NGHIÊN CỨU NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG DỮ LIỆU TRONG ĐIỀU KHIỂN BỆ HỎA LỰC ĐỘ CHÍNH XÁC CAO

Lê Trần Thắng*, Nguyễn An Hải, Nguyễn Thị Lê Na

Tóm tắt: *Điều khiển các hệ thống vũ khí, khí tài luôn đòi hỏi độ chính xác cao, đồng thời do hệ thống hoạt động trong điều kiện khắc nghiệt nên chất lượng điều khiển cũng như từng thành phần trong hệ thống phải đảm bảo các yêu cầu thiết kế. Bệ phóng tên lửa Igla trên xe ZSU23-4 là một trong số các hệ thống điều khiển hỏa lực hiện đang được thiết kế, chế tạo tại đơn vị. Để nâng cao độ chính xác điều khiển sử dụng thiết bị resolver đo sai lệch đầu cuối, tuy nhiên, các sai số tự thân thiết bị, sai số do lắp ráp, chế tạo cơ khí dẫn đến dữ liệu nhận được của hệ thống nằm ngoài dải chất lượng yêu cầu. Bài báo trình bày phương pháp nâng cao chất lượng dữ liệu thu được từ thiết bị đo sai lệch vị trí tuyệt đối đầu cuối của hệ thống, đảm bảo cho sai số hệ thống nằm trong dải yêu cầu kỹ thuật đặt ra.*

Từ khóa: ZSU23-4; Sai số; Sai lệch vị trí; Resolver; Điều khiển.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tổ hợp phòng không tầm thấp tự hành ZSU23-4 được trang bị cho Phòng không Lục quân Liên Xô vào năm 1962, sau đó được đưa vào trang bị cho nhiều nước thuộc khối xã hội chủ nghĩa trong đó có Việt Nam [1]. Khí tài có những tính năng ưu việt lúc bấy giờ như: khả năng cơ động, hệ thống tính toán tự động, tốc độ bắn lớn,… Tuy nhiên, qua thời gian sử dụng khí tài cần có những cải tiến nâng cấp để đáp ứng yêu cầu chiến tranh công nghệ cao hiện nay. Việc cải tiến nâng cấp tổ hợp ZSU23-4 hoàn chỉnh, nhằm nâng cao khả năng chống trả các mục tiêu trong chiến tranh hiện đại cần tiến hành theo nhiều bước, một trong các bước đó là tích hợp tên lửa phòng không tầm thấp (PKTT) lên tổ hợp ZSU23-4. Để các hệ thống vũ khí trên tổ hợp làm việc hiệu quả, tăng xác suất tiêu diệt mục tiêu thì yêu cầu các hệ thống điều khiển phải đồng bộ và có độ chính xác cao, việc này liên quan đến các thông tin và dữ liệu hệ thống. Trong tổ hợp ZSU23-4 cải tiến tích hợp tên lửa PKTT việc xác định vị trí của bệ tên lửa thông qua các đầu đo góc dùng resolver với các ưu điểm là cảm biến cơ điện, độ phân giải cao có thể chịu được điều kiện khắc nghiệt trong một thời gian rất dài, đây sự lựa chọn tốt cho hệ thống quân sự. Tuy nhiên, thực tế thiết kế, chế tạo triển khai tích hợp hệ thống luôn tồn tại sai số, sai số này làm giảm độ chính xác của dữ liệu. Bài báo trình bày phương pháp nâng cao chất lượng của dữ liệu trong điều khiển bệ tên lửa tích hợp trên tổ hợp ZSU23-4 cải tiến, dựa trên cơ sở dữ liệu thực tế thu được từ thiết bị chuẩn và thuật toán tuyến tính từng đoạn để xác định giá trị bù sai lệch cho hệ thống.

