

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐỒNG TỐC TRÊN HỘP SỐ CƠ KHÍ RESEARCH ON THE INFLUENCE OF SOME PARAMETERS ON THE SYNCHRONIC PROCESS ON MECHANICAL GEARBOXES

NGUYỄN NGỌC TÂM¹, NGUYỄN QUANG MINH²,
NGUYỄN HOÀNG HIỆP³, NGUYỄN THÁI VÂN^{4*}

¹Trường Cao đẳng nghề An Giang,

²Trường Cao đẳng nghề Vĩnh Long,

^{3,4}Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

Email*: vannt@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 26/9/2022; Phản biện (Reviewed): 27/10/2022; Chấp nhận (Accepted): 25/11/2022

TÓM TẮT:

Ngày nay ô tô ngày càng được sử dụng rộng rãi trong thực tế đời sống. Một trong những bộ phận không thể thiếu của ô tô và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng khai thác là hộp số. Tuổi thọ hộp số và chất lượng khai thác phụ thuộc rất nhiều vào quá trình chuyển số, do vậy những nguyên nhân như phương tiện khó gài số, tỉ số truyền thay đổi không phù hợp khiến người lái xe không làm chủ được tốc độ... dễ dẫn đến hư hỏng xe cộ, gây thiệt hại tài sản và ảnh hưởng đến an toàn giao thông. Do vậy cần nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chuyển số nhằm cải tiến phương pháp điều khiển hộp số cơ khí trong quá trình chuyển số chính xác phục vụ khai thác ô tô hiệu quả là nhu cầu cấp thiết. Trong nghiên cứu này, trình bày kết quả khảo sát các thông số ảnh hưởng đến quá trình đồng tốc bằng phương pháp xây dựng mô hình mô phỏng sự ảnh hưởng của vận tốc góc, hệ số ma sát bề mặt, góc côn của bề mặt ma sát bằng phần mềm Autodesk Inventor. Kết quả mô phỏng thu được cho thấy khi tăng góc nghiêng của các mặt côn, tăng hệ số ma sát và giảm sự chênh lệch vận tốc góc thì thời gian đồng tốc tăng lên.

Từ khóa: bộ đồng tốc, góc côn, hệ số ma sát, thời gian đồng tốc

ABSTRACT

Today, cars are more and more widely used in real life. One of the indispensable parts of the car that directly affects the quality of use is the gearbox. Gearbox life and quality of use depend a lot on the gear shifting process, so reasons such as vehicles that are difficult to shift gears, inappropriate transmission ratios that make drivers unable to control the speed, easily lead to vehicle damage, property damage and affect traffic safety. Therefore, it is necessary to study the factors affecting the gear shifting process in order to find a solution to improve the control method of the mechanical gearbox in the precise gear shifting process for efficient automobile exploitation. Determining the factors affecting the time of synchronicity during gear shifting greatly affects the smoothness, the phenomenon of shock during gearing, the speed of shifting is faster and increases the efficiency of use.

In this study, the calculation results are presented to determine the parameters affecting the synchronic process and build a simulation model of the influence of angular velocity; coefficient of surface friction; cone angle of the friction surface using Autodesk Inventor software. The obtained simulation results show that when increasing the inclination angle of the cones, increasing the coefficient of friction and reducing the difference in angular velocity, the synchronic time increases.

Keywords: Synchronizer, cone angle, coefficient of friction, synchronic time.

1. Giới thiệu

Trong tiến trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, ngành công nghiệp ô tô Việt Nam trở thành ngành công nghiệp quan trọng, là một trong những ngành đang có bước phát triển mạnh và số lượng xe tiêu thụ hàng năm đang tăng mạnh. Nhằm đáp ứng nhu cầu tăng tỉ lệ nội địa hóa trong sản xuất các loại xe đảm bảo lợi thế cạnh tranh, tham gia xuất khẩu, tạo động lực thúc đẩy sự phát triển của các ngành công nghiệp khác và tiến tới trở thành nhà cung cấp linh kiện, phụ tùng trong chuỗi sản xuất công nghiệp ô tô thế giới.

Một trong những bộ phận quan trọng có thể nội địa hóa và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sử dụng là hộp số. Tuổi thọ hộp số và chất lượng khai thác phụ thuộc rất nhiều vào sự chọn lựa tỷ số truyền hợp lý, do vậy những nguyên nhân như phương tiện khó gài số, thời điểm chuyển số không hợp lý, tỉ số truyền thay đổi không phù hợp với điều kiện mặt đường, độ dốc làm người lái xe không làm chủ được tốc độ, dẫn đến hư hỏng xe cộ, gây thiệt hại tài sản và ảnh hưởng đến an toàn giao thông[1],[2].

