

# Phát triển bộ công cụ thực hành phân hệ xác định và điều khiển tư thế vệ tinh ADCS kit phục vụ đào tạo

Trương Xuân Hùng\*, Bùi Nam Dương, Nguyễn Đình Châu Minh, Trịnh Hoàng Quân, Nguyễn Đức Minh,  
Nguyễn Văn Thức, Lê Thế Soát, Nguyễn Thị Phương

Trung tâm Vũ trụ Việt Nam, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 13/6/2022; ngày chuyển phản biện 15/6/2022; ngày nhận phản biện 13/7/2022; ngày chấp nhận đăng 20/7/2022

## **Tóm tắt:**

Xác định và điều khiển tư thế là phân hệ rất quan trọng đối với chất lượng thực hiện nhiệm vụ của vệ tinh khi hoạt động trên quỹ đạo. Phân hệ đảm bảo độ chính xác khi trở hướng và duy trì sự ổn định tư thế. Bài báo này trình bày quá trình phát triển một bộ công cụ thực hành cho xác định và điều khiển tư thế, tên gọi ADCS kit, tại Trung tâm Vũ trụ Việt Nam dựa trên cơ sở kết quả nghiên cứu chuyên sâu về phân hệ này. Việc sử dụng công cụ chuyên dụng trong quá trình đào tạo và thực hành về xác định và điều khiển tư thế rất cần thiết với đặc thù hoạt động của vệ tinh trong môi trường không trọng lượng, không ma sát. Bộ công cụ được trang bị những phần cứng cơ bản của phân hệ như cảm biến đo lường quán tính (Inertial measurement unit - IMU) và các bánh xe động lượng cùng với bàn gá có khả năng giả lập trạng thái không trọng lượng, không ma sát. Các bánh xe được gá lắp theo ba kiểu cấu hình khác nhau: ba trục tiêu chuẩn, kim tự tháp, tứ diện cho phép thực hiện những dạng bài thực hành điều khiển tư thế khác nhau. ADCS kit là sản phẩm được phát triển với sự tài trợ của Chương trình Phát triển Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

**Từ khóa:** ADCS kit, công cụ thực hành, xác định và điều khiển tư thế vệ tinh.

**Chỉ số phân loại:** 1.2, 1.3, 2.2

---

## Developing a practical kit for satellite attitude determination and control ADCS kit for training purposes

Xuan Hung Truong\*, Nam Duong Bui, Dinh Chau Minh Nguyen, Hoang Quan Trinh, Duc Minh Nguyen,  
Van Thuc Nguyen, The Soat Le, Thi Phuong Nguyen

Vietnam National Space Center, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 13 June 2022; revised 13 July 2022; accepted 20 July 2022

## **Abstract:**

The attitude determination and control sub-system is a critical unit for the mission performance quality of a satellite when it operates in orbit. This sub-system ensures accuracy when pointing satellite and maintains stability during attitude control. This article presents the development process of a specialised kit named ADCS kit with associated exercises in attitude determination and control in the Vietnam National Space Center based on the in-depth research results in this field. Using a specialised kit while training and practising attitude determination and control for the satellite is also required, especially when the satellite operates in a spatial environment with near-zero gravity and non-friction. The kit is assembled with basic hardware of the attitude determination and control sub-system, such as an inertial measurement unit (IMU) and several reaction wheels, which can achieve near-zero gravity and non-friction state. Three wheel configurations, which are 3-axis standard, pyramid and tetrahedron, are proposed, allowing the execution of several different attitude control schemes for the training activities. The ADCS kit is a product developed under the grant of the Technology Development Program of the Vietnam Academy of Science and Technology.

