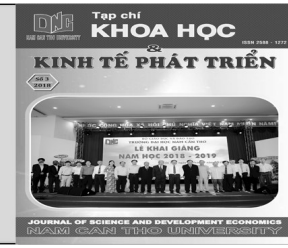


**Tap chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ**

Website: jsde.nctu.edu.vn



Mô hình hoá hệ truyền động và động lực học ô tô điện

Ngô Đắc Việt^{1,2*}

¹Trường Đại học Nam Cần Thơ

²Đối tác kinh doanh Việt Nam của dSPACE GmbH

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Ngô Đắc Việt (email: vietngodac@gmail.com)

Ngày nhận bài: 10/12/2023

Ngày phản biện: 5/1/2024

Ngày duyệt đăng: 5/2/2024

Title: Modeling electric vehicle powertrain and dynamics

Keywords: electric car, electronic controller unit, modeling, smart car

Từ khóa: bộ điều khiển điện tử, mô hình hóa, ô tô điện, ô tô thông minh

ABSTRACT

Electric cars and smart cars are major trends of future transportation, thus determining the direction of the auto industry. The control problems for these generations of cars are more diversified and complexed, leading to increasingly fast and comprehensive testing requirements for electronic controller units (ECUs). This paper discussed the requirements for the modeling and briefly presents few types of modeling the powertrain, and body dynamics of electric cars suitable for the experimental development of the such related automotive ECUs.

TÓM TẮT

Ô tô điện và ô tô thông minh đang là các xu hướng chính của phương tiện giao thông tương lai, do đó quyết định hướng đi của ngành công nghiệp ô tô. Các bài toán điều khiển cho các thế hệ ô tô này càng đa dạng và phức tạp, dẫn đến các yêu cầu thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử (ECU) ngày càng phải được thực hiện nhanh và toàn diện. Bài viết này thảo luận các yêu cầu cần có của việc mô hình hóa, và tóm lược trình bày một số mô hình hóa của hệ truyền động, và động lực học thân xe ô tô điện, phù hợp với việc phát triển thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử của ô tô.

1. GIỚI THIỆU

Ô tô hiện đại ngày nay thường có hơn hàng chục bộ điều khiển điện tử (ECU), xem [1], quản lý hầu hết các khía cạnh về chức năng, hành vi, hiệu suất vận hành và an toàn của xe.

Nó bao gồm từ hệ thống truyền động, hệ thống động lực học thân xe, và các bộ điều khiển hỗ trợ lái thông minh (ADAS), hay tự lái (AD). Cùng với xu thế tương lai của phương tiện giao thông là điện hóa (ô tô điện) thì cấu trúc hệ

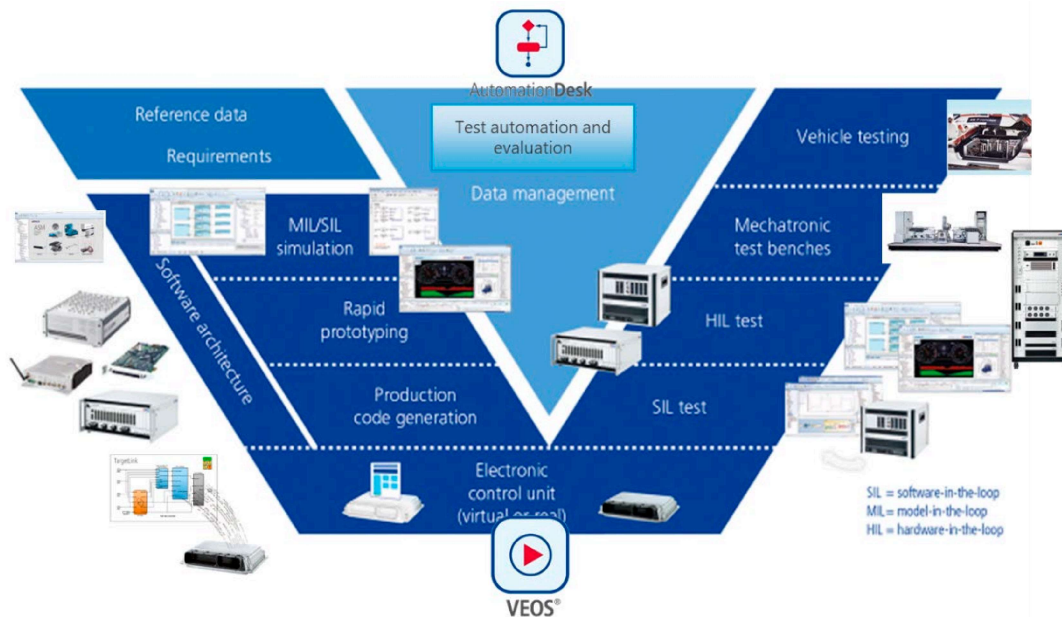
truyền động có một sự chuyển biến căn bản về nguồn cung cấp động lực thông qua hệ thống pin điện áp cao, và động cơ điện đặt ra các yêu cầu mới cho bài toán điều khiển và quản lý hệ thống động lực này để vận hành tối ưu và an toàn. Hơn thế nữa khi tích hợp các phát triển của các chức năng lái ADAS/AD sẽ đòi hỏi sự chuyển đổi trong kiến trúc của hệ thống điều khiển ô tô để có hiệu suất tính toán cao hơn, nhiều kết nối hơn, giúp tối ưu hóa năng lượng vận hành xe, tăng mức độ an toàn và bảo mật. Một ví dụ cho bài toán cần tối ưu hóa năng lượng sử dụng của ô tô điện, bên cạnh tính năng an toàn được cung cấp từ các chức năng lái ADAS/AD, xem [4],[5], được mô tả như sau.