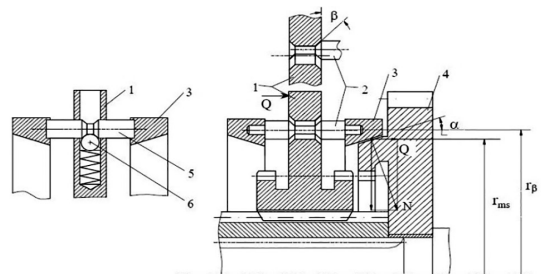
Xuất phát từ vấn đề trên nghiên cứu này phân tích các sự ảnh hưởng của vận tốc góc, góc côn và hệ số ma sát của cặp bề mặt côn trong bộ đồng tốc đến quá trình đồng tốc. Việc phân tích được tiến hành nhằm đánh giá tác động của bộ đồng tốc đến thời gian đồng tốc nhằm xác định thời điểm chuyển số chính xác, giúp thời gian chuyển số nhanh và êm dịu hơn.

2. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

2.1. Phân tích kết cấu bộ đồng tốc quán tính

Bộ đồng tốc trên hình 1 có các bề mặt ma sát là vành côn 3 và mặt côn trên bánh răng 4. Khoá hãm được tạo bởi các mặt côn trên các chốt hãm 4 kết hợp với các mặt côn trong các lỗ ở trên đĩa của khớp trượt 1. Các chốt 2 được nối cứng với vành ma sát 4. Liên kết đàn hồi giữa khớp trượt 1 với các vòng ma sát 3 được thực hiện thông qua chốt 5 nhờ có lò xo và viên bi 6. Các chốt 5 giúp cho khớp trượt 1 định vị chính xác ở vị trí trung gian. Trong bộ đồng tốc hình 1, các phần tử ma sát được thực hiện dưới dạng các mặt côn trên khớp trượt 1 và vành hãm 3. Bộ phận khoá hãm gồm có vành răng trong của khớp trượt 1 và phần đầu của vành răng trên bánh răng 3. Liên kết đàn hồi giữa bánh răng 4 và vành hãm 3 được thực hiện nhờ các lò xo.

Các phần tử liên kết đàn hồi có nhiệm vụ định vị các chi tiết của hệ thống ở vị trí trung gian, đồng thời chúng không cản trở hoạt động của bộ đồng tốc và việc gài số.



Hình 1. Kết cấu bộ đồng tốc quán tính với các bề mặt ma sát hình côn [5]

2.2. Các thông số cần thiết của bộ đồng tốc phục vụ cho mô hình

Khi các bề mặt ma sát tiến lại gần nhau, các mặt côn tiếp xúc với nhau và bộ phận khoá hãm chống lại sự dịch chuyển tiếp theo của khớp trượt làm đồng đều tốc độ giữa bánh răng cần gài số và khớp trượt; bộ phận khoá hãm mở và khớp trượt dịch chuyển hết hành trình vào số.

Nếu gọi R_{ms} là bán kính trung bình của vành côn ma sát bộ đồng tốc, thì mômen ma sát được tạo ra do lực ép Q tác dụng lên đôi bề mặt ma sát của đồng tốc có quan hệ với M_{ms} được xác định theo [5],[6] như sau

Mômen ma sát yêu cầu của bộ đồng tốc được xác định theo [5]:

$$M_{ms} = \frac{Q \cdot \mu \cdot R_{ms}}{\sin \alpha} \text{ [N.m]} \quad (1)$$

Từ đó xác định bán kính vòng ma sát của bộ đồng tốc:

$$\Rightarrow R_{ms} = \frac{M_{ms} \cdot \sin \alpha}{Q \cdot \mu} \text{ [m]} \quad (2)$$

Trong đó:

Q - Lực ép tác dụng theo chiều trục lên đôi bề mặt ma sát, [N]

$$Q = P_{dk} \cdot i_{dk} \cdot \eta_{dk}$$

Với: P_{dk} - Lực danh nghĩa tác dụng lên cần điều khiển, [N]

i_{dk} - Tỷ số truyền đòn điều khiển, trong tính toán có thể lấy:

η_{dk} - Hiệu suất của cơ cấu điều khiển, có thể chọn:

μ - Hệ số ma sát giữa đôi bề mặt côn ma sát.

α - Góc côn của đôi bề mặt ma sát.