**Keywords:** ADCS kit, attitude determination and control, practical kit.

**Classification numbers:** 1.2, 1.3, 2.2

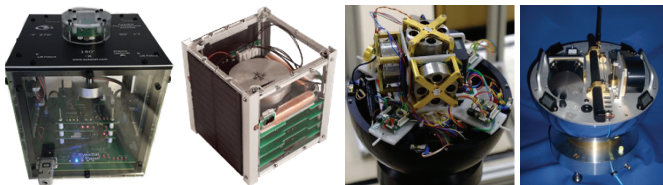
---

\*Tác giả liên hệ: Email: txhung@vnspace.org.vn

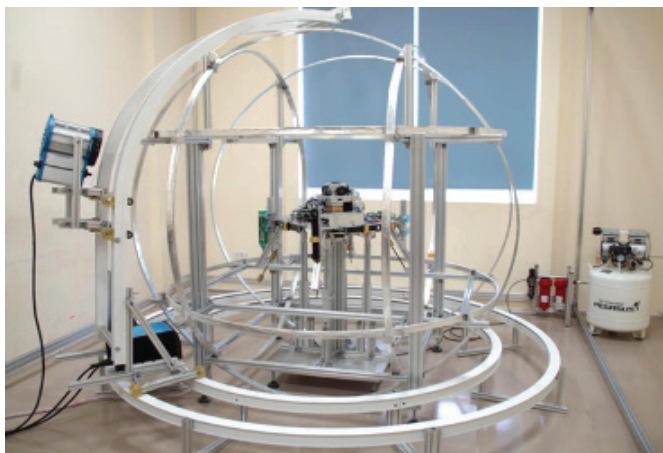
## 1. Đặt vấn đề

Đào tạo về xác định và điều khiển tư thế nói riêng và về vệ tinh nói chung là lĩnh vực đào tạo chuyên ngành với nhiều yếu tố có tính chất đặc thù riêng. Chúng xuất phát từ đặc thù hoạt động của vệ tinh trong môi trường không gian. Khi được tích hợp vào trong vệ tinh, phân hệ xác định và điều khiển tư thế (ADCS) chịu trách nhiệm xác định bộ thông số về tư thế của vệ tinh, trên cơ sở đó thực hiện điều chỉnh tư thế của vệ tinh theo yêu cầu, duy trì độ ổn định và đảm bảo độ chính xác khi trở hướng. Các chuyển động do ADCS tạo ra cho vệ tinh ở trong điều kiện không trọng lượng, không ma sát của môi trường không gian. Đồng thời, khi hoạt động trên quỹ đạo, vệ tinh trở thành hệ kín khi tổng ngoại lực triệt tiêu và các nội lực tác dụng tuân theo định luật bảo toàn động lượng. Do đặc thù như vậy, việc sử dụng các công cụ thực hành sẽ góp phần hỗ trợ tích cực cho đào tạo chuyên ngành về vệ tinh cũng như phân hệ xác định và điều khiển tư thế. Bài báo này trình bày quá trình phát triển một bộ công cụ thực hành chuyên dụng để xác định và điều khiển tư thế, bộ công cụ ADCS kit, tại Trung tâm Vũ trụ Việt Nam. ADCS kit sẽ tham gia hỗ trợ trực tiếp trong hoạt động đào tạo chuyên ngành công nghệ vũ trụ tại Trung tâm. Bên cạnh đó, sau khi được hoàn thiện và tiến hành thương mại, kỳ vọng về giá thành của sản phẩm sẽ ở mức cạnh tranh so với những sản phẩm thực hành tương tự của nước ngoài.

Ngày nay, thế giới tồn tại hai xu hướng phát triển bộ công cụ thử nghiệm/ thực hành ADCS phục vụ cho đào tạo. Xu hướng thứ nhất coi ADCS là bộ phận trong một mô hình hệ thống vệ tinh, thường là loại vệ tinh cỡ pico, nano, như EyaSat [1], ESAT [2], OrbiCraft [3] (hình 1). Loại mô hình này có đầy đủ chức năng



Hình 1. Bộ thực hành EyaSat, ESAT, CubeTAS, VABU-12 (thứ tự từ trái sang phải).



Hình 2. Hệ thống mô phỏng thử nghiệm phân hệ xác định và điều khiển tư thế vệ tinh nhỏ (ADCSS).

của một vệ tinh trong đó có phân hệ xác định và điều khiển tư thế, cung cấp cho sinh viên cái nhìn tổng quan nhất về hoạt động của hệ thống vệ tinh nói chung thông qua thực hiện các bài thực hành. Những tính năng chuyên biệt của ADCS lại tương đối đơn giản, chỉ điều khiển được tư thế 1 trục, như vậy không phản ánh được hết cấu hình và hoạt động của ADCS trong thực tế. Ví dụ, EyaSat cấu tạo gồm 1 bánh xe động lượng, 2 thanh từ lực, 1 cảm biến mặt trời, hỗ trợ thực hành bốn chế độ Bang Bang, PID, Sun Tracking, PWM.

Trong khi đó, xu hướng phát triển thứ hai là các bộ thử nghiệm/ thực hành chuyên dụng về ADCS, có khả năng điều khiển tư thế theo 3 trục, kèm theo bộ phận giả lập môi trường không gian. Trong đó, việc giả lập mô phỏng để tái tạo điều kiện không trọng lượng của môi trường hoạt động của vệ tinh trên quỹ đạo. Những hệ thống như thế đã có một lịch sử phát triển khá lâu dài, kể từ bộ thử nghiệm đầu tiên do Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Mỹ (NASA) chế tạo năm 1959 [4] cho đến hệ thống CubeTAS [5], bộ mô hình thí nghiệm VABU-12 [6] (hình 1). Cấu tạo và chức năng được tích hợp trong những hệ thống như vậy cho phép kiểm tra hoạt động thiết bị trong ADCS và thử nghiệm giải thuật xác định tư thế và giải thuật điều khiển tư thế theo 3 trục. Ví dụ như CubeTAS có cấu tạo gồm 1 cảm biến mặt trời, 1 cảm biến IMU, 3 bánh xe động lượng, 3 thanh từ lực.

