(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN**
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) **2-0004298**

(51) **F02D 41/00**
2024.01

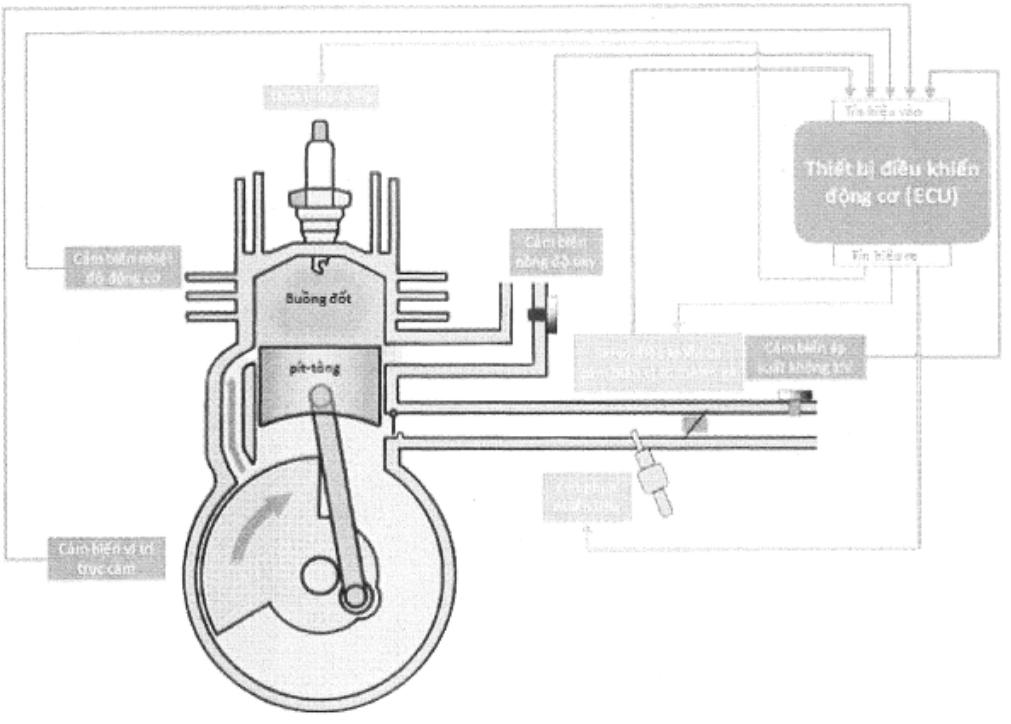
(13) **Y**

(21) 2-2025-00262
(22) 26/04/2021
(67) 1-2021-02314
(45) 25/09/2025 450
(43) 25/08/2021 401A
(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hòa, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội
(72) Nguyễn Duy Hưng (VN); NGUYỄN HUY HOÀNG (VN); BÙI VĂN SƠN (VN); NGÔ NGỌC VINH (VN).
(74) CÔNG TY TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN VÒNG KÍN CHO BỘ PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ ĐỘNG CƠ PÍT-TÔNG TRÊN MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

(21) 2-2025-00262

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái bao gồm các bước: xác định bộ hệ số điều khiển; xác định sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu; xác định giới hạn phun; xác định giá trị thực tế có thể phun; thực hiện phun nhiên liệu; tính toán điều khiển van tiết lưu khí đầu vào động cơ. Giải pháp hữu ích đồng thời đề xuất phương pháp mô hình hóa hoạt động của động cơ tại từng phạm vi hoạt động. Ngoài ra, phương pháp mô phỏng vật lý điều kiện hoạt động theo các phạm vi áp suất của động cơ cũng được đề xuất. Phương pháp mô phỏng tìm các hệ số điều khiển ứng với từng mô hình hoạt động của động cơ cấu trúc điều khiển vòng kín phun nhiên liệu được xây dựng trên một phần mềm mô phỏng điều khiển.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái. Cụ thể, phương pháp được đề xuất trong giải pháp hữu ích áp dụng cho máy bay không người lái hoạt động trên toàn phạm vi áp suất môi trường theo độ cao.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Các máy bay không người lái sử dụng động cơ pít-tông có thể có phạm vi hoạt động theo độ cao rất rộng, từ gần mặt biển tới vài km. Áp suất không khí đi vào động cơ do đó có thể thay đổi trong một khoảng rất lớn và vì vậy khiến đặc tính hoạt động của động cơ thay đổi. Đối với những động cơ sử dụng thiết bị phun xăng điện tử, cần có phương pháp điều khiển phù hợp để đảm bảo động cơ hoạt động tốt với các dải áp suất và tốc độ vòng quay khác nhau.