- Mục tiêu là: (1) tối ưu hóa giảm đồ tốc độ của xe di chuyển nhằm giảm thiểu việc lái xe ở trạng thái chạy-dừng, và (2) tối ưu hóa năng lượng vận hành của hệ thống truyền động của xe ứng với giảm đồ tốc độ tối ưu có được trong (1). Với bài toán như vậy thì kiến trúc hệ thống điều khiển bao gồm bộ điều khiển động lực xe (vehicle dynamics controller - VDC), bộ điều khiển hệ thống truyền động (powertrain controller - PTC) và bộ điều khiển giám sát (vehicle control unit – VCU).

- Bộ điều khiển VCU giám sát bộ điều khiển VDC và PTC, và truyền đạt thông tin từ người lái xe, hay từ các cảm biến bên ngoài một cách

thích hợp. Bộ điều khiển VDC tối ưu hóa trực tuyến đặc tính tăng/giảm tốc và tốc độ của xe trong các tình huống có thể xảy ra xung đột với các phương tiện khác, ví dụ: đèn giao thông, biển báo dừng, bùng binh, v.v. để giảm trạng thái lái xe chạy- dừng. Trong khi đó bộ điều khiển PTC tính toán trạng thái hoạt động danh định tối ưu (điểm đặt) cho hệ thống pin và động cơ điện tương ứng với giải pháp tối ưu của bộ điều khiển VDC. Như vậy sự phức tạp đa chiều của vấn đề điều khiển có thể được quản lý bằng cách thiết lập nhiều cấp độ tính toán song song và tương tác phù hợp: (1) cấp độ giám sát dựa trên hạ tầng, điều kiện giao thông, (2) cấp độ của xe, ...

Như vậy, việc phát triển các bộ điều khiển của xe ngày càng được yêu cầu cao về mặt giải thuật, tính toán phức tạp, dẫn đến việc thử nghiệm ngày càng được yêu cầu khắc khe về quy trình để đảm các bộ điều khiển vận hành đạt yêu cầu về thiết kế và chức năng. Hình 1 mô tả một quy trình phát triển và thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử ECU và các cộng cụ đi kèm theo của công ty dSPACE GmbH (Đức), xem [1]. Quy trình này tuân theo ISO 26262, là một tiêu chuẩn quốc tế về an toàn chức năng của hệ thống điện và/hoặc điện tử được lắp đặt trên các phương tiện giao thông đường bộ sản xuất hàng loạt.



Hình 1. Quy trình phát triển và thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử ECU của dSPACE GmbH

Theo đó việc phát triển và thử nghiệm của các bộ điều khiển điện tử ECU trong ngành ô tô cần phải tuân thủ theo mô hình V-cycle, với các phương pháp MIL (Model-In-Loop), RCP (Rapid Control Prototype), SIL (Software-In-Loop), HIL (Hardware-In-Loop), ... Nổi bật trong các phương pháp của quy trình này là một yêu cầu cần phải có mô hình hóa của các đối tượng cần được điều khiển, nghĩa là mô hình hóa của hệ động lực và động lực học ô tô cần được xây dựng.

2. PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP

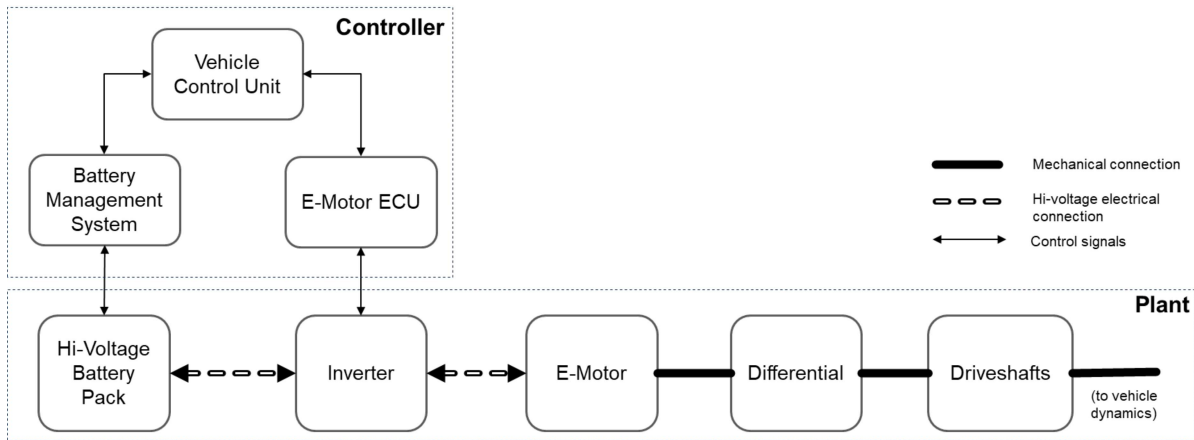
Bài viết này sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính, tập trung giới thiệu một vài kiểu mô hình hóa cho các thành phần chính của ô tô điện, và phân tích các yêu cầu kèm theo của các mô hình này nhằm đáp ứng được yêu cầu phát triển và thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử kèm theo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Mô hình hóa của hệ thống truyền động

Xét hệ truyền động ô tô điện bao gồm một số thành phần chính như sau, xem hình 2: một khối pin chứa năng lượng điện áp cao (Hi-voltage battery pack); một hệ truyền động điện, bao gồm động cơ điện và bộ biến tần (Inverter & E-motor); cụm vi sai (Differential) kết nối với trục dẫn động (Driveshafts). Không mất tính tổng quát cho bài toán điều khiển thì có thể chọn một cấu hình hệ truyền động được đặt ở cầu trước của xe.

Để các thành phần động lực (Plant) của hệ truyền động vận hành như yêu cầu thiết kế đáp ứng được chức năng đặt ra thì cần có một số bộ điều khiển điện tử (Controller) thực hiện chức năng điều khiển giám sát liên quan, trong trường hợp này có thể kể đến là: bộ điều khiển ô tô (Vehicle Control Unit – VCU), bộ điều khiển động cơ điện (E-motor ECU), bộ quản lý pin (Battery Management System - BMS).



