

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT CHO QUÁ TRÌNH PHỐI HỢP ĐỘNG CƠ XE ÔTÔ HYBRID

*Nguyễn Văn Đoài*

*Trường Đại học Quảng Bình*

**Tóm tắt.** Ôtô hybrid hay còn gọi là ô tô lai điện sử dụng động cơ điện phối hợp với động cơ xăng ngoài mục tiêu cải thiện một số tính năng của ô tô như khả năng tăng tốc, khả năng leo dốc,... còn giúp cải thiện mức tiêu hao nhiên liệu một cách đáng kể. Để giảm tiêu hao nhiên liệu có thể cải tiến một số yếu tố chính trong xe hybrid như: Tăng khả năng lưu trữ và phục hồi động năng và thế năng; cải thiện vị trí điểm làm việc tối ưu; giảm tổn thất xuống mức nhỏ nhất bằng cách tắt - mở động cơ nhiên liệu khi cần thiết... Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về cải thiện điểm làm việc của động cơ xăng.

**Từ khóa:** Hybrid, mô men, công suất, đặc tính cơ, đường tối ưu nhiên liệu, góc mở ga

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển các phương tiện giao thông trên thế giới đều có xu hướng là chế tạo ra loại ô tô mà mức ô nhiễm thấp nhất và giảm tối thiểu sự tiêu hao nhiên liệu. Có nhiều giải pháp đã được công bố trong những năm gần đây như: hoàn thiện quá trình cháy của động cơ, sử dụng các loại nhiên liệu không truyền thống cho ô tô,... Trong đó ô tô lai (hybrid) là hướng phát triển với những tính năng vượt trội như:

Sử dụng phương pháp tái sinh năng lượng để tạo ra dòng điện nạp cho acquy.

Giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu (động cơ hybrid tiêu thụ lượng nhiên liệu ít hơn nhiều so với động cơ đốt trong thông thường).

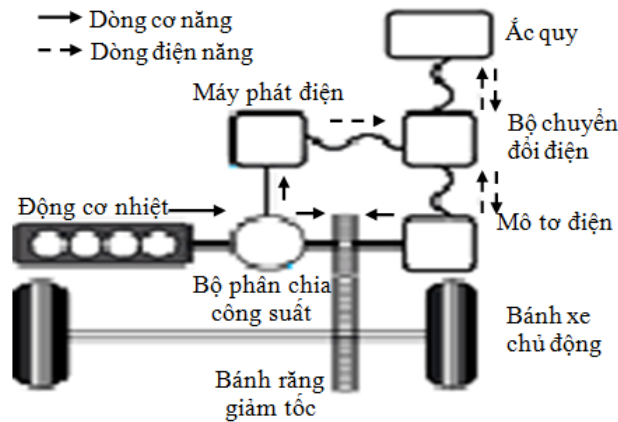
Nguồn công suất và mô men sau khi phối hợp giữa hai động cơ gần như lý tưởng, vì thế đã làm thay đổi đặc tính kéo của bánh xe chủ động. Điều này đã cải thiện được một số tính năng của ô tô như khả năng tăng tốc, khả năng leo dốc,...

Hiện nay, cấu trúc động lực của xe hybrid đã được xác định rõ, nhưng một trong những yếu tố quan trọng nhất trong quá trình phát triển ô tô hybrid là điều khiển quá trình phối hợp hai dòng công suất vẫn còn nhiều vấn đề phải nghiên cứu.

Bộ điều khiển trượt thích nghi là một trong những bộ điều khiển dùng tốt cho hệ phi tuyến chuyển động. Do đó, nghiên cứu bộ điều khiển trượt nhằm hỗ trợ cho việc điều khiển quá trình phối hợp công suất của xe ô tô lai (hybrid) một cách chính xác, góp phần nâng cao tính ưu việt của ô tô hybrid là mối quan tâm hàng đầu của nhà sản xuất.

## 2. XÁC ĐỊNH MÔ HÌNH TOÁN HỌC CHO QUÁ TRÌNH PHỐI HỢP CÔNG SUẤT TRONG XE ÔTÔ HYBRID

Ôtô hybrid thường được gọi là ô tô lai hay ô tô lai điện. Sự hoạt động của ô tô này là sự kết hợp hoạt động giữa động cơ đốt trong và động cơ điện sao cho hiệu suất đạt được là tối ưu. Một bộ điều khiển sẽ quyết định khi nào động cơ đốt trong hoạt động, khi nào động cơ điện hoạt động và khi nào cả hai cùng hoạt động.



Hình 1. Sơ đồ cơ cấu hệ thống truyền công suất trong ô tô hybrid

Hình 1 thể hiện nguyên lý phối hợp công suất của một xe lai hỗn hợp. Hệ thống lai này có một bộ phận gọi là “thiết bị phân chia công suất” chuyển giao một tỷ lệ biến đổi liên tục công suất của động cơ nhiệt và động cơ điện đến các bánh xe chủ động. Hệ thống này chiếm ưu thế trong việc chế tạo xe hybrid.