Chiều rộng bề mặt vành côn ma sát b_{ms} [m] có thể xác định [6]:

$$b_{ms} \geq \frac{P_{dk} \cdot i_{dk} \cdot \eta_{dk}}{2 \cdot \pi \cdot p_N \cdot R_{ms} \cdot \sin \alpha} \text{ [mm]} \quad (3)$$

Trong đó:

p_N : Áp suất pháp tuyến hình thành ở bề mặt đôi ma sát, [MN/m²];

2.3. Xây dựng mô hình mô phỏng quá trình ăn khớp của vành đồng bộ bằng mô đun Mô phỏng động của phần mềm Autodesk Inventor

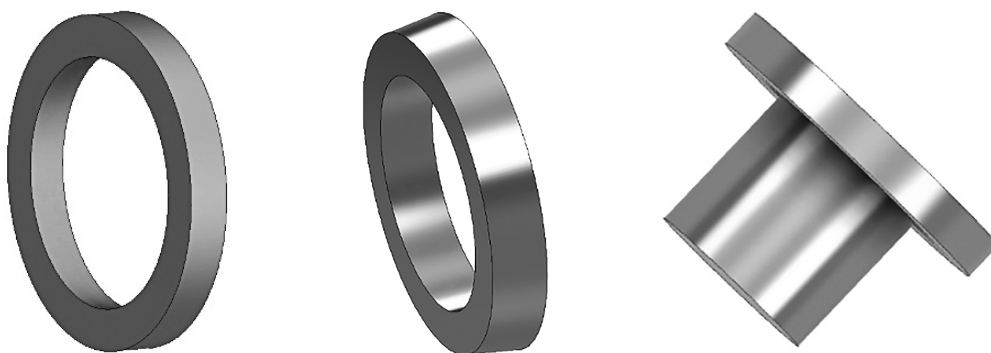
Module Dynamic Simulation là một module rất nổi tiếng của phần mềm. Module này cho phép biết được trường ứng suất và biến dạng trong chi tiết dưới tác dụng của các loại tải trọng khác nhau. Đồng thời, module này cũng giúp phân tích, tính toán cho các quá trình động học của hệ nhiều chi tiết chuyển động tương đối với nhau

Quá trình đồng tốc diễn ra khi bánh răng đồng tốc di chuyển và đồng bộ vận tốc với bánh răng chủ động của hộp số. Quá trình gồm sự trượt và cố định có ma sát giữa bề mặt côn của bánh răng đồng tốc và bánh răng chủ động. Bánh răng đồng tốc từ vị trí cân bằng sẽ di chuyển đồng trục với bánh răng chủ động. Trong quá trình di chuyển các mặt côn của hai bánh răng này sẽ tiếp xúc với nhau, tạo ra lực ma sát. Lực ma sát này có độ lớn ngày càng tăng, tạo thành một mô men giúp thắng được mô men quán tính của bánh răng đồng tốc và làm cho chi tiết này quay. Tốc độ quay của bánh răng đồng tốc sẽ tăng dần tới khi có tốc độ quay tương đối bằng với bánh răng chủ động. Khi đó, quá trình đồng tốc kết thúc.

Bài toán đặt ra cho phần mềm là mô phỏng lại quá trình đồng tốc khi hai mặt côn của 2 bánh răng tiếp xúc với nhau, với một bánh răng chủ động đang có vận tốc quay giả định và bánh răng đồng tốc đứng yên.

Mô hình hoá các chi tiết sẽ dùng cho quá trình mô phỏng, sau đó sử dụng môi

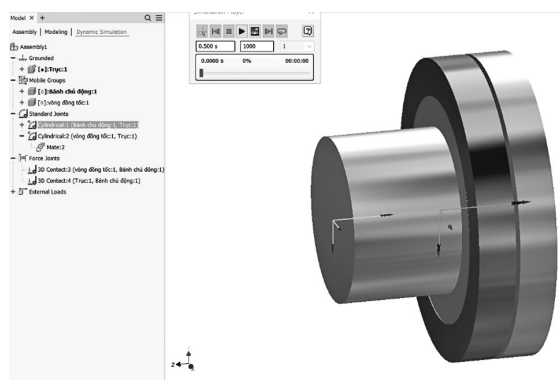
trường Dynamic Simulation và thiết lập các khớp cho hệ như hình 2:



Hình 2. Mô hình hoá kết cấu các chi tiết trong bộ đồng tốc quán tính với các bề mặt ma sát hình côn

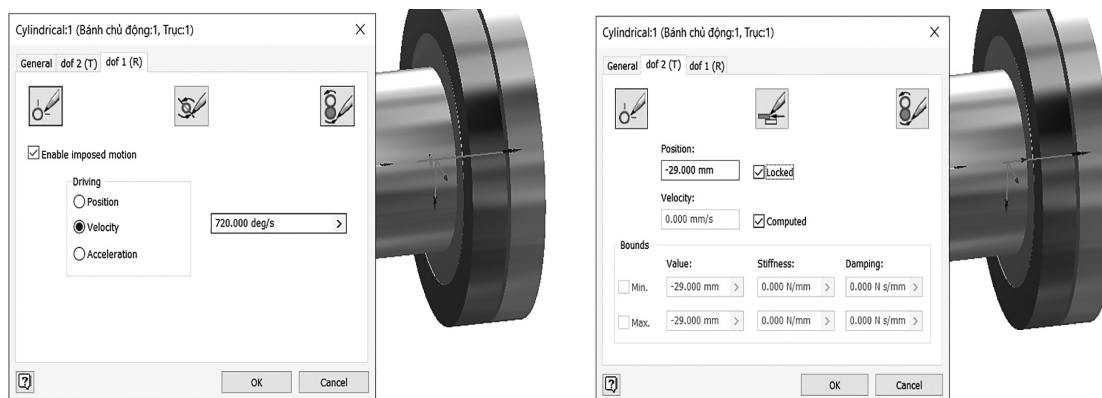
Tạo các ràng buộc khớp trụ cho chi tiết mặt côn của bánh răng chủ động và mặt côn của bánh răng đồng tốc, vì các chi tiết