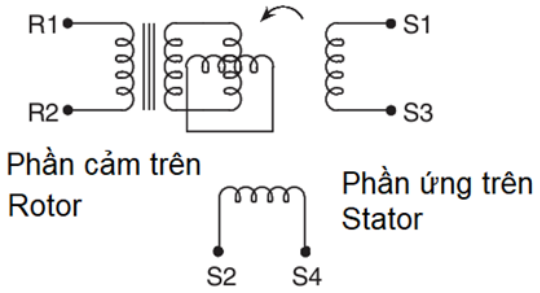
2. MÔ HÌNH ĐẦU ĐO VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Theo yêu cầu đặt ra cho hệ thống thì độ phân giải vị trí phải đạt 0.1 *mrad* tương ứng với 60.000 xung/vòng và sai số tĩnh của hệ thống là 1 *mrad*. Để đảm bảo đạt được độ phân giải này cũng như sai số điều khiển hệ thống, trong thiết kế đã lựa chọn đầu đo Resolver [3] (Đầu đo là cảm biến dạng biến áp xoay cos-sin). Trong đó, phần cảm là cuộn dây được quấn trên rotor (R_1R_2) và phần ứng là hai cuộn dây quấn trên stator có vị trí lệch nhau 90^o (S_1S_3 và S_2S_4) như trên hình 1. Tín hiệu kích thích có dạng hình sin được đặt vào cuộn cảm. Khi đó, vị trí của trục rotor so với stator sẽ được xác định thông qua tỉ lệ biên độ giữa hai tín hiệu trên hai cuộn dây phần ứng và pha của các tín hiệu này so với tín hiệu kích thích.

Gọi $S_0 = A_0\sin(\omega t)$ là tín hiệu kích thích đặt vào cuộn dây phần cảm. Do hai cuộn dây phần ứng đặt lệch nhau 90^o, ta có tín hiệu trên mỗi cuộn dây sẽ là:

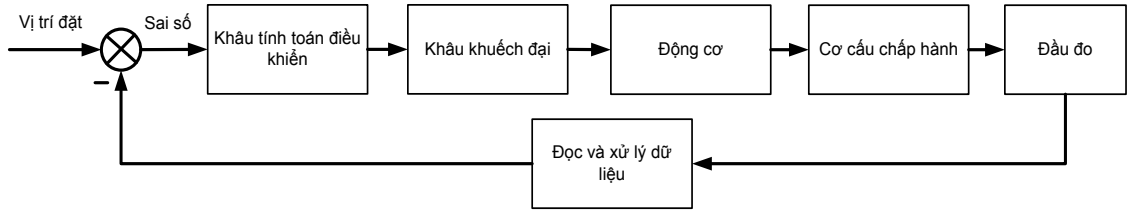
$$S_1 = K_sA_0\sin(\omega t) \text{ và } S_2 = K_sA_0\cos(\omega t)\,, \quad (1)$$

trong đó, K_s là hệ số truyền đạt của cảm biến.



Hình 1. *Cấu tạo bên trong của cảm biến resolver.*

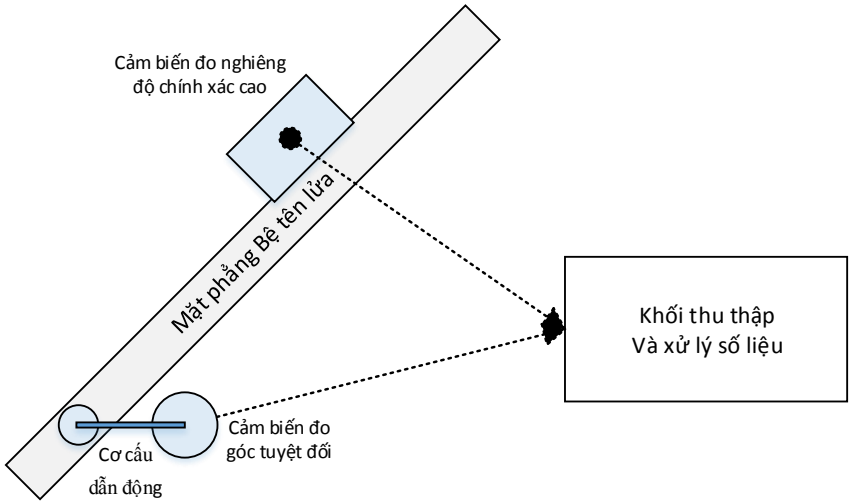
Để thu nhận, xử lý tín hiệu (1) sử dụng IC 16 bit, tổng số xung nhận được 65.536 xung/vòng. Trong quá trình chế tạo, tích hợp hệ thống luôn tồn tại sai số được hình thành từ: sai số thiết bị đo; sai số do lắp đặt; sai số do nhiễu tác động; sai số do xử lý tính toán,... Sai số này làm cho độ chính xác điều khiển của hệ thống không đảm bảo yêu cầu đề ra (sai số vị trí không lớn hơn 1*mrad*). Để giảm sai số cần đưa ra phương pháp xử lý phù hợp. Dễ nhận thấy sai số đầu cuối của hệ thống chính là tổng hợp các sai số của các khâu trước đó (hình 2).



