



THÍ NGHIỆM ĐO MÔ MEN XOẮN TRÊN CẦU SAU XE TẢI NHỎ

Nguyễn Thanh Quang^{1*}, Hoàng Việt², Lê Hoàng Anh³

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp thí nghiệm đo đồng thời mô men trên ba trục: trục các đăng và hai bán trục trong hai trường hợp trên bộ thử cầu sau và trên xe tải nhỏ. Bao gồm xử lý lấy tín hiệu đo mô men từ trục đang quay bằng bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân và bộ thu phát tín hiệu không dây đến các thiết bị xử lý DMC plus và Spider8. Thiết kế chế tạo đồ gá để lấy tín hiệu và hiệu chuẩn tín hiệu đo trên trục các đăng và hai bán trục. Các kết quả đo mô men được hiển thị và phân tích trong các trường hợp thí nghiệm đo.

Từ khóa: Đo mô men; trục các đăng; hai bán trục; bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân.

Experiment torque measurement on rear axle of light truck

Abstract: This paper presents the simultaneous torque measurement method on rear axles: cardan shaft and two half-shaft on the rear axle test platform and on light truck. It includes: processing of gained data for measuring torque from rotating shafts with mercury contactors and wireless receivers to DMC plus and Spider8 conversion processing equipment, designing manufacturing the fixture for receive and calibration signals gained on the cardan shaft and two half-shaft. Finally, the torque measurements are displayed and analyzed in the test cases.

Keywords: Torque measurement; cardan shaft; half-shaft; mercury contactors.

Nhận ngày 10/5/2017; sửa xong 9/6/2017; chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 9, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Mở đầu

Ngày nay với sự phát triển của khoa học, công nghệ, dụng cụ đo lường đã có những bước tiến lớn về chất lượng, kết cấu và sự thuận tiện khi sử dụng như về độ chính xác phép đo, phương pháp đo, cơ chế hiển thị kết quả đo, khả năng tích hợp với máy in, máy vi tính, khả năng thu phát không dây. Trong các đại lượng cần đo thì đo mô men xoắn luôn gặp phải khó khăn khi lấy tín hiệu đo trên trục quay với tốc độ cao, công trình [1] đã nghiên cứu chế tạo bộ đo mô men xoắn tại 1 vị trí dùng cảm biến biến dạng kết hợp với trục xoắn. Tuy nhiên, trong thực tế đòi hỏi ta cần phải đo mô men xoắn tại nhiều vị trí khác nhau, đặc biệt các giá trị mô men đo được phải có tính chất đồng thời như phân bố mô men từ truyền lực chính ra 2 bán trục, các thiết bị máy có sự phân bố mô men xoắn ra nhiều trục... Nhóm tác giả của bài báo đã đưa ra phương pháp thí nghiệm đo mô men sử dụng cảm biến tenzo theo nguyên lý cầu đo Wheatstone để đo mô men đồng thời trên 3 trục của cầu sau chủ động hệ thống truyền lực ô tô tải nhỏ, bộ đồ gá được thiết kế và chế tạo để hiệu chuẩn, lắp các thiết bị trên 3 trục khi các trục đang quay với tốc độ cao.

Phương pháp thí nghiệm đo mô men trên ba trục cầu xe tải nhỏ (trục các đăng M_1 và bán trục trái M_2 và phải M_3 trên ô tô) được thực hiện trên bộ thử và trên xe tải nhỏ LF 3070G1. Trên cơ sở thiết bị này có thể đo mô men xoắn đồng thời trên ba trục của các cụm cơ khí hoặc các thiết bị khác, và có thể ứng dụng để đánh giá chất lượng cầu sau nhằm phát triển nội địa hóa ô tô trong thực tiễn sản xuất trong nước.



2. Cơ sở khoa học, thiết bị và kết quả thí nghiệm khi đo mô men xoắn

2.1 Cơ sở khoa học của đo mô men xoắn trên các trục

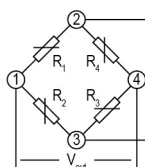
Phương pháp đo mô men xoắn sử dụng nguyên lý mạch cầu Wheatstone. Mạch cầu Wheatstone bao gồm 4 điện trở biến dạng (tenzo hoặc strain gage) được mắc như Hình 1.

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

²PGS.TS, Trường Đại học Lâm nghiệp.

³ThS, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vĩnh Long.