### 2.1. Đặc tính của các loại động cơ sử dụng trong xe Hybrid

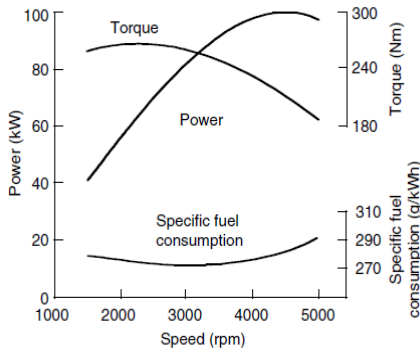
- Phương trình đặc tính cơ của động cơ điện [2]

$$T_M - T_L = J \cdot \frac{d\omega}{dt} + F\omega, \quad (1)$$

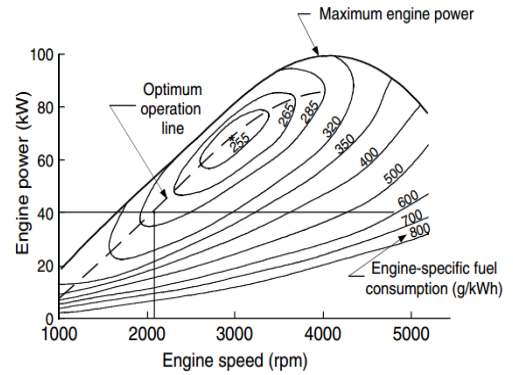
trong đó  $T_L$  là mô men xoắn của tải;  $T_M$  là mô men xoắn của động cơ;  $J$  là mô men quán tính của trục động cơ;  $F$  là hệ số ma sát nhớt động cơ;  $\omega$  là tốc độ góc của động cơ.

- Phương trình đặc tính của động cơ xăng

Trong ứng dụng của xe ô tô, quá trình hoạt động sẽ là lí tưởng nếu công suất không đổi trong toàn vùng tốc độ cao. Tương ứng với đó, mô men xoắn sẽ có dạng hyperbolic. Nhưng thực tế không đạt được đặc tính lí tưởng như vậy. Đồ thị thể hiện mối quan hệ công suất, mômen xoắn với tốc độ của động cơ xăng sẽ có dạng như Hình 2.



Hình 2. Đồ thị mối quan hệ giữa công suất, mômen xoắn với tốc độ động cơ xăng sử dụng trong xe Hybrid [8]



Hình 3. Đồ thị mối quan hệ giữa công suất, tốc độ và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ xăng sử dụng trong xe Hybrid [8]

Dùng phần mềm Matlab nhận dạng đồ thị trên Hình 2, ta xác định được quan hệ giữa mô men và công suất của động cơ xăng với tốc độ động cơ  $n_e$  như sau:

$$P_e = -0,45 \cdot 10^{-10} n_e^4 - 0,52 \cdot 10^{-6} n_e^3 + 0,002 n_e^2 + 29,24 n_e - 6470 \quad (2)$$

$$T_e = 0,404 \cdot 10^{-8} n_e^3 - 0,494 \cdot 10^{-4} n_e^2 + 0,156 n_e + 120,24 \quad (3)$$

Một cách biểu diễn dạng đặc tính công suất và mô men và mức tiêu hao nhiên liệu trong chế độ động như Hình 3. Dựa theo đó ta xác định được đường công suất tối ưu, trong đó vùng tối ưu cực trị là vùng kín ứng với tốc độ động cơ xấp xỉ từ 2600v/ph đến 3200v/ph. Dùng phần mềm Matlab nhận dạng đồ thị Hình 3, ta xác định được quan hệ giữa công suất tối ưu của động cơ Popt với tốc độ động cơ  $n_e$  như sau:

$$P_{opt} = -0,144 \cdot 10^{-8} n_e^4 + 118,936 \cdot 10^{-7} n_e^3 - 355,477 \cdot 10^{-8} n_e^2 + 72,784 n_e - 45041 \quad (4)$$

## 2.2. Các phương trình đặc tính của xe

### 2.2.1. Phương trình cân bằng lực kéo và đặc tính kéo tại bánh xe chủ động

Ta có phương trình cân bằng lực kéo [1]

$$F_k = \frac{T_t \cdot i_{tl} \cdot \eta_{tl}}{r} = F_f + F_w + F_g + F_a, \quad [N] \quad (5)$$

trong đó  $F_k$  là lực kéo tiếp tuyến tại bánh xe chủ động;  $F_f$  là lực cản lăn;  $F_w$  là lực cản gió;  $F_g$  là lực cản quán tính;  $F_a$  là lực leo dốc;  $T_t$  là mô men tổng sau khi phối hợp hai nguồn công suất;  $i_{tl}$  là tỷ số truyền của hệ thống truyền lực;  $\eta_{tl}$  là hiệu suất của hệ thống truyền lực;  $r$  là bán kính bánh xe chủ động.