Hình 2. *Sơ đồ hệ thống điều khiển bệ.*

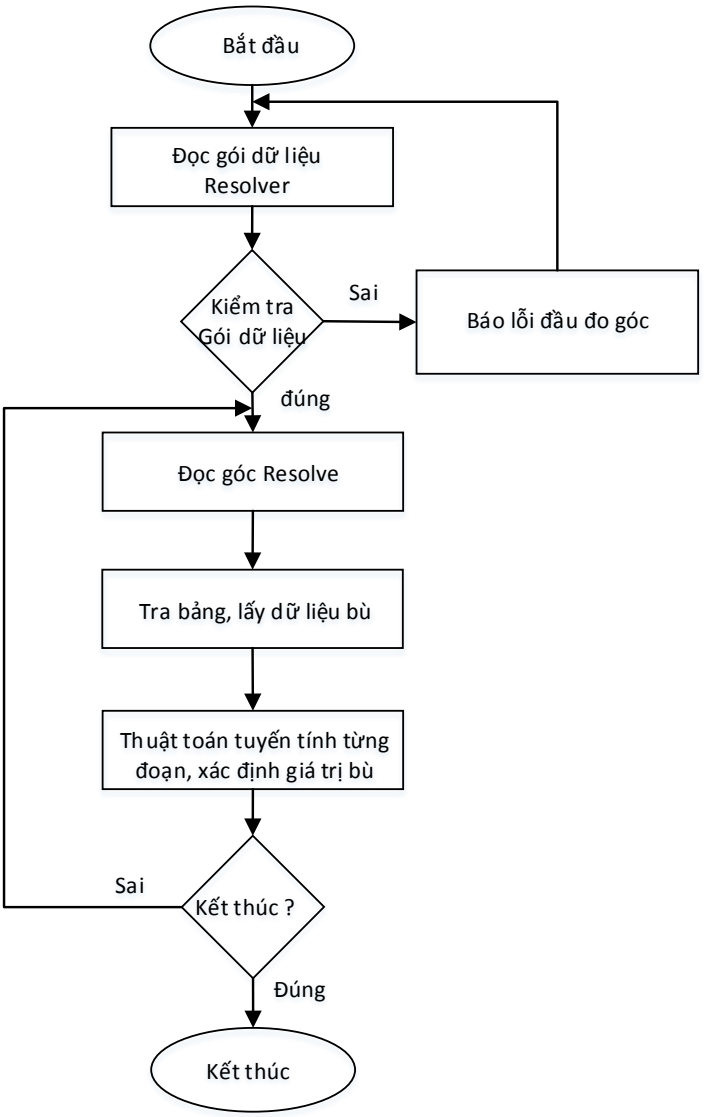
Do sai số đầu cuối gồm nhiều thành phần bất định nên việc xác định theo giải tích toán học là không khả thi, có nhiều nghiên cứu xác định sai số bằng các thuật toán nhận dạng theo mô hình hoặc nhận dạng bằng mạng nơ ron, sau đó bù trừ trong quá trình điều khiển nhằm tăng chất lượng hệ thống, tuy nhiên vì nhiều lý do khác nhau trong thực tế chưa ứng dụng các thuật toán trên. Sau đây sẽ trình bày thuật toán đã được ứng dụng trong thực tiễn triển khai nhiệm vụ tại đơn vị.

3. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN BÙ SAI SỐ



Hình 3. *Mô hình xác định sai số hệ thống.*

Trong thực tế triển khai nhiệm vụ do bệ tên lửa gắn trên tháp pháo nên kênh điều khiển hướng được đồng bộ theo chuyển động của tháp pháo, đề tài tập trung vào điều khiển kênh tầm. Góc điều khiển của kênh tầm nằm trong giới hạn từ 0 độ đến 90 độ (tương đương từ 0 đến 1500 ly giác), là góc tạo thành từ mặt phẳng bệ tên lửa và góc quy 0. Để bù sai số cho kênh tầm ở đây đã sử dụng mô hình tương đương như trong hình 3.



Hình 4. *Lưu đồ thuật toán bù sai số.*

Trong mô hình này góc quay tầm của bệ tên lửa được xác định thông qua: Cảm biến đo nghiêng độ chính xác cao [4] đo góc nghiêng thực tế của mặt phẳng bệ tên lửa (là giá trị chuẩn), sai số của thiết bị lấy số liệu chuẩn nhỏ hơn sai số cần đạt của hệ thống; Cảm biến đo góc tuyệt đối [3] xác định giá trị đầu cuối của hệ thống truyền động.