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



Hình 1. Mạch cầu Wheatstone và dán tenzo lên trục cần đo mô men xoắn

Điện áp đo V_{out} gần như tỷ lệ thuận với biến dạng của trục, biến dạng này lại tỷ lệ thuận với mô men xoắn trên trục M_t , nên thiết bị đo có thể coi là tuyến tính theo (1):

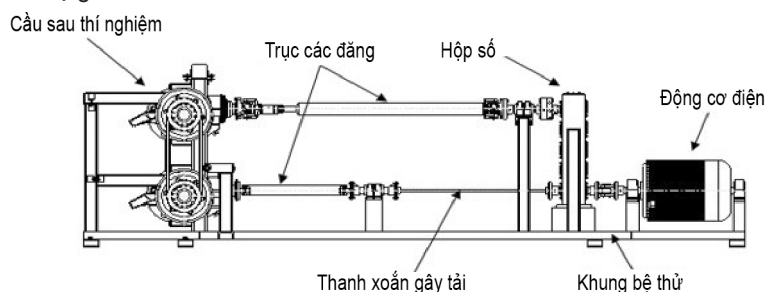
$$V_{out} \approx k.M_t \quad (1)$$

trong đó: k là hệ số tỷ lệ; M_t là mô men xoắn trên trục.

2.2 Các thiết bị và dụng cụ thí nghiệm

2.2.1 Bộ thử cầu sau thí nghiệm

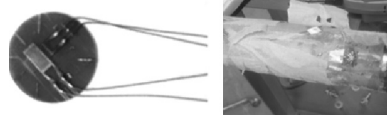
Thí nghiệm được sử dụng bộ thử cầu sau, Hình 2 gồm có động cơ điện 1, hộp số thay đổi tốc độ 2, hai cầu sau số 3, các hộp truyền động loại bánh răng 4, 6; trục các đăng 7 và 8. Trên trục các đăng 8 có đặt bộ gây tải 9. Bộ gây tải 9 sẽ sinh ra những mô men xoắn khác nhau trong dòng kín. Hộp truyền động 4 đảm bảo cho các trục các đăng 7 và 8 có tốc độ góc như nhau và các hộp truyền động 5, 6 đảm bảo cho các bán trục ở hai cầu có tốc độ góc như nhau.



Hình 2. Sơ đồ bộ thử cầu sau kiểu dòng công suất kín

2.2.2 Tenzo

Thí nghiệm sử dụng Tenzo biến dạng loại FCA-3-11 (Hình 3) do công ty Tokyo Sokki Kenkyjo của Nhật Bản sản xuất. Tiến hành dán tenzo lên 3 trục: trục vào (các đăng), trục ra (bán trục phải và trái), nối dây các cảm biến thành cầu đo rồi đưa dây ra ngoài.



Hình 3. Tenzo biến dạng sử dụng trong nghiên cứu thực nghiệm

2.2.3 Bộ thu dòng thủy ngân và thu phát không dây

Thí nghiệm đã sử dụng Bộ thu dòng thủy ngân [6] để lấy tín hiệu đo từ trục các đăng và hai bán trục ra thiết bị đo Hình 4. Lắp 01 bộ loại TPAП-70 trên trục các đăng và 02 bộ loại TPAП-50 lắp trên hai bán trục phải và trái. Để có thể nhận tín hiệu đo từ trục quay sang máy đo đặt cố định ta có thêm phương án là sử dụng bộ thu phát tín hiệu không dây khi thí nghiệm trên xe như Hình 5.



Hình 4. Bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân và công tác chuẩn bị

2.2.4 Máy đo DMC plus và Spider8

Máy đo DMC plus và Spider8 [3], là thiết bị đo tích hợp có chức năng tương tự nhau của hãng HBM, CHLB Đức, dùng để xử lý tín hiệu nhận từ tenzo (V_{out}) có điện áp thấp ($<10\text{mV}$), sau khi khuếch đại được chuyển đổi A/D (Analog/Digital) để bộ vi điều khiển thực hiện các xử lý, hiển thị quá trình đo và ghi kết quả đo thành file lưu trữ được trên máy tính, Hình 6.