Hình 2. Cấu trúc của hệ truyền động ô tô điện

Như vậy các thành phần động lực được điều khiển cần được mô hình hóa từ cấp độ hệ thống đến cấp độ các thành phần đáp ứng được mục đích của việc phát triển và thử nghiệm các bộ điều khiển tương ứng. Trong đây sẽ thảo luận hai trường hợp mang tính tham khảo: 1) ở cấp độ hệ thống (chức năng giám sát) là bộ điều khiển ô tô VCU, và 2) ở cấp độ thành phần là bộ điều khiển động cơ điện E-motor ECU.

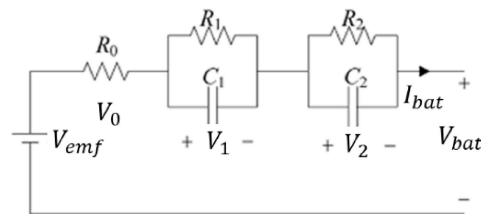
3.2 Bộ điều khiển ô tô (VCU)

Bộ điều khiển ô tô nhận tín hiệu từ người lái dưới dạng tín hiệu chân ga, và chân phanh, và qua đó điều khiển cụm truyền động điện để động cơ điện cung cấp một lực kéo, hay một phần lực phanh tái sinh nhất định cho ô tô. Đồng thời bộ

điều khiển ô tô cũng giám sát trực tiếp bộ quản lý pin, thông qua đó có thể giúp cho bộ pin hoạt động ở chế tối ưu trong việc cung cấp năng lượng hoặc thu hồi năng lượng, vận hành ở chế độ an toàn trong các ngưỡng cho phép, ... Do đó các thành phần động lực (Plant) có thể được mô hình hóa như sau, xem [2],[3],[5],[6].

3.2.1 Khối pin

Mô hình của khối pin được dùng để cung cấp các thông số trạng thái chính của pin: điện áp đầu ra V_{bat} (terminal voltage), trạng thái sạc SOC (state of charge), và nhiệt độ của khối pin T_{bat} . Các thông số này phụ thuộc vào dòng điện nạp và xả I_{bat} , và cũng tồn tại sự phụ thuộc ràng buộc đồng thời lẫn nhau.



Hình 3. Mô hình điện của khối pin

Hình 3 mô tả một mô hình mạch điện tương đương, ví dụ có thể tham khảo ở [7], để xác định điện áp đầu ra của khối pin, do đó ta có thể có:

$$V_{bat} = V_{emf} - V_0 - V_1 - V_2 \quad (1)$$

trong đó $V_{emf} = n_{cell}V_{cell}(SOC)$, với n_{cell} là số lượng viên pin, V_{cell} là điện áp định danh của viên pin.

Trạng thái sạc của pin được tính như sau:

$$SOC = SOC_0 + \frac{1}{C_{nom-SOH}} \int I_{bat} dt \quad (2)$$

trong đó C_{nom} là dung lượng định danh của khối pin, và SOH là trạng thái sức khỏe của khối pin.

Nhiệt độ của khối pin T_{bat} là một trạng thái rất quan trọng, quyết định đến khả năng nạp, xả của khối pin, tuổi thọ, điện áp đầu ra, trạng thái sạc [8, 9]. Và do đó tùy vào bài toán điều khiển giám sát thì cần phải có mô hình hóa nhiệt độ. Một mô hình nhiệt như vậy có thể được mô tả thông qua sự cân bằng của nhiệt sinh ra và nhiệt mất đi (tản nhiệt, làm mát) của khối pin.

$$T_{bat} = T_{bat,0} + \frac{1}{C_{th,m_{bat}}} \int P_{heat} dt \quad (3)$$

trong đó C_{th} là hệ số tản nhiệt của bộ pin, m_{bat} là khối lượng của bộ pin, P_{heat} là công suất cân bằng nhiệt cái mà phụ thuộc nhiệt sinh ra do đặc tính điện, phản ứng hóa học, và đối lưu nhiệt bề mặt bộ pin (tự nhiên và cưỡng bức).

3.2.2 Hệ truyền động điện

Hệ truyền động điện bao gồm biến tần và động cơ điện. Khi xét ở cấp độ thiết kế và phát triển bộ điều khiển VCU, thì hệ truyền động này thường được mô hình hóa đơn giản, không phụ thuộc vào đặc tính của các linh kiện điện tử công suất, cấu trúc mạch biến tần, cũng như kiểu loại của động cơ điện. Biến tần có thể được mô hình hóa đơn giản là một bộ chuyển đổi nguồn điện (điện một chiều sang điện xoay chiều) bởi một hệ số hiệu suất truyền công suất điện từ đầu vào sang đầu ra. Hệ số hiệu suất này có thể là hằng số, hoặc hàm số của dòng điện. Đối với động cơ điện, vì có sự chuyển đổi từ năng lượng điện sang năng lượng cơ, nên mô hình cần phải mô tả đặc tính động học điện-cơ cơ bản bởi phương trình vi phân bậc nhất phụ thuộc vào các tham số điện trở R_m , cảm kháng của cuộn dây L_m , từ thông tạo trong cuộn dây ϕ , hằng số điện áp K_v , hằng số momen K_T của động cơ điện.

$$v_m = R_m i_m + L_m \frac{di_m}{dt} + e_m \quad (4)$$

trong đó: $e_m = K_v \phi \omega_m$; $T_m = K_T \phi i_m$

3.2.3 Bộ dẫn động

Bộ dẫn động bao gồm bộ vi sai và trục dẫn động. Bộ vi sai có thể được mô hình hóa bởi một hệ số giảm tốc và hằng số hiệu suất. Trục dẫn động có thể được mô hình như là một trục linh hoạt có hệ số cứng xoắn k_{shaft} , và hệ số giảm chấn quay của trục d_{shaft} .