này khi mô phỏng sẽ đồng trục với nhau, và có chuyển động đi xuống tiếp xúc với nhau như hình 3.



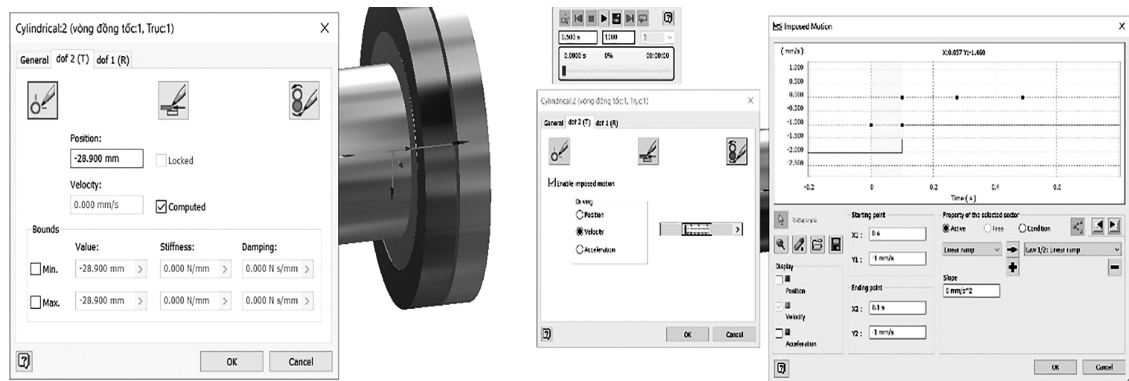
Hình 3. Tạo các ràng buộc động lực học cho hệ

Với bánh chủ động, thiết lập các thông số đầu vào cho ràng buộc khớp trụ như hình 4



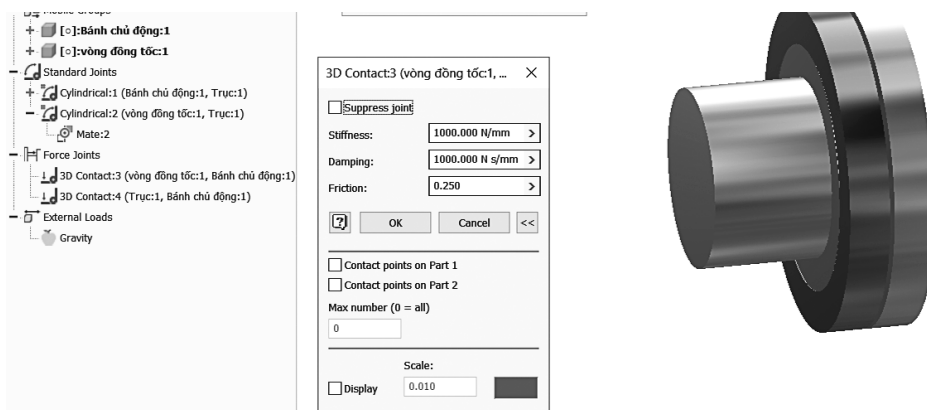
Hình 4. Thông số ràng buộc khớp trụ cho bánh chủ động

Với bánh đồng tốc, thiết lập các đầu vào cho ràng buộc khớp trụ như hình 5:



Hình 5. Thông số ràng buộc khớp trục cho bánh đồng tốc

Tạo các ràng buộc va chạm (3D contact) như hình 6 cho các chi tiết mặt côn của bánh răng chủ động và mặt côn va chạm với nhau.



Hình 6. Các hệ số của ràng buộc tiếp xúc của các chi tiết

Các giả định của bài toán:

+ Các mặt côn xem như tuyệt đối cứng, không xảy ra hiện tượng mòn bề mặt.

+ Xem tương tác giữa trục và bánh chủ động không đáng kể

+ Xem ma sát giữa các bề mặt là ma sát đã loại bỏ màng dầu bôi trơn.

+ Không xét sự ảnh hưởng của cơ tính vật liệu.

