảm bảo độ rung giật và tải trọng động nhỏ, áp suất phù hợp cho hệ thống nghiên cứu là 3,8MPa. Khi điều chỉnh van tiết lưu điều khiển tốc độ dòng dầu vào khoang ép ly hợp với lưu lượng dòng dầu vào 4,0L/ph, thì độ rung giật và tải trọng động nhỏ.

Từ những đặc tính của HMCVT, thời điểm ly hợp chuyển đổi rất ngắn nên coi vận tốc xe không đổi, do đó số vòng quay trục khuỷu động cơ ảnh hưởng tới độ rung giật và tải trọng động là nhỏ. Mức độ tải có ảnh hưởng lớn nhất đến độ rung giật và tải trọng động của xe, tải tăng độ rung giật và tải trọng động của xe sẽ tăng và ngược lại. Khi kéo dài thời gian chuyển số bằng cách làm chậm quá trình đóng ly hợp, độ rung giật của xe sẽ tăng, nhưng tải trọng động giảm, vì vậy tùy mục tiêu mà lựa chọn vùng làm việc tối ưu.

Phân tích kết quả thí nghiệm thấy rằng, khi mức tải của động cơ đạt khoảng 95% thì độ rung giật của xe đạt lớn nhất ở $6,2 \text{ m/s}^3$, thấp hơn mức tiêu chuẩn cho phép $17,64 \text{ m/s}^3$, điều này có ý nghĩa rất lớn cho người trên xe, đặc biệt khi vận hành ở địa hình gồ ghề, qua đây cũng phản ánh được đặc tính ưu việt của hệ thống HMCVT.

Tài liệu tham khảo

1. Liyou X., et al (2006), "Design of hydro-mechanical continuously variable transmission of tractor", *Transactions of the Chinese society for agricultural machinery*, 37(7):5-8.
2. Xiaolin G., et al (2006), "The design and numerical simulation of a geometric type hydro - mechanical variable transmission system", *Journal of Machine Tool & Hydraulics*, 2006(8):155-158.
3. Sihong Z., et al (2011), "Research on dynamic characteristics of hydraulic system of power shift transmission in tractor" *Journal of Nanjing Agricultural University*, 34(10):133-138.
4. Thịnh N.V. (2013), "Study on dynamic characteristics of hydraulic mechanical continuously variable transmission of tractor", *Nanjing Agricultural University*, S219.032, 1-151.
5. Henning J.M. (2009), *Fahrzeuggetriebe betechnik Getriebe in Traktoren*, Tag der wissenschaftlichen Aussprache, Berlin.
6. Zhou Z.L., Zhang M.Z. (2006), "Speed Change and Range Shift Control Schedule of the Multi - Range Hydro - Mechanical CVT for Farm Tractors", *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Macaronis and Automation*, Luoyang, China, 25-28.
7. Zhifa Y., Haiyan T. (2008), *Experimental design and analysis*, China agriculture press.
8. Qingmei C., et al (2005), "Shifting qualities control on HMT of vehicle", *Journal of Henan University of Science & Technology*, 26(1):18-21.