3.3 Bộ điều khiển động cơ điện (E-motor ECU)

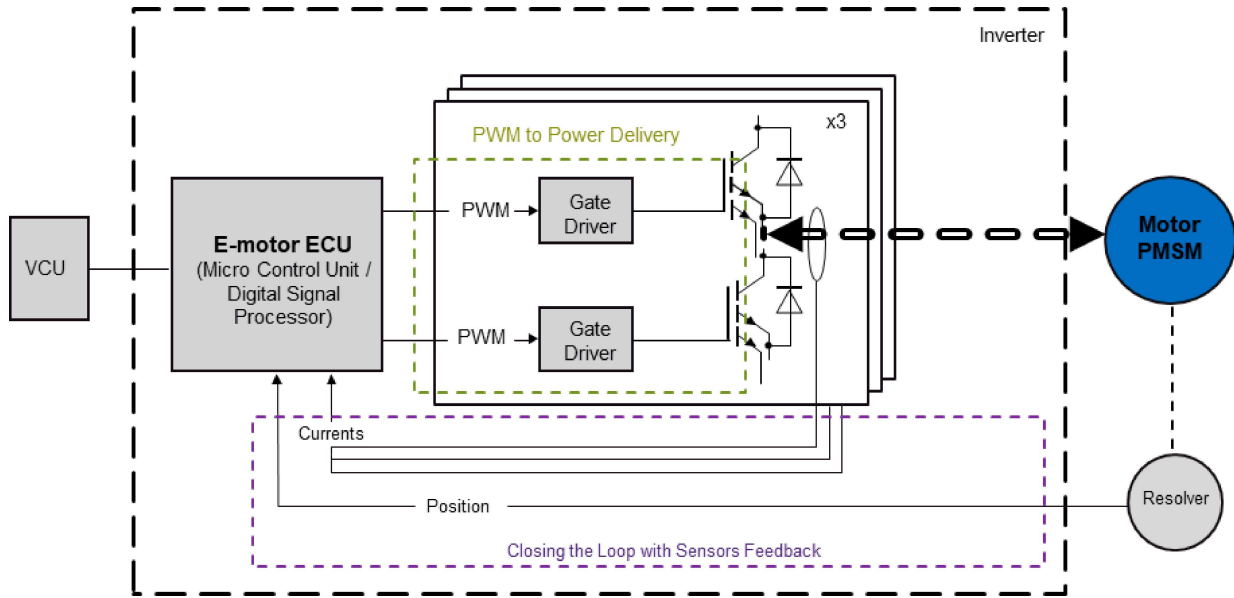
Bộ điều khiển động cơ điện được định hình là bộ điều khiển cấp thành phần khi so sánh với bộ điều khiển ô tô (VCU), cụ thể là bộ VCU điều khiển ra lệnh điểm đặt (setpoints) về vận tốc hoặc momen cho bộ điều khiển E-motor ECU, và thông quá đó nhiệm vụ của E-motor ECU là điều khiển bộ biến tần để động cơ điện đạt được các yêu cầu vận hành. Và đặc tính động học của hệ điều khiển động cơ điện thì nhanh hơn nhiều lần so với hệ điều khiển ô tô, do đó mô hình hóa của động cơ điện, cũng như bộ biến tần (tùy chọn) cần được xây dựng phù hợp mô tả đầy đủ đặc tính trạng thái của nó phục vụ cho bài toán điều khiển.

Hình 4 mô tả cấu trúc một hệ truyền động điện dùng cho ô tô điện, trong đó động cơ điện được chọn là kiểu đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM). Mô hình của động cơ PMSM được mô tả như sau, xét trong hệ tọa độ quay đồng bộ của rotor với hệ trục tọa độ dq .

$$v_q = R_s i_q + \frac{d}{dt} \lambda_q + \omega_r \lambda_d \quad (5)$$

$$v_d = R_s i_d + \frac{d}{dt} \lambda_d - \omega_r \lambda_q \quad (6)$$

trong đó: $\lambda_q = L_q i_q$; $\lambda_d = L_d i_d + \lambda_f$; i_d và i_q là dòng điện cuộn dây stator trên trục dq , v_d và v_q là điện áp cuộn dây stator trên trục dq , R_s là điện trở pha cuộn dây stator, L_d và L_q là cảm kháng pha, λ_q và λ_d là liên kết từ thông, ω_r là vận tốc góc điện của rotor.



Hình 4. Mô hình điều khiển của bộ E-motor ECU

Momen điện từ trường tạo ra bởi động cơ điện là:

$$T_e = \frac{3P}{2} [\lambda_f i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (7)$$

trong đó P là số cặp cực của động cơ điện.

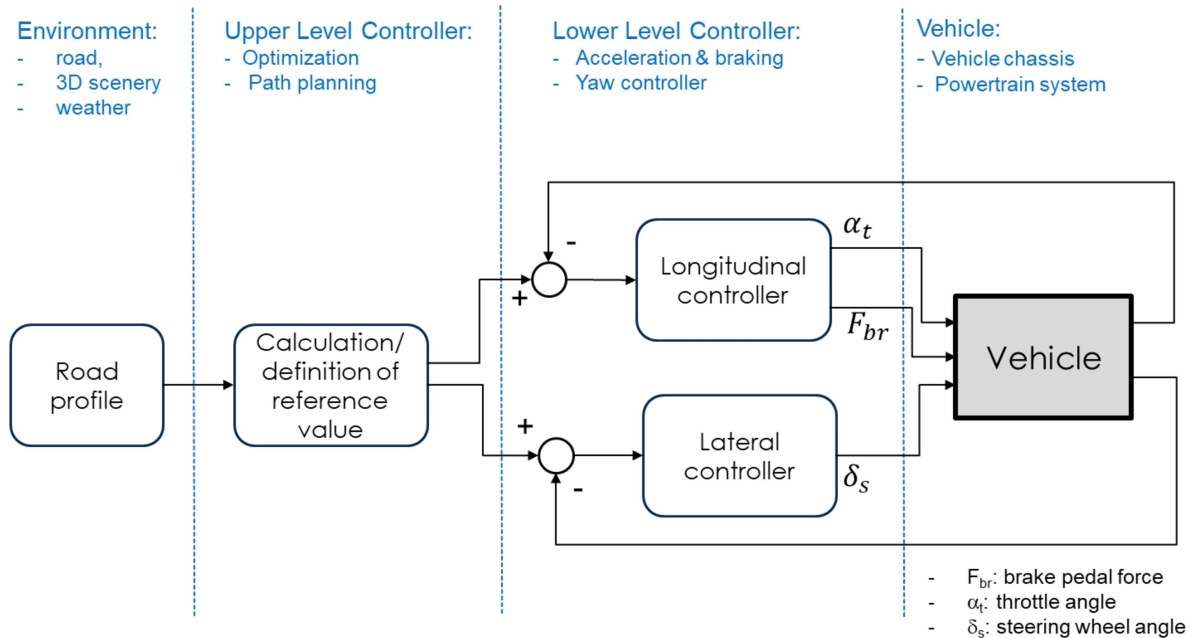
Thông tin vị trí của rotor (qua cảm biến vị trí rotor) cho ra vị trí của trục dq . Và do đó bài toán điều khiển cho động cơ điện là điều chỉnh điện áp v_d và v_q , hoặc dòng điện i_d và i_q thông qua đóng mở các khóa điện tử công suất của bộ biến tần với các góc tương ứng. Giải thuật của bộ điều khiển E-motor ECU có thể được thiết kế bằng phương pháp điều khiển vector với chế độ làm yếu từ trường, cái mà được phát triển dựa trên mô hình của động cơ PMSM vừa trình bày ở trên.