$$\text{Hay } M \cdot \delta \frac{dv}{dt} = F_k - M \cdot g \cdot c_0 \cos \alpha - c_1 \cdot S \cdot v^2 - M \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

với  $M$  là khối lượng xe,  $\delta$  là hệ số đặc trưng cho sự thay đổi tải trọng xe,  $v$  là vận tốc xe,  $g$  là gia tốc trọng trường,  $c_0$  là hệ số cản quay,  $c_1$  là hệ số cản không khí.

### 2.2.2. Phương trình cân bằng công suất của xe

Công suất yêu cầu cho hệ thống được mô tả [1]

$$P_k = M \cdot \delta v \frac{dv}{dt} + Mv \cdot g \cdot c_0 \cos \alpha + c_1 \cdot S \cdot v^3 + Mv \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (7)$$

(1)                      (2)                      (3)                      (4)

(1) đặc trưng cho công suất quán tính; (2) đặc trưng cho tổn thất quay do cản lốp; (3) đặc trưng cho công suất cản không khí; (4) đặc trưng cho công suất thắng trọng lực.

### 2.3. Xác định mô hình toán học cho sự phối hợp công suất trong xe Hybrid

Với định nghĩa về công suất, cho thấy có thể giảm tổn thất nhiên liệu bằng một số cách:

- Giảm công suất tích lũy yêu cầu: Nhìn vào biểu thức (7) có thể thấy công suất quán tính, trọng lực đều có thể dương hoặc âm. Khi công suất âm thì cần phải có thiết bị trữ năng lượng, sau đó lại xả ra khi cần thêm công suất dương. Đó chính là một cách để chế tạo ô tô hybrid.

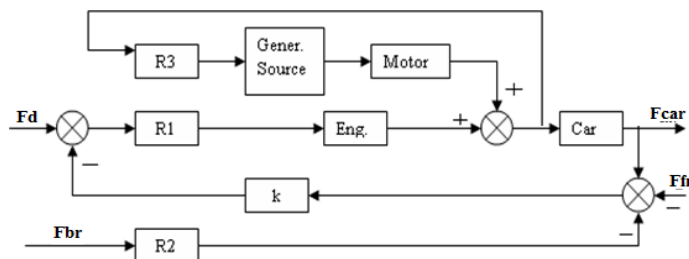
- Tăng hiệu suất sử dụng nhiên liệu: Trong xe Hybrid, có thể mô tả công suất gồm 3 thành phần [8]:

$$P_w = P_p + P_s + P_k \quad (8)$$

trong đó  $P_w$  là công suất tổng,  $P_p$  là công suất đầu ra sơ cấp do nhiên liệu cháy tạo nên,  $P_s$  là công suất hệ thống lai gồm máy phát và động cơ điện luân chuyển lưu trữ và  $P_k$  là công suất phanh hãm.

Nhìn vào đồ thị Hình 3 ta thấy mức tiêu hao nhiên liệu của động cơ tối ưu ở một vùng rất nhỏ, nằm giữa khoảng tốc độ làm việc, tương ứng với mômen cực đại. Khi đó lượng khí của kỳ hút và thải là nhỏ nhất. Tương ứng với vùng đó, tổn thất công suất tính theo phần trăm cũng cực tiểu. Do đó trong động cơ đốt trong, điểm làm việc được chọn nằm trong vùng này.

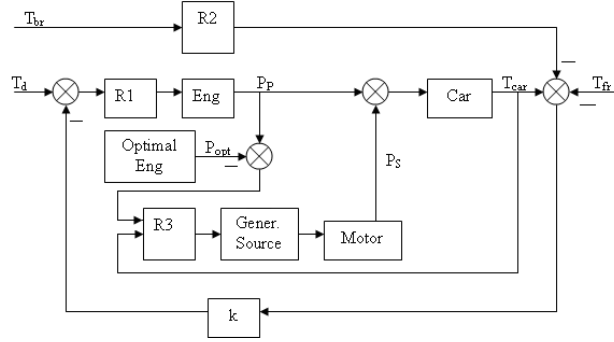
Từ các phân tích trên kết hợp với mô hình nguyên lý phối hợp công suất của xe hybrid kiểu hỗn hợp ta xây dựng được mô hình toán học cho kiểu xe này như sau.