Đơn sáng chế CN109973234A trình bày một thiết bị phun xăng điện tử cho động cơ pít-tông thì cho máy bay không người lái, tuy nhiên, sáng chế chưa trình bày về phương pháp điều khiển động cơ hoạt động tại các dải áp suất và tốc độ hoạt động khác nhau.

Vì vậy, các tác giả đã nghiên cứu và sáng tạo ra một phương pháp mới giúp giải quyết vấn đề hoạt động của động cơ UAV trong các dải áp suất và tốc độ vòng quay khác nhau.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái giải quyết các hạn chế nêu ra ở trên.

Phương pháp điều khiển bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông áp dụng cho máy bay không người lái hoạt động trên phạm vi toàn dải tốc độ vòng quay và áp suất môi trường, nhờ đó đảm bảo máy bay hoạt động ổn định, hiệu quả trong mọi điều kiện hoạt động.

Cụ thể, để đạt được mục đích trên, phương pháp được đề xuất bao gồm:

- Bước 1: xác định các bộ hệ số điều khiển theo áp suất và tốc độ vòng quay; các bộ hệ số này được lưu trong một ma trận hai chiều dùng để tham chiếu, trong đó một chiều là tốc độ vòng quay và chiều còn lại là áp suất khí quyển, các bộ hệ số này được tính toán dựa trên việc xác định các mô hình đặc tính hoạt động của động cơ theo từng dải áp suất hoạt động và tốc độ vòng quay;

- Bước 2: tính toán sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu; tại bước này, lưu lượng phun nhiên liệu được tính toán sơ bộ thông qua việc áp các bộ hệ số điều khiển vừa xác định vào thuật toán điều khiển vòng kín PID, trong đó điểm đặt là tốc độ vòng quay mong muốn của động cơ, giá trị phản hồi là tốc độ vòng quay hiện tại, và tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển là giá trị điều khiển phun nhiên liệu;

- Bước 3: tính toán giới hạn phun; việc xác định giới hạn phun để đảm bảo động cơ hoạt động an toàn, lưu lượng nhiên liệu phun vào quá nhiều hoặc quá ít có thể làm động cơ dừng hoạt động;

- Bước 4: xác định giá trị thực tế có thể phun; tại bước này, giá trị thực tế có thể phun bằng giá trị phun đã tính toán sơ bộ nếu giá trị này nằm trong giới hạn phun; ngược lại, nếu giá trị sơ bộ nằm ngoài giới hạn phun thì giá trị phun thực tế bằng giới hạn phun gần nhất với giá trị phun dự kiến;

- Bước 5: thực hiện phun nhiên liệu và đánh lửa; tại bước này, nhiên liệu được phun vào động cơ thông qua tín hiệu điều khiển vừa tính toán để mở van điều tiết kim phun nhiên liệu, thời gian điều khiển đánh lửa được xác định dựa vào cảm biến vị trí pít-tông;

- Bước 6: điều khiển van tiết lưu khí đầu vào động cơ; mục đích của bước này là để đảm bảo tỷ lệ khí và nhiên liệu giữ ổn định trong phạm vi cho phép nhằm duy trì sự hoạt động của động cơ, việc điều khiển van tiết lưu khí được thực hiện thông qua một bộ điều khiển vòng kín.

