

Thiết kế hệ thống lấy mẫu cho xe trinh sát hóa học, sinh học, phóng xạ, hạt nhân

Lê Đức Anh^{1*}, Nguyễn Văn Ngân²

¹Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 89 Lý Nam Đế, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam;

²Cục Kỹ thuật, Binh chủng Hóa học, Số 1 Phan Văn Trường, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: leanh12s2003@gmail.com

Nhận bài: 15/3/2024; Hoàn thiện: 08/4/2024; Chấp nhận đăng: 24/4/2024; Xuất bản: 25/6/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.96.2024.159-162>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày giải pháp tính toán, thiết kế hệ thống lấy mẫu cho xe trinh sát hóa học, sinh học, phóng xạ, hạt nhân (CBRN) cho phép lấy mẫu đất, bụi, nước trên các địa hình khác nhau. Hệ thống lấy mẫu là tay máy ba bậc tự do được điều khiển từ bên trong xe. Sử dụng hệ thống lấy mẫu giúp bộ đội lấy được các mẫu trong các điều kiện môi trường khắc nghiệt để phân tích hoặc gửi về các phòng thí nghiệm. Hệ thống được thiết kế đảm bảo hoạt động chính xác, tin cậy và an toàn cao.

Từ khoá: Xe trinh sát CBRN; Hệ thống lấy mẫu; Robot tay máy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, xe trinh sát hóa học được sử dụng chủ yếu trong quân đội là UAZ-469PX đã lạc hậu, chưa tích hợp các thiết bị trinh sát sinh học, phóng xạ và hạt nhân thế hệ mới; công tác lấy mẫu, phân tích mẫu và đánh dấu vùng nhiễm còn thủ công. Các mẫu xe trinh sát CBRN đã được quân đội các nước hiện đại hóa, tích hợp nhiều tính năng hiện đại như tự động lấy mẫu, phân tích và đánh dấu vùng nhiễm [1, 2]. Hệ thống lấy mẫu trên xe trinh sát CBRN chủ yếu được thiết kế dạng tay máy robot sử dụng truyền động điện [2] hoặc điện thủy lực [1]. Nghiên cứu về thiết kế tay máy robot là một lĩnh vực đang phát triển mạnh mẽ với nhiều hướng tiếp cận khác nhau, với mục tiêu chung là phát triển tay máy có khả năng thực hiện các nhiệm vụ phức tạp một cách chính xác, hiệu quả và an toàn [3]. Do vậy, thiết kế hệ thống lấy mẫu bảo đảm tích hợp khả năng lấy được nhiều loại mẫu khác nhau như các loại đất (đất sét, đất cát, đất cứng), cát, bụi, dung dịch và không khí trên các loại địa hình đa dạng đòi hỏi sự kết hợp giải pháp thiết kế cánh tay máy và chọn thiết kế các mô đun lấy mẫu linh hoạt, hiệu quả.

2. HỆ THỐNG LẤY MẪU

2.1. Yêu cầu thiết kế

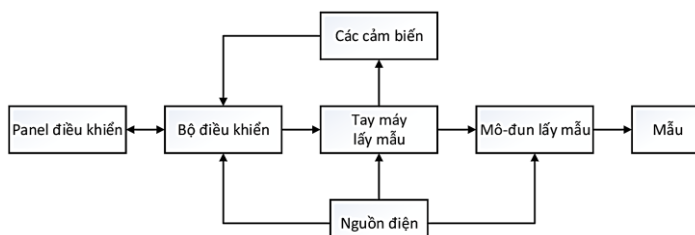
Hệ thống lấy mẫu là một trong 15 hệ thống được tích hợp lên xe trinh sát CBRN, do đó, phải đảm bảo các yêu cầu về kích thước, dễ sử dụng và khả năng bảo đảm. Hệ thống được lắp ở phía sau thùng xe trinh sát để lấy mẫu trên mặt đất, cần đảm bảo các thông số kỹ thuật yêu cầu như: không gian bố trí chiều ngang không quá 400 mm, độ cao từ mặt đất lên vị trí xử lý mẫu là 1600 mm, được lắp đặt chắc chắn. Đối tượng sử dụng là chiến sĩ nghĩa vụ với khả năng nhận thức không đồng đều, do đó, hệ thống lấy mẫu phải an toàn, dễ sử dụng, thời gian huấn luyện ngắn. Mục tiêu của thiết bị là được biên chế và sử dụng trong toàn quân, do đó, khả năng bảo đảm kỹ thuật khi sử dụng cũng là yếu tố rất quan trọng.