Hình 4. Mô hình hóa xe Hybrid kiểu hỗn hợp

Trong đó  $R_1$  là bộ điều khiển công suất động cơ;  $R_2$  là bộ điều khiển công suất phanh hãm;  $R_3$  là bộ điều khiển sạc nguồn và máy phát;  $F_d$  là lực đạp ga;  $F_{br}$  là lực đạp phanh,  $F_{car}$  là lực kéo tổng của xe và  $F_{fr}$  là tổng lực ma sát.

Mô hình ở Hình 4 không xác định được vùng công suất tối ưu cho động cơ mà chỉ điều khiển ổn định cân bằng lực cản thông thường. Để điều khiển theo đặc tính ở Hình 3, cần đưa ra mô hình điều khiển bám đặc tính tối ưu như hình sau.



Hình 5. Mô hình điều khiển bám đặc tính tối ưu

Trong đó Bộ điều khiển  $R_2$  chuyển đổi vị trí bàn đạp phanh thành lực pha phân bố đều trên 4 bánh xe. Bộ điều khiển  $R_1$  tạo tín hiệu để mở bướm ga tương ứng với bàn đạp ga ở vị trí 0% đến 100%.  $R_3$  là thiết kế bộ điều khiển sạc nguồn và máy phát.

$R_3$  thực hiện chức năng điều khiển động cơ điện bù công suất cho động cơ xăng khi xe lên dốc hoặc mang tải. Khi xe xuống dốc hoặc phanh hãm, động cơ điện làm việc như máy phát có chức năng lưu trữ năng lượng bằng cách sạc nguồn cho ắc quy. Nguồn này lại được sử dụng cho động cơ điện khi xe mang tải. Chính vì vậy, hệ thống sẽ duy trì vùng hoạt động tối ưu nhiên liệu cho động cơ xăng, nhằm giảm tối đa sự tiêu hao nhiên liệu.

### 3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT THÍCH NGHI CHO ĐIỀU KHIỂN PHÂN PHỐI CÔNG SUẤT BẮM ĐẶC TÍNH TỐI ƯU

Một phần quan trọng trong ô tô hybrid là hệ thống nguồn dự trữ, bao gồm hai thành phần: phần sạc nhanh (đáp ứng quá trình quá độ) và phần sạc chậm (đáp ứng quá trình xác lập).

Quá trình quá độ được mô tả:

$$\begin{aligned} u_f &= -L_g \dot{i}_f - R_g i_f + k_{eg} \Phi_m \dot{q} \\ i_f &= C \dot{u}_c \end{aligned} \quad (9)$$

trong đó  $u_f$ ,  $i_f$  là điện áp và dòng điện; các thông số,  $R_g$ ,  $L_g$ ,  $\Phi_m$  là điện trở, điện cảm và từ thông;  $k_{eg}$  là hệ số;  $q$  là tốc độ quay khi động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát;  $u_c$  là điện áp trên bộ sạc nhanh (bộ lưu trữ nguồn).

Phần sạc chậm được mô tả dưới dạng khâu quán tính bậc 1:

$$u_m = T\dot{u}_c + u_c; p_m = u_m i \quad (10)$$

trong đó  $u_m$ ,  $p_m$  là điện áp và công suất khi hoạt động ở chế độ motor điện.

Công suất hệ thống lai  $p_s$  cung cấp cho hệ được xác định theo quan hệ đầu điện áp:

$$p_s = \eta p_m \text{sgn}(u_b - u) \quad (11)$$

trong đó:  $u_b = u_f$  nếu động cơ điện hoạt động ở chế độ máy phát và  $u_b = u_m$  nếu động cơ điện hoạt động ở chế độ motor điện,  $u$  là điện áp.

Hệ thống sẽ lấy công suất từ bộ lưu điện nếu  $P_s > 0$  (tương ứng chế độ động cơ) và ngược lại tương ứng chế độ máy phát. Như vậy, động cơ điện có thể làm việc ở chế độ động cơ hoặc máy phát để bù công suất cho hệ thống nhằm đảm bảo ổn định công suất tối ưu cho động cơ xăng.

Theo các công thức (9) và (10), ta có mô hình nạp nguồn và phát công suất ra motor điện:

$$\begin{aligned} u_b = u_m &= L_m \dot{i} + R_m i + k_{em} \Phi_m \dot{q} \\ k_T \Phi_m i &= J_m \ddot{q} + T_{ops} \\ p_s &= \eta u_m i \end{aligned} \quad (12)$$

Với  $L_m$ ,  $R_m$  là điện cảm và điện trở của motor,  $\Phi_m$  là từ thông của motor giả thiết là không đổi,  $J_m$  là mô men quán tính của cả hệ trên trục motor,  $T_{ops}$  là mô men cản trên trục motor qui đổi về trục chính,  $\eta = p_s/p_m$  là hiệu suất motor.

