



Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Một số kết cấu và giải pháp trong hệ thống truyền động ô tô

Đinh Ngọc Ân

Trường Đại học Phenikaa

Người chịu trách nhiệm bài viết: Đinh Ngọc Ân (email: an.dinhngoc@phenikaa.com)

Ngày nhận bài: 20/10/2023

Ngày phân biện: 10/11/2023

Ngày duyệt đăng: 30/11/2023

Title: Some structures and solutions in automotive powertrain

Keywords: automotive, powertrain, solution, structure

Từ khóa: giải pháp, hệ thống truyền động, kết cấu, ô tô

ABSTRACT

The paper discusses the future direction of automotive technology and specifically focuses on the design and solutions for the powertrain, with the goal of enhancing the car's performance and dynamics.

TÓM TẮT

Bài báo trình bày định hướng tổng quan của công nghệ ô tô trong các năm tới và tập trung vào các kết cấu, giải pháp đối với hệ thống truyền lực ô tô nhằm cải thiện tính năng động lực học của ô tô.

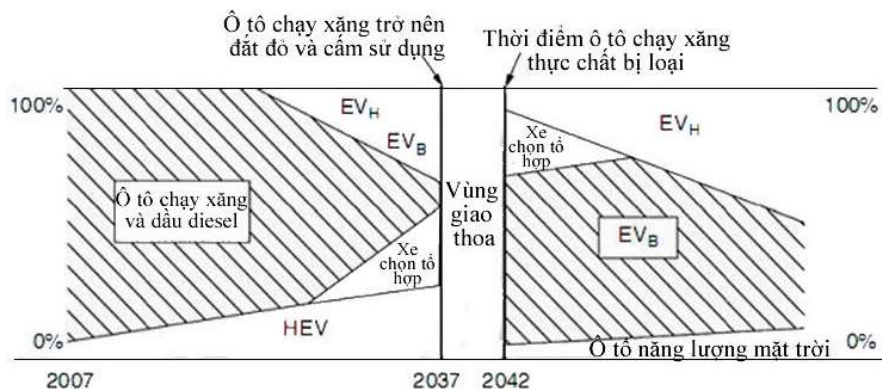
1. GIỚI THIỆU

1.1 Tổng quát

Theo định hướng tổng quát, trong tác phẩm “Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation” của mình xuất bản năm 2009, tác giả Allen Fuhs đã đưa ra dự báo về hướng phát triển của ô tô tương lai, lấy thời điểm từ năm 2007 (Hình 1). Trong đó, từ khoảng trước năm 2007 số lượng ô tô chỉ sử dụng động cơ xăng và diesel sẽ giảm dần và phát triển ô tô hybrid (tăng dần đến thời hạn 2037). Giai đoạn vào khoảng năm 2027 đến 2037 các ô tô điện, ô tô sử dụng pin nhiên liệu và ô tô chọn tổ hợp cấu trúc theo yêu cầu (Kit cars) sẽ tăng và chiếm

chỗ của các ô tô thuần động cơ xăng và động cơ diesel. Giai đoạn từ 2037 đến 2042 là giai đoạn giao thoa hỗn hợp của các loại ô tô. Từ sau năm 2042 sẽ không còn ô tô sử dụng động cơ xăng và diesel. Giai đoạn này sẽ phát triển chủ yếu các ô tô điện dùng nguồn ắc quy/pin. Ô tô sử dụng pin nhiên liệu sẽ phát triển mạnh, đồng thời ô tô năng lượng mặt trời cũng phát triển.

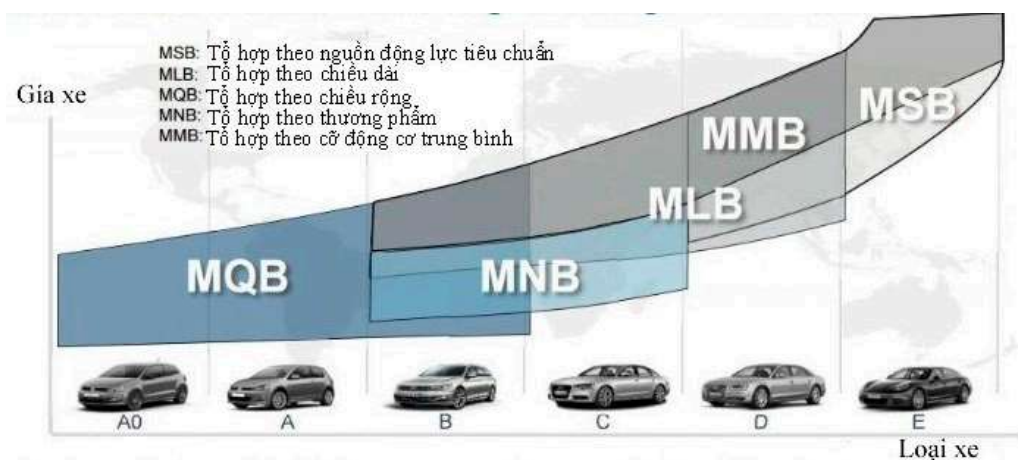
Đối với nhóm xe chọn tổ hợp cấu trúc theo yêu cầu là loại xe phi tiêu chuẩn đại trà của nhà sản xuất mà khách hàng có thể chọn cho mình một kiểu xe từ việc chọn các cấu trúc riêng rẽ dạng mô đun và tổ hợp lại một cách hợp lý, đảm bảo các tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn.



Hình 1. Dự báo định hướng phát triển của ô tô

Theo hãng Volkswagen, giá thành và các kiểu tổ hợp của kiểu xe này được dự báo như trên Hình 2, Trong đó, tổ hợp MQB áp dụng cho các xe phân khúc AD, A và B; tổ hợp MNB áp dụng cho các xe phân khúc B, C; tổ hợp MLB

áp dụng cho các xe phân khúc B, C, D; tổ hợp MSB áp dụng cho các xe phân khúc D, E; tổ hợp MMB có thể áp dụng cho các xe phân khúc B, C, D, E. Tuy nhiên giá thành của kiểu ô tô tổ hợp cấu trúc sẽ tăng từ tổ hợp MQB đến MMB.