Dựa vào số liệu của 2 cảm biến trên sẽ xác định được sai số cần bù. Quá trình xác định sai số là quá trình xây dựng tập dữ liệu được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Lắp đặt, thiết lập hệ thống, quy 0 cảm biến đo góc tuyệt đối và cảm biến đo nghiêng độ chính xác cao (sử dụng cảm biến đo nghiêng ZCT-CX09 góc đo trong khoảng 90 độ và sai số đến 0,005 độ).

Bước 2: Điều khiển hệ thống theo các góc nằm trong dải đo, bước đo được lựa chọn tùy thuộc vào biến đổi sai số hệ thống (bước đo có thể thay đổi trong từng đoạn). Số liệu thu được là hiệu số giữa cảm biến chuẩn và cảm biến của hệ thống.

Bước 3: Lặp lại bước 2 với số lần lặp phù hợp để có thể đánh giá được sai số lặp lại của hệ thống (phụ thuộc vào cảm biến, việc lắp đặt và chế tạo các cơ cấu truyền động,...). Nếu sai số lặp lại của hệ thống lớn thì quay lại bước 2 với bước đo giảm, ví dụ bước đo đang từ 30 ly giác có thể giảm xuống thành 15 ly giác,...

Bước 4: Lấy trung bình sai số tại các điểm đo, đây là giá trị tối ưu nhằm khử sai lệch lặp lại là thấp nhất. Lập bảng sai lệch, là bảng các giá trị trung bình sai số ứng với các điểm đo.

Sau khi chuẩn bị tập dữ liệu đầu vào, tiến hành xây dựng thuật toán bù sai số theo các bước sau:

Bước 1: Đọc dữ liệu từ cảm biến đo góc tuyệt đối (Resolver);

Bước 2: Kiểm tra dữ liệu thu được từ cảm biến đo góc tuyệt đối, nếu sai báo lỗi quay lại bước 1, nếu đúng sang bước 3;

Bước 3: Đọc dữ liệu góc trả về từ cảm biến đo góc;

Bước 4: Tra bảng dữ liệu để lấy dữ liệu về bù sai số;

Bước 5: Sử dụng phương pháp tuyến tính từng đoạn để xác định giá trị bù, thực hiện bù sai số;

Bước 6: Kiểm tra điều kiện dừng, nếu sai quay lại bước 3, nếu đúng sang bước 7;

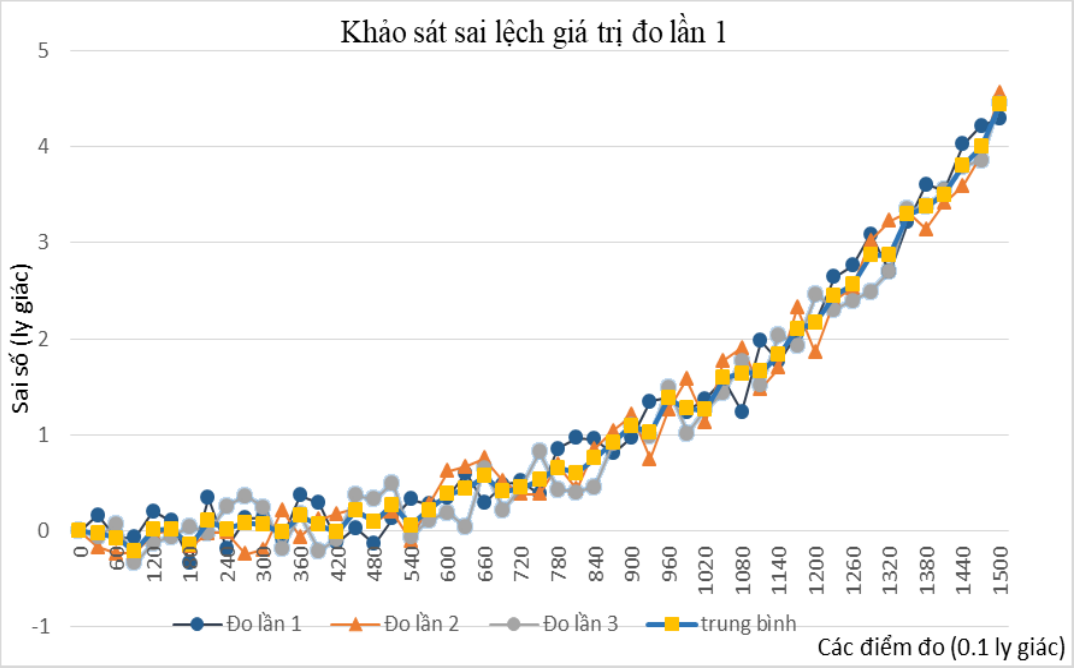
Bước 7: Dừng thuật toán.