Từ (12) ta xây dựng được bộ điều khiển trượt R3 như sau:

$$P_s = \eta u_m i \quad (13)$$

$$\dot{P}_s = \eta [\dot{u}_m i + u_m \dot{i}] \quad (14)$$

$$\ddot{P}_s = \eta [\ddot{u}_m i + 2\dot{u}_m \dot{i} + u_m \ddot{i}] \quad (15)$$

Chọn mặt trượt:

$$S_o(e) = \dot{e} + ke = 0$$

$$e = p_p - p_{opt} - p_s = p_{com} - p_s \quad (16)$$

Trong đó  $p_{com}$  là thành phần công suất cần bù. Có thể thấy  $p_{com}$  phụ thuộc vào tham số và tốc độ của xe, tốc độ của động cơ.

Đa thức của mặt trượt:  $s+k=0$

Chọn cực mặt trượt  $s=-100 \rightarrow k=100$  (nghiệm càng xa trục ảo càng tốt)

Để cho tín hiệu sai lệch bám mặt trượt thì cần đảm bảo điều kiện trượt:

$$S(e) \cdot \dot{S}(e) < 0 \quad (17)$$

$$\text{Hay } S(e) \cdot \dot{S}(e) = -\alpha; \alpha > 0 \quad (18)$$

$$\text{Từ (16) ta sẽ có: } \dot{S}(e) = \ddot{p}_{com} - \ddot{p}_s + ke \quad (19)$$

Vì  $S(e) = \dot{e} + ke \neq 0$  nên  $S(e) = |S(e)| \text{sgn}(S(e))$  điều kiện (18) có thể viết lại:

$$\dot{S}(e) \cdot |S(e)| \text{sgn}(S(e)) = -\alpha; \quad \alpha > 0 \quad (20)$$

Thay (15) vào (19) ta được:

$$\dot{S}(e) = \ddot{p}_{com} - \eta[\ddot{u}_m i + 2\dot{i}\dot{u}_m + u_m \ddot{i}] + k\dot{e} \quad (21)$$

Ta thấy để thỏa mãn điều kiện (20) cần xác định luật điều khiển  $u$  sao cho

$$\dot{S}(e) = -K \text{sgn}(S(e)); \quad K > 0 \quad (22)$$

Hay:

$$\begin{aligned} \ddot{p}_{com} - \eta[\ddot{u}_m i + 2\dot{i}\dot{u}_m + u_m \ddot{i}] + k\dot{e} &= -K \text{sgn}(S(e)) \\ \ddot{p}_{com} - \eta[2\dot{i}\dot{u}_m + u_m \ddot{i}] + k\dot{e} + K \text{sgn}(S(e)) &= \eta \ddot{u}_m i \\ \ddot{u}_m &= \frac{1}{\eta i} \{ \ddot{p}_{com} + k\dot{e} + K \text{sgn}(S(e)) - \eta[2\dot{i}\dot{u}_m + u_m \ddot{i}] \} \end{aligned} \quad (23)$$

Trong đó giá trị  $i$  xác định như trong (12)

$$\dot{i} = u_m - \frac{R_m}{L_m} i - \frac{k_m \Phi}{L_m} \dot{q} \quad (24)$$

Tiến hành mô phỏng tìm luật điều khiển  $u_m$  từ các biểu thức (23) và (24) với giá trị  $K$  càng lớn càng tốt. Chọn  $K = 1000$ .

Luật điều khiển  $u_m$  chính là tín hiệu cho bộ điều khiển  $R_3$ :

Với  $R_3$  là bộ điều khiển trượt biến đổi, để đảm bảo cho hệ luôn bám  $P_s$  vào  $p_{com} = p_p - p_{opt}$  thì hệ thống bù công suất điện sẽ ổn định và luôn cân bằng công suất với động cơ xăng để hòa hợp tải.

Bộ điều khiển  $R_3$  sẽ làm cho điều kiện (17) thỏa mãn, tức là hệ điều khiển motor thuận nghịch ổn định bền vững.