2.2. Kết cấu hệ thống lấy mẫu

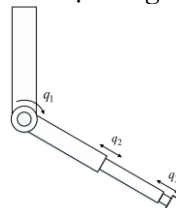
Từ yêu cầu kỹ thuật về thiết kế, kết cấu của hệ thống lấy mẫu được thiết kế như trên hình 1. Tay máy lấy mẫu có ba bậc tự do, gồm bốn khâu và ba khớp nối giữa các khâu: khớp quay tại vai, khớp tịnh tiến co duỗi cánh tay và khớp tịnh tiến co duỗi khâu công tác. Khâu công tác dùng để lấy các loại mẫu khác nhau, bao gồm: động cơ khoan lấy mẫu đất, đầu lấy mẫu bụi và nước và cơ cấu lấy mẫu bụi, chất lâu tan. Trên cơ sở tính toán thiết kế [4, 5], các cơ cấu truyền động được lựa chọn như trong bảng 1 và 2 dưới đây:



a) Kết cấu hệ thống.



b) Sơ đồ khối hệ thống điều khiển.



c) Sơ đồ cấu trúc động học.

Hình 1. Kết cấu của hệ thống lấy mẫu.

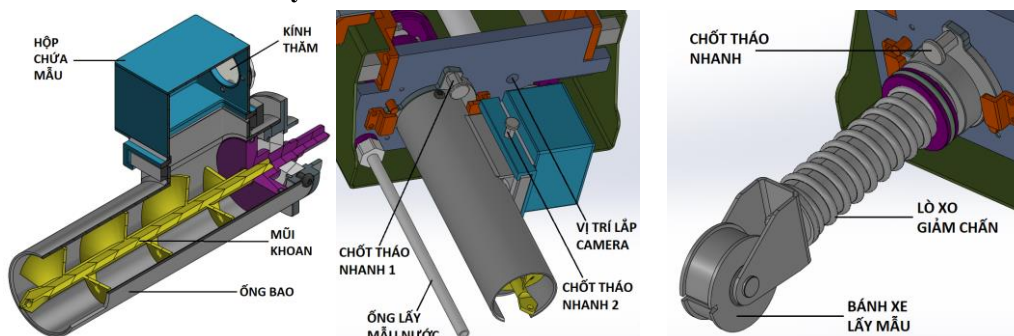
Bảng 1. Kết quả tính chọn động cơ và hộp giảm tốc khớp quay.

Tham số	Thông số yêu cầu	Thông số thiết bị		
		Động cơ bước: PKP299D45A	Hộp giảm tốc: BCS-40-160-I Tỷ số truyền: 160	Động cơ lắp hộp giảm tốc
Mô men (Nm)	290,7	6,4		1024
Vận tốc góc (vòng/phút)	2,5	500		3,125
Công suất (W)	76,5	93,6		93,6

Bảng 2. Kết quả tính chọn các xy lanh điện khớp 2 và khớp 3.

Khớp	Thông số kỹ thuật yêu cầu			Thông số kỹ thuật thiết bị			
	Tải trọng (N)	Hành trình (mm)	Vận tốc (mm/s)	Mã thiết bị	Tải trọng (N)	Hành trình (mm)	Vận tốc (mm/s)
q_2	200	450	40	CAHB-21E	1500	500	50
q_3	100	180	30	CAHB-10	500	200	45

2.3. Thiết kế các mô đun lấy mẫu



a) Mô-đun lấy mẫu đất.

b) Mô-đun lấy mẫu bụi trên bề mặt.