Theo một phương án thực hiện giải pháp hữu ích, phương pháp mô hình hóa hoạt động của động cơ tại từng phạm vi hoạt động được thực hiện dựa trên phương pháp thực nghiệm với các bước như sau: cấp một dạng xung đặc biệt điều khiển phun nhiên liệu cho động cơ hoạt động tại các phạm vi tốc độ vòng quay và áp suất môi trường khác nhau, sau đó thu thập dữ liệu để xây dựng các mô hình hoạt động

thành phần, xung cấp vào động cơ được điều chế với các tần số và biên độ phù hợp sao cho có khả năng khiến động cơ thể hiện được các đáp ứng của quá trình tăng, giảm tốc độ quay của động cơ, việc xây dựng mô hình hoạt động của động cơ từ dữ liệu được thực hiện nhờ các công cụ nhận dạng mô hình, loại mô hình có thể là tuyến tính hoặc phi tuyến.

Theo một phương án thực hiện giải pháp hữu ích, phương pháp mô phỏng vật lý điều kiện hoạt động theo các phạm vi áp suất của động cơ được thực hiện bằng cách cấp khí tại đầu vào động cơ từ một hệ thống có khả năng cung cấp khí với các mức áp suất tĩnh thấp hơn áp suất khí quyển, nhằm mô phỏng lại áp suất theo các độ cao bay của máy bay.

Theo một phương án thực hiện giải pháp hữu ích, phương pháp mô phỏng tìm các hệ số điều khiển ứng với từng mô hình hoạt động của động cơ cấu trúc điều khiển vòng kín phun nhiên liệu được xây dựng trên một phần mềm mô phỏng điều khiển, trong đó có thành phần mô hình động cơ, bộ điều khiển, điểm đặt, tín hiệu phản hồi; các hệ số điều khiển được tìm ra bằng công cụ mô phỏng tinh chỉnh đáp ứng hệ thống theo thời gian đáp ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ kết nối các thành phần hệ thống điều khiển phun xăng điện tử động cơ hai thì cho máy bay không người lái.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này nhằm mục đích minh họa các phương án của giải pháp hữu ích mà không làm giới hạn phạm vi bảo hộ giải pháp hữu ích.

Hình 1 mô tả sơ đồ kết nối các thành phần trong hệ thống điều khiển phun xăng điện tử động cơ pít-tông dành cho UAV. Cảm biến áp suất không khí giúp xác định mức áp suất không khí đi vào động cơ để từ đó ECU lựa chọn các hệ số điều khiển phù hợp trong bước 1 của phương pháp điều khiển theo giải pháp hữu ích này đề xuất. Các cảm biến nhiệt độ, cảm biến vị trí trục cam cho biết trạng thái hoạt động tức thời của động cơ. Tín hiệu từ cảm biến vị trí trục cam giúp xác định thời điểm đánh lửa, đồng thời cho biết tốc độ quay của động cơ. Cảm biến nồng độ

oxy phản ánh nồng độ oxy trong khí thải, từ đó giúp ECU điều khiển tỷ lệ nhiên liệu và khí đi vào động cơ thông qua việc điều khiển bướm ga và kim phun nhiên liệu.

Theo khía cạnh thứ nhất, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái bao gồm:

- xác định bộ hệ số điều khiển theo áp suất và tốc độ vòng quay;
- tính toán sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu;
- tính toán giới hạn phun;
- xác định giá trị thực tế có thể phun;
- thực hiện phun nhiên liệu và điều khiển đánh lửa;
- tính toán điều khiển van tiết lưu khí đầu vào động cơ.

nội dung các bước của phương pháp điều khiển cụ thể như sau:

Bước 1: xác định bộ hệ số điều khiển theo áp suất và tốc độ vòng quay;

Tại bước này, các bộ hệ số điều khiển theo áp suất và tốc độ vòng quay được lưu trong một ma trận hai chiều dùng để tham chiếu, trong đó một chiều là tốc độ vòng quay và chiều còn lại là áp suất khí quyển. Các bộ hệ số này được xác định dựa trên việc xây dựng các mô hình đặc tính hoạt động của động cơ theo từng dải áp suất hoạt động và tốc độ vòng quay; việc xác định các mô hình đặc tính hoạt động của động cơ theo từng dải áp suất và tốc độ vòng quay có thể được thực hiện dựa trên phương pháp thực nghiệm để thu thập dữ liệu và dùng các công cụ xây dựng mô hình đáp ứng từ dữ liệu đó.