Hình 2. Một số định hướng ô tô tổ hợp cấu trúc theo yêu cầu (Kit cars) theo Volkswagen

Dự báo trên của tác giả Allen Fuhs được đưa ra năm 2007 [1], tuy nhiên, nếu theo dõi phát triển của công nghiệp ô tô những năm gần đây có thể thấy mốc thời gian 2037 có thể rút ngắn hơn khoảng 5- 7 năm. Một trong những định hướng phát triển chung của ô tô đó là làm cho ô tô thông minh hơn, thân thiện với người dùng hơn, tốc độ cao hơn và an toàn, tiện nghi hơn. Trong đó phải kể đến các hệ thống điều khiển thích nghi và thông minh như: ETS, TCS, ESP,

ESS, GPS, APAI, mạng truyền thông trên ô tô, hệ thống nhận dạng biển báo và tự động điều khiển tốc độ xe theo giới hạn của biển báo, hệ thống cảnh báo và duy trì khoảng cách an toàn, hệ thống đèn thông minh, hệ thống hỗ trợ đỗ xe trong không gian giới hạn,...

1.2 Một số định hướng riêng phần

1.2.1 Điều khiển và kết nối thông minh

Một số hãng ô tô đã đưa ra các định hướng như trên Hình 3.



Hình 3. Một số định hướng điều khiển

1. Dynamic Stability Control- Điều khiển ổn định động học; 2. Advance Trac- Điều khiển lực kéo tiền tiến; 3. Vehicle Dynamic Control- Điều khiển động lực học ô tô; 4. Active Handling System- Hệ thống bám đường tích cực; 5. Precision Control System- Hệ thống điều khiển chính xác; 6. Stabilitrak- Ổn định lực kéo; 7. Stability Management System- Hệ thống quản lý ổn định; 8. Vehicle Skid Control- Điều khiển trượt ô tô; 9. Electronic Stability Program- Chương trình ổn định bằng điện tử.

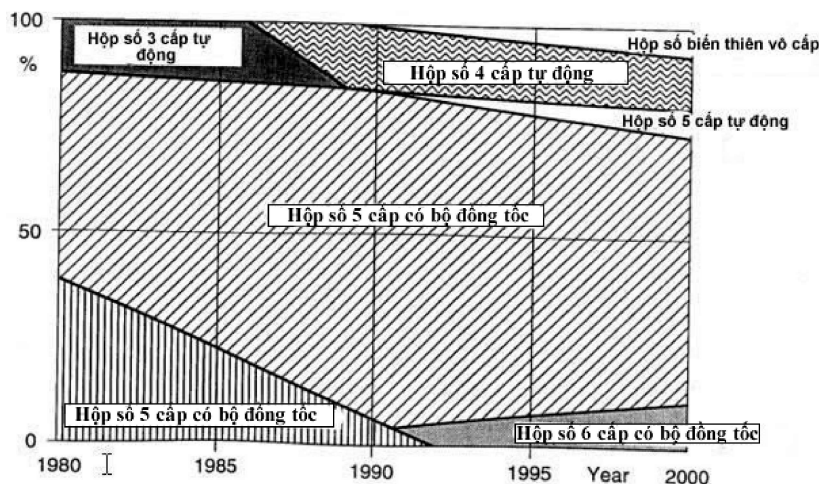
Qua đó có thể nhận thấy: mặc dù được gọi bằng các tên khác nhau, nhưng vấn đề điều khiển và ổn định động lực học của ô tô rất quan trọng và đều được các hãng ô tô quan tâm trong định hướng phát triển.

1.2.2 Xu hướng phát triển hệ thống truyền động (HTTĐ):

Trong quá trình phát triển của ngành công nghiệp ô tô thế giới, các nhà thiết kế chế tạo ô tô luôn bám sát nhu cầu của thị trường. Trên Hình 4, 5 có thể thấy nhu cầu của thị trường châu Âu, trong đó, giai đoạn trước năm 2000

nhu cầu về hộp số thường 5 số loại dùng đồng tốc rất cao, do thói quen của nhiều lái xe muốn tự mình điều khiển quá trình vận hành xe theo ý thích riêng.

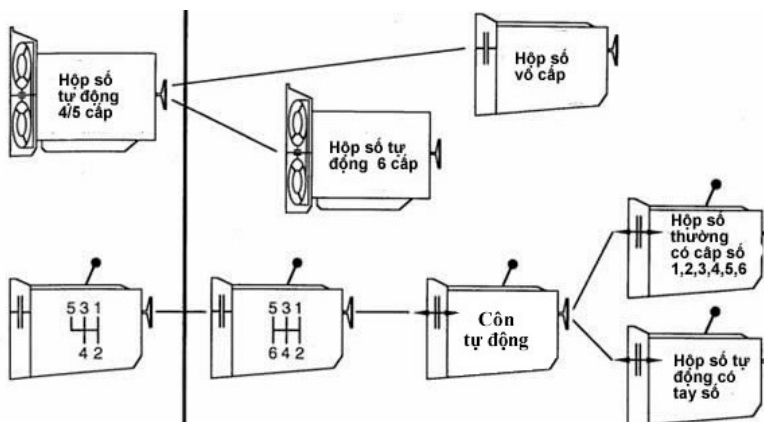
Hộp số thường 6 số loại dùng đồng tốc thường được áp dụng cho ô tô thể thao và ô tô dùng động cơ diesel công suất cao. Tuy nhiên đến giai đoạn hiện nay hộp số thường phát triển theo hướng tăng cấp số (tới 16 số) với hai dãy tự động hóa và sử dụng côn (ly hợp) tự động, truyền lực bán tự động.