Lưu đồ thuật toán được thể hiện trên hình 4.

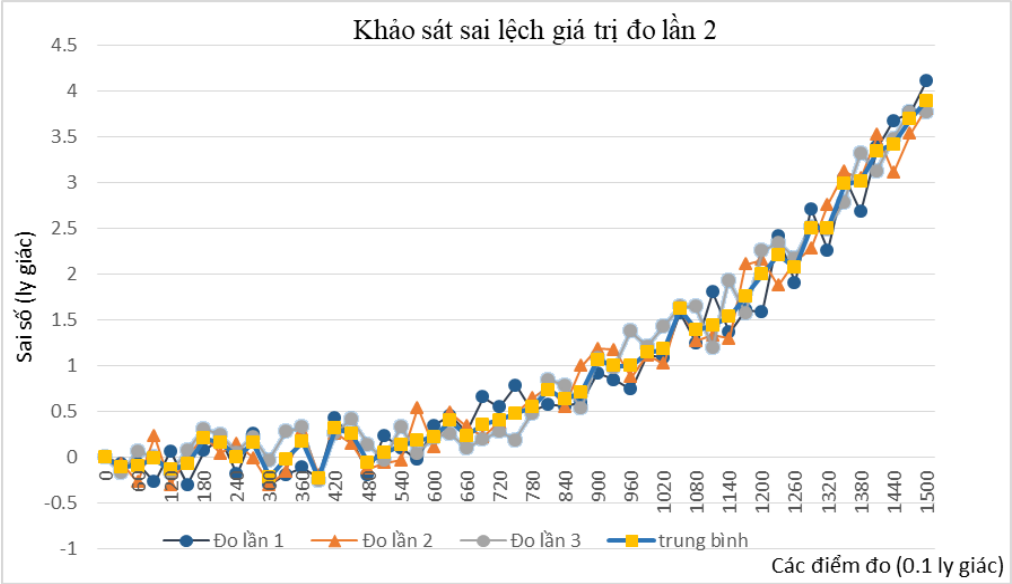
4. KẾT QUẢ ÁP DỤNG THUẬT TOÁN

Áp dụng các thuật toán thu thập dữ liệu trên cho bệ phóng tên lửa Igla tích hợp trên xe ZSU23-4 thu được các kết quả như sau.

Tiến hành khảo sát sai lệch hệ thống và xây dựng tập dữ liệu, thực hiện 2 lần lấy dữ liệu cách nhau 2 tuần, điều kiện môi trường trong khi thử nghiệm: nhiệt độ từ 33 độ C đến 36 độ C; độ ẩm không khí từ 75% đến 85%; áp suất 1 atm.



Hình 5. *Kết quả các phép đo trong lần lấy dữ liệu thứ nhất.*



Hình 6. *Kết quả các phép đo trong lần lấy dữ liệu thứ hai.*

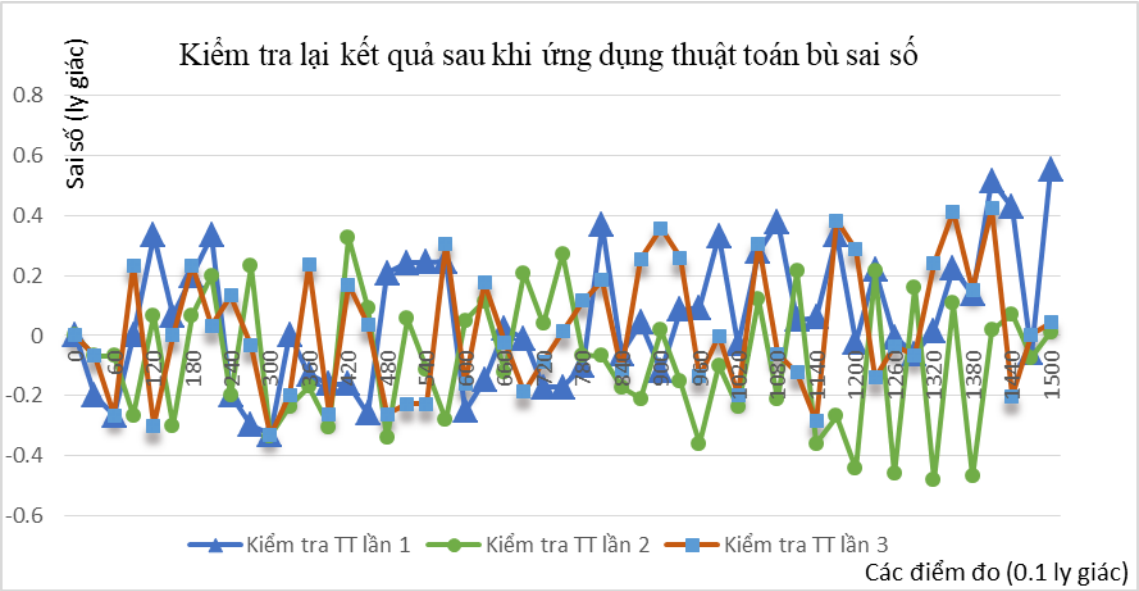
Nhận xét các kết quả thu được: Các yếu tố ảnh hưởng đến sai lệch phép đo bao gồm:

- Các kết quả đo trong từng buổi kiểm tra khá tập trung quanh đường sai lệch trung bình, sai số này là sai số lặp lại của phép đo. Sai số do độ rơ cơ khí, khe hở bánh răng,... tại từng điểm đo, lấy giá trị trung bình làm giảm sai số xuống thấp nhất có thể.

- Các đường trung bình ở các phép đo tại các thời điểm khác nhau (biến động nhiệt độ, độ nghiêng chân đế, phân bố tải,…) có khác nhau, nhưng tương đối ổn định. Giá trị sai số lớn hơn 1 ly giác (1*m*rad).

- Đường cong trung bình sai số nguyên nhân là do lắp đặt cơ khí, độ lệch tâm, uốn vặn, biến dạng cơ khí,... Sai số này ổn định ở các phép đo, và có thể bù được bằng việc khảo sát toàn dải và bù sai lệch.

Áp dụng thuật toán bù sai lệch, tiến hành kiểm tra sai số hệ thống thu được:



Hình 7. *Sai số hệ thống sau khi bù sai số.*

Nhận xét: Sai số hệ thống vẫn còn, đây chính là thành phần sai số ngẫu nhiên, tuy vậy, giá trị sai số hệ thống nằm trong ngưỡng yêu cầu, không lớn hơn 1 ly giác.

5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả thực nghiệm và kiểm tra trên hệ thống ta thấy được thuật toán bù sai số đã phát huy tác dụng, giúp giảm sai số hệ thống về ngưỡng yêu cầu, giúp nâng cao chất lượng điều khiển, bám bắt mục tiêu bệ phóng. Thuật toán đã được thử nghiệm và ứng dụng vào thực tế, trong tương lai sẽ so sánh kết quả của thuật toán với các thuật toán nhận dạng sai số khác để đánh giá.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tài liệu kỹ thuật, *"Hướng dẫn sử dụng của tổ hợp khí tài ZSU23-4"*, nhà máy A34, Cục Kỹ thuật, Quân chủng PK-KQ.
[2]. Tài liệu kỹ thuật đề tài cấp nhà nước: *"Nghiên cứu, thiết kế, tích hợp và chế tạo tổ hợp phóng tên lửa phòng không tầm thấp A72 tác chiến ngày và đêm"*, Viện Tự động hóa KTQS – Viện Tên lửa/Viện KHCNQS; Cục Kỹ thuật/Quân chủng PK-KQ, 2019.
[3]. www.feedbackdevices.com
[4]. https://www.inclinesensor.com.

ABSTRACT

RESEARCH FOR ENHANCED DATA QUALITY
IN HIGH ACCURACY LAUNCHER CONTROL

Controlling weapons and weapons systems always requires high accuracy, and because the system operates in harsh conditions, the quality of control as well as each component in the system must ensure the necessary requirements. The Igla missile launcher on the ZSU23-4 vehicle is one of the fire control systems currently being designed and manufactured at the unit. In order to improve control accuracy, a resolver device is used to measure the error of the terminal, but the errors of the device itself, errors due to assembling and mechanical manufacturing lead to data received from the system being out of date. required quality range. This paper presents a method to improve the quality of data obtained from the absolute absolute position deviation measuring device of the system, ensuring that the system error is within the specified range of technical requirements.

Keywords: ZSU23-4; Error; Position error; Resolver; Control.

Nhận bài ngày 17 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự, Viện KHCN quân sự.
*Email: ltranthang@gmail.com