Bước 2: xác định sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu;

Tại bước này, việc xác định sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu thông qua việc áp các bộ hệ số điều khiển vừa được xác định ở bước 1 vào thuật toán điều khiển vòng kín PID, trong đó điểm đặt là tốc độ vòng quay mong muốn của động cơ, giá trị phản hồi là tốc độ vòng quay hiện tại, và tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển là giá trị điều khiển phun nhiên liệu, tức là giá trị lưu lượng phun nhiên liệu dự kiến.

Bước 3: xác định giới hạn phun;

Mục đích của bước này là để đảm bảo động cơ hoạt động an toàn, lưu lượng nhiên liệu phun vào quá nhiều hoặc quá ít có thể làm động cơ dừng hoạt động; giới hạn cận trên và cận dưới phun nhiên liệu được thiết lập dựa trên đặc tính vật lý của động cơ, nhằm đảm bảo khả năng hoạt động liên tục của động cơ.

Bước 4: xác định giá trị thực tế có thể phun;

Tại bước này, nếu giá trị lưu lượng phun dự kiến được xác định ở bước 2 này nằm trong giới hạn phun được xác định ở bước 3 thì giá trị dự kiến chính là giá trị thực tế có thể phun; ngược lại, nếu giá trị phun dự kiến được xác định ở bước 2 nằm ngoài giới hạn phun được xác định ở bước 3 thì giá trị phun thực tế bằng giới hạn phun gần nhất với giá trị phun dự kiến.

Bước 5: thực hiện phun nhiên liệu và điều khiển đánh lửa; tại bước này nhiên liệu được phun vào động cơ thông qua tín hiệu điều khiển vừa tính toán để mở van điều tiết kim phun nhiên liệu, thời gian điều khiển đánh lửa được xác định dựa vào cảm biến vị trí pít-tông.

Bước 6: điều khiển van tiết lưu khí đầu vào động cơ;

Mục đích của bước này là để đảm bảo tỷ lệ khí và nhiên liệu giữ ổn định trong phạm vi cho phép nhằm duy trì sự hoạt động của động cơ. Việc điều khiển van tiết lưu khí được thực hiện thông qua một bộ điều khiển vòng kín; trong đó hệ thống điều khiển động cơ có một cảm biến oxy đo nồng độ oxy tại đường ra của khí thải, bộ điều khiển sẽ điều khiển van tiết lưu khí sao cho nồng độ oxy đầu ra đáp ứng theo giá trị đã thiết lập.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái trong đó:

- phương pháp mô hình hóa hoạt động của động cơ tại từng phạm vi hoạt động được thực hiện dựa trên phương pháp thực nghiệm với các bước như sau: cấp một dạng xung đặc biệt điều khiển phun nhiên liệu cho động cơ hoạt động tại các phạm vi tốc độ vòng quay và áp suất môi trường khác nhau, sau đó thu thập dữ liệu để xây dựng các mô hình hoạt động thành phần, xung cấp vào động cơ được điều chế với các tần số và biên độ phù hợp sao cho có khả năng khiến động cơ thể hiện

được các đáp ứng của quá trình tăng, giảm tốc độ quay của động cơ, việc xây dựng mô hình hoạt động của động cơ từ dữ liệu được thực hiện nhờ các công cụ nhận dạng mô hình, loại mô hình có thể là tuyến tính hoặc phi tuyến.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái trong đó:

- phương pháp mô phỏng vật lý điều kiện hoạt động theo các phạm vi áp suất của động cơ được thực hiện bằng cách cấp khí tại đầu vào động cơ từ một hệ thống có khả năng cung cấp khí với các mức áp suất tĩnh thấp hơn áp suất khí quyển, nhằm mô phỏng lại áp suất theo các độ cao bay của máy bay. Động cơ được điều khiển khởi động và hoạt động tại các mức vòng quay khác nhau trong khi hệ thống cấp khí vào động cơ tại các mức áp suất khác nhau để thu thập dữ liệu phục vụ phân tích đáp ứng và xây dựng mô hình hoạt động của động cơ.