Hình 2. Kết cấu các mô đun lấy mẫu.

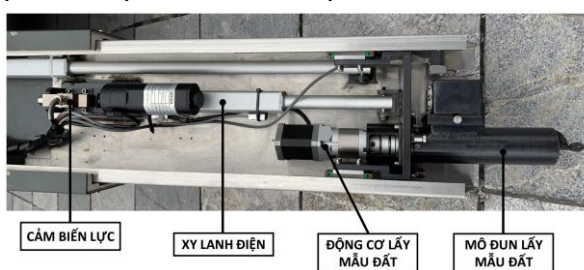
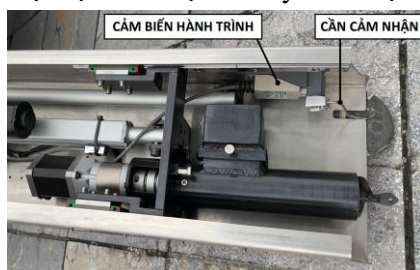
Hình 2 trình bày kết cấu các mô đun lấy mẫu. Mô đun lấy mẫu đất (hình 2a) được lắp nhanh vào hệ thống nhờ chốt tháo nhanh 1 và hai chốt bắt chéo hai bên tai của mô đun này. Ngoài ra, hộp chứa mẫu đất cũng có thể tháo thuận tiện, nhanh chóng bằng cách tháo chốt 2 và rút hộp chứa mẫu ra khỏi rãnh dẫn hướng, cho phép lấy được mẫu ở các vị trí khác nhau. Để nhận biết được số lượng

mẫu trong hộp chứa, cạnh phía trong của hộp được lắp một kính thăm và một camera cho phép nhân viên vận hành quan sát được vào bên trong hộp chứa mẫu.

Trên hình 2a cũng thể hiện đầu ống tháo lắp nhanh. Đầu hút này thông qua cơ cấu phân phối và điều khiển chế độ hút nước, hút không khí để tiến hành lấy mẫu nước và không khí. Mô đun lấy mẫu bụi trên bề mặt đất có kết cấu được thiết kế như trên hình 2b. Bánh xe lấy mẫu bụi, chất lâu tan có thể quay quanh trục và bề mặt lăn trên mặt đất để lấy mẫu. Bánh xe lăn được nhờ chuyển động đẩy qua lại của đầu gắn mô đun này. Lò xo được lắp giữa bánh xe và đầu gá là giải pháp liên kết mềm để chuyển hướng trong chuyển động tịnh tiến của cánh tay. Chốt tháo nhanh cho phép thay thế mô đun lấy mẫu đất và mô đun lấy mẫu bụi được nhanh chóng, thuận tiện.

2.4. Giải pháp cảm nhận độ cao địa hình, độ cứng nền đất

Trong quá trình hoạt động, xe trinh sát được triển khai ở nhiều địa hình có độ cao thấp khác nhau. Một công tác hành trình [6] với cần cảm nhận được uốn cong như trong hình 3, được gắn ở cuối tay máy lấy mẫu giúp hệ thống cảm nhận được độ cao địa hình. Khi tay máy lấy mẫu được hạ chạm tới bề mặt đất, cần cảm nhận sẽ va chạm với bề mặt đất trước và kích hoạt công tác hành trình để báo trạng thái hạ chạm đất. Hình 4 trình bày giải pháp thiết kế sử dụng cảm biến lực giúp cảm nhận độ cứng địa hình. Khi gặp mẫu đất cứng, phản lực từ mẫu lên mũi khoan sẽ được truyền ngược lại dọc theo trục của xy lanh điện và được cảm nhận bởi cảm biến lực.



Hình 3. Giải pháp cảm nhận độ cao địa hình. **Hình 4.** Giải pháp cảm nhận độ cứng địa hình.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Từ kết quả nghiên cứu thiết kế, hệ thống lấy mẫu tự động được chế tạo và tích hợp lên xe trinh sát CBRN. Hình 5 thể hiện vị trí hệ thống lấy mẫu được lắp đặt ở cuối xe trinh sát và bảng điều khiển được lắp đặt bên trong thùng xe.