Các điều kiện biên của bài toán:

+ Khảo sát với 3 mức tốc độ góc khác nhau của phần chủ động: 2000rpm (tương

đương 209.44°/s); 3000rpm (314.66°/s) và 4000rpm (418.88°/s)

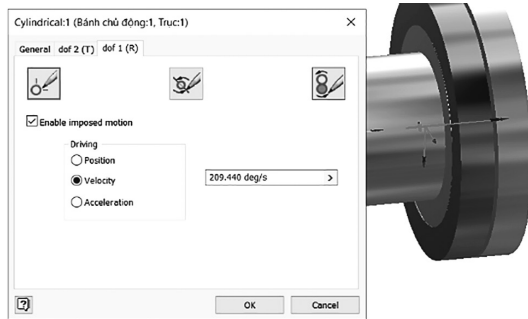
+ Khảo sát với 3 mức góc côn khác nhau: 6°, 7°, 8°

+ Khảo sát với 3 kết quả hệ số ma sát của vật liệu: 0.11, 0.15 và 0.19

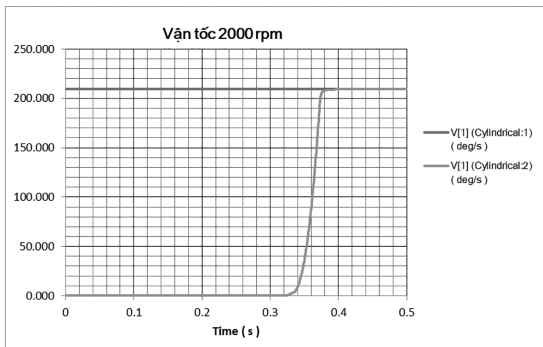
3. Kết quả

3.1. Phân tích quá trình đồng tốc với 3 giá trị vận tốc góc khác nhau (giữa bánh răng chủ động cylindrical:1 và bánh răng bị động Cylindrical:2)

- **Trường hợp 1:** Tốc độ góc của bánh răng chủ động là 2000rpm (209.44°/s)



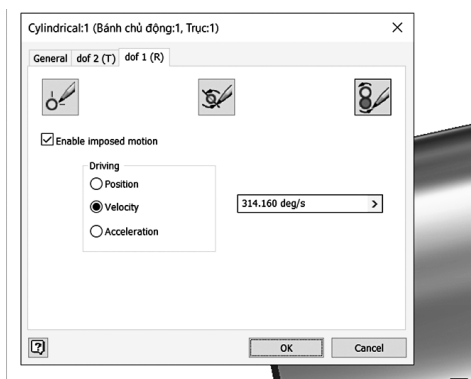
Hình 7. Khảo sát tốc độ góc của bánh chủ động là 2000rpm (209.44⁰/s)



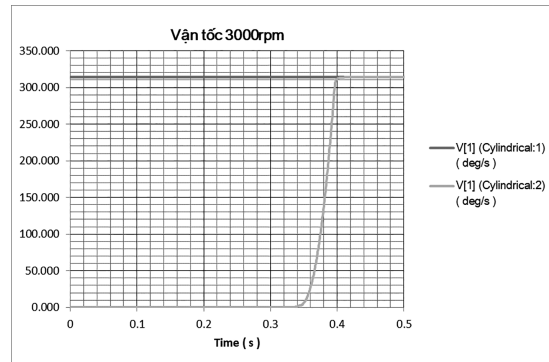
Hình 8. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp tốc độ góc của bánh răng chủ động là 2000rpm (209.44⁰/s)

Nhận xét: Trong trường hợp vận tốc góc của bánh chủ động là 2000rpm (209.44⁰/s); thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc diễn ra ở giây 0.3175s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.3930s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc 0.0755s.

- Trường hợp 2: Tốc độ góc của bánh răng chủ động là 3000rpm (314.66⁰/s)



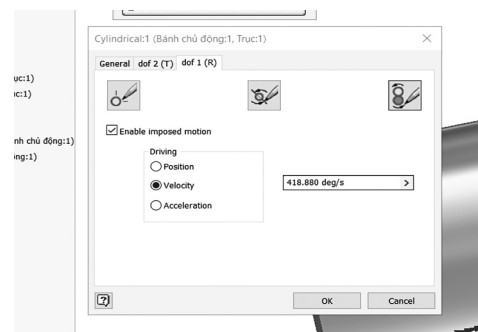
Hình 9. Khảo sát tốc độ góc của bánh chủ động là 3000rpm (314.66⁰/s)



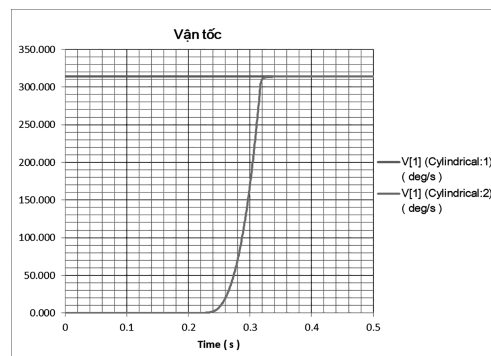
Hình 10. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp tốc độ góc của bánh răng chủ động là 3000rpm (314.66⁰/s)

Nhận xét: Trong trường hợp vận tốc góc của bánh chủ động là 3000rpm (314.66⁰/s), thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.3280s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4545s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.1265s.