Nghiên cứu xác định và điều khiển tư thế đã được Trung tâm Vũ trụ Việt Nam quan tâm thực hiện trong nhiều năm trở lại đây. Định hướng nghiên cứu không chỉ cho việc tích hợp ADCS trong vệ tinh mà còn chú trọng phát triển thiết bị hỗ trợ nghiên cứu và đào tạo. Trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thống mô phỏng xác định và điều khiển tư thế vệ tinh quan sát trái đất có độ chính xác cao” mã số VT/CN-03/14-15 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ vũ trụ, giai đoạn 2014-2016 [7], nhóm nghiên cứu của Trung tâm đã phát triển thành công hệ thống mô phỏng thử nghiệm xác định và điều khiển tư thế vệ tinh nhỏ (ADCSS) (hình 2). Hệ thống có cấu tạo gồm: bàn giả lập trạng thái không trọng lượng, không ma sát, khung giả lập từ trường, bộ giả lập hướng sáng Mặt trời kết hợp với mô hình ADCS tích hợp 3 bánh xe động lượng, cảm biến IMU, cảm biến hướng Mặt trời. ADCSS được sử dụng cho mục đích nghiên cứu và đào tạo chuyên sâu về xác định tư thế vệ tinh, điều khiển tư thế vệ tinh, cân bằng tự động. Một số thuật toán điều khiển đã được phát triển để cài đặt cho ADCSS [8].

## 2. Nội dung nghiên cứu

Bộ công cụ ADCS kit được phát triển dựa trên cấu hình ADCSS với cấu tạo được đơn giản hoá và kích thước thu gọn để phù hợp với mục đích thực hành. Đối tượng sử dụng là sinh viên bậc đại học. Cấu tạo của ADCS kit chỉ gồm 2 phần chính: bàn giả lập trạng thái không trọng lượng, không ma sát và khối xác định và điều khiển tư thế theo ba trục. Trong đó, xác định tư thế chỉ sử dụng cảm biến IMU và điều khiển tư thế thông qua các bánh xe động lượng. Đây là hai loại thiết bị cơ bản nhất trong phân hệ ADCS. Một số lợi ích mà ADCS kit có thể đem lại là: thao tác và

di chuyển dễ dàng vì có kích thước gọn, khối lượng nhỏ; vận hành đơn giản; sinh viên được làm quen với những thiết bị cơ bản trong ADCS.

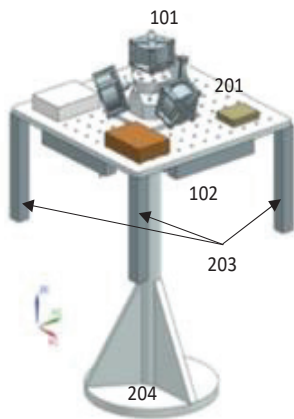
Bộ ADCS kit có khả năng thực hiện những bài thực hành như sau:

- Thực hành tìm hiểu hoạt động của bánh xe động lượng và cảm biến IMU, tích hợp hệ cảm biến con quay hồi chuyển, từ trường, gia tốc;

- Thực hành thuật toán xác định tư thế vệ tinh dựa trên dữ liệu của cảm biến IMU sử dụng bộ lọc Kalman;

- Thực hành thuật toán điều khiển tư thế vệ tinh theo chế độ điều khiển hướng Mặt trời hoặc điều khiển quay 3 trục.

Hình 3 minh họa về phương án thiết kế 3D của bộ công cụ ADCS kit. Khối xác định và điều khiển tư thế bao gồm cụm bánh xe động lượng (101) và thành phần điện - điện tử (102). Bàn giả lập trạng thái không trọng lượng, không ma sát bao gồm bàn gá (201), cụm bốn con trượt khối lượng (203). Bàn gá được ghép với chân đế (204) thông qua bộ khớp cầu đệm khí (202). Để ADCS kit hoạt động theo đúng yêu cầu về thực hành đã đề cập ở phần trước, hai đặc điểm kỹ thuật bắt buộc của bộ công cụ là: giả lập được trạng thái không trọng lượng và không ma sát; thay đổi được cấu hình bánh xe động lượng của cụm (101) theo ba dạng: kim tự tháp, tứ diện, ba trục. Phần tiếp theo sẽ trình bày rõ hơn về từng đặc điểm và giải pháp kỹ thuật đã tiến hành để giải quyết chúng.