Hình 4. Xu hướng phát triển HTTĐ và nhu cầu của thị trường châu Âu đến năm 2000

Nhu cầu về số tự động (4 - 5 số) và hộp số vô cấp từ những năm 1900 đến 2000 tăng và đến nay lại càng cao hơn. Hộp số tự động điện tử

phát triển theo hai hướng: tăng số cấp số (6- 10 cấp số) và số tự động vô cấp.



Hình 5. Xu hướng phát triển HTTD

Một trong những xu hướng hệ thống truyền động rất được quan tâm nghiên cứu và phát triển là hệ thống truyền lực lai (hybrid) và truyền động điện.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu thực hiện theo phương pháp định tính qua tổng hợp thông tin từ các tài liệu có liên quan.

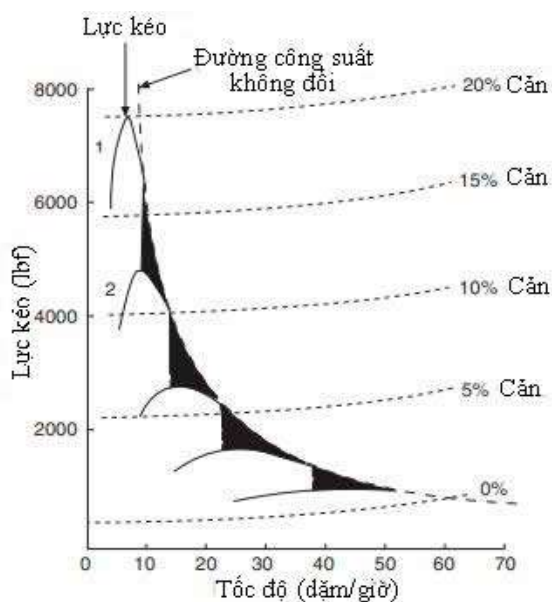
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Giải pháp trong hệ thống truyền động

3.1.1 Giải pháp cho nhóm truyền động thường (MT)

Như trong các lý thuyết về động lực học ô tô đã nêu, mặc dù đã thực hiện quá trình chuyển số tối ưu nhất của một lái xe dày kinh nghiệm thì vẫn tồn thất động năng của ô tô trong quá trình chuyển số (vùng màu đen trên đồ thị nhân tố động lực học Hình 6).

Như vậy, nếu tăng các cấp số truyền thì sẽ giảm được tổn thất động năng trong quá trình chuyển động của ô tô.

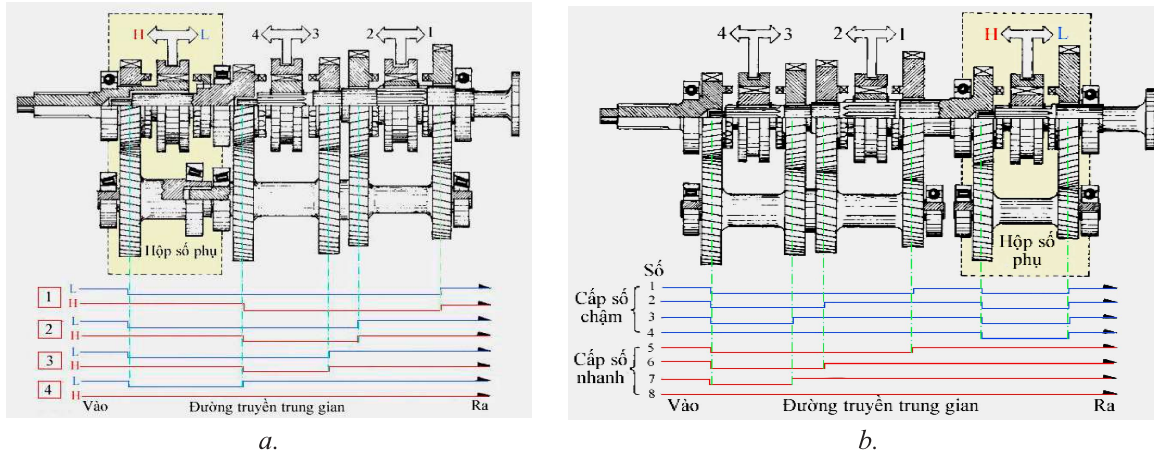


Hình 6. Đồ thị nhân tố động lực học và tổn thất động năng

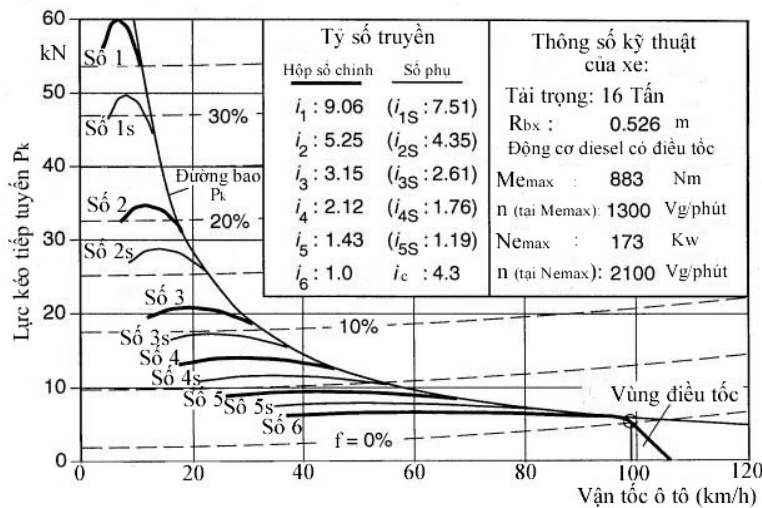
Theo nguyên tắc này, một số hãng ô tô đã áp dụng các hộp số MT nhiều cấp số, đặc biệt đối với các ô tô tải nặng; còn các ô tô khách cỡ nhỏ, trung bình hoặc các kiểu tương tự lại áp dụng kiểu hộp số bán tự động côn kép.