- Trường hợp 3: Tốc độ góc của bánh răng chủ động là 4000rpm (418.88⁰/s)



Hình 11. Khảo sát tốc độ góc của bánh chủ động là 4000rpm (418.88⁰/s)



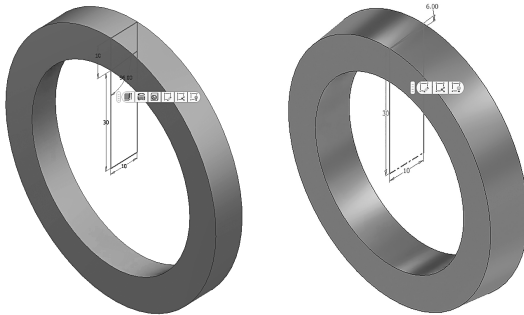
Hình 12. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp tốc độ góc của bánh chủ động là 4000rpm (418.88⁰/s)

Nhận xét: Trong trường hợp vận tốc góc của bánh chủ động là 4000rpm $\approx$ 418.88°/s, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.3525s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4970s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.1445s.

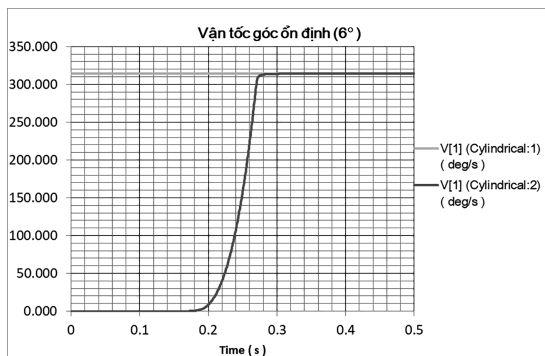
3.2. Phân tích quá trình đồng tốc với 3 thông số góc côn khác nhau: 6°, 7°, 8°

Việc thiết lập các thông số đầu vào cho 3 trường hợp này là như nhau, chỉ thay đổi thông số góc côn cho từng trường hợp khảo sát

- Trường hợp 1: góc côn 6°



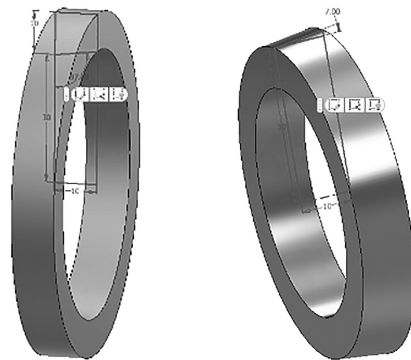
Hình 13. Khảo sát góc côn 6°



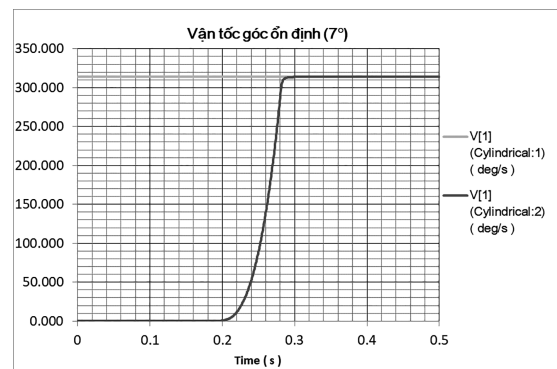
Hình 14. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp góc côn 6°

Nhận xét: Trong trường hợp góc côn là 6°, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.1645s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.3780s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.2135s.

- Trường hợp 2: góc côn 7°



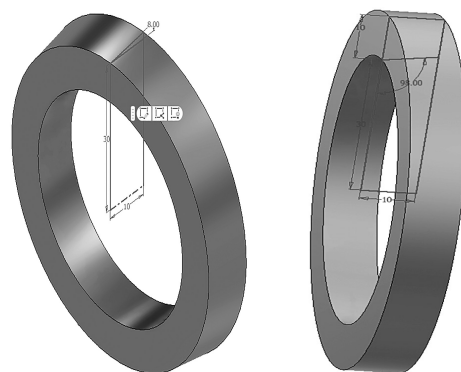
Hình 15. Khảo sát góc côn 7°



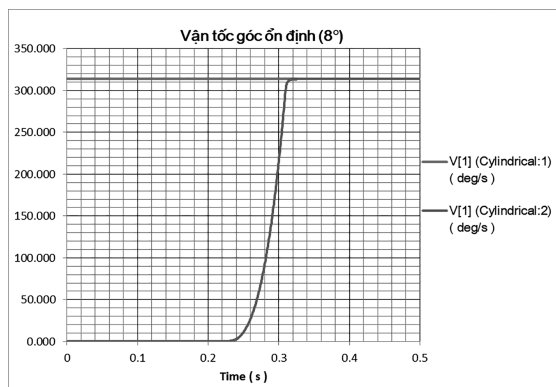
Hình 16. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp góc côn 7°

Nhận xét: Trong trường hợp góc côn là 7°, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.1850s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.3915s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.2065s.