Theo khía cạnh tiếp theo, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái bao gồm:

- phương pháp mô phỏng tìm các hệ số điều khiển ứng với từng mô hình hoạt động của động cơ cấu trúc điều khiển vòng kín phun nhiên liệu được xây dựng trên một phần mềm mô phỏng điều khiển, trong đó có thành phần mô hình động cơ, bộ điều khiển, điểm đặt, tín hiệu phản hồi; các hệ số điều khiển được tìm ra bằng công cụ mô phỏng tinh chỉnh đáp ứng hệ thống theo thời gian đáp ứng. các bộ hệ số điều khiển ứng với từng mô hình hoạt động sau khi được tìm ra sẽ được nhúng vào một ma trận tham chiếu hai chiều, trong đó một chiều tương ứng với sự biến thiên của tốc độ vòng quay và một chiều tương ứng với sự thay đổi áp suất hoạt động.

Giải pháp hữu ích này mô tả phương pháp điều khiển vòng kín bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông hai thì cho máy bay không người lái tại giai đoạn động cơ đã hoạt động được sau khi khởi động, sao cho động cơ bám theo giá trị tốc độ vòng quay mong muốn cấp vào bộ điều khiển động cơ. Phương pháp điều khiển vòng

kín độ mở van tiết lưu khí (bướm ga) được giả định là đã biết trước và không được đi sâu phân tích trong giải pháp hữu ích này.

Điểm đặc biệt của giải pháp hữu ích này là các hệ số điều khiển van điều tiết lưu lượng phun nhiên liệu được thiết kế thích nghi với sự thay đổi của điều kiện làm việc của động cơ, bao gồm tốc độ vòng quay và áp suất hoạt động. Giải pháp hữu ích đã đưa ra phương pháp thử nghiệm vật lý mô phỏng hoạt động của động cơ theo các độ cao khác nhau, thông qua việc sử dụng một hệ thống cấp khí đầu vào động cơ có thể điều chỉnh được áp suất tĩnh thấp hơn áp suất khí quyển.

Phương pháp mô hình hóa đặc tính hoạt động của động cơ được thực hiện theo trình tự như sau: tại các phạm vi áp suất và tốc độ vòng quay cần xây dựng mô hình, nhiên liệu được điều khiển phun vào cho động cơ hoạt động theo một dạng xung đặc biệt được tính toán nhằm mục đích khiến động cơ thể hiện được các đặc tính hoạt động, sau đó thu thập dữ liệu thử nghiệm, rồi sử dụng công cụ xây dựng các mô hình đáp ứng tương ứng.

Để tìm các hệ số điều khiển, cấu trúc hệ thống điều khiển động cơ được thiết lập trên phần mềm mô phỏng, sau đó các hệ số điều khiển được tìm ra bằng công cụ tinh chỉnh theo thời gian đáp ứng. Các hệ số này sau đó được nhúng vào bộ điều khiển phun xăng điện tử để tính toán độ mở van tiết lưu phun nhiên liệu. Các giới hạn phun nhiên liệu cũng được tính để đảm bảo khả năng hoạt động liên tục của động cơ.

Độ mở van cấp khí được điều khiển sao cho đảm bảo tỷ lệ nhiên liệu và không khí luôn duy trì trong một phạm vi xác định, dựa trên tín hiệu phản hồi nồng độ khí oxy ở đường khí thải. Thời điểm đánh lửa trong động cơ được xác định dựa trên cảm biến vị trí pít-tông.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích giúp đảm bảo khả năng hoạt động tin cậy trong toàn phạm vi độ cao hoạt động được của các máy bay không người lái sử dụng bộ phun xăng điện tử với động cơ pít-tông hai thì.