3.1.2 Hộp số MT nhiều cấp số

Trong giải pháp hộp số nhiều cấp số, hộp số phụ không tách riêng mà được tích hợp ngay vào hộp số chính và có thể được bố trí trước (Hình 7a) hoặc sau (Hình 7b) của dãy số truyền của hộp số chính.



Hình 7. Cấu trúc và đường truyền của hộp số nhiều cấp với hộp số phụ



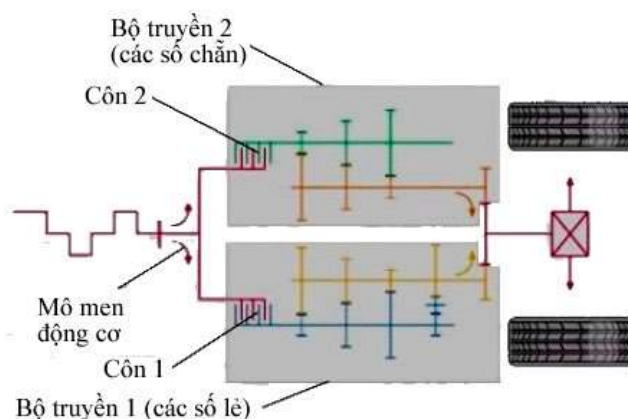
Hình 8. Lực kéo của ô tô với hộp số nhiều cấp số (ví dụ cho xe tải 16 tấn)

Nhờ tăng cấp số truyền đến 11 cấp số mà đường bao P_k trên đồ thị đặc tính kéo của ô tô tải 16 tấn (Hình 8) trở nên “mượt mà” hơn và đương nhiên, tổn thất động năng trong quá trình chuyển số cũng giảm.

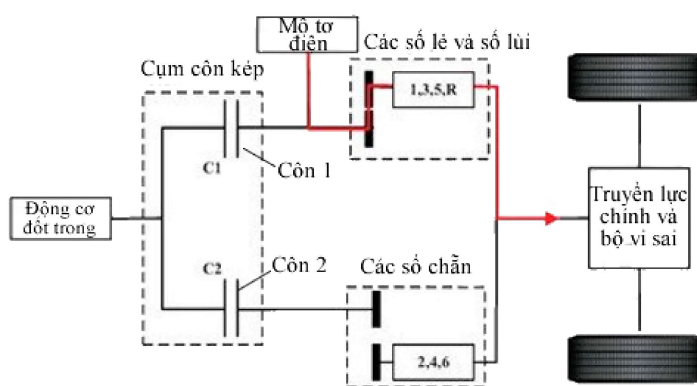
3.1.3 Hộp số bán tự động côn kép

Hộp số bán tự động côn kép DCT (Dual Clutch Transmission) được hãng Volkswagen

thiết kế chế tạo, có sơ đồ động học như trên Hình 9. Đặc điểm của hộp số này là có 2 trục sơ cấp được kết nối với 2 đĩa bị động của một côn kép, trong đó một trục sơ cấp là trục chủ động của các bánh răng số lẻ (1, 3, 5), một trục sơ cấp là trục chủ động của các bánh răng số chẵn (2, 4, 6, số lùi).



a. Sơ đồ động học của hộp số con kép 5 số



b. Sơ đồ của hộp số con kép hybrid

Hình 9. Sơ đồ truyền động côn kép DCT

Trên cả hai trục sơ cấp và trục thứ cấp đều có các bộ đồng tốc (4 bộ đồng tốc) và được điều khiển chuyển số tự động nhờ các cơ cấu điện thủy lực. Điều khiển chuyển số ở hộp số này thực hiện bán tự động, thông qua các công tắc ở cụm tay số, ECU và hệ thống thủy lực. Bắt đầu từ số 1 ở vị trí khởi hành, hệ thống điều khiển xác nhận vị trí tay số và điều khiển các cơ cấu chấp hành thủy lực điều khiển trực gài số và côn số 1 để thực hiện đi số 1. Từ sau đó, khi tăng số, người lái xe chỉ việc đẩy tay số về các vị trí số +, hệ thống điều khiển sẽ tự động điều khiển các trục gài số và côn tương ứng để đi số đó. Khi muốn giảm số, người lái xe sẽ đẩy tay số về vị trí số -, hệ thống điều khiển sẽ tự động điều khiển các trục gài số và côn tương ứng để giảm số tương ứng.

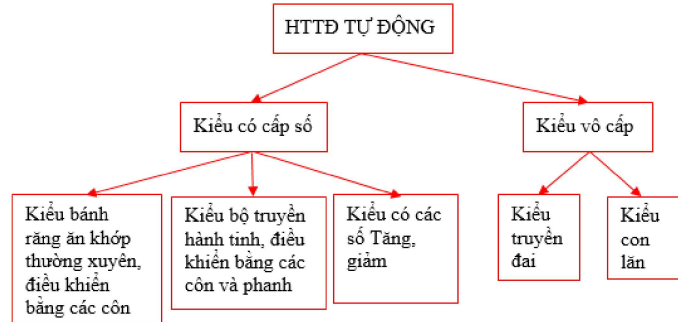
HTTĐ này còn được gọi là “HTTĐ chọn trước số truyền”, tức là, ví dụ khi tay số đang ở vị trí số 1 và xe đang chạy với tay số này thì bộ đồng tốc của tay số 2 được cài để chuẩn bị chuyển số 2, tiếp theo người lái chỉ việc chuyển cấp + thì côn 1 sẽ bị cắt và côn 2 sẽ đóng để dòng công suất truyền chạy số 2 và sau đó bộ đồng tốc số 3 được cài để chuẩn bị chạy số 3 v.v ...

Hệ TTĐ kiểu côn kép DCT ngoài việc được áp dụng trên các ô tô truyền thống với động cơ đốt trong, còn được ứng dụng trên các xe hybrid. Điểm khác biệt ở đây là nhóm các bánh răng số chẵn chỉ truyền dòng công suất từ động cơ thông qua côn C2, còn nhóm các bánh răng số lẻ nhận truyền dòng công suất từ động cơ qua côn C1 và công suất từ mô tơ điện (Hình 9b).