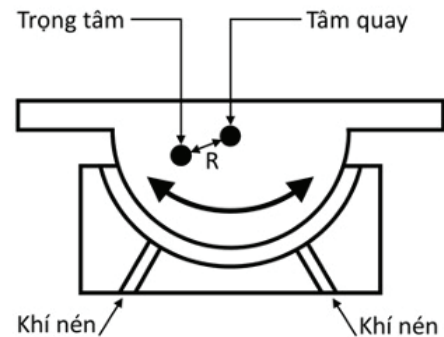
Hình 3. Mô hình 3D của bộ công cụ ADCS kit.

### 2.1. Giả lập trạng thái không trọng lượng và không ma sát

Như đã giới thiệu ở phần trước, quỹ đạo của vệ tinh nằm trong môi trường không gian không trọng lượng và không ma sát. Điều khiển tư thế của vệ tinh tuân theo định luật bảo toàn động lượng với giả thiết vệ tinh là hệ kín, tổng ngoại lực tác

động triệt tiêu. Trong khi đó, bộ công cụ được vận hành ở điều kiện trên mặt đất, luôn tồn tại vectơ trọng lực hướng về phía tâm Trái Đất và chuyển động thường chịu ảnh hưởng của lực ma sát. Tác động của các ngoại lực này ảnh hưởng đến hoạt động điều khiển tư thế của ADCS kit.

Khớp cầu đệm khí là cơ cấu cơ khí đặc thù, có khả năng tạo ra chuyển động quay tự do theo ba trục với ma sát rất nhỏ, được sử dụng để giả lập trạng thái không ma sát. Nguyên lý hoạt động của nó được minh họa trong hình 4.



Hình 4. Giải pháp giả lập trạng thái không trọng lượng và không ma sát.

Khớp cầu đệm khí có cấu tạo gồm hai phần tách rời, thứ nhất là đế, được gắn cố định và có ống dẫn khí nén nổi ra bên ngoài; thứ hai là phần khớp cầu, hình dạng bán cầu hoặc chòm cầu, tiếp xúc trực tiếp với đế. Khi khí nén vào đế, thông qua các lỗ thoát khí bố trí đều, giữa bề mặt tiếp xúc của đế và khớp cầu hình thành lớp không khí mỏng. Hiện tượng này cho phép khớp cầu chỉ tiếp xúc với lớp không khí đó và có thể quay tự do với ma sát rất nhỏ. Trong ADCS kit, bàn gá (201) sẽ được ghép với khớp cầu trong khi chân đế (204) được ghép với đế của bộ khớp cầu đệm khí (202). Do đó, chuyển động của bàn gá đã giả lập được trạng thái không ma sát. Gọi  $F$  là lực nâng cần thiết của lớp không khí và  $P$  là tổng trọng lượng của khớp cầu và các vật được gá lắp cùng, ta có quan hệ như sau:

$$F = k(P) \times P \quad (1)$$

trong đó,  $k(P) > 1$ , đặc trưng cho tổn hao gây ra do quá trình thoát khí ra xung quanh khớp cầu. Khớp cầu đệm khí được tích hợp trong bộ công cụ ADCS kit do nhóm nghiên cứu tự thiết kế và chế tạo trong nước với chi phí thấp hơn so với sản phẩm tương tự của nước ngoài. Sản phẩm chế tạo đáp ứng được yêu cầu về tải trọng của bộ công cụ ADCS kit, khối lượng là 12 kg và có thông số kỹ thuật được liệt kê trong bảng 1.

Xét trong trường hợp tổng quát, gọi khoảng cách giữa trọng tâm và tâm quay là  $R$ , trọng lực của hệ vật là  $P$  và sinh ra một mô-men quay  $M$  tác động làm hệ vật có xu hướng quay đến vị trí cân bằng bền. Mô-men này được xác định theo công thức như sau:

$$M=P \times R \tag{2}$$

**Bảng 1. Thông số của bộ khớp cầu đệm khí.**

Thông số	Giá trị
Đường kính khớp cầu (mm)	70
Đường kính của lỗ thoát khí nén (mm)	0,2
Số lượng đầu khí nén	6
Phạm vi quay (độ)	
- Roll (ngiên)	±50°
- Pitch (lên xuống)	±50°
- Yaw (quay ngang)	±360°

Nếu toạ độ của điểm trọng tâm trùng với tâm quay của khớp cầu thì ta có  $M=0$  và hệ vật đạt được trạng thái cân bằng phiếm định. Khi đó, hệ vật sẽ có xu hướng giữ nguyên tư thế bất kỳ và không chịu tác động của thành phần trọng lực hướng tâm. Đây là giải pháp giả lập trạng thái không trọng lượng cho bàn gá. Xét hệ toạ độ không gian có gốc nằm ở tâm quay và vectơ khoảng cách được xác định theo biểu thức sau:

$$R=[r_x, r_y, r_z] \tag{3}$$

trong đó,  $r_x, r_y, r_z$  là khoảng cách theo 3 trục điểm trọng tâm so với tâm quay đầu của khớp cầu.