- Trường hợp 3: góc côn 8°



Hình 17. Khảo sát góc côn 8°

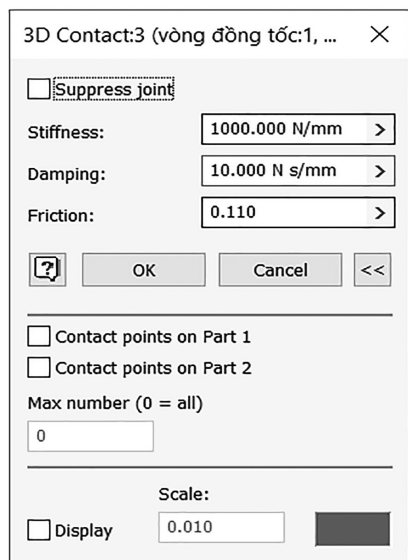


Hình 18. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp góc côn 8°

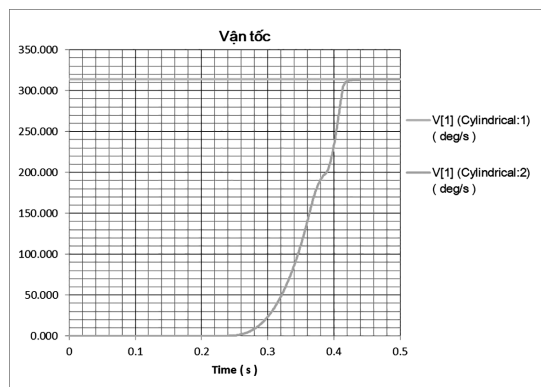
Nhận xét: Trong trường hợp góc côn là 8°, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.2175s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4180s. Thời gian đồng tốc là 0.2005s.

3.3. Phân tích quá trình đồng tốc với 3 giá trị hệ số ma sát khác nhau: 0.11, 0.15 và 0.19

- **Trường hợp 1:** với hệ số ma sát của vật liệu là 0.11



Hình 19. Khảo sát với hệ số ma sát của vật liệu là 0.11

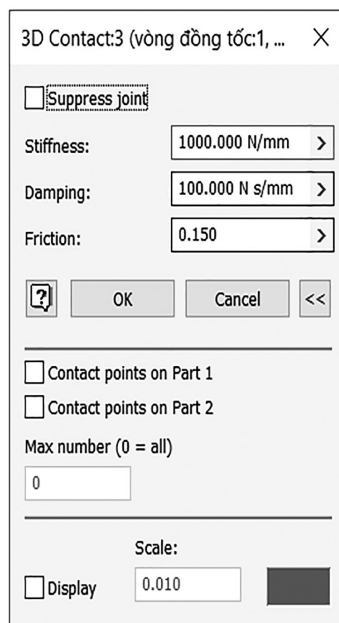


Hình 20. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp với hệ số ma sát của vật liệu là 0.11

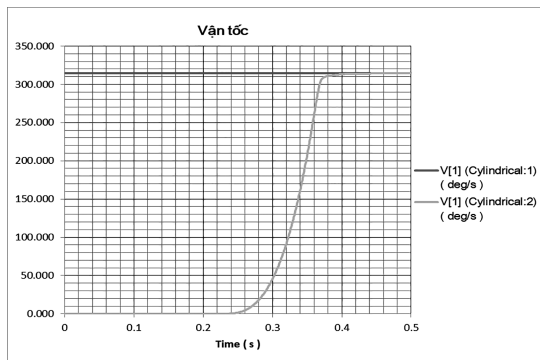
Nhận xét: Trong trường hợp hệ số ma sát là 0.11, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.2245s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4955s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.271s.