Hình 5. Bộ thu phát tín hiệu không dây

2.3 Hiệu chuẩn số liệu đo

Để bộ đo mô men làm việc được chính xác ứng với kết cấu, kích thước và khả năng chịu tải trên các trục phải thực hiện hiệu chuẩn hệ thống. Kết quả của việc hiệu chuẩn là xây dựng được quan hệ tuyến tính giữa mô men và biến dạng thông qua tín hiệu trung gian là điện áp V_{out} . Ta tiến hành hiệu chuẩn cho bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân và bộ thu phát không dây. Các khâu đo mô men xoắn (gồm trục các đăng và hai bán trục đã được dán các tenzo điện trở) cần được hiệu chuẩn. Phương pháp chung để hiệu chuẩn là tạo ra các mô men xoắn trục đã biết bằng cách treo vật nặng P lên đầu tay đòn có chiều dài l (m) để gây mô men xoắn trục, các trọng lượng lần lượt đặt có giá trị 0 kg, 10 kg, 20 kg,... 100 kg, Hình 7.

$$M_x = P.l \quad (2)$$

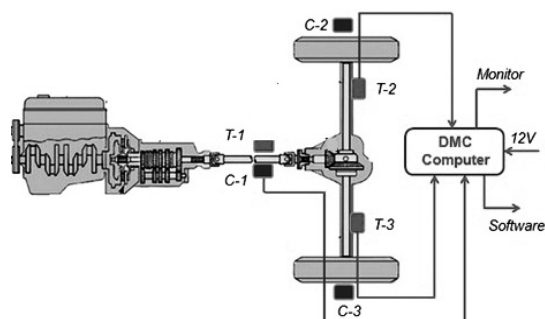
Trong khi thí nghiệm hiệu chuẩn các khâu đo mô men đã tìm được đặc tính tuyến tính giữa mô men quay và điện áp đo; độ nhạy của các cảm biến đo mô men trong 2 trường hợp khi dùng bộ thu dòng thủy ngân và khi dùng bộ thu phát không dây, Bảng 1.

Bảng 1. Độ nhạy của các khâu đo mô men sau khi hiệu chuẩn

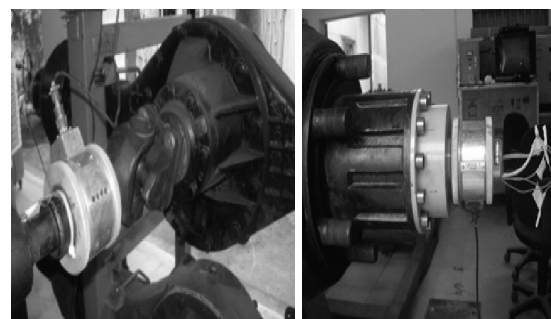
Khâu đo	Dùng thu dòng thủy ngân		Dùng bộ thu phát không dây	
	Mô men	Ứng với	Mô men	Ứng với
Các đăng	750 daNm	2 mV/V	52 kNm	10 V
Bán trục trái	368 daNm	2 mV/V	19 kNm	10 V
Bán trục phải	612 daNm	2 mV/V	26 kNm	10 V

2.4 Tiến hành thí nghiệm trên bộ thử

Trên trục các đăng dán các điện trở tenzo tại các vị trí C-1, trên hai bán trục dán tenzo tại các vị trí C-2 và C-3. Qua các bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân T-1, T-2 và T-3 tín hiệu từ các cảm biến được đưa tới máy đo DMC để khuếch đại và xử lý, Hình 8 và Hình 9.