Bộ biến tần với cấu trúc bằng các thiết bị điện tử công suất, được điều khiển chuyên mạch

(đóng mở) tại tần số rất cao (đơn vị μs) thì có thể được tùy chọn mô phỏng bởi kỹ thuật FPGA (Field Programmable Gate Arrays) để tích hợp các đặc tính động khi chuyển mạch.

3.4 Mô hình của động lực học thân xe

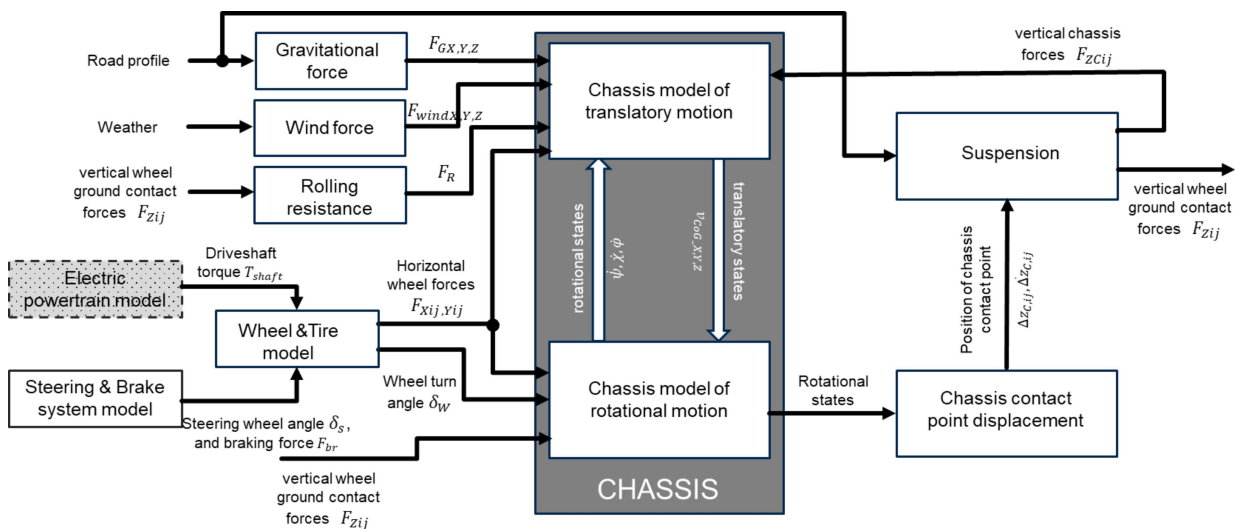
Xét một hệ thống điều khiển ô tô tổng quan như hình 5, mô tả khả năng điều khiển chuyển động theo các phương dọc và ngang, điều khiển ổn định thân xe, thì mô hình động lực học của thân xe và hệ truyền động xe cần phải được xây dựng đồng thời để thử nghiệm các giải thuật điều khiển. Đặc biệt đối với các bài toán điều khiển ô tô có tính năng thông minh (ADAS/AD), thì mô hình động lực học thân xe cần phải được mô phỏng đạt độ chính xác cần thiết để đảm bảo sai số dịch chuyển, vận tốc của xe trong phạm vi cho phép.



Hình 5. Hệ thống điều khiển tổng quan ô tô

Một vài yêu cầu thường được đặt ra cho việc mô hình hóa của động lực học thân xe bao gồm [4]: trước hết là phải giảm sự phức tạp của mô hình đến một mức độ vừa đủ phù hợp với bài toán điều khiển. Mô hình xây dựng phải có khả năng triển khai bằng các công cụ mô phỏng thông dụng (hoặc có thể trên máy tính cá nhân). Mô hình bao gồm các mô hình con và hệ thống con mà chúng

có khả năng tương tác qua lại lẫn nhau. Và cuối cùng tức là mô hình phải đảm bảo cung cấp sự tính toán trạng thái có độ chính xác vừa đủ, tức là phải bao gồm tất cả các đặc tính phi tuyến quan trọng, qua đó để có thể giảm thời gian thử nghiệm. Trong bài viết này, một hệ sơ đồ khối mô tả mô hình động lực học thân xe, có kết hợp với mô hình truyền động ô tô điện, được trình bày như Hình 6.