Quá trình chuyển số ở đây phải kết hợp điều khiển các côn và trục chuyển số đồng thời với điều khiển mô tơ điện.

3.2 Giải pháp cho nhóm truyền động tự động (AT) và truyền động hybrid

3.2.1 Nhóm truyền động tự động có cấp số



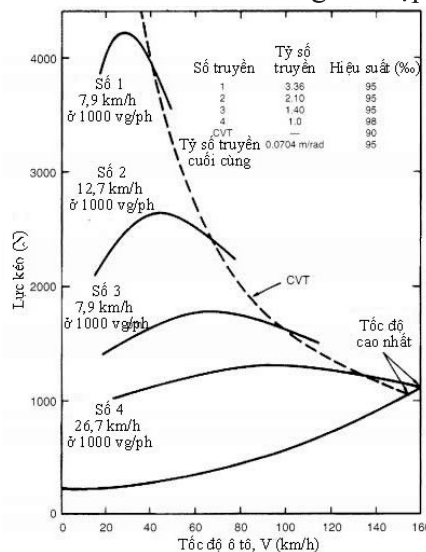
Hình 10. Phân loại hệ thống truyền động tự động

Như phân loại trên Hình 10, ở nhóm hộp số kiểu có cấp số vẫn tồn tại các bộ truyền bánh răng (kiểu cặp bánh răng ăn khớp sẵn hoặc kiểu bộ truyền hành tinh) và trong quá trình chuyển động của ô tô vẫn phải thực hiện chuyển cấp số. Tuy nhiên, nhờ tự động hóa quá trình chuyển số mà thao tác của người lái đơn giản hơn, không phải thực hiện quy trình: giảm ga- cắt côn- chuyển số- tăng ga và nhả côn, và như vậy cũng giảm tổn thất động năng trong quá trình chuyển số.

Và cũng theo xu hướng chung, các hộp số tự động có cấp số cũng tăng cấp số truyền từ 4 hoặc 5 số lên tới 10 cấp số.

3.2.2 Nhóm truyền động vô cấp

HTTĐ vô cấp đã được áp dụng cho ô tô, xe máy và đã cải thiện đáng kể tính năng động lực học của ô tô, xe máy. Vì vậy, có thể giải thích tại sao ngày càng có nhiều sản phẩm ô tô, xe máy với HTTĐ vô cấp được các nhà sản xuất đưa ra thị trường và được người tiêu dùng đón nhận. Mặc dù các hộp số tự động có cấp số được tăng cấp số và cải tiến nhiều, nhưng vẫn tồn tại một số nhược điểm như: số chi tiết khá nhiều, nhất là các bộ truyền bánh răng và các cấu trúc điều khiển chúng; các bộ côn/phanh ma sát có tuổi thọ không cao; cho phép sử dụng các cấp số như số thường MT,... nên chúng đang được thay thế bằng các hộp số vô cấp và hộp số hybrid.



Hình 11. So sánh lực kéo của hộp số MT 4 cấp số và hộp số vô cấp

Hộp số vô cấp kiểu truyền đai tụy có hiệu suất thấp hơn truyền bánh răng (Hình 11) nhưng có cấu tạo và điều khiển đơn giản hơn, tuổi thọ các cụm kết cấu cũng cao hơn hộp số tự động có cấp số, chi phí sử dụng thấp và có đặc tính động lực học “mượt mà” nên được các hãng ô tô đầu tư nghiên cứu và áp dụng cho các mẫu xe

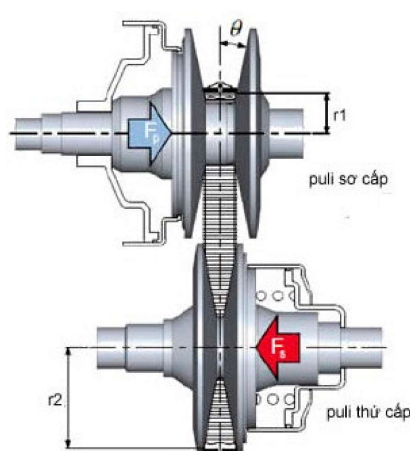
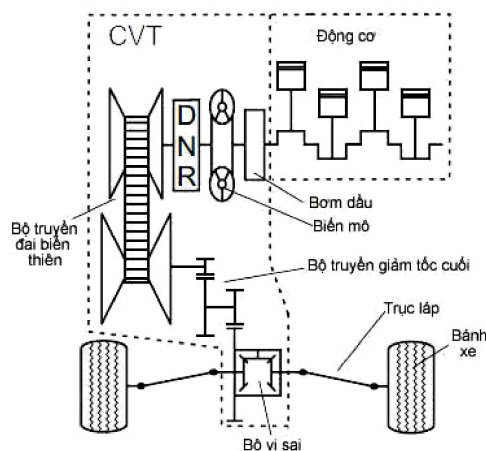
mới. Nhược điểm duy nhất của kiểu truyền động này là phát sinh tiếng ồn ở vùng tốc độ thấp. Về tính kinh tế nhiên liệu thì truyền động vô cấp, truyền động tự động có cấp số và truyền động MT có tỷ số truyền tương đương đều không khác nhau nhiều (Bảng 1).