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi giải pháp hữu ích, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái bao gồm:

xác định bộ hệ số điều khiển theo áp suất và tốc độ vòng quay, các bộ hệ số này được lưu trong một ma trận hai chiều dùng để tham chiếu, trong đó một chiều là tốc độ vòng quay và chiều còn lại là áp suất khí quyển, các bộ hệ số này được tính toán dựa trên việc xác định các mô hình đặc tính hoạt động của động cơ theo từng dải áp suất hoạt động và tốc độ vòng quay;

tính toán sơ bộ lưu lượng phun nhiên liệu thông qua việc áp các bộ hệ số điều khiển vừa xác định vào thuật toán điều khiển vòng kín PID, trong đó điểm đặt là tốc độ vòng quay mong muốn của động cơ, giá trị phản hồi là tốc độ vòng quay hiện tại, và tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển là giá trị điều khiển phun nhiên liệu;

tính toán giới hạn phun để đảm bảo động cơ hoạt động an toàn, lưu lượng nhiên liệu phun vào quá nhiều hoặc quá ít có thể làm động cơ dừng hoạt động;

xác định giá trị thực tế có thể phun bằng giá trị phun dự kiến nếu giá trị này nằm trong giới hạn phun; ngược lại, nếu giá trị phun dự kiến nằm ngoài giới hạn phun thì giá trị phun thực tế bằng giới hạn phun gần nhất với giá trị phun dự kiến;

thực hiện phun nhiên liệu và điều khiển đánh lửa nhiên liệu được phun liên tục vào động cơ thông qua tín hiệu điều khiển vừa tính toán để mở van điều tiết kim phun nhiên liệu, thời gian điều khiển đánh lửa được xác định dựa vào cảm biến vị trí pít-tông;

tính toán điều khiển van tiết lưu khí đầu vào động cơ để đảm bảo tỷ lệ khí và nhiên liệu giữ ổn định trong phạm vi cho phép nhằm duy trì sự hoạt động của động cơ, việc điều khiển van tiết lưu khí được thực hiện thông qua một bộ điều khiển vòng kín.

2. Phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

phương pháp mô hình hóa hoạt động của động cơ tại từng phạm vi hoạt động được thực hiện dựa trên phương pháp thực nghiệm với các bước như sau: cấp một dạng xung đặc biệt điều khiển phun nhiên liệu cho động cơ hoạt động tại các