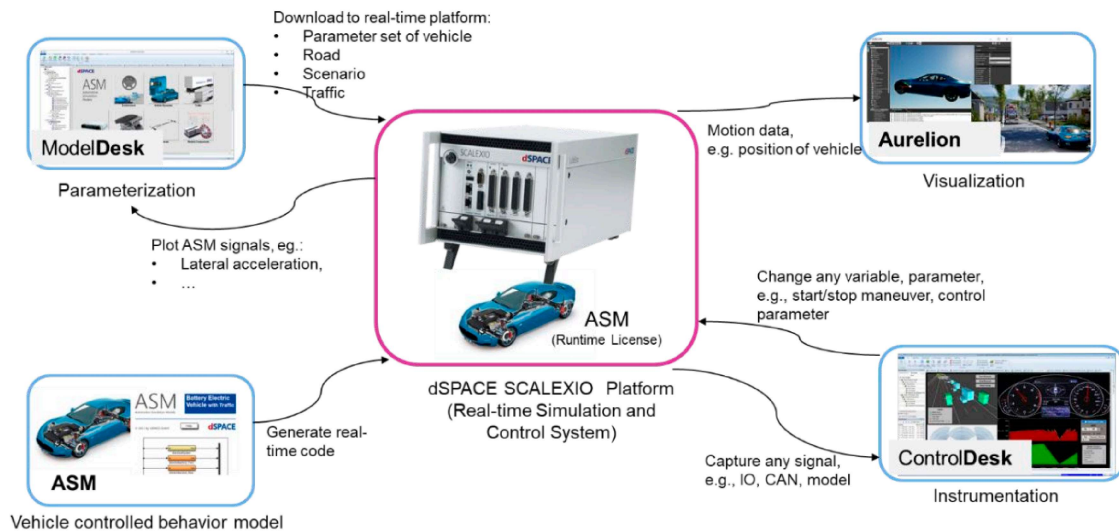
Hình 6. Sơ đồ khối của mô hình hóa động lực học thân xe với mô hình hệ truyền động ô tô điện

Sơ đồ khối này bao gồm nhiều hệ thống con, và nhiều mô hình con tương tác với nhau. Trong đó khối CHASSIS mô tả mô hình động lực học thân xe (được giả sử là cứng) bao gồm đặc tính động học dọc, ngang, thẳng đứng để mô phỏng chuyển động tịnh tiến và quay của thân xe. Khối Suspension mô tả động học hệ thống treo, bao gồm trạng thái các lực thẳng đứng tác động lên thân xe cũng như bánh xe. Khối Wheel & Tire model mô tả mô hình bánh xe và lớp xe kết nối với hệ thống treo, hệ thống phanh và lái Steering & Brake system model, và hệ truyền động điện Electric powertrain model để tính toán các lực kéo xe theo phương dọc và ngang, cũng như góc đánh lái bánh xe. Khối Kết nối với lực truyền động từ hệ truyền động, Khối Steering & Brake system model mô tả đặc tính động học hệ thống

lái và phanh để cung cấp góc đánh lái cũng như lực phanh cho xe. Khối Electric powertrain model mô tả mô hình hệ truyền động ô tô điện, xem phần 2, cung cấp tính toán của lực truyền động tại trục dẫn động bánh xe.

3.5 Giải pháp mô hình hóa và mô phỏng ô tô (điện) của dSPACE GmbH

Trong các phần trước, một vài kiểu mô hình hóa hệ động lực ô tô điện cũng như động lực học thân xe đã được trình bày. Trong phần này một giải pháp về phòng thí nghiệm, dựa trên các thiết bị phần cứng và phần mềm, cũng như giải pháp kỹ thuật mô hình hóa mô phỏng của công ty dSPACE GmbH [1], để cung cấp một hệ thống mô phỏng điều khiển ô tô nói chung và ô tô điện nói riêng, xem Hình 7.



Hình 7. Giải pháp lab về mô hình hóa và mô phỏng ô tô (điện) dựa trên hệ công cụ của dSPACE GmbH

Trung tâm của giải pháp này là hệ thống phần cứng dựa trên nền tảng dSPACE SCALEXIO dùng để mô phỏng tính toán theo thời gian thực của toàn bộ mô hình ô tô (truyền thống, lai, điện) và triển khai các các giải thuật điều khiển liên quan. Các phần mềm liên quan

sẽ được giới thiệu trong các mục tiếp theo. Các ứng dụng tiêu biểu của giải pháp này có thể kể như sau.

- Các bài học thí nghiệm ở cấp độ cơ bản, ví dụ như mô phỏng động lực học xe, mô phỏng hệ thống điều khiển điện tử,...

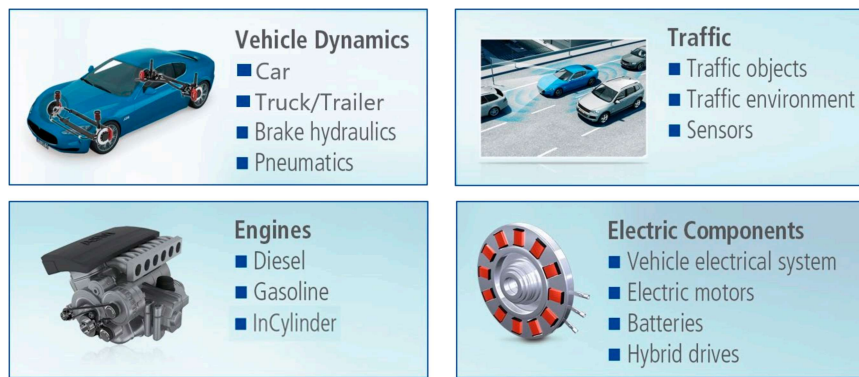
- Các bài học thí nghiệm ở cấp độ nâng cao: phân tích và tham số hóa hệ động lực học của xe, phân tích và điều chỉnh hệ thống điều khiển điện tử, ...

- Các nghiên cứu chuyên sâu về giải thuật điều khiển ô tô, tối ưu hóa ...