Hình 5. Tích hợp hệ thống lấy mẫu tự động lên xe trinh sát CBRN. **Hình 6.** Thực nghiệm vận tốc nâng hạ, cảm nhận độ cao địa hình.

Hệ thống lấy mẫu được thực nghiệm kiểm chứng các chức năng và thông số kỹ thuật. Kết quả thực nghiệm cho thấy các cơ cấu truyền động hoạt động êm đều, không bị kêu, kẹt; đáp ứng được yêu cầu về chức năng hoạt động và thông số kỹ thuật yêu cầu (bảng 3). Thực nghiệm kiểm tra khả năng cảm nhận độ cao địa hình khác nhau trong chế độ điều khiển thủ công (hình 6), cho thấy hệ thống tự động dừng hạ khi đầu cuối của tay máy chạm bề mặt địa hình.

Các thử nghiệm lấy các loại mẫu đất, nước, khí và chất lâu tan cũng cho thấy tính hiệu quả của cánh tay lấy mẫu trong việc giúp đỡ bộ đội thực hiện nhiệm vụ trong các môi trường khắc nghiệt.

Bảng 3. Kết quả thực nghiệm kiểm tra khả năng chịu tải, vận tốc quay nâng hạ, co/duỗi.

Tham số	Khớp quay		Khớp tịnh tiến q_2	Khớp tịnh tiến q_3
	Vận tốc góc tối đa (vòng/phút)	Tải trọng thêm vào tối đa (N)	Vận tốc co/duỗi (mm/s)	Vận tốc co/duỗi (mm/s)
Yêu cầu	2,5	0	30	30
Thực tế	3,1	300	49	44

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày giải pháp thiết kế hệ thống tay máy lấy mẫu được tích hợp lên xe trinh sát CBRN. Hệ thống lấy mẫu thiết kế được là tay máy ba bậc tự do, gồm một khớp quay và hai khớp tịnh tiến để điều khiển khâu công tác. Khâu công tác lắp được các loại mô đun lấy mẫu khác nhau để lấy mẫu đất, nước, bụi và chất lâu tan. Các giải pháp thiết kế các mô đun lấy mẫu có tính sáng tạo cao cho phép tháo lắp và thay thế các mô đun được nhanh chóng, tiện lợi. Giải pháp cảm nhận độ cao địa hình, độ cứng nền đất giúp hệ thống lấy mẫu có khả năng phân biệt được độ cao địa hình, độ cứng đất nền để lấy mẫu được trong các môi trường khác nhau.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của Đề tài cấp Bộ Quốc phòng, hợp đồng số 32/2022/HĐKH-CN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. CRF-I Ltd, “Cristanini VIRE Emergency Rapid Intervention Vehicle”, Brochure by CRF-I Ltd, (2019).
- [2]. Saab AB, “CBRN Reconnaissance Made easy”, Brochure by Saab AB company.
- [3]. Billard, Aude & Kragic, Danica, “Trends and challenges in robot manipulation”, Science, (2019).
- [4]. Hà Văn Vui, “Sổ tay thiết kế cơ khí”, Nhà Xuất bản Khoa học Và Kỹ thuật, (2006).
- [5]. T. Chát, L. V. Uyên, “Tính toán thiết kế Hệ dẫn động cơ khí”, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, (2006).
- [6]. Datasheet “General-purpose Limit Switch HL-5000” by OMRON Corporation Industrial Automation Company, (2012).

ABSTRACT

Design of a Sampling System for chemical, radiological, and biological reconnaissance vehicles

This paper presents a computational solution for the design of a sampling system for a Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) reconnaissance vehicle. The system is capable of collecting soil, dust, and water samples on various terrains. The sampling system consists of a robotic arm with three degrees of freedom that is controlled from inside the vehicle. The use of the sampling system allows soldiers to collect samples in harsh environmental conditions for analysis or to be sent back to laboratories. The system is designed to ensure high accuracy, reliability, and safety.

Keywords: CBRN (Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear); Sampling System; Robotic arm.