Trạng thái không trọng lượng được xác lập theo trình tự hai bước như sau:

- Bước 1, phân bố đều khối lượng trên bàn gá để hai thành phần và thoả mãn:

$$\begin{cases} r_x \approx 0 \\ r_y \approx 0 \end{cases} \tag{4}$$

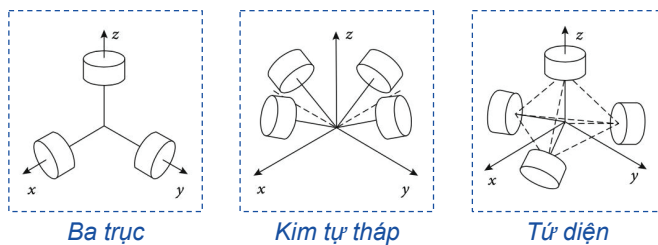
- Bước 2, điều chỉnh vị trí của các con trượt (203) để điều chỉnh thành phần thứ ba theo công thức liên hệ như sau:

$$r_z = \sum_{i=1}^n m_i r_i \tag{5}$$

trong đó,  $m$  là khối lượng của cả hệ,  $m_i$  là khối lượng con trượt thứ  $i$ ,  $r_i$  là khoảng cách của con trượt thứ  $i$ .

### 2.2. Cơ cấu chuyển đổi cấu hình bánh xe động lượng

Trong khi cấu hình ba trục là cấu hình tiêu chuẩn trong điều khiển tư thế vệ tinh theo ba trục. Hai cấu hình khác bao gồm kim tự tháp và tứ diện. Chúng chính là các cấu hình được sử dụng phổ biến trong phân hệ ADCS của vệ tinh, được minh hoạ như hình 5.



**Hình 5. Ba cấu hình bánh xe động lượng.**

Xét trường hợp tổng quát, ba thành phần mô-men quay vệ tinh theo ba trục sẽ có quan hệ với các mô-men sinh ra bởi hệ các bánh xe

động lượng thông qua một ma trận chuyển đổi. Ma trận chuyển đổi giữa các thành phần mô-men sinh ra bởi từng bánh xe động lượng với mô-men thành phần theo hệ toạ độ ba trục của vệ tinh thay đổi tùy theo cấu hình của bánh xe động lượng. Gọi các ma trận lần lượt là ba trục -  $D_{3a}$ , kim tự tháp -  $D_{py}$ , tứ diện -  $D_{te}$ ; chúng được biểu diễn theo các biểu thức sau [9]:

$$a = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$D_{py} = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\cos\beta & 0 \\ 0 & \cos\beta & 0 & -\cos\beta \\ \sin\beta & \sin\beta & \sin\beta & \sin\beta \end{bmatrix} \tag{7}$$

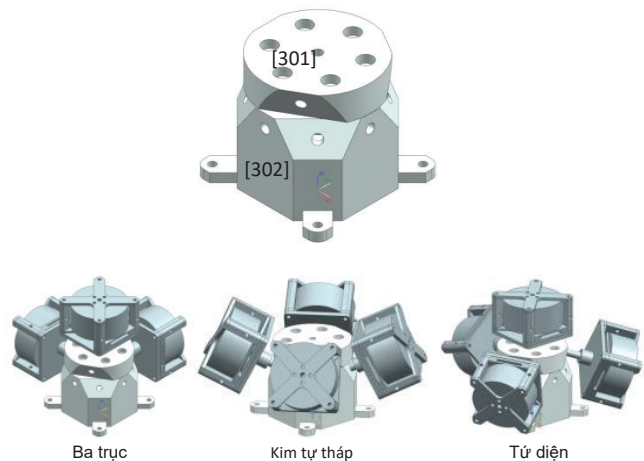
$$D_{te} = \begin{bmatrix} c_x^1 & c_x^2 & c_x^3 & c_x^4 \\ c_y^1 & c_y^2 & c_y^3 & c_y^4 \\ c_z^1 & c_z^2 & c_z^3 & c_z^4 \end{bmatrix} \tag{8}$$

trong đó:  $\beta$  là góc nghiêng giữa trục quay của các bánh xe động lượng và trục x, y; các thành phần thoả mãn những điều kiện như sau:

$$\begin{cases} c_x^1 + c_x^2 + c_x^3 + c_x^4 = 0 \\ c_y^1 + c_y^2 + c_y^3 + c_y^4 = 0 \\ c_z^1 + c_z^2 + c_z^3 + c_z^4 = 0 \end{cases} \tag{9}$$

Từ biểu thức liên hệ nói trên, ta thấy được cấu hình kim tự tháp cung cấp năng lực dự phòng, vẫn tạo ra được mô-men quay cho cả ba trục ngay cả khi có một bánh xe động lượng bị hỏng. Cấu hình tứ diện lại có khả năng cung cấp mô-men gấp đôi tại mỗi trục nếu so với cấu hình ba trục tiêu chuẩn. Với những đặc điểm như vậy, các cấu hình ba trục, kim tự tháp, tứ diện được lựa chọn để tích hợp trong ADCS kit.