Bảng 1. So sánh 3 kiểu truyền động có tỷ số truyền tương đương

Tốc độ ô tô (km/h)	Chỉ tiêu nhiên liệu (km/kg)		
	Số cao nhất	Số O/D	CVT
90	13,7	14,7	18,6
120	11,0	13,7	14,9
150	9,1	7,9	7,5
Độ dốc (%) có thể vượt ở tốc độ 120 km/h	6,0	4,2	6,9
Tốc độ cực đại (km/h)	160,0	150,0	154,0

Như đã trình bày trong phần phân loại, có 2 kiểu hộp số vô cấp được sử dụng trên ô tô, trong

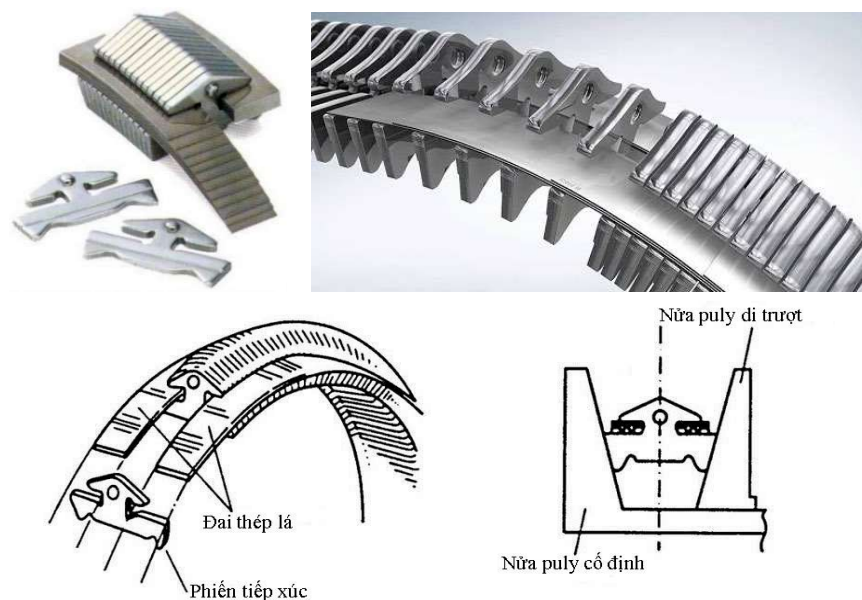
đó hộp số vô cấp kiểu truyền đai chiếm thị phần chủ yếu.



Hình 12. Cấu trúc cơ bản của hệ thống truyền động vô cấp kiểu đai biến thiên

Cấu trúc cơ bản của HTTĐ vô cấp kiểu đai biến thiên được mô tả trên Hình 13, trong đó dòng công suất (mô men và tốc độ quay) từ động cơ được truyền qua biến mô và thông qua chế độ điều khiển tay số dòng công suất được truyền đến bộ truyền đai biến thiên. Căn cứ vào mức đi ga và sức cản của đường, hệ thống điều

khiển sẽ điều khiển để tạo ra lực ép trên cụm puly sơ cấp và cụm puly thứ cấp để thay đổi kích thước R1, R2 của các puly và tạo ra tốc độ biến thiên ở đầu ra của puly thứ cấp. Từ đó, thông qua các bộ truyền giảm tốc và bộ vi sai truyền động tới các bánh xe.



Hình 13. Đai truyền trong cấu trúc hộp số vô cấp kiểu truyền đai

Để đảm bảo tuổi thọ, đai truyền được chế tạo bởi nhiều vòng lá thép mỏng, trên đó gắn các phiến tiếp xúc với bề mặt côn của đai truyền và các phiến tiếp xúc được sâu chuỗi với nhau (Hình 13). Cấu trúc như vậy cho phép đai dễ bị uốn cong động thời đảm bảo tổng diện tích ma sát của đai với pully.

Do mặt vát của các tấm tiếp xúc có góc tiếp xúc cố định, còn mặt vát của các pully khi thay đổi kích thước đường kính truyền có thể không trùng với góc vát của các phiến tiếp xúc nên có thể tạo ra khe hở tiếp xúc ở các pully. Điều này ít nhiều có ảnh hưởng đến chất lượng truyền lực và việc mài mòn các cấu trúc trong bộ truyền. Tuy nhiên các nghiên cứu và thử nghiệm cho thấy kết

quả và chất lượng sử dụng có thể chấp nhận được, trong khi chưa có các phát minh tốt hơn.

3.2.3 Nhóm truyền động hybrid

Truyền động hybrid được hiểu là một cấu trúc trong hệ thống truyền động, có thể là *hộp số*, có thể là *cụm cầu chủ động*, có thể là *truyền lực cuối cùng* ở moay ơ bánh xe mà trong đó có mô tơ- máy phát điện (hoặc các mô tơ- máy phát điện) được tích hợp với các cấu trúc cơ khí truyền dòng công suất từ các nguồn động lực khác (ví dụ động cơ đốt trong). Như vậy, dòng công suất được truyền tới các bánh xe ô tô có thể được điều tiết độc lập bằng đường truyền riêng từ động cơ đốt trong, hoặc từ mô tơ- máy phát điện, hoặc kết hợp cả hai.

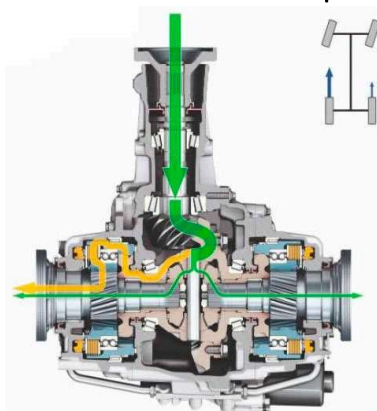


Hình 14. Hộp số hybrid với hai mô tơ máy phát điện kết hợp với các bộ truyền hành tinh