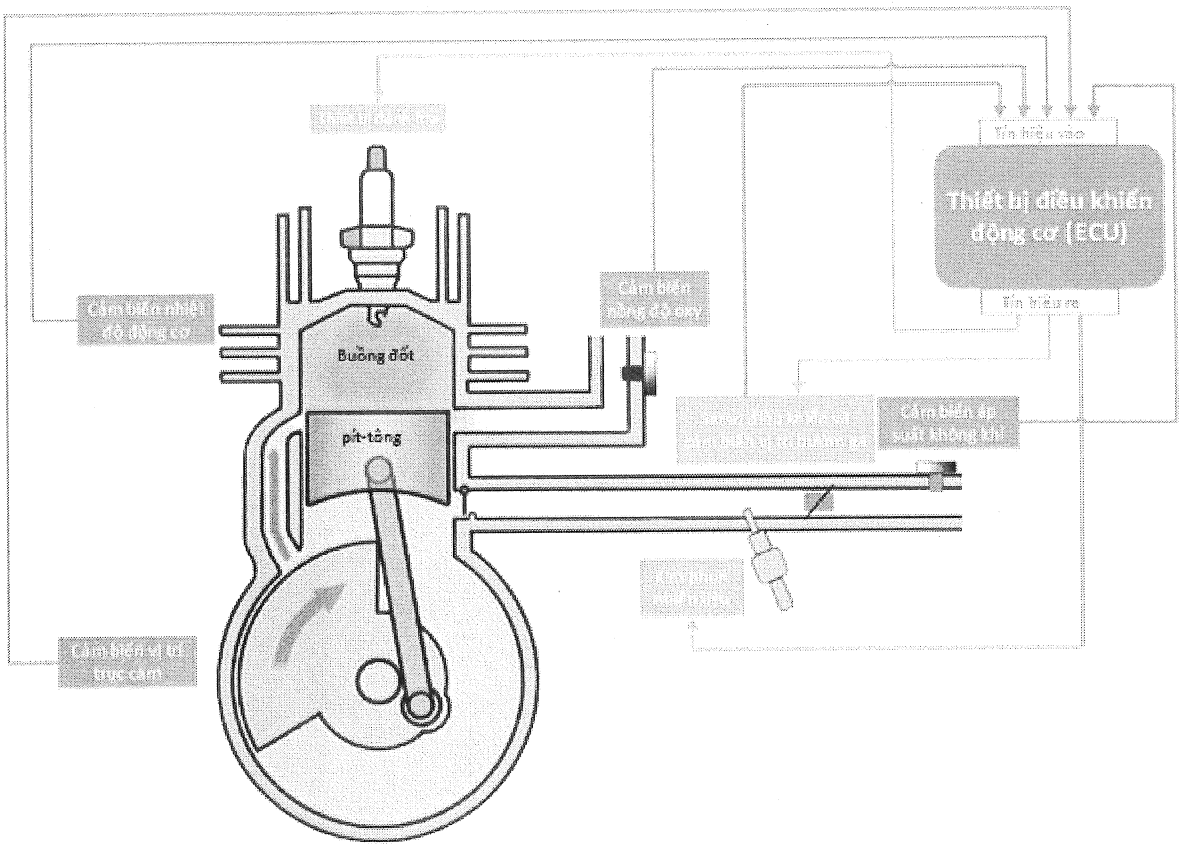
phạm vi tốc độ vòng quay và áp suất môi trường khác nhau, sau đó thu thập dữ liệu để xây dựng các mô hình hoạt động thành phần, xung cấp vào động cơ được điều chế với các tần số và biên độ phù hợp sao cho có khả năng khiến động cơ thể hiện được các đáp ứng của quá trình tăng, giảm tốc độ quay của động cơ, việc xây dựng mô hình hoạt động của động cơ từ dữ liệu được thực hiện nhờ các công cụ nhận dạng mô hình, loại mô hình có thể là tuyến tính hoặc phi tuyến.

3. Phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái theo điểm 2, trong đó:

phương pháp mô phỏng vật lý điều kiện hoạt động theo các phạm vi áp suất của động cơ được thực hiện bằng cách cấp khí tại đầu vào động cơ từ một hệ thống có khả năng cung cấp khí với các mức áp suất tĩnh thấp hơn áp suất khí quyển, nhằm mô phỏng lại áp suất theo các độ cao bay của máy bay.

4. Phương pháp điều khiển vòng kín cho bộ phun xăng điện tử động cơ pít-tông trên máy bay không người lái theo điểm 1 hoặc 2, bao gồm:

phương pháp mô phỏng tìm các hệ số điều khiển ứng với từng mô hình hoạt động của động cơ cấu trúc điều khiển vòng kín phun nhiên liệu được xây dựng trên một phần mềm mô phỏng điều khiển, trong đó có thành phần mô hình động cơ, bộ điều khiển, điểm đặt, tín hiệu phản hồi; các hệ số điều khiển được tìm ra bằng công cụ mô phỏng tinh chỉnh đáp ứng hệ thống theo thời gian đáp ứng.


Tín hiệu vào
Thiết bị điều khiển động cơ (ECU)
Tín hiệu ra
Cảm biến nhiệt độ động cơ
Cảm biến vị trí trục cam
Buồng đốt
pít-tông

Hình 1