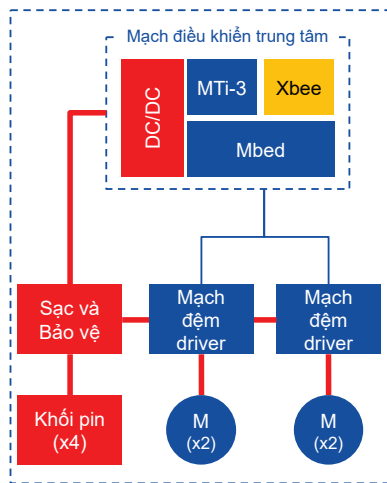
Để thay đổi được cấu hình bánh xe động lượng, một cơ cấu gá lắp để hỗ trợ chuyển đổi giữa các kiểu cấu hình đã được nghiên cứu và phát triển. Giải pháp đã được cấp Bằng độc quyền sáng chế số 30577. Hình 6 minh hoạ về ý tưởng thiết kế của cơ cấu này với mặt nghiêng cho từng kiểu cấu hình: tứ diện trong khoảng  $109^\circ$ , kim tự tháp trong khoảng  $52^\circ$ . Đồng thời số lượng bánh xe sử dụng và vị trí gá lắp cho từng cấu hình là khác nhau. Cơ cấu cho phép thực hiện chuyển đổi gá lắp giữa ba cấu hình được nhanh chóng và thuận tiện. Qua đó, giúp hỗ trợ việc thao tác vận hành bộ ADCS kit cũng như thực hiện được nhiều dạng bài thực hành điều khiển tư thế vệ tinh.



**Hình 6. Cơ cấu gá lắp chuyển đổi các kiểu cấu hình bánh xe động lượng.**

### 2.3. Hệ thống điện - điện tử

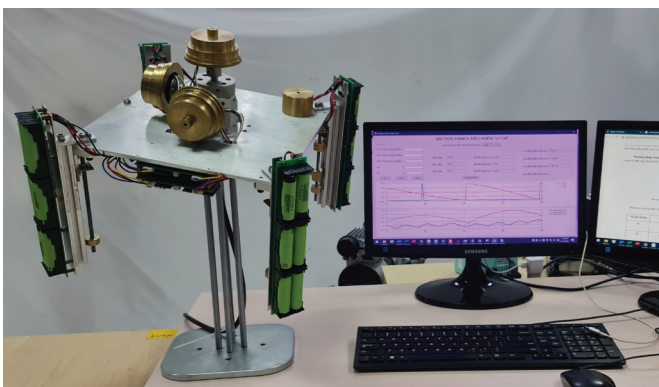
Hệ thống điện - điện tử là thành phần không thể thiếu của khối xác định và điều khiển tư thế theo ba trục. Nó thực hiện những tác vụ chính như sau: điều khiển cụm bánh xe động lượng, tối đa 4 bộ; đọc dữ liệu từ cảm biến IMU; kết nối truyền thông không dây với máy tính thông qua giao thức Xbee; thực thi các thuật toán xác định tư thế và điều khiển tư thế. Các tác vụ này là cơ sở để tổng hợp những bài thực hành đã được đề cập ở phần trước: tìm hiểu hoạt động của bánh xe động lượng và cảm biến IMU; thực hành thuật toán xác định tư thế và thuật toán điều khiển tư thế. Hình 7 minh họa sơ đồ khối của hệ thống điện-điện tử của bộ công cụ ADCS kit. Kit điều khiển trung tâm sử dụng mạch điều khiển trung tâm Mbed LPC1768, cảm biến IMU MTi-3, động cơ servo EC-i 40 kèm mạch đệm điều khiển công suất, mô-đun thu phát không dây Xbee. Các thiết bị điện, điện tử được lựa chọn cũng như các bo mạch điện tử tự phát triển đều có kích thước nhỏ gọn, cho phép dễ dàng tích hợp và lắp ráp vào bộ công cụ ADCS kit.



Hình 7. Sơ đồ khối của hệ thống điện/điện tử trong ADCS kit.

### 3. Kết quả và bàn luận

Hình 8 minh họa sản phẩm ADCS kit đã được lắp đặt hoàn thiện. Thiết kế nhỏ gọn cho phép ADCS kit được bố trí gọn ngay trên bàn, thuận tiện cho việc thực hành.