Hình 8. Sơ đồ lắp các thiết bị thí nghiệm trên bộ thử

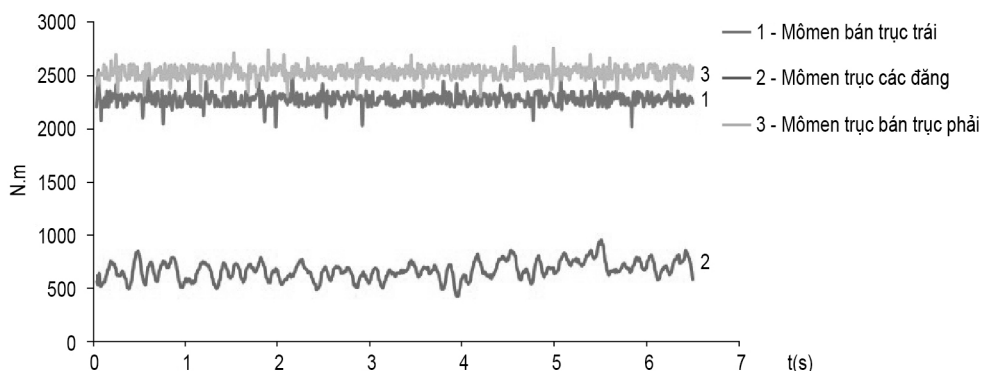


Hình 9. Lắp bộ thu dòng tiếp điểm thủy ngân trên trục các đăng và 2 bán trục

2.5 Kết quả thí nghiệm khi đo mô men trên bộ thử

Mỗi phép đo với ba lượt đo cùng tốc độ xe chạy quy đổi ở các thời điểm khác nhau (lúc bắt đầu, lúc giữa và lúc kết thúc của mỗi quá trình). Như vậy có tất cả 9 thí nghiệm, Bảng 2, trong đó ký hiệu TNP tương ứng với thí nghiệm trong phòng thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm đo mô men xoắn trên ba trục trên bộ thử, Bảng 3.

Do mô men cân ở hai bán trục khác nhau nên sự phân bố mô men ra 2 bán trục không đều nhau khi đó vì sai làm việc, phân bố mô men ra hai bán trục phụ thuộc vào mô men ma sát trong vi sai. Điều này phù hợp với phân lý thuyết phân bố mô men khi có ma sát trong [5].


Hình 10. Tín hiệu đo mô men xoắn trên 3 trục

Bảng 2. Kế hoạch đo mô men 3 trục trên bộ thử

Tốc độ động cơ (Vận tốc xe)	1600 vòng/phút (20 km/h)	2200 vòng/phút (40 km/h)	3000 vòng/phút (60 km/h)
0 % tải	TNP1.1	TNP1.2	TNP1.3
50% tải (1 tấn)	TNP2.1	TNP2.2	TNP2.3
100% tải (2 tấn)	TNP3.1	TNP3.2	TNP3.3

Bảng 3. Kết quả đo mô men trên bộ thử

Tải	Mô men đo trên bộ thử (N.m)		
	M1	M4	M5
0%	714.22	2282.73	2632.87
50%	670.82	2062.31	2435.97
100%	585.96	1794.42	2304.27

2.6. Tiến hành thí nghiệm trên xe

2.6.1 Xe thí nghiệm

Xe thí nghiệm là ô tô tải nhỏ 3 tấn LIFAN 3070G1 được sản xuất và lắp ráp tại Việt Nam, Hình 11. Xe tải nhỏ 3 tấn ký hiệu LF3070G1 lắp ráp trong nước được sử dụng trong nghiên cứu, xe có một cầu sau chủ động, loại xe tải tự đổ. Thông số kỹ thuật của xe nêu trong Bảng 4 [2].


Hình 11. Xe tải nhẹ 3 tấn thí nghiệm

Bảng 4. Thông số kỹ thuật của ô tô tải tự đổ LF3070G1

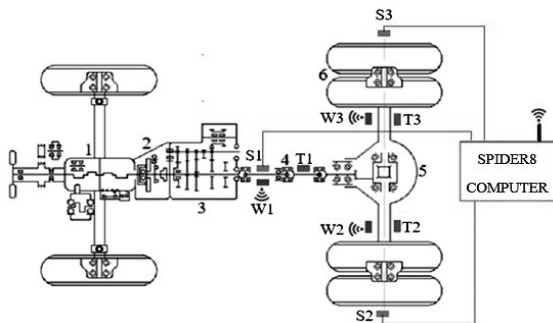
Tự trọng của xe	kg	4230
Tải trọng của xe	kg	2980
Công suất max./số vòng quay	Kw/rpm	81/3000
Mô men xoắn max./số vòng quay	N.m/rpm	320/2000-2200
Tỷ số truyền cầu sau		6.83
V_{max} khi toàn tải ở tay số cao nhất	km/h	75

2.6.2 Sơ đồ thí nghiệm trên xe

Trên trục các đăng gắn cảm biến đo vận tốc góc S1 và tenzo tại T-1, hai bán trục cũng gắn S2, S3 và tenzo tại các vị trí T-2 và T-3. Qua các bộ thu phát không dây W-1, W-2 và W-3 tín hiệu từ các cảm biến được đưa tới máy đo Spider8 để khuếch đại và xử lý tín hiệu đo, Hình 12. Lắp các thiết bị đo mô men của trục các đăng và hai bán trục lên xe như Hình 13.