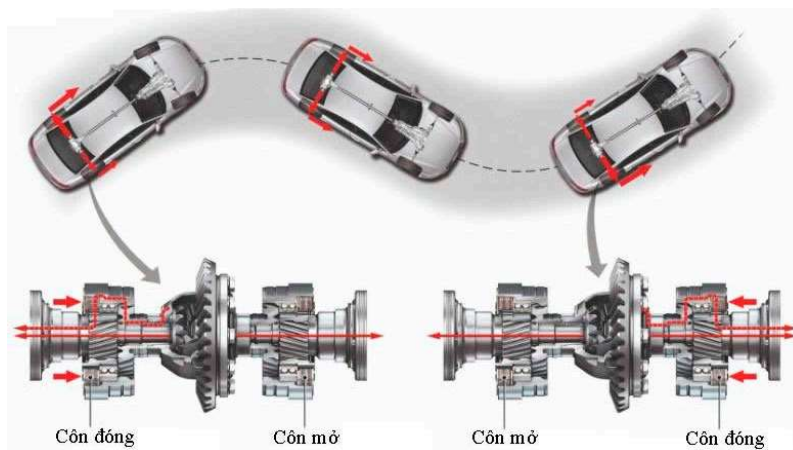
Từ hình ảnh hộp số hybrid trên Hình 14 có thể thấy: trong hộp số có thể có một hoặc hai mô tơ- máy phát điện, kết hợp với các cấu trúc số kiểu các bộ truyền bánh răng ăn khớp thường xuyên hoặc các bộ truyền hành tinh được điều khiển tự động bởi hệ thống điện thủy lực. Với kiểu hộp số hình 14, dòng công suất từ động cơ và các mô tơ- máy phát điện sẽ được tích hợp, điều phối bởi 2 bộ truyền hành tinh ở phía đầu ra của hộp số. Còn với kiểu hộp số hình 9b thì dòng công suất của động cơ và một mô tơ- máy phát điện sẽ được tích hợp và phân phối thông qua bộ côn kép và hai dây bánh răng số chẵn, số lẻ để truyền ra trực thứ cấp.

3.3 Giải pháp truyền động điều khiển phân bố mô men ở cầu chủ động

Một kết cấu mới trong HTTĐ đang được nhiều người quan tâm là cầu chủ động điều khiển điện tử. Loại cầu chủ động này có 2 bộ côn ma sát được điều khiển từ ECU để thực hiện việc phân bố mô men. Cấu trúc này (hình 15, 16) cho phép tham gia vào điều khiển quỹ đạo chuyển động của ô tô, hỗ trợ cho quá trình lái và ổn định chuyển động của ô tô. Mô men từ hộp số truyền tới cặp bánh răng truyền lực chính của cầu chủ động sẽ được phân bố ra hai bán trục tùy thuộc vào điều khiển của hai bộ côn ma sát trong cụm cầu. Bằng cách thông qua một cơ cấu chấp hành điện thủy lực (hình 16) một ECU điều khiển HTTĐ sẽ thực hiện cấp áp suất dầu điều khiển tới 2 bộ côn ở 2 phía bán trục và tạo ra chế độ phân phối dòng công suất tới 2 phía bán trục như trên Hình 15b.

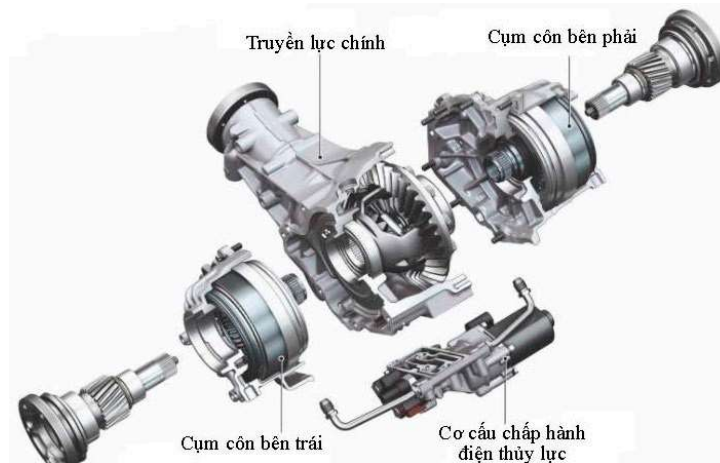


a. Cấu tạo cụm cầu điều khiển



b. Chế độ phân bố dòng công suất và trạng thái chuyển động của ô tô

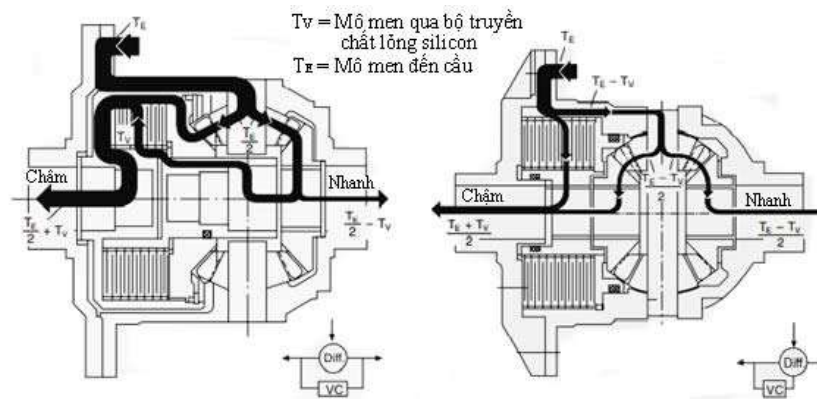
Hình 15. Điều khiển cầu chủ động (Audi A6)



Hình 16. Cầu chủ động điều khiển điện tử (Audi A6)

Một kiểu kết cấu khác, chỉ sử dụng một bộ côn kiểu chất lỏng silicon ở một vé của cụm cầu chủ

động (Hình 17) cũng có thể tạo ra chế độ điều khiển dòng công suất phân bố tới hai bán trục.



Hình 17. Cụm cầu có cơ cấu phân bố mô men kiểu khớp chất lỏng silicon

Một số kiểu cầu chủ động có thể được cấu trúc kiểu bộ truyền hành tinh kết hợp với điều

khiển bằng cơ cấu điện thủy lực để thực hiện chế độ phân phối dòng công suất (Hình 18).