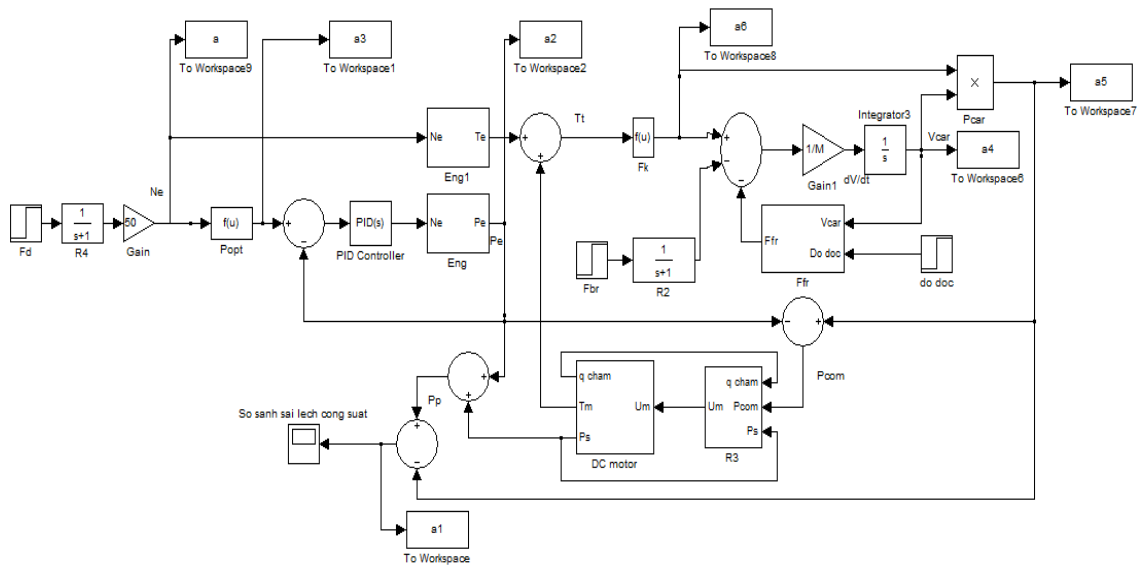
#### 4. MÔ PHỎNG KẾT QUẢ

Để mô phỏng kết quả cho thấy động cơ điện luôn đóng vai trò bù công suất cho xe trong suốt quá trình chuyển động khi động cơ xăng vẫn hoạt động bám theo đường đặc tính tối ưu nhiên liệu của động cơ xăng, chúng tôi chỉ mô phỏng theo hướng chuyển động chính của xe đó là chuyển động tịnh tiến theo hướng tới của xe.

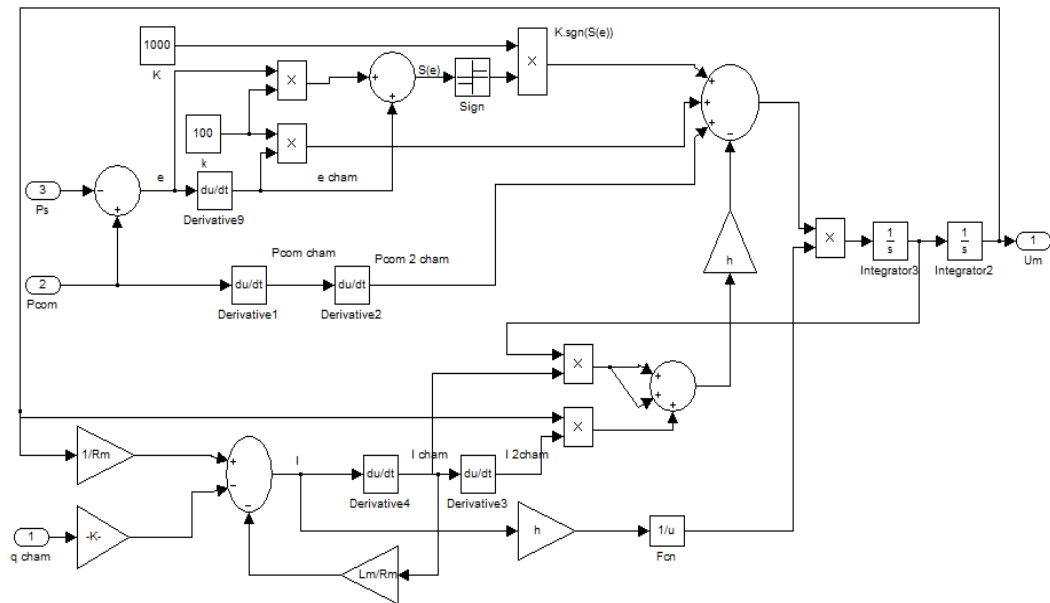
##### **Mục tiêu mô phỏng**

Do bộ điều khiển  $R_1$  đã điều khiển công suất  $P_e$  bám theo đường công suất tối ưu  $P_{opt}$ . Vì vậy, bộ điều khiển  $R_3$  cần điều khiển công suất  $P_s$  để bù vào cho công suất tổng sao cho phương trình cân bằng công suất của xe được thỏa mãn, hay sai lệch công suất:

$$P_{car} - (P_e + P_s) = 0$$



### Hình 6. Sơ đồ mô phỏng hệ thống

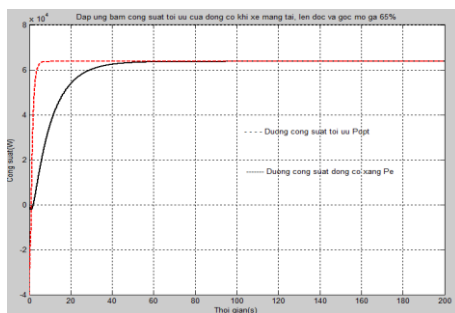


Hình 7. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển trượt R3

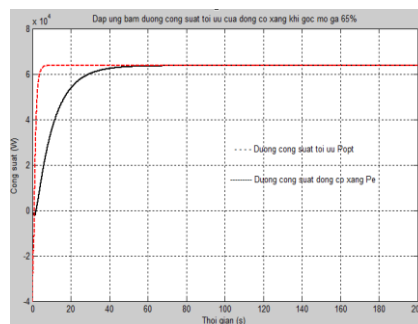
#### 4.1. Mô phỏng kết quả khi tải thay đổi, góc mở ga không đổi

Thực hiện mô phỏng hệ thống tại vị trí góc mở ga không đổi 65% (vùng hoạt động tối ưu của động cơ xăng). Xe chở 5 người có hành lý ( $M=960\text{kg}$ ) và xe chở 1 người không có hành lý ( $M=680\text{kg}$ ) ta thu được kết quả lần lượt như sau:



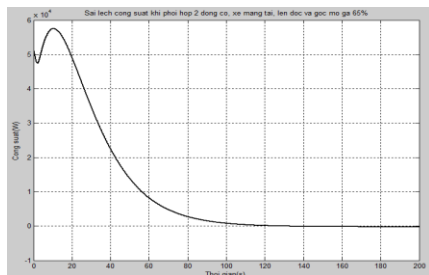


(a)

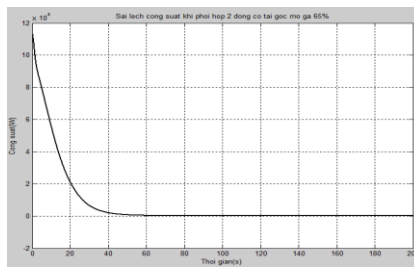


(b)

Hình 8. Công suất động cơ bám công suất tối ưu xe mang tải (a) và không mang tải (b)



(a)



(b)

Hình 9. Sai lệch công suất khi xe mang tải (a) và không mang tải (b)

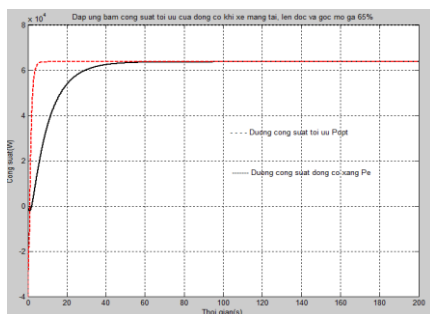
#### \* Nhận xét:

Từ kết quả mô phỏng ở mức tốc độ động cơ xăng không đổi (góc mở ga 65%), nhưng cho xe mang tải lớn hơn ta nhận thấy:

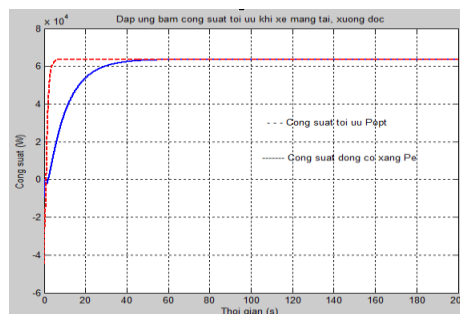
- Tốc độ của động cơ xăng và mức công suất tối đa đạt được khi bám vào đường làm việc tối ưu vẫn không thay đổi khi ở cùng góc mở ga 65%.
- Tốc độ xe giảm đi đáng kể và thời gian đạt mức xác lập cũng lớn hơn.
- Thời điểm đạt được mức cân bằng công suất cũng lớn hơn.

#### 4.2. Mô phỏng kết quả khi xe lên dốc và xuống dốc, góc mở ga không đổi

Thực hiện mô phỏng hệ thống tại vị trí góc mở ga không đổi 65% (vùng hoạt động tối ưu của động cơ xăng). Xe chở 5 người có hành lý ( $M=960\text{kg}$ ) chạy trên đường lên dốc 10% ( $\alpha=+9^\circ$ ) và xuống dốc 10% ( $\alpha=-9^\circ$ ) ta thu được kết quả như sau:

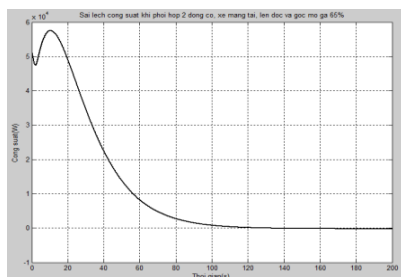


(a)