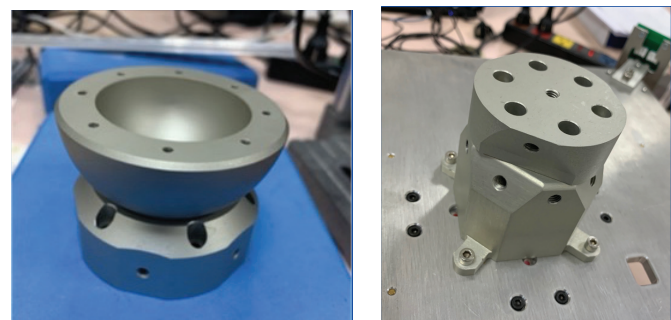
Hình 8. Hình ảnh thực tế của bộ công cụ ADCS kit.

Điều này đáp ứng đúng theo mục đích đặt ra ban đầu. Không gian phía trên mặt bàn chỉ gá lắp cơ cụm bánh xe động lượng, theo một trong ba cấu hình kim tự tháp, tứ diện, ba trục. Ngoài ra, một số tải phụ được lắp đặt thêm để bù khối lượng cho xử lý cân bằng bàn, giả lập trạng thái không trọng lượng. Hệ thống điện - điện tử được gá lắp ở bên dưới mặt bàn. Trong khi các khối pin có khối lượng chiếm tỷ trọng tương đối lớn, chúng được bố trí đều ở cùng vị trí bốn con trượt khối lượng tại bốn góc bàn. Về cơ bản, công cụ ADCS kit có bố trí thiết bị cân đối theo hai trục x, y và các con trượt khối lượng được dùng để cân bằng theo trục z để giả lập trạng thái không trọng lượng. Cuối cùng, bàn giả lập được trang bị thêm cơ cấu chống lật, cho phép giới hạn góc nghiêng thực tế của bàn không vượt quá 30° để đảm bảo an toàn. Bảng 2 liệt kê các thông số kỹ thuật chính của bộ công cụ ADCS kit.

Bảng 2. Thông số của bộ công cụ ADCS kit.

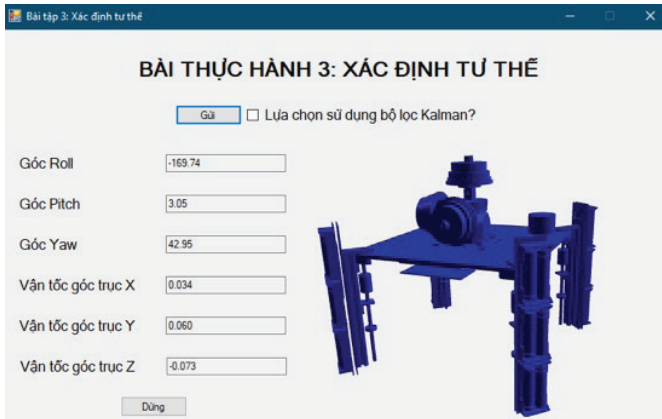
Thông số	Giá trị
Góc tư thế theo 3 trục (độ)	
Roll (nghiêng)	±30°
Pitch (lên xuống)	±30°
Yaw (quay ngang)	±360°
Kích thước bàn (mm)	300x300
Chiều cao (mm)	500
Khối lượng tối đa (kg)	12
Độ chính xác (độ)	2-3
Vận tốc góc tối đa có thể đạt (độ/giây)	≥0,2

Trong quá trình phát triển bộ công cụ, việc chế tạo được bộ khớp cầu đệm khí và cơ cấu chuyển đổi cấu hình bánh xe động lượng (hình 9), là hai điểm nổi bật về mặt công nghệ. Chế tạo được khớp cầu đệm khí cho phép cấu trúc cơ khí của bộ công cụ hoàn toàn được sản xuất ở trong nước, tỷ lệ nội địa hoá đạt 100%. Điều này cho phép sản phẩm ADCS kit có thể chủ động về gia công chế tạo phần cấu trúc ở giai đoạn tiếp theo. Khớp cầu đệm khí là thiết bị cơ khí đặc thù và chuyên dụng, phải nhập từ nước ngoài do chưa sản xuất được trong nước. Do đó, sản phẩm khớp cầu của nhiệm vụ là bước đầu tiên để tiếp cận làm chủ công nghệ thiết kế chế tạo khớp cầu đệm khí tại Việt Nam. Bên cạnh đó, tính hiệu quả của giải pháp kỹ thuật theo Bằng độc quyền sáng chế số 30577 đã được kiểm chứng từ việc chế tạo thành công cơ cấu đó. Người vận hành thay đổi cấu hình một cách nhanh chóng và dễ dàng thông qua thay đổi vị trí gá lắp của từng bánh xe động lượng.