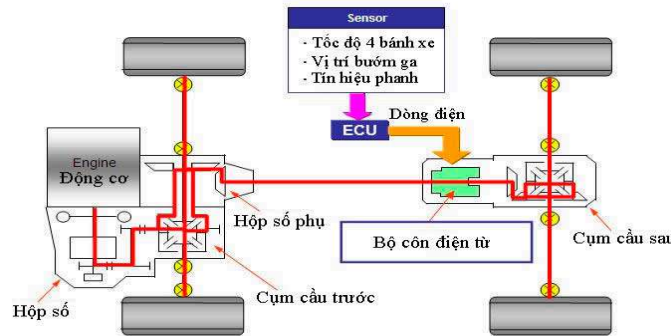
Hình 18. Cụm cầu kiểu hành tinh có cơ cấu phân bố mô men

Kiểu cấu trúc tương tự cũng được áp dụng cho một số hệ thống truyền động 4WD toàn thời gian điều khiển điện tử trên một số ô tô hiện nay

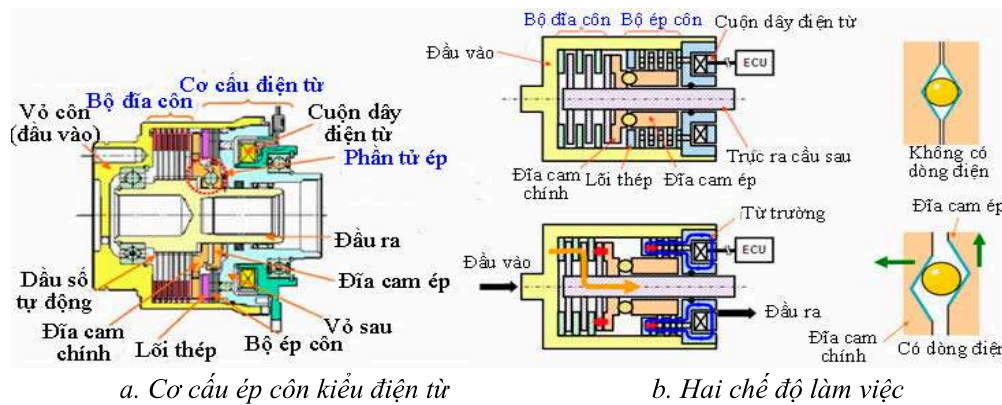
(Hình 19). HTTĐ hình 19 có một bộ côn ma sát nhiều đĩa kết nối truyền lực lắp trên đường truyền ra cầu sau. Để tạo ra lực ép côn (đóng

côn) bộ côn có kết cấu đặc biệt, tạo ra lực điện từ mạnh để xoay một cơ cấu dạng đĩa cam. Lực từ trường làm cho cam xoay một góc và các viên bi bị đẩy lên mặt trượt (hình 20a) và đẩy đĩa cam chính (main cam) di chuyển sang trái theo hình vẽ, ép bộ côn ma sát và kết nối truyền lực ra cầu

sau. Một ECU nhận tín hiệu của cảm biến tốc độ của 4 bánh xe, tín hiệu của cảm biến bướm ga và tín hiệu phanh để tính toán chế độ điều khiển, xuất tín hiệu dạng dòng điện để cấp cho cuộn dây ssienj từ trong cơ cấu khớp ma sát kiểu điện từ.



Hình 19. Sơ đồ hệ thống 4WD toàn thời gian kiểu khớp ma sát điện từ



Hình 20. Cơ cấu khớp ma sát điện từ và chế độ hoạt động

3. KẾT LUẬN

Từ các nội dung đã đề cập ở trên có thể nhận thấy: Xu hướng phát triển ô tô trong thời gian gần đây và dự báo trong 1-2 thập kỷ tới là ô tô điện và ô tô sử dụng các nguồn năng lượng mới. Về mặt động lực học của ô tô có xu hướng tạo ra

những thay đổi kết cấu và điều khiển hệ thống truyền động của ô tô, làm cho ô tô trở nên ổn định và an toàn hơn trong hành trình, hoạt động thông minh hơn và tiến tới tự vận hành (ô tô tự lái). Tất cả các hệ thống truyền động mới luôn được cải tiến và điều khiển bởi các hệ thống cơ điện tử.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Fuhs, A. (2017). Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation.
 [2] Carbone, G., Mangialardi, L., Bonsen, B., Tursi, C., & Veenhuizen, P. “CVT dynamics: Theory and experiments,” *Mechanism and Machine Theory*, vol. 42, no. 4, pp. 409 –428, 2007.

[3] Doi, T. “New compact, lightweight, lowfriction CVT with wide ratio coverage,” in *Proc. of the 6th Int. Conf. on ContinuouslyVariable and Hybrid Transmissions, Maastricht, Netherlands, 2010*.
 [4] Fijalkowski, B.T. *AutomotiveMechatronics: Operational and Practical*

- Issues, Volume I, Springer Science+Business Media B.V. 2011.
- [5] Garret, T.K., Newton, K., & Steeds, W. TheMotorVehicle, Thirteenth Edition, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [6] Lechner, G., & Naunheimer, H. Automative Transmissions-Fundamentals, Selection, Design and Application, Springer, 1999.
- [7] Reif, K. Fundamentals of Automotive and Engine Technology, Springer Fachmedien Wiesbaden 2014, ISBN 978-3-658-03971-4 ISBN 978-3-658-03972-1 (eBook), DOI 10.1007/978-3-658-03972-1.
- [8] Narita, K., & Priest, M. “Metal-metal friction characteristics and the transmission efficiency of a metal v-belt-type continuously variable transmission,” *Proc. IMechE, J. of Eng. Tribology*, vol. 221, pp. 11–26, 2007.
- [9] Heisler, H., et al. Advance Vehicle Technology, second edition, Butterworth-Heinemann 2002.
- [10] Toyota Motor Corporation. Technical Education for Automative Master /2003
- [11] Rajesh Rajamani, University of Minnesota, USA, Vehicle Dynamics and Control, Spring 2006.
- [12] Richard Stone and Jeffrey K. Ball, Automotive Engineering Fundamentals, *SAE International*, PA 15096-0001 USA.