2.6.3 Kết quả thí nghiệm đo mô men xoắn cầu sau xe tải nhẹ LF3070G1 ngoài hiện trường

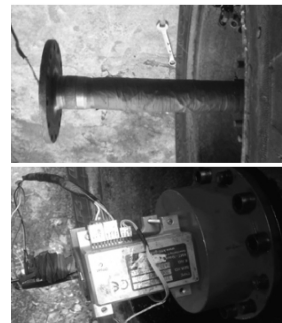
Tương tự như thí nghiệm trên bộ thử, các chế độ thí nghiệm trên xe được nêu trong Bảng 5, trong đó ký hiệu TNX tương ứng với thí nghiệm trên xe thực. Kết quả thí nghiệm đo mô men xoắn trên ba trục trên xe nêu trong Bảng 6.



Hình 12. Sơ đồ lắp ráp các thiết bị thí nghiệm trên xe

Bảng 5. Chế độ thí nghiệm đo mô men trên xe

Vận tốc xe	20 km/h	40 km/h	60 km/h
0 % tải	TNX1.1	TNX1.2	TNX1.3
50% tải (1 tấn)	TNX2.1	TNX2.2	TNX2.3
100% tải (2 tấn)	TNPX.1	TNX3.2	TNX3.3



Hình 13. Lắp các thiết bị đo mô men trực tiếp các đăng và hai bán trục lên xe thí nghiệm

Bảng 6. Kết quả khi đo mô men cầu sau xe tải nhỏ LF3070G1

Tải	Mô men đo trên xe		
	M1	M4	M5
0%	671.8	2124.73	2329.59
50%	620.73	1962.91	2187.35
100%	543.23	1775.72	2009.51

Sự phân bố mô men ra 2 bán trục không đều nhau khi đó vì sai làm việc, phân bố mô men ra hai bán trục phụ thuộc không bằng nhau và phụ thuộc vào mô men ma sát trong vi sai [5]. Kết quả phân bố mô men ra hai bán trục chênh lệch nhiều và nhỏ hơn khi đo trên bộ thử do điều kiện làm việc phức tạp hơn khi xe chạy trên đường so với trên bộ thử.



3. Kết luận

Thiết bị đo mô men xoắn đồng thời trên ba trục quay với tốc độ cao dựa trên nguyên lý mạch cầu wheatston, các tín hiệu đầu ra từ các tenzo biến dạng được kết nối với bộ thu dòng thủy ngân và thu phát không dây để truyền tín hiệu đo đến bộ khuếch đại DMC plus và Spider8 xử lý đã giảm đáng kể công việc tính toán thiết kế cơ khí, tăng độ chính xác của thiết bị, bảo đảm an toàn thiết bị khi làm việc. Các kết quả đo được kiểm tra mức độ hợp lý khi phân bố mô men từ trục các đăng ra hai bán trục theo lý thuyết hoạt động của bộ vi sai. Mô men phân bố ra hai bán trục không bằng nhau là do có mô men ma sát trong bộ vi sai. Kết quả khi đo mô men phân bố trên xe thật có kết quả nhỏ hơn khi đo trên bộ thử có thể là do điều kiện làm việc phức tạp hơn khi xe chạy trên đường so với trên bộ thử.

Tài liệu tham khảo

1. Lê Duy Hưng, Huỳnh Xuân Bình và tập thể tác giả (2010), *Nghiên cứu chế tạo bộ đo mô men xoắn dùng cảm biến biến dạng kết hợp với trục xoắn*, Hội nghị sinh viên nghiên cứu khoa học lần 7 Đà Nẵng.
2. Nguyễn Hữu Cần và tập thể tác giả (2000), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
3. Nguyễn Thanh Quang (2008), *Nghiên cứu công nghệ chế tạo cụm cầu sau xe tải nhẹ*, Đề tài NCKHCN cấp Bộ Công Thương.
4. HBM (2010), *Spider8 Manual Instruction*, HBM PC Measurement Electronics.
5. Richland (2005), *Metric Mechanic's Differentials*, Metric Mechanic IncTM 505 East Main M0 65556, Stuttgart
6. Nguyễn Ngọc Quế (2007), *Ô tô máy kéo và xe chuyên dụng*, ĐHNH Hà Nội.
7. ТОКОСЪЕМНИК РТУТНО (1984), *АМАЛЪГАМИРОВАННЫЙ ОНЦЕВОЙ ТРАК*, Паспорт 13056.100.000 ПС.