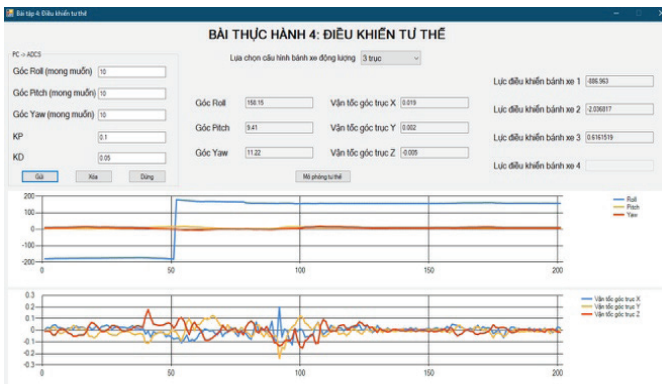


Hình 9. Khớp cầu đệm khí và cơ cấu chuyển đổi cấu hình bánh xe động lượng.

ADCS kit kết nối với máy tính điều khiển thông qua kênh truyền thông không dây Xbee. Hình 10 và 11 minh họa một số giao diện bài thực hành xác định tư thế và điều khiển tư thế.



Hình 10. Giao diện thực hành xác định tư thế.



Hình 11. Giao diện thực hành điều khiển tư thế.

#### 4. Kết luận

Bộ công cụ thực hành ADCS kit là một phiên bản đơn giản hoá của hệ thống mô phỏng thử nghiệm chuyên dụng ADCSS về xác định và điều khiển tư thế cho vệ tinh nhỏ. ADCS kit được kỳ vọng sẽ đóng góp tích cực vào trong hoạt động đào tạo của sinh viên thuộc chuyên ngành công nghệ vũ trụ nói chung và thực hành về xác định và điều khiển tư thế vệ tinh nói riêng. Do tính chất đặc thù của ngành, quá trình đào tạo rất cần những bộ công cụ như vậy. Ngoài ra, trong quá trình phát triển sản phẩm, nhóm nghiên cứu đã có được hai đóng góp mới về mặt công nghệ. Đầu tiên, phát triển

được một giải pháp giá lắp bánh xe động lượng để tạo ra ba cấu hình khác nhau: kim tự tháp, tứ diện, ba trục. Giải pháp đã được cấp bằng độc quyền sáng chế năm 2021. Bên cạnh đó, bước đầu làm chủ công nghệ về bộ khớp cầu đệm khí, sản phẩm được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhiệm vụ “Phát triển bộ công cụ thực hành phân hệ xác định và điều khiển tư thế vệ tinh phục vụ đào tạo công nghệ vũ trụ”, mã số UDPTCN 04/19-21 được tài trợ bởi Chương trình Phát triển Công nghệ của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam Nam và thực hiện trong giai đoạn 2019-2021. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.J. Barnhart, J.J. Sellers, C.A. Bishop, et al. (2005), “EyasSAT: A revolution in teaching and learning space systems engineering”, *1st Space Systems Engineering Conference*, Georgia Institute of Technology, USA, 16pp.
- [2] I. Barrios (2017), “ESAT - The educational satellite”, *J. Aeronaut Aerospace Eng.*, **6(2)**, DOI: 10.4172/2168-9792-C1-017.
- [3] Z. Zhumaev, A. Vlaskin, A. Sivkov, et al. (2017), “SPUTNIX education: From satellite mockup to CubeSat launch”, *68th International Astronautical Congress*, Australia, 10pp.
- [4] J.L. Schwartz, M.A. Peck, C.D. Hall (2003), “Historical review of air-bearing spacecraft simulators”, *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, **26(4)**, pp.513-522, DOI: 10.2514/2.5085.
- [5] S. Chesi, O. Perez, M. Romano (2015), “A dynamic, hardware-in-the-loop, three-axis simulator of spacecraft attitude maneuvering with nanosatellite dimensions”, *Journal of Small Satellites*, **4(1)**, pp.315-328.
- [6] VECTRONIC Aerospace GmbH (2016), *Air Bearing Unit VABU-12*, Datasheet.
- [7] V.V. Phuong (2016), *Research, Design and Manufacture of a High-Precision Simulation System for The Attitude Determination and Control of The Earth Observation Satellite*, Summary Report of the National Project, Vietnam National Satellite Center, pp.185-250 (in Vietnamese).
- [8] T.X.Hung, A. Chemori, P.A. Tuan, et al. (2016), “From PID to L1 adaptive control for automatic balancing of a spacecraft three-axis simulator”, *International Journal of Emerging Technology & Advanced Engineering*, **6(1)**, pp.77-86.
- [9] İ. Kök (2012), *Comparison and Analysis of Attitude Control Systems of a Satellite Using Reaction Wheel Actuators*, Master’s Thesis, Luleå University of Technology, pp.17-22.