- **Trường hợp 2:** với hệ số ma sát của vật liệu là 0.15

Thông số thiết lập cho mô phỏng khảo sát như trường hợp 1, chỉ thay đổi hệ số ma sát vật liệu là 0.15



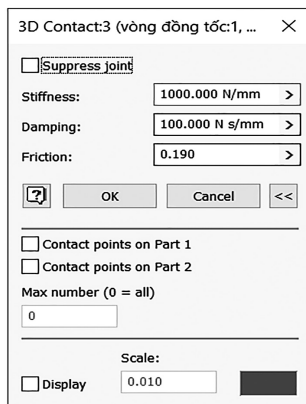
Hình 21. Khảo sát với hệ số ma sát của vật liệu là 0.15



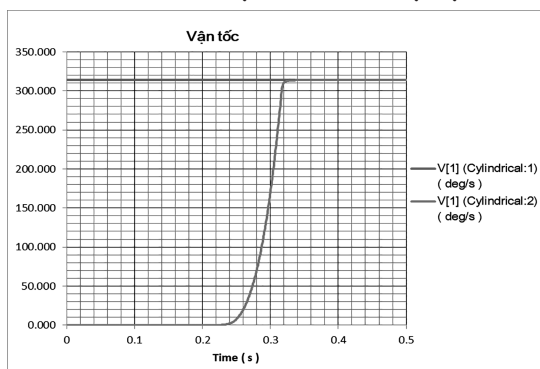
Hình 22. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp với hệ số ma sát của vật liệu là 0.15

Nhận xét: Trong trường hợp hệ số ma sát là 0.15, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.2220s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4540s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.2320s.

- Trường hợp 3: với hệ số ma sát của vật liệu là 0.19



Hình 23. Khảo sát với hệ số ma sát của vật liệu là 0.15



Hình 24. Khảo sát đồ thị quá trình ăn khớp với hệ số ma sát của vật liệu là 0.15

Nhận xét: Căn cứ hình 3.23, trong trường hợp hệ số ma sát là 0.51, thời gian bắt đầu quá trình đồng tốc là: 0.2180s; thời gian kết thúc quá trình đồng tốc là 0.4245s. Thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc là 0.2065s.

4. Thảo luận

Với trường hợp thay đổi tốc độ góc của bánh chủ động: Trường hợp này ta nhận thấy tốc độ góc bánh chủ động càng lớn thì thời gian để 2 phần tử đồng tốc càng dài.

Với trường hợp thay đổi góc côn ăn khớp: Trường hợp này ta nhận thấy góc côn càng lớn thì thời gian ăn khớp càng lâu. Góc côn lớn cũng cho thời gian để 2 phần tử hòa đồng tốc diễn ra ngắn hơn các góc côn bé hơn. Có nghĩa là thời điểm đồng tốc của 2 chi tiết diễn ra nhanh hơn

Với trường hợp thay đổi chế độ bôi trơn (thay đổi hệ số ma sát): Trường hợp này ta nhận thấy hệ số ma sát càng bé thì thời gian để gài khớp càng muộn. Hệ số ma sát càng lớn thì thời gian bắt đầu ăn khớp và thời gian đồng tốc ngắn hơn các hệ số ma sát có giá trị nhỏ.

Kết quả khảo sát cho thấy các thông số được chọn khảo sát ảnh hưởng rất lớn độ trượt bề mặt ma sát, có nghĩa là ảnh hưởng đến thời gian đồng tốc và độ nhạy khi chuyển số. Các thông số giữa tính toán có thời gian trượt lớn hơn so kết quả khảo sát mô phỏng bằng phần mềm kỹ thuật.

Kết quả nghiên cứu làm tiền đề nghiên cứu cải tiến tối ưu quá trình điều khiển chuyển số trong hộp số cơ khí được tối ưu, phục vụ cải tiến cơ cấu chuyển số bằng cơ sang chuyển số bằng điện để quá trình chuyển số tối ưu hơn, tiết kiệm nhiên liệu, tăng tuổi thọ hộp số

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Information on <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-cong-nghiep/vai-tro-cua-nganh-cong-nghiep-o-to-doi-voi-nen-kinh-te-quoc-.html>
- [2]. Information on <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-cong-nghiep/mot-so-kho-khan-va-thach-thuc-dat-ra-voi-qua-trinh-cong-nghiep-hoa-o-nuoc-ta-hien-nay.html>
- [3]. Dương Hữu Dũng, *Khảo sát và tính toán động lực học bộ đồng tốc trong hộp số cơ khí của ô tô*, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2013.
- [4]. Li J, Feng X, Jiang M, Zhang Y, Wan L. Modelling and simulation of synchronization and engagement for self-energizing synchronizer with multibody dynamics. *Advances in Mechanical Engineering*. 2017;9(3). doi:[10.1177/1687814017691410](https://doi.org/10.1177/1687814017691410)
- [5]. Razzacki, S., “*Synchronizer Design: A Mathematical and Dimensional Treatise*,” SAE Technical Paper 2004-01-1230, 2004, <https://doi.org/10.4271/2004-01-1230>.
- [6]. Giancarlo Genta, Lorenzo Morello, *The Automotive Chassis, Volume 1: Components Design*, Springer, 2009