3.5.1 Công cụ phần mềm dSPACE Automotive Simulation Models (ASMs)

dSPACE Automotive Simulation Models (ASMs) là một bộ công cụ bao gồm các lớp mô hình mô phỏng cho các ứng dụng ô tô có thể

được kết hợp được với nhau khi cần thiết, xem hình 8. Các lớp mô hình này hỗ trợ một phổ rộng các kiểu mô hình, bắt đầu từ các bộ phận riêng lẻ như động cơ đốt trong, hoặc động cơ điện, cho đến hệ thống động lực học của phương tiện giao thông (ô tô truyền thống, ô tô lai, ô tô điện, xe tải, ...), cũng như các kịch bản giao thông ảo phức tạp. Các kiểu mô hình có thể được xử lý dễ dàng và trực quan với phần mềm khác ví dụ như dSPACE ModelDesk để tham số hóa.



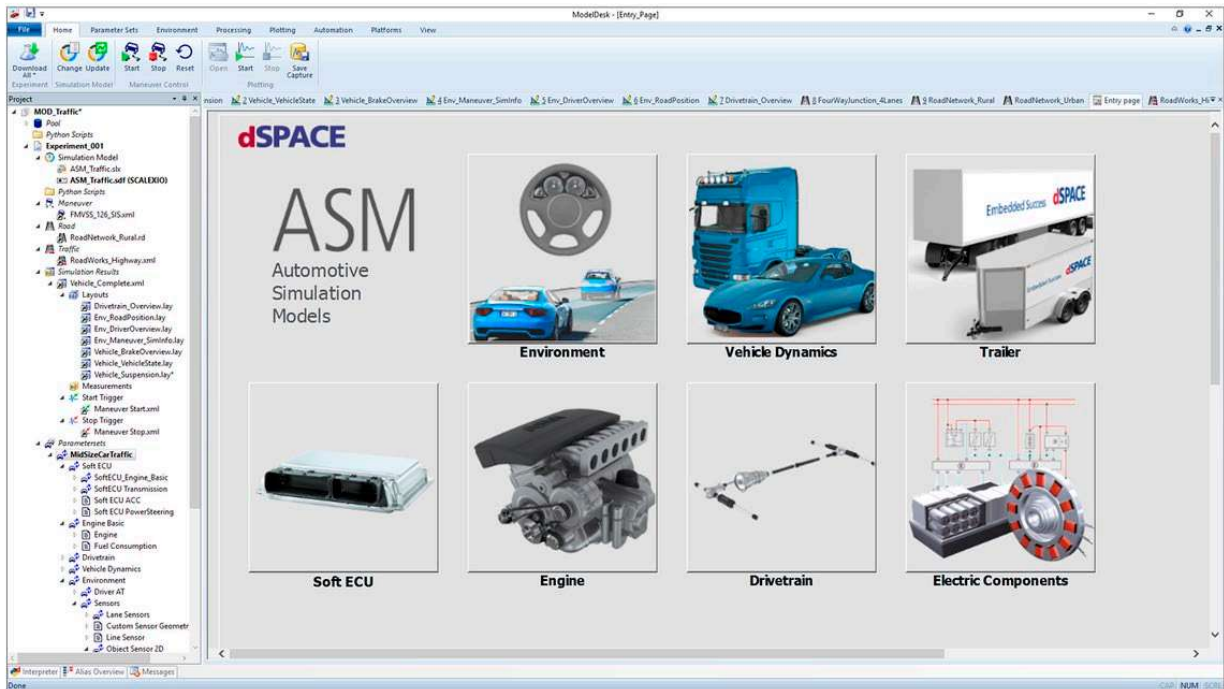
Hình 8. Các cấu thành của bộ công cụ mô hình mô phỏng ô tô - dSPACE Automotive Simulation Models (ASMs)

Công cụ ASMs cung cấp các mô hình theo dạng mô đun hóa và do đó gia tăng sự linh hoạt tối đa. Các mô-đun mô hình mô phỏng theo dạng mở, mô-đun hóa, với khả năng tính toán đáp ứng thời gian thực hoặc nhanh hơn thời gian thực, chạy được trên tất cả các nền tảng như MIL, SIL, HIL, đám mây. Bên cạnh đó, công cụ ASMs có khả năng tự động thay đổi các thông số, đường đi và kịch bản giao thông trong thời gian chạy (trên tất cả các nền tảng MIL, SIL, HIL).

Song song là các mô hình xe được cung cấp sẵn (bằng bộ tham số cơ bản) với đầy đủ các đặc tính: mô hình động lực học toàn thân xe, hệ thống truyền động động cơ đốt trong, xe lai, xe điện, mô hình điều khiển cho vòng kín, và các giao diện điều khiển chuyển động.

3.5.2 Công cụ phần mềm dSPACE ModelDesk

Phần mềm dSPACE ModelDesk là giao diện người dùng đồ họa để điều khiển mô phỏng, tham số hóa mô hình trực quan, và quản lý bộ tham số của các mô hình mô phỏng, xem hình 9. ModelDesk kết nối trực tiếp và tự động với phần mềm dSPACE ASMs. Nó cũng cung cấp khả năng quản lý các dự án mô phỏng liên quan và cho phép tải các bộ tham số xuống mô phỏng ngoại tuyến và trực tuyến. Ví dụ: công cụ này có giao diện tự động hóa hỗ trợ các tập lệnh Python. ModelDesk có thể được sử dụng liền mạch từ tham số hóa đến mô phỏng ngoại tuyến và trực tuyến, trên các nền tảng từ MIL, SIL, đến HIL, và cho đến quản lý các bộ tham số của mô hình, và kết quả.