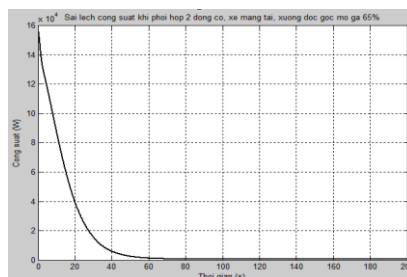


(b)

Hình 10. Công suất động cơ bám công suất tối ưu khi xe lên dốc (a) và xe xuống dốc (b)



(a)



(b)

Hình 15. Sai lệch công suất khi xe lên dốc (a) và xe xuống dốc (b)

### \* Nhận xét.

Từ kết quả mô phỏng ở mức tốc độ động cơ xăng không đổi (góc mở ga 65%), nhưng cho xe mang tải lớn hơn và chạy trên đường xuống dốc ta nhận thấy:

- Tốc độ của động cơ xăng và mức công suất tối đa đạt được khi bấm vào đường làm việc tối ưu vẫn không thay đổi khi ở cùng góc mở ga 65%.
- Tốc độ xe tăng lên đáng kể và thời gian đạt mức xác lập cũng nhỏ hơn.
- Thời điểm đạt được mức cân bằng công suất cũng nhỏ hơn.

## 5. KẾT LUẬN

Mặc dù xe hoạt động ở các mức tốc độ khác nhau của động cơ xăng hay mang tải khác nhau, thì bộ điều khiển R1 vẫn đảm bảo cho động cơ xăng làm việc bám đường làm việc tối ưu nhiên liệu và bộ điều khiển trượt R3 vẫn đảm bảo cho động cơ điện bù công suất cho động cơ xăng cân bằng với công suất kéo của xe, đảm bảo xe hoạt động bình thường và ổn định.

Kết quả mô phỏng thu được hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết. Điều này chứng tỏ thuật toán và cách xây dựng bộ điều khiển trượt là hoàn toàn phù hợp và chính xác.

Tuy nhiên, kết quả có được khi sử dụng số liệu tham khảo từ đường đặc tính của động cơ xăng ở một tài liệu khác để nhận dạng nên kết quả có độ chính xác không cao. Vì vậy, chúng tôi sẽ tiếp tục tiến hành làm thực nghiệm trên mô hình cụ thể để xác định các thông số chính xác cho các đường đặc tính và nâng cao được hiệu quả của phương pháp điều khiển.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (1998), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi (1999), *Điều chỉnh tự động truyền động điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Hoàng Mai (2007), *Nghiên cứu hệ điều khiển thích nghi bền vững mode trượt ứng dụng trong điều khiển tay máy*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường ĐHBK Hà Nội.
- [4] Nguyễn Doãn Phước (2012), *Phân tích và điều khiển hệ phi tuyến*, Nxb Bách khoa, Hà Nội.

- [5] Nguyễn Phùng Quang (2005), *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6] Bùi Duy Thái (2011), *Ứng dụng điều khiển thích nghi mặt trượt cho điều khiển chuyển động tay máy*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường ĐH Đà Nẵng.
- [7] Chan-Chiao Lin<sup>1</sup>, Huei Peng<sup>1</sup>, and J.W. Grizzle<sup>2</sup>; *A Stochastic Control Strategy for Hybrid Electric Vehicles*.
- [8] Gheorghe Livinț, Vasile Horga, Marcel Rățoi and Mihai Albu, *Control of Hybrid Electrical Vehicles*, Gheorghe Asachi Technical University of Iași Romania.
- [9] Georgia-Evangelia Katsargyri, Ilya V. Kolmanovsky, John Michelini, Ming L. Kuang, Anthony M. Phillips, Michael Rinehart and Munther A. Dahleh, *Optimally Controlling Hybrid Electric Vehicles using Path Forecasting*.
- [10] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi: *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. Texas A&M University.
- [11] Prof. Chris Mi, *Hybrid Electric Vehicles: Control, Design, and Applications*, Department of Electrical and Computer Engineering University of Michigan – Dearborn.
- [12] Trang web: Xe Hybrid hoạt động như thế nào, *VietAuto.Net* (nguồn autopro)

## STUDY DESIGN SLIDING CONTROLLER FOR COORDINATION PROCESS CAPACITY AUTOMOTIVE ENGINES IN HYBRID

**Abstract.** *Hybrid cars which are also known as hybrid electric cars using coordinated engine combined with petrol engine are useful for not only some functional improvements such as speed up and sloping ability but also reduction of energy assumption level. In order to reduce fuel consumption, some key elements in hybrid vehicles may be improved such as: storage capacity, energy recovery and potentiality to be increased; positioning optimal working point top and efficiency of fuel conversion be improved; losses to a minimum by turning off - open fuel engine.*

**Keywords:** *Hybrid, torque, capacity, mechanical properties, Optimal fuel road, station opening angle.*