Hình 9. Giao diện đồ họa của công cụ phần mềm dSPACE ModelDesk

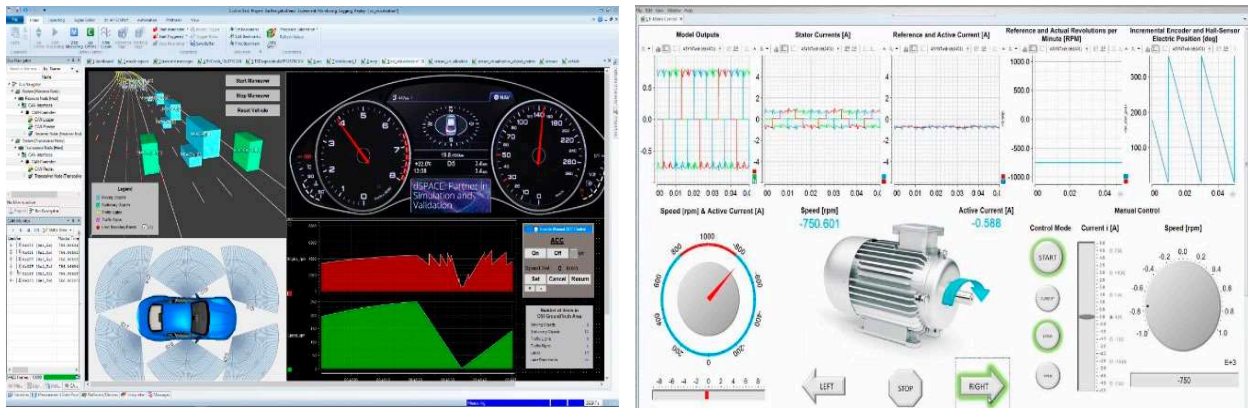
Các thành phần chính của công cụ phần mềm ModelDesk: giao diện đồ họa người dùng, công cụ tạo hệ thống đường giao thông, công cụ tạo các kịch bản giao thông tùy chỉnh, tham số mô hình tùy chỉnh, quản lý bộ tham số kỹ thuật của xe.

3.5.3 Công cụ phần mềm dSPACE ControlDesk

dSPACE ControlDesk (xem Hình 10), là công cụ phần mềm để thực thi các thực nghiệm trên các nền tảng MIL, SIL, HIL, và là thiết bị mô-đun phổ quát để giúp phát triển các bộ điều khiển điện tử (ECU). Công cụ ControlDesk cung cấp các tính năng như điều chỉnh tham số của giải thuật điều khiển và đo lường, giám sát và hiệu chuẩn mạnh mẽ, dễ sử dụng mà không làm gián đoạn các thử nghiệm đang thực thi

theo thời gian thực. ControlDesk cung cấp các thiết bị công cụ thử nghiệm bằng đồ họa, tự động hóa, xử lý bộ tham số kỹ thuật, giám sát. Nó có các tính năng giúp truy cập vào mạng bus dữ liệu điện tử trên xe (CAN, CAN FD, LIN, Ethernet), thông qua đó ghi nhật ký dữ liệu bus, cũng như có khả năng thay đổi dữ liệu bus của mạng truyền thông điều khiển.

Ví dụ: Một dự án mô hình mô phỏng và điều khiển ô tô điện được khởi tạo ra bởi công cụ phần mềm ModelDesk, thì công cụ phần mềm ControlDesk được dùng để kết nối trực tiếp với dự án đó thông qua các layout (bảng điều khiển thử nghiệm) để thực hiện các nhiệm vụ thử nghiệm, phân tích kết quả.



Hình 10. Giao diện đồ họa của công cụ phần mềm dSPACE ControlDesk

4. KẾT LUẬN

Xu thế chuyển đổi phương tiện giao thông, mà ô tô là chủ đạo, theo hướng điện hóa và thông minh ngày càng rõ nét. Và đi cùng với sự chuyển đổi đó là hệ thống điều khiển điện tử ô tô ngày càng có một vai trò lớn hơn quyết định đến chất lượng và sự an toàn của ô tô. Tổng quan của các phương pháp thử nghiệm các bộ điều khiển điện tử đã được trình bày. Một vài kỹ thuật và phương pháp mô hình hóa cho hệ truyền động và động lực học thân xe đã được thảo luận phù hợp với các cấp độ thiết kế và phát

triển các bộ điều khiển tương ứng. Cuối cùng là một hệ thống công cụ phần cứng và phần mềm của công ty dSPACE GmbH (Đức) đã được giới thiệu như là một tham khảo cho giải pháp lab về việc mô hình hóa, mô phỏng và điều khiển toàn diện ô tô (xăng dầu, lai, điện).

LỜI CẢM ƠN

Trong bài viết này có sử dụng một số tài liệu tham khảo về tiếp thị công nghệ của công ty dSPACE GmbH (Đức). Các tác giả xin gửi lời cảm ơn và ghi nhận sự đóng góp giúp đỡ đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Một số tài liệu tham khảo về tiếp thị công nghệ của công ty dSPACE GmbH. <https://www.dspace.com/>.
- [2] Husain, I. (2003). *Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals*, CRC Press.
- [3] Ehsani, M., Gao, Y., & Emadi, A. (2009). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. Second Edition, CRC Press, 557 p.
- [4] Kiencke, U., & Nielsen, L. (2005). *Automotive Control Systems for Engine, Driveline, and Vehicle*. Springer, 512 p.
- [5] Ngo D.V., (2012). *Gear Shift Strategies for Automotive Transmissions* (Ph.D. Thesis). Eindhoven University of Technology, 192 p. DOI: 10.6100/IR735458.
- [6] Du, G., Cao, W., Hu, S., Lin, Z., Yang, J., & Yuan, T. (2018). Assessment of an Electric Vehicle Powertrain Model Based on Real-World Driving and Charging Cycles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. PP. 1-1. 10.1109/TVT.2018.2884812.
- [7] Meng, J., Luo, G., Ricco, M., Swierczynski, M., Stroe, D., & Teodorescu, R. (2018). Overview of Lithium-Ion Battery Modeling

- Methods for State-of-Charge Estimation in Electrical Vehicles. *Applied Sciences*, 8, 659. <https://doi.org/10.3390/app8050659>.
- [8] Samadani, E. (2015). *Modeling of Lithium-ion Battery Performance and Thermal Behavior in Electrified Vehicles*. (Ph.D. Thesis). University of Waterloo, 191 p.
- [9] Madani, S.S., Ziebert, C., & Marzband, M. (2023). Thermal Behavior Modeling of Lithium-Ion Batteries: A Comprehensive Review. *Symmetry* 2023, 15, 1597. <https://doi.org/10.3